

34
24.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

**ESTUDIO GEOQUIMICO DE SEDIMENTOS
LITORALES DEL PACIFICO MEXICANO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Q U I M I C O

P R E S E N T A :

ALFONSO OLIVERA SALAS



MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

Jurado asignado

Presidente : Prof. Flores Garciadiego Ma. Luisa

Vocal : Prof. Ugalde Vargas Rebeca

Secretario : Prof. Rosales Hoz María Tomasa Leticia

1er. Suplente : Prof. Reyes Salas Octavio

2er. Suplente : Prof. Santiago Frago Hortensia

**Sitio donde se desarrolló el tema : Laboratorio de Química Marina del
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la U.N.A.M.**

Asesor : Rosales Hoz María Tomasa Leticia

Ma. Leticia Rosales H.

Sutentante : Olivera Salas Alfonso

[Handwritten signature]

Agradecimientos

A la Dra. Leticia Rosales Hoz, por su asesoría en la elaboración de la presente tesis. Así como su apoyo y confianza.

Al Dr. Arturo Carranza Edwards por su asesoría en la parte geológica y sus comentarios hechos que sirvieron para mejorar el trabajo.

A la Q. F. B. Susana Santiago P, por su ayuda, amistad, apoyo y paciencia.

De manera muy especial a la Q. María Luisa Flores Garciadiego por las facilidades brindadas para la realización de los análisis de fluorescencia de rayos X y difracción de rayos X en el laboratorio central, así como participar en mi examen profesional.

Agradezco la amistad, ayuda y paciencia, brindada durante mi estancia en el laboratorio central, en especial a la Q. Rosa María Córdoba García, a la I.Q. Marta Maya Sánchez, José Vargas, Carlos Vázquez, I.Q.M. José Luis Peña, Mónica, Alicia, Héctor y todo el personal que integra el departamento de ensaye.

A la Q.F.B. Yolanda Pichardo, por su ayuda brindada de manera desinteresada durante mis años de estudio.

A CONACYT por apoyar esta tesis a través del proyecto de investigación titulado "Investigación composicional sobre arenas de playa" (clave 3477T).

A las autoridades y personal del Instituto del Ciencias del Mar y Limnología de la U.N.A.M.

A las autoridades y personal de la Administración Central de Laboratorio y Servicios Científicos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

A la UNIVERSIDAD, institución maravillosa donde tuve la extraordinaria oportunidad de aprender en sus aulas y lograr una de mis más importantes metas. Mi agradecimiento permanente y profundo.

A todos mis amigos

A Ruth Villanueva Estrada, por su amistad.

A todos mis maestros, por sus noble labor de formar hombres y mujeres útiles a la nación.

Al pueblo de México

Dedicación

A MIS PADRES :

Sra. Carmen Salas Huizache
Sr. Luis Olivera Reyes
Por su ejemplo, amor y trabajo
¡GRACIAS!

A MI TÍA :

Profa : Carmen Aída Abuela Reyes
Por su cariño, ejemplo y apoyo brindado
de manera constante. ¡GRACIAS!

A MIS HERMANOS:

Luis Olivera Salas
Mariana Olivera Salas
Por su comprensión, paciencia y cariño
esperando que este trabajo les sirva de
estímulo y sigan adelante. ¡GRACIAS!

Lo más hermoso de la vida, es lo insondeable, lo que esta lleno de misterio. Es este el sentimiento básico que se halla junto a la cuna del arte verdadero y de la auténtica ciencia. Quien no lo experimenta, el que no esta en condición de adivinar o asombrarse, esta muerto.

Físico Alemán Albert Einstein (1879-1955)

ÍNDICE

1.0.-Introducción.....	1
2.0.-Antecedentes.....	4
3.0.-Área de estudio.....	18
4.0.-Parte experimental.....	32
5.0.-Resultados y discusión.....	52
6.0.-Conclusiones.....	92
7.0.-Apéndice.....	94
8.0.-Referencias.....	126

1.0. INTRODUCCIÓN

Los sedimentos que se encuentran en la superficie de nuestro planeta están conformados por una gran variedad de minerales, cuya fuente principal proviene del material rocoso, el cual sufre alteraciones debido a varios procesos como son : actividad geológica, intemperismo mecánico e intemperismo químico. Originando de esta manera, partículas de diferentes tamaños conocidos como sedimentos. Estos materiales formados son llevados por medio de corrientes y ríos a la playa, en donde se distribuyen y generan así una zona rica en diversos minerales.

La playa constituye un límite natural entre el aire, la tierra y el agua, dividida en tres zonas : 1)Infraplaya.- Parte de la playa que siempre esta cubierta por agua en condiciones normales. 2)Mesoplaya.- Localizada en el frente de playa, se trata de una superficie inclinada que va hacia el mar y en la cual se tiene la zona de vaivén. Continuamente está cubierta por el agua y expuesta al aire de una forma rítmica y alternada. 3)Supraplaya.- Zona de la playa que en condiciones normales se encuentra seca; en ella predominana los agentes eólicos sobre los acuosos (1). Por sus características morfológicas y composición mineralógica el uso que tiene es variado; por ejemplo una playa atractiva, como Acapulco (México) atrae a miles de turistas. Playas ricas en acumulaciones de minerales pesados, son muy importantes desde un punto de vista minero. Desde un punto de vista biológico, las playas son de vital

importancia como es el caso del desove de las tortugas. Pero ¿qué tipo de rocas le dieron origen a las playas?, ¿qué información sobre la geología de alguna zona puede darnos la composición de las playas?, son algunas de las preguntas que se han hecho químicos, geólogos, ambientalistas etc; de ahí que se ha despertado en estos últimos años el interés en estudiar a las playas, ya que si conocemos los diversos tipos de rocas que dio origen a estas, se podrá saber con que recursos minerales se puede contar.

De lo anterior es evidente que las playas merecen una especial atención, sobre todo si se considera que México cuenta con un extenso litoral de 9,753 Km, de ahí la importancia de los análisis químico de arena de playa, en especial en las costas del pacífico mexicano, donde el clima, la actividad geológica y tipo de minerales que se forma son variados y considerando además que la información que se conoce de esta zona es escasa.

1.1 OBJETIVO

El presente trabajo forma parte del proyecto U.N.A.M-Conacyt (3477T) "Investigación composicional sobre arenas de playas mexicanas", cuyo objetivo principal es : Conocer la composición química de las arenas de playas del pacífico mexicano, para determinar el tipo de roca fuente que les dio origen y conocer los posibles lugares de procedencia.

2.0. ANTECEDENTES

Una acumulación de partículas de rocas sueltas que han sido transportadas constituyen un sedimento. La palabra sedimento se deriva del latín *SEDIMENTUM* que significa asentamiento y es usado para todas aquellas partículas de rocas que son llevadas a través de corrientes de agua o aire, depositándose en lugares diversos como son lechos de ríos, fondos de lagos, fondos marinos o playas (2).

Los guijarros y granos de arena son fragmentos de roca o minerales; la mayor parte de las partículas en el polvo o el lodo se deriva de igual forma de rocas desmenuzadas. Existe una manera de identificar a los sedimentos de acuerdo con su tamaño, variando desde los cantos redondeados grandes hasta las partículas de polvo ultramicroscópico. Con el objeto de disponer de cierta precisión en el uso de los términos se ha adoptado la clasificación propuesta por K. Wentworth que se presenta en la tabla 2.1 (3).

Tabla 2.1 Clasificación de los sedimentos de acuerdo a su tamaño (3)

Nombre de la partícula	Diámetro (mm)
Gravas (peñascos, gránulos y matatenas)	4096 - 2
Arena	2 - 0.02
Arcilla	Menor que 0.004

El estudio cuidadoso de los sedimentos que se acumulan actualmente sobre las playas permite conocer el tipo de roca que le dio origen. así por ejemplo una playa rica en minerales de feldspatos y cuarzo indicará que esa región la conforman rocas ígneas. Pero ahora surge la siguiente pregunta ¿qué factores dan origen a los sedimentos?, para resolver esta duda, a continuación se hace una discusión amplia

Se ha encontrado que los factores que han dado origen a los diversos sedimentos se puede clasificar en dos grupos principales - actividad geológica e intemperismo.

Actividad geológica - La corteza terrestre es la tercera capa constitutiva externa de la Tierra que descansa sobre el manto y éste a su vez sobre el núcleo. Como su nombre lo dice, está constituida por rocas, las cuales se forman principalmente por la actividad geológica, la cual comprende el vulcanismo y movimiento de placas tectónicas.

Vulcanismo. - Un volcán es una estructura o grupo de aberturas próximas entre sí a través de las cuales pasan gases calientes y materiales rocosos de una fuente profunda hasta la superficie. Los materiales que arrastra pueden encontrarse en estado gaseoso, como el vapor de agua y otros gases; en estado líquido como lava y en estado sólido, partículas más finas desprendidas de las rocas más antiguas. De aquí se desprende que las rocas ígneas se

formaron por la solidificación de material silíceo fundido ya sea sobre la superficie de la Tierra o en el interior de las misma.

De acuerdo a la rapidez o lentitud de su enfriamiento las rocas ígneas formadas pueden ser de dos tipos:

Extrusivas.- Cuando el magma emerge a la superficie (lava), por fenómenos volcánicos y se enfría rápidamente. Ejemplo : basalto, piedra pómez.

Intrusivas.- Sucede cuando el magma no emerge a la superficie de la Tierra, se enfría lentamente en el interior de la corteza. Ejemplo : granito, gabro.

Las rocas ígneas tienden a sufrir cambios por procesos que incluyen desgaste, transporte, depositación y compactación de materiales orgánicos e inorgánicos generando de esta forma rocas sedimentarias (ejemplo : caliza, lutita, arenisca). Por último algunas rocas más, son formadas como resultado de que cuando los dos tipos de roca mencionados anteriormente se exponen a grandes presiones y temperaturas lo que provoca cambios en su composición formándose entonces rocas metamórficas (4).

Movimiento de las placas tectónicas.- Bajo la teoría de Tectónica de Placas , se explica los movimientos que ocurren entre las placas tectónicas, ya que esta teoría propone que la litosfera, es decir la capa externa de la corteza, se encuentra formada por un mosaico de placas más o menos separadas y semirrígidas cuyo espesor es de 100 km. Tales placas descansan sobre una placa maleable, denominada astenosfera , y se mueve sobre ella a diferentes velocidades, separándose y derivando en sentidos opuestos cuando el suelo oceánico que exista entre ellas se expande a lo largo de una fractura localizada a mitad del océano; o puede encontrarse e impactar, en cuyo caso se sobrepone formando una zona de subducción. Estas placas pueden también tallarse y chocar fuertemente al pasar una al lado de otra.

Cada placa es un segmento rígido de corteza y está formada por una o dos capas. La capa inferior consiste de una roca densa, denominada SIMA, porque es rica en silicio y magnesio. Esta capa es la parte de la corteza que descansa en el fondo de los océanos. La otra capa se conoce como SIAL, constituida por granito y rica en silicio y aluminio, lo que la hace más ligera. Esta es la capa que forma los continentes de la corteza terrestre (4,5).

Al hablar del movimiento de las placas, se tiene que especificar primero, qué es lo que se mueve. La corteza terrestre es una capa demasiado delgada para moverse y además las rocas del manto por debajo de ella no son lo suficientemente blandas para dejarla mover. Tenemos que profundizar más, hasta unos 100 Km de profundidad para encontrar el material blando de la astenósfera. Sobre este material puede desplazarse la capa superior, de un espesor de 100 Km, conocido como litosfera.

Los bordes de estas placas son muy importantes para entender el mecanismo de su movimiento. Estos son de tres tipos:

Fracturas de desgarradura.- Los bordes de las placas se deslizan horizontalmente el uno con respecto al otro. Este deslizamiento puede darse lentamente o de forma brusca en grandes terremotos. Fig 2.1

Zona de extensión.- Se dan en sitios donde dos placas de litósfera se separan una con respecto a otra. El material blando y fluido de la astenósfera sube y ocupa el lugar abierto entre las dos placas, formándose así nueva corteza oceánica. Al salir este material se producen erupciones volcánicas submarinas que si llegan a la superficie, forman nuevas islas. El material forma así una cordillera submarina que marca el sitio donde se produce esta separación Fig 2.2 (5).

Zona de colisión - Son las zonas donde 2 placas de litosfera chocan una contra otra. Cuando uno de los bloques esta formado por corteza oceánica y el otro por corteza continental se da un fenómeno conocido como subducción, que consiste en el hundimiento de la litosfera oceánica por de bajo de la corteza continental. La placa oceánica puede hundirse hasta 700 Km de profundidad dentro del material del manto, formando generalmente un ángulo de 47° con la horizontal. De esta forma se compensa la nueva corteza oceánica creada en la zona de extensión, ya que la superficie de la tierra es limitada y si aumenta la corteza en una zona debe destruirse en otra Fig 2.3 (5).

Intemperismo.- Siempre que alguna porción de la superficie terrestre se levanta por efecto del vulcanismo o por movimiento de las placas tectónicas, sufre al mismo tiempo, el ataque de fuerzas que trabajan para reducir su elevación. Estos procesos, que desgastan las prominencias de la corteza y se ven muy influenciadas por las condiciones atmosféricas. Un grupo de estas fuerzas es el intemperismo que se puede definir como "La alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, la humedad y los efectos de la materia orgánica" (2).

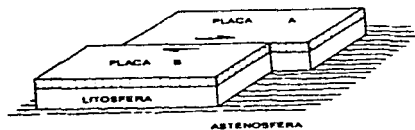


FIGURA 2.1. ZONA DE DESGARRADURA ENTRE DOS PLACAS (S)

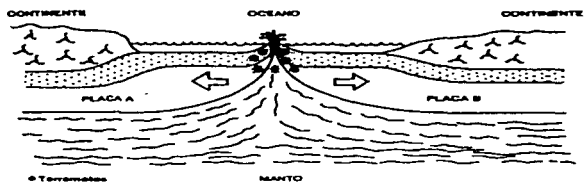


FIGURA 2.2. ZONA DE EXTENSIÓN ENTRE DOS PLACAS (S)

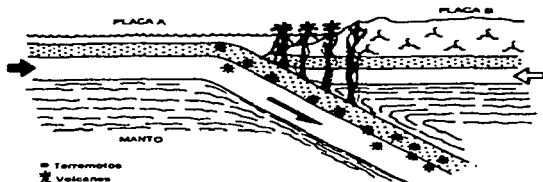


FIGURA 2.3. ZONA DE SUBDUCCIÓN ENTRE DOS PLACAS (S)

El intemperismo de las rocas no es un proceso aislado, está íntimamente relacionada con otras actividades en la superficie de la Tierra, todas las cuales tienden al mismo fin, el desnudar los terrenos. El intemperismo ataca a las rocas expuestas y las partículas que quedan son deslavadas o arrastradas por la lluvia o transportada por el viento. Los fragmentos grandes quedan sobre el terreno donde los agentes del intemperismo siguen desintegrándolos al mismo tiempo que la gravedad los empuja pendiente abajo.

1 Sobre las superficies de pendiente moderada el intemperismo actúa hasta acumular un espesor considerable de suelo, pero en cuanto se forma, empieza a moverse, fluir o desplazarse hacia niveles inferiores. El paso continuo del agua a través de los suelos los despoja de materiales solubles. Las aguas superficiales arrastran el material suelto hacia las corrientes más grandes, y en cuanto la regolita (suelo en etapa de formación) llega a los márgenes de los valles, es transportada por dichas corrientes. El intemperismo y el movimiento de materiales rocosos actúan conjuntamente, el intemperismo forma entonces parte de la erosión.

Algunas partículas de roca en proceso de transformación se acumulan temporalmente en la base de las montañas, sobre las planicies de inundación de las corrientes, sobre las playas o en los médanos arenosos; pero en la

superficie de estos depósitos la desintegración y la descomposición química prosigue (2,6).

Los procedimientos por los cuales una roca sólida es condicionada por la fragmentación o intemperismo pueden ser de naturaleza mecánica o química.

Intemperismo mecánico - Comprende aquellos procesos que fragmentan y desintegran físicamente a las rocas sin que se desintegren o sufran cambios químicos. Durante el proceso de enfriamiento que forma rocas ígneas, pueden desarrollarse grietas y hendiduras en la estructura de la roca. Las grietas se agrandan con la expansión del agua congelada en las hendiduras, por la acción desmoronada de las raíces de las plantas o aun por el pastoreo de animales. El rápido calentamiento y enfriamiento de las estructuras rocosas, como en las zonas desérticas, constituyen otro proceso de desintegración. Cualquier acción de raspado, pulverizado, abrasión o corrosión que tiene lugar cuando los fragmentos han sido transportados por agua, hielo o viento, da lugar al intemperismo mecánico.

La abundancia de fragmentos de roca casi intacta que se encuentra en gran parte de los desiertos y las tierras árticas podría sugerir que el intemperismo mecánico es más efectivo en dichas regiones que en las templadas o de clima cálido que tienen una precipitación copiosa. No obstante las tierras áridas carecen de humedad que permita desarrollar la acción de las

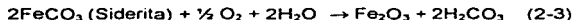
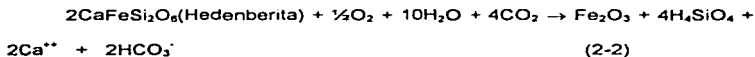
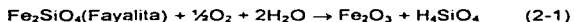
heladas, y aunque la acción de cuña del hielo es efectiva en las regiones polares, la ruptura continua y ampliamente difundida causada por el incremento de volumen a través de cambio químico y por el efecto de las raíces de plantas tiene lugar solamente en los climas bastante húmedos y cálidos. En éstos, la desintegración mecánica de las rocas es muy efectiva, pero los resultados se opacan parcialmente por una serie interminable de cambios químicos. Aunque el intemperismo mecánico actúa más lentamente en las regiones áridas y en las de climas árticos, las rocas fragmentadas se acumulan en cantidades engañosamente grandes debido a que la descomposición química actúa allí en forma mucho más lenta (2).

Intemperismo químico.- Aunque el agua que utilizan los animales o vegetales es proporcionada por los lagos, ríos, arroyos, fuentes o por las aguas subterráneas que existen en las capas profundas del terreno, realmente, procede toda de las aguas de lluvia o de las nieves, las cuales actúan como poderoso cincel que esculpe y modela la corteza terrestre. La acción de desgaste que las aguas producen en las rocas, es uno de los factores más importantes del intemperismo químico, ya que es en este medio en donde ocurren varios procesos químicos capaces de alterar los minerales. ¿Por qué el agua contribuye en el intemperismo químico?, entre las diversas causas se puede mencionar que el agua es considerado el disolvente universal, ejemplo de ello es la manera en que el bióxido de carbono contenido en la atmósfera

puede disolverse en ella, para generar ácido carbónico. De igual forma, presenta propiedades ácido-base y oxidoreductoras, lo que hace de este, un medio ideal para generar cambios en la estructura de los minerales (2). Entre los tipos de intemperismo químico que se llevan a cabo, se puede mencionar: intemperismo por oxidación, intemperismo por hidrólisis e intemperismo en carbonatos (7)

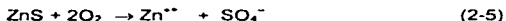
Intemperismo por oxidación.- Una parte del oxígeno atmosférico que se disuelve en agua, participa activamente en la oxidación de algunos minerales, como en aquellos que contienen hierro o sulfuro.

Las reacciones siguientes dan ejemplo de los procesos de oxidación que ocurren en el hierro:

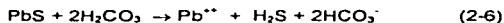
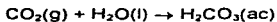


Las ecuaciones anteriores indican la formación de nuevos compuestos, los cuales son más estables que los originales, así por ejemplo se puede observar que en los tres minerales el hierro se oxida para generar óxido férrico, el cual es muy insoluble en agua y difícil de reaccionar.

Otro ejemplo que es oxidado en presencia de agua y aire, se presenta en los sulfuros, el cual se encuentra comúnmente en rocas ígneas, donde su estado de oxidación es de -2. Cuando se oxida, adquiere un estado de oxidación de +6, en forma de sulfatos (ecs 2-4 y 2-5).



Estas reacciones pueden llevarse a cabo en presencia de agua, la cual actuará en forma de ácido carbónico, disolviendo el sulfuro (ecs 2-6 y 2-7).

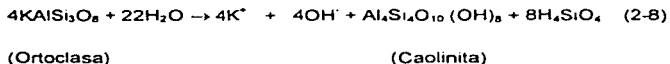


después el sulfuro de hidrógeno es oxidado



El hierro y el sulfuro son sólo dos ejemplos de como las rocas pueden intemperisarse por oxidación (8).

Intemperismo por hidrólisis - La hidrólisis es un proceso de intemperismo que afecta principalmente aquellos minerales formados por silicatos. Ejemplo de ellos son los feldespatos, que forma más de la mitad de las rocas graníticas, se ven atacadas por el agua, con el resultado que se muestra en la siguiente ecuación química :



De los productos resultantes, la caolinita que es uno de los minerales más comunes en las arcillas, es muy insoluble en agua y parte de ella se acumula bajo la superficie del terreno como parte de la regolita.

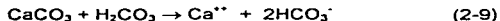
Otro ejemplo de intemperismo debido a la hidrólisis ocurre en las plagioclasas, que son otro tipo de feldespato, cuyas reacciones son complejas, debido a que las proporciones de calcio y sodio varían, pero los productos esenciales, son sales solubles de esos dos elementos y las arcillas. En resumen el intemperismo por hidrólisis en feldespatos, produce arcillas, uno de los minerales más comunes.

El cuarzo que sigue en abundancia a los feldespatos entre los minerales que forman el granito, es resistente a los cambios químicos. A medida que los feldespatos se descomponen, formando gradualmente arcilla, los granos de cuarzo van quedando sueltos de la misma manera que los ladrillos quedan en

una pared cuyo mortero se deshace. Entonces, el agua que corre arranca los granos de cuarzo sueltos, los transporta más o menos lejos y los esparce formando con ellos capas que, de manera eventual, puede cementarse hasta formar arenisca. Gran parte de la arena de playas está formada por granos de cuarzo que, sin duda, quedaron libres por el intemperismo de rocas graníticas en periodos geológico remotos(2,8).

Intemperismo en carbonatos.- El agua pura disuelve la sal común y algunos otros minerales, pero no es un disolvente efectivo para cualquiera de las rocas comunes. La calcita (CaCO_3), el principal mineral de la caliza, es ligeramente soluble en agua pura. Sin embargo, casi toda el agua que se introduce en las cavidades de las rocas llevan algo de bióxido de carbono tomado parcialmente del aire, pero en mayor abundancia de las plantas en descomposición (ec 2-9), generando así ácido carbónico el cual acelera notablemente la disolución de la calcita. De esta manera, enormes cantidades de caliza han sido disueltas y transportadas por las aguas del subsuelo.

Los grandes cuerpos de caliza contienen otros minerales además de la calcita, muchos de los cuales son insolubles. Los análisis de laboratorio indican proporciones hasta de 10% de arcilla y de partículas de sílice en la caliza (2,8)



3.0 ÁREA DE ESTUDIO

Dado la extensión del área de estudio, así como sus diferencias litológicas, se optó por dividirla en dos grandes regiones. La zona del Pacífico Norte y Pacífico Sur. Los estados que conforman cada región se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Área de estudio

Zona	Estados que lo conforman
Pacífico Norte	Parte occidental de la Baja California Norte y Baja California Sur
Pacífico Sur	Costas de Jalisco, Colima, Guerrero, Michoacán y Oaxaca.

3.1 Ubicación

Pacífico Norte

La península de Baja California constituye una estrecha faja de tierra localizada al noroeste de México, que es paralela al continente, desde la frontera de los Estados Unidos hasta una latitud de 22°30', con una dirección noroeste-sureste. Tiene una longitud de más de 1200 Km y una anchura media, estimada, en 140Km y se encuentra rodeada por el océano pacífico en su parte occidental y por el Golfo de California en su porción oriental (9).

La zona estudiada comprendió 25 estaciones, localizadas en las costas de Baja California, correspondientes a la parte occidental de la península (figura 3.1).

Pacífico Sur

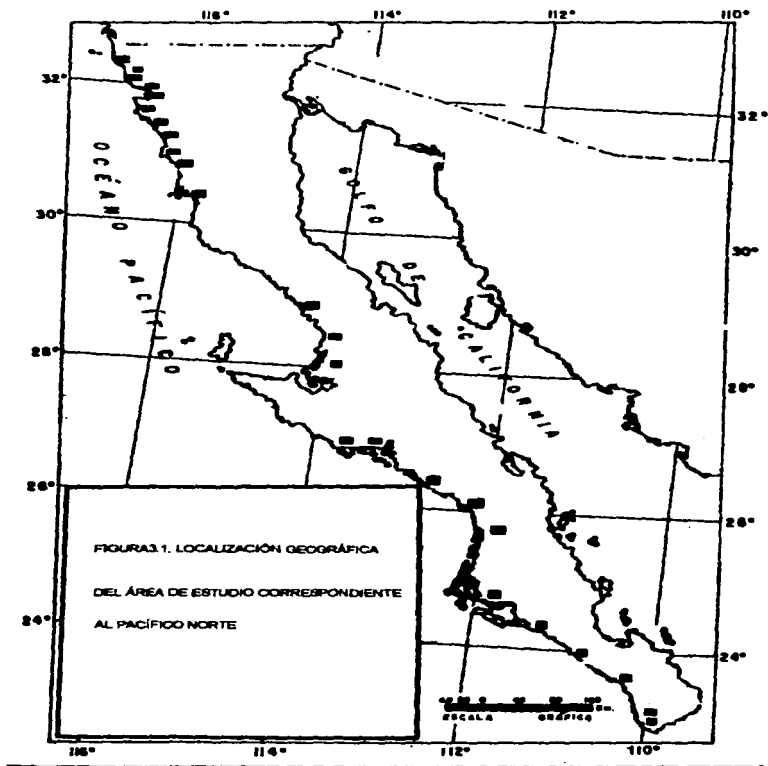
Esta zona comprende la sierra Madre del Sur. Se encuentra limitada al norte por el Eje Neovolcánico, así como por las entrantes sedimentarias correspondientes a la cuenca Morelos - Guerrero y a la cuenca de Tlaxiaco. También lo limita al sureste la sierra de Juárez y al oriente la provincia sureste de México. Con una superficie total de 1100 Km² (figura 3.2) (10).

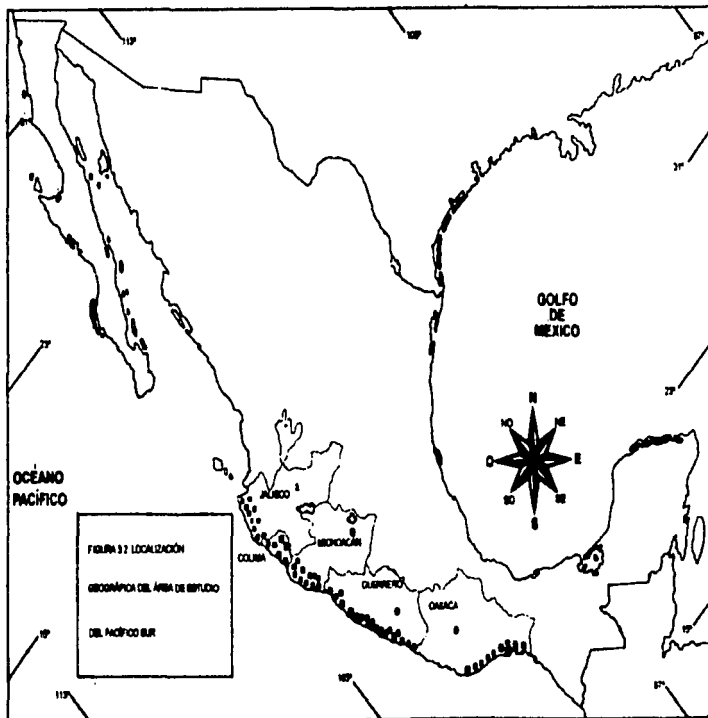
Aquí se muestrearán 55 estaciones a lo largo de la costa del pacífico sur mexicano, comprendida en dirección norte-sur por los estados de : Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

3.2 Clima

Pacífico Norte

En general, toda la península es más bien árida, las partes más húmedas se localizan en las zonas noroccidental y sur, distinguiéndose tres subdivisiones: subáridos, semiáridos y árido. En cuanto a precipitación se refiere tiene lugar en el invierno, afectan en especial la región noroeste de Baja California, aunque pueden llegar a latitudes más bajas, 26° aproximadamente, de la vertiente occidental de la península.





Las precipitaciones ocasionadas por los ciclones tropicales tienen lugar en verano y en otoño como en el extremo sur de Baja California, aunque también influyen en latitudes más altas, más o menos altas hasta los 26° y peculiarmente en la vertiente oriental.

La menor cantidad de precipitación nororiental de la península, se debe a la situación de la barrera que constituye la sierra de Juárez y San Pedro Mártir, al impedir el paso de la humedad que se precipita en la vertiente noroccidental y en las partes altas de las sierras y a las subsidencias del aire en estas latitudes(9).

Pacífico Sur

El tipo de clima que le corresponde a esta zona es caliente húmedo con lluvias en verano (Am) que se extienden en su vertiente pacífica (occidental), aproximadamente, al paralelo 14° en la frontera con Guatemala, hasta el paralelo 25° en el Mar de Cortés. La temperatura media anual es superior a 24°C situándose los valores más bajos a 25° en el Golfo de California.

En cuanto al ritmo de las temperaturas, en el curso del año se aprecia como enero como el mes más frío, a excepción de los litorales de Colima, en las que febrero iguala a enero, o es ligeramente inferior. En las costas pacíficas, entre julio y agosto, se observa un aumento en la temperatura respecto al resto del año, en puntos del pacífico se retrasa a septiembre.

El ritmo anual de las precipitaciones manifiestan un máximo característico concentrado en los meses de junio a septiembre. Las precipitaciones decaen con brusquedad, a partir de noviembre, manteniéndose la indigencia pluviométrica hasta mayo (11).

3.3 Orografía

Pacífico Norte

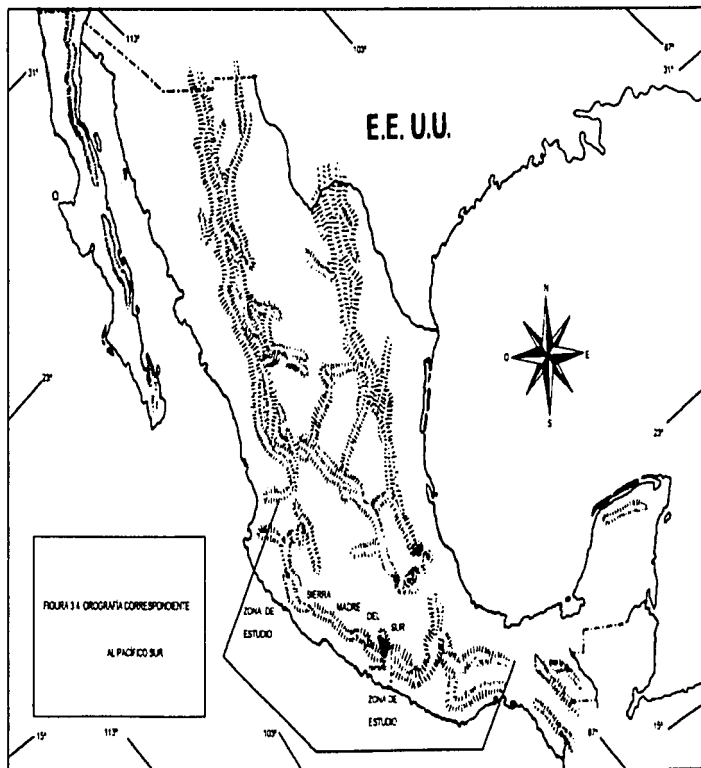
El complejo peninsular ha sido dividido en varias unidades orográficas, las cuales serán citadas a continuación de norte-sur con sus puntos culminantes sobre el nivel del mar. Al norte se inicia la sierra de Juárez- San Pedro Mártir, cuyo punto más alto es el Pico del Diablo a 3,078m, de altitud; continua la sierra de San Borja, la sierra de Piñam, la sierra de Calmalli a 1,907; la sierra de la Purificación a 1,367m. Al sur del paralelo 28° latitud norte, aparecen las sierras de San Ignacio y Santa Lucía, en cuya porción noroeste sobresalen los tres picos del volcán reciente de las Tres Vírgenes; a continuación se inicia la región volcánica de la sierra de la Giganta con altitudes de 1,776m; en el monte Thetis, al sur de Santa Rosalía; 1,202m en el cerro de la Tentación; al oeste de Bahía Concepción y cerro de la Giganta.

En el extremo sur, se extiende la región montañosa de las sierras de la Victoria con una dirección norte-sur, localizándose su máxima altitud en el Pico de Santiago, que se eleva a los 2,064 (12) figura 3.3 .

Las llanuras costeras se extienden a ambos lados de la cadena montañosa mencionada, la llanura occidental es amplia y la oriental estrecha, pues las sierras se aproximan bastante al litoral, incluso en algunas zonas desaparecen dando lugar a costas acantiladas (9).

Pacífico Sur

Esta región se encuentra enclavada en la sierra Madre del Sur, la cual consiste de una cadena montañosa que ocupa la parte meridional de las altas centrales, dando frente al océano pacífico y extendiéndose al oeste del Istmo de Tehuantepec(10). Por estar situada la serranía muy cerca de la orilla del mar, la planicie costera es sumamente angosta(de 50Km a 100Km); posee la característica de tener una cresta a una altitud casi constante de poco más de 2000 m, excepto en unas cuantas cimas elevadas que, no pasan de 2,500m, por lo que ha sido cruzada por varias corrientes. En toda su extensión tiene una vertiente suroccidental directa al océano pacífico. Recibe los nombres locales de sierra del Cuale, del Parnaso y del Perote en Jalisco; de Coalcomán en Michoacán; de Cuchillas, Cumbres de la Tentación, Jaliacó y de Tenango en Guerrero, de Colotepec, Juaquila, Mihuatlán, San Pedro el Alto, Cacalote, Mogote y de la Garza en Oaxaca (12) figura 3.4.



3.4 Geología

Pacífico Norte

La península de Baja California se ha dividido en cuatro provincias geológicas (Fig 3.5) . Batolito de Juárez-San Pedro Mártir, Cuenca de Viscaíno-Purísima, Complejo plutónico de la Paz y Faja Volcánica de la Giganta, de las cuales sólo se hará mención de las tres primeras, debido a que se encuentran en el área de estudio (13) .

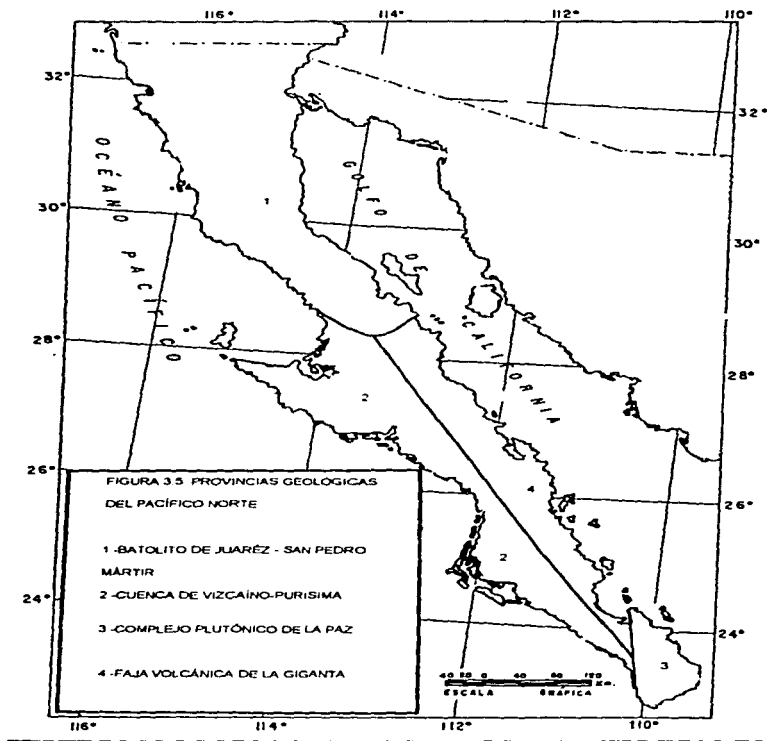
Batolito de Juárez-San Pedro Mártir.-Consiste de una gran área granítica montañosa, que está limitada al oriente por un descenso rápido hacia la depresión del Salón, ahí se marca su corte que consiste de una ancha elevación hacia el occidente en cadenas de montañas paralelas. Puede considerarse como la continuación meridional del complejo cristalino de la sierra Nevada. Estas rocas cubren el flanco occidental por rocas metamórficas de edad probablemente mesozoico, constituida por gneises y esquistos que al aflorar forman franjas paralelas al alineamiento general noroeste-sureste del núcleo cristalino.

Cuenca de Vizcaino-Purísima.-La cuenca del Vizcaino está formada por la porción central de la península, mientras que la cuenca de la Purísima abarca la mitad occidental de la mayor parte del estado de Baja California Sur. Estructuralmente ésta zona constituye una gran depresión en forma sinclinal, de orientación general noroeste-sureste conformada en rocas cretáceas y cenozoicas. Se ha encontrado la existencia de un bloque levantado de rocas sedimentarias marinas, compartida entre la cuenca de Vizcaino y la Purísima, la cual divide a estas dos depresiones estructurales.

En la cuenca de San Sebastián Vizcaino afloran rocas volcánicas, parcialmente metamorfizadas.

Complejo plutónico de la Paz - Constituye el extremo sur de la península, las rocas más antiguas, que afloran en el extremo sureste, constan de rocas cristalinas y metamórficas representadas por una asociación de gnesies, esquistos, granitos y tonalitas, que constituyen el complejo cristalino de esa región, geológicamente similar al de la parte norte de la península.

La parte suroeste lo conforman batolitos, integrado por granodioritas y granitos. Los bordes rectilíneos de estas montañas sugieren fallas de gran desplazamiento y elevan la región por encima de las áreas de afloramiento cenozoico (10, 13, 14).



Pacífico Sur

Está integrado por tres provincias geológicas (figura 3.6) :

Batolito de Jalisco.-Se encuentra en la porción suroccidental del estado de Jalisco, conformado por rocas intrusivas de carácter mesozoico, cuyo volumen lo conforman plutones del margen occidental de México.

Complejo Colima-Guerrero.- Integrado por los estados de Michoacán, Guerrero y Colima, se caracteriza por presentar grandes batolitos mesozoicos que intrusionan a rocas metavolcánicas, que a su vez están cubiertas por rocas extrusivas (andesitas), que forman el parteaguas de la sierra de Guerrero. También comprende rocas deformadas, localmente metamorfoseadas expuestas, a lo largo de los estados de Colima, Michoacán y suroccidente de Guerrero. En tanto que la región de Guerrero y Michoacán se aprecian rocas intrusivas.

Chatina.-Localizada en la zona suroriental de las costas de Guerrero y en la porción suroccidental de las costas de Oaxaca. Contiene rocas intrusivas en toda la región geológica. En el estado de Guerrero y sur de Oaxaca se encuentran afloramientos de esquistos, filitas y gneises, intrusionadas por grandes cuerpos de rocas graníticas (10,13).



4.0 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 Trabajo de campo

Cada muestra, se colecto de la parte superficial de la playa en la zona de mesoplaya, libre de la actividad del hombre que pudiera alterar la arena colectada.

Para realizar la recolección, cada sedimento fue tomado con una cuchara de plástico, muestreándose el primer centímetro del piso de la playa. Por último, cada muestra, se guardo en bolsas de plástico hasta la realización del análisis.

4.2 Trabajo de laboratorio

Procesamiento de muestras

Eliminación de carbonatos

Un punto importante previo al análisis químico, es acondicionar cada una de las arenas de playa, para ello se procedió primero a eliminar los posibles carbonatos que éstas pudieran contener, por lo que fueron tratadas con una solución de ácido clorhídrico al 10%, el cual se añadió hasta que ya no se apreció reacción, lavándose después con abundante agua bidestilada.

Secado y homogeneizado

Libres de ácido, fueron llevados a una estufa a 110°C por 24 horas, para eliminar toda el agua que puedan contener. Ya secas, se colocaron cada uno en un recipiente cilíndrico de carburo de tungsteno en el cual se encontraba un balin. Posteriormente fueron llevados a un molino de rotación marca SPEX 8000 Mixer/Mill en donde se pulverizaron por un periodo de 5 minutos con la finalidad de homogeneizarlos. Por último ya molidos se guardaron en bolsas de polietileno.

Pérdida por Ignición

Para tener completo el análisis y poder hacer el ajuste al reportar los resultados de los elementos mayores, se determinó la pérdida por ignición, la cual comprende la medición de la pérdida de peso de la muestra, después de realizar una combustión seca del material orgánico.

Procedimiento

-Tarar los crisoles a 600 °C

-Pesar 1g de sedimento con el crisol ya tarado

-Llevar la muestra a una mufla, en donde permanecerá en un lapso de 2 horas a 600 °C.

-Terminado el tiempo, se enfría el crisol con la muestra en un desecador, que posteriormente es pesado nuevamente, con la finalidad de establecer la pérdida por ignición.

Determinación de elementos mayores por fluorescencia de rayos X

El análisis por fluorescencia de rayos X se puede hacer con la muestra prensada o por fusión alcalina. Dado que esta última presenta menos interferencias, fue el método empleado.

Preparación de pastillas

-Pesar 1g de sedimento seco y molido, así como 9g de tetraborato de litio que se utilizó como fundente y 0.2g de nitrato de amonio el cual oxida totalmente al hierro.

-Mezclar el sedimento, fundente y el nitrato de amonio, en un crisol de grafito, adicionarle algunas gotas de ácido bromhídrico, para disminuir la tensión superficial.

-Colocar la mezcla contenida en el crisol de grafito en un mufla a 910°C por 15 minutos.

-Pasado el tiempo, sacar el crisol, dejarlo enfriar en una parrilla y extraer la pastilla formada.

Análisis Cuantitativo

Se determinaron las concentraciones de los siguientes compuestos : óxido de silicio, óxido de aluminio, óxido de sodio, óxido de potasio, óxido de calcio, óxido férrico, óxido de titanio, óxido de magnesio y pentóxido de fósforo. A través de un espectrómetro de fluorescencia de rayos X, modelo S303 marca SIMENS, de las muestras ya preparadas en pastilla, las cuales se leyeron en los programas de computo TIAL y ELEMENTO. Las condiciones usadas en el equipo, para el análisis de cada elemento se muestran en la tabla 4 1.

La determinación de cada elemento se llevó a cabo mediante el empleo de una curva de calibración, para ello se utilizaron una serie de estándares (tabla 4 2), los cuales emplearon los mismos programas de computo que para las muestras analizadas. Todos los análisis hechos se llevaron a cabo en la Administración Central de Laboratorio y Servicios Científicos de la Administración General de Aduanas de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Tabla 4.1 Condiciones de operación del equipo de Fluorescencia de Rayos X

Elemento	Conteo de impulsos eléctricos por segundo	Monocromador (Cristal)	Línea	Ángulo 2 θ	kv/mA
Si	10	*PET	K A 1, 2	109.232	30/60
Al	8	*PET	K A 1, 2	143.296	30/40
Na	10	*LiF100	K A 1, 2	136.774	40/45
K	10	*OVO55	K A 1, 2	24.56	30/60
Ca	8	*LiF100	K A 1, 2	113.168	40/45
Fe	8	*PET	K A 1, 2	25.611	45/40
Mg	10	*OVO55	K A 1, 2	20.358	30/60
Ti	20	*LiF100	K A 1, 2	86.21	40/30
P	10	*PET	K A 1, 2	89.612	30/60

*Cristal analizador	Nombre
LiF (100)	Fluoruro de litio
PET	Pentaentritio
OVO-55	Multicapa WSi

***Referencia de estándares usados en fluorescencia de rayos X**

Clave del estándar	Nombre del estándar	Procedencia
NOD-A-1	Manganeso	U.S. Geology Survey
BX-N	Bauxita	Centre de Recherches Petrographiques et Géochimiques
NOD-P-1	Nodulos	U.S. Geology Survey
BR-2	Basalto	Centre de Recherches Petrographiques et Géochimiques
BHVO-1	Basalto hawaiano	U.S. Geology Survey
W-2	Diabase	U.S. Geology Survey
STM-1	Nefelina	U.S. Geology Survey
RGM-1	Riolita	U.S. Geology Survey
GLO	Glauconita	Centre de Recherches Petrographiques et Géochimiques
QLO1-3	Latita de cuarzo	U.S. Geology Survey
FKN	Feldespato	U.S. Geology Survey

Determinación de metales traza y algunos elementos mayor por absorción atómica.

Como los sedimentos que se analizaron, son difíciles de extraer, debido a su alto contenido de silicatos, fue necesario utilizar medios ácidos muy fuertes, para poder disolverlos.

Procedimiento

-Pesar 0.3g de muestra lavada, seca y molida

-Colocar el sedimento ya pesado en un vaso de teflón

-Agregar 10 ml de agua bidestilada, 7ml de agua regia y 4ml de ácido fluorhídrico.

-Se digiere la muestra en un horno de microondas marca CEM 2000, bajo las siguientes condiciones :

	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa
Potencia	100	100	100
Presión(psi)	40	80	120
Tiempo(min)	15	20	30

-Pasado el tiempo de digestión, se saca la muestra del horno de microondas, se vierte la solución obtenida en un matraz aforado de plástico Nalgene y se aforó a 25ml.

-Como en la muestra puede haber algunos sólidos, es necesario eliminarlos, para evitar que se tape el aspersor en el equipo de absorción atómica, por lo que se centrifuga.

-Por último se guardan en un frasco de polietileno tapado

-Para verificar que la extracción es correcta, cada sedimento se hace por duplicado.

Análisis Cuantitativo

Con las muestras en solución se determinaron los siguientes metales:

Manganeso, cobre, cadmio, cromo, zinc, níquel, vanadio y estroncio. Por medio de un espectrómetro de absorción atómica de flama marca VARIAN 10 PLUS, utilizando lamparas unielementales. Las condiciones usadas en el análisis de cada elemento se muestran en la tabla 4.3.

Las muestras digeridas son leídas por absorción atómica, utilizando para ello curvas de calibración, que determinan la concentración de cada elemento. Por último la absorbancia obtenida se interpola en la curva de calibración.

Tabla 4.3 Condiciones de trabajo del equipo de Absorción Atómica

Elemento	Longitud de onda (nm)	Corriente de lámpara (Am)	Intervalo de trabajo (ppm)	Sensibilidad (ppm)	Límite de detección (ppm)	Apertura (nm)
Cu	324.70	3.50	0.5 - 2.0	0.03	0.02	0.50
Cr	357.90	7.00	0.5 - 2.5	0.06	0.04	0.20
Cd	228.80	3.50	0.5 - 2.0	0.01	0.01	0.50
Zn	213.90	5.00	0.5 - 2.5	0.01	0.00	1.00
Ni	232.00	3.50	0.5 - 2.5	0.09	0.01	0.20
Sr	460.70	10.00	1.0 - 4.0	0.04	0.00	0.50
V	318.50	20.00	1.0 - 3.0	0.88	0.14	0.20
Mn	279.50	5.00	1.0 - 4.0	0.02	0.00	0.20

Para el cálculo de la concentración de cada muestra se aplica la siguiente fórmula : $\text{ppm} = \text{mg/l} = [^*] \cdot \text{aforo} \cdot \text{dilución} / \text{g de muestra}$

$[^*] = \text{mg/l} = \text{Concentración obtenida al interpolar la absorbancia de la muestra dentro de la curva de calibración}$

Preparación de estándares

Los estándares utilizados son reactivos "Merck" y "Sigma" de 10,000 ppm y 1,000 ppm para absorción atómica. Las diluciones a partir de los estándares se hicieron una dilución usando micropipetas Eppendorf de 5,000, 1,000, 50 y 20 microlitros, según el rango de trabajo elegido.

Estudio de minerales en las arenas por Difracción de Rayos X

-La arena perfectamente pulverizada, fue colocada en un portamuestra, que se llevó a un difractómetro de rayos X modelo D5000 marca SIEMENS, en donde se hizo una lectura de 4 a 70 grados, con la finalidad de obtener un difractograma, el cual representa las diversas fases cristalinas. Este análisis se llevó a cabo en la Administración Central de Laboratorio y Servicios Científicos de la Administración General de Aduanas de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

-Terminada la lectura, se procedió a la interpretación del difractograma obtenido, por medio de una biblioteca que contiene 43,000 estructuras

cristalinas, conocidas como patrón de difracción (p.d.f), con la que se comparó el resultado obtenido en cada uno de las muestras.

Estandarización de los métodos analíticos

Una vez elegidos los métodos analíticos, fue necesario su estandarización, con la finalidad de poder verificar que los resultados obtenidos sean confiables. Para ello se determinó la precisión y exactitud en cada uno de los métodos empleados.

Precisión.-Es una medida de la reproducibilidad de las medidas, experimentalmente es determinada al repetir un número de veces el análisis de una muestra. Y se mide a través de la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Desviación Estándar.- Se define como la raíz cuadrada de la Variancia

$$V = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$\sigma = (V)^{1/2}$$

Donde :

n = Número de los datos

V = Variancia

\bar{X} = Desviación estándar

X = Valor promedio

X = Valor de cada de dato

Coefficiente de Variación.- Se usa cuando se desea comparar la variación de dos poblaciones independientes de una magnitud de sus medidas, y es simplemente la desviación típica expresada como porcentaje de la media (15).

$$C.V = (\sigma \times 100) / \bar{X}$$

Donde :

C.V = Coeficiente de variación

σ = Desviación Estándar

\bar{X} = Promedio

Exactitud.- Nos determina la cercanía del valor real de concentración a un valor obtenido experimentalmente. La manera de medirlo es por medio del error absoluto y error relativo.

Error absoluto.- Se define como la diferencia entre el promedio de una serie de mediciones hechas en la muestra estándar (\bar{X}) menos el valor verdadero de la misma (X).

$$E_a = \bar{X} - X$$

Error relativo.- Es simplemente el error absoluto expresado como un porcentaje del resultado verdadero (X) (15) .

$$E_r = (E_a / X) \times 100$$

***Precisión de los métodos**

Para establecer la precisión, se realizó cinco veces el análisis de una misma arena, la cual provino de las costas de Sonora y se le asignó el nombre de SONC-4, a la que se le aplicó el mismo tratamiento que las muestras analizadas, es decir lavar en medio ácido, hacer pérdida por ignición, pastilla y digerir en medios ácidos. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 4.4, 4.5 y 4.6.

***Exactitud de los métodos**

La manera de establecer este parámetro estadístico fue diferente al de la precisión, por lo que no se utilizó la arena de Sonora (SONC-4), sino el uso de estándares certificados.

A continuación se presenta la manera en que se determinó la exactitud en cada uno de los métodos empleados

Fluorescencia de rayos X

La exactitud del método, se hizo usando un estándar (QLO1-3) al cual se le consideró como desconocido, para ello se hicieron cinco pastillas, posteriormente en cada una se leyó por fluorescencia los compuestos de : óxido de silicio, óxido de aluminio, óxido de calcio, óxido de sodio, óxido de potasio, óxido férrico, óxido de titanio, óxido de magnesio y pentóxido de fósforo.

Por último se determinó la concentración promedio del QLO1-3 y se comparó con el reportado (tabla 4.7)

Absorción atómica

El material usado fue un sedimento natural de tamaño fino, colectado en los primeros 30 centímetros de la zona costera del estuario scheldth, en el mar del norte, certificado por el Laboratorio de Radioactividad Marina perteneciente al organismo internacional de Energía Atómica, ubicada en Mónaco, al cual se le dio el nombre de SDN1/2 y se analizó por duplicado en el Laboratorio de Química Marina del Instituto del Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, los metales de : cobre, cadmio, cromo, zinc, níquel, vanadio, estroncio, y manganeso. Los resultados obtenidos fueron comparados con los reportados por el Laboratorio de Radioactividad Marina (tabla 4.8).

Tabla 4.4 Precisión en el Método de Pérdida por Ignición

Muestra	Conc (%)
SONC4-1	1.61
SONC4-2	1.73
SONC4-3	1.65
SONC4-4	1.52
SONC4-5	1.55
Promedio	1.61
D.E 95%	0.08
C.V	4.97
I.C	1.725 - 1.501

Tabla 4.5 Precisión en el Método de Fluorescencia de Rayos X

	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	K ₂ O %	Na ₂ O %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	MgO %
SONC4-1	70.62	10.91	2.05	2.68	1.66	3.40	0.90	0.00	0.58
SONC4-2	78.18	12.29	2.22	2.92	1.81	3.62	0.72	0.00	0.63
SONC4-3	79.14	12.25	2.24	2.94	1.88	3.62	0.77	0.00	0.66
SONC4-4	73.51	11.33	2.13	2.87	2.71	3.47	0.78	0.00	0.62
SONC4-5	73.18	11.56	2.11	2.79	1.98	3.44	0.74	0.00	0.59
Promedio	74.93	11.67	2.15	2.84	2.01	3.51	0.78	0.00	0.62
D.E 95%	3.60	0.60	0.08	0.11	0.407	0.104	0.07	0.00	0.033
C.V	4.80	5.12	3.66	3.7	20.28	2.96	8.93	0.00	5.36
I.C	79.3 - 70.5	12.42 - 10	2.25 - 2.05	2.97 - 2.71	2.51 - 1.5	3.64 - 3.38	0.87 - 0.7	0.00	0.66 - 0.57

Tabla 4.6 Precisión en el Método de Absorción Atómica

Muestra	Cobre	Cromo	Cadmio	Zinc	Niquel	Estroncio	Vanadio	Manganeso
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
SONC4-1	8.11	32.45	8.11	48.67	24.33	81.11	259.56	322.23
SONC4-2	8.05	32.21	8.05	48.31	24.16	80.52	265.73	332.08
SONC4-3	8.16	32.65	8.16	48.98	24.49	81.63	261.23	316.04
SONC4-4	7.7	30.8	7.70	46.21	23.10	77.01	254.13	312.09
SONC4-5	8.18	32.73	8.20	49.09	24.55	81.83	270.04	316.80
Promedio	8.04	32.17	8.045	48.252	24.116	80.42	262.138	320.01
D.E 95%	0.176	0.707	0.177	0.694	0.5036	1.64	5.25	6.92
C.V	2.189	2.197	2.20	1.44	2.088	2.04	2.003	2.16
I.C	8.26 - 7.82	33.05 - 31	8.27 - 7.83	49.1 - 47.4	24.8 - 23.5	82.4 - 78.4	268.6 - 255	328.63 - 311.39

Tabla 4.7 Exactitud en el Método de Fluorescencia de Rayos X

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MgO
Conc Reportada (%)	65.94	16.35	3.20	3.60	4.25	3.97	0.61	0.25	1.03
Conc. Promedio (%)	65.92	16.52	3.22	3.63	4.36	4.00	0.60	0.31	0.94
Diferencia (Error absoluto)	-0.02	0.17	0.02	0.03	0.11	0.03	-0.01	0.08	-0.09
Error relativo	0.03	1.04	0.63	0.63	2.58	0.75	1.64	32.00	8.73

n = 5

Tabla 4.8 Exactitud en el Método de Absorción Atómica

Muestra	Cobre	Cromo	Cadmio	Zinc	Niquel	Estroncio	Vanadio	Manganeso
Conc. Reportada (ppm)	72.20	149.00	11.00	439.0	31.00	290.70	77.67	777.00
Conc. Promedio (ppm)	75.00	155.00	10.00	450.0	25.00	285.03	76.00	770.00
Diferencia (Error absoluto)	2.80	6.00	1.00	11.0	-6.00	5.67	-1.67	-7.00
Error relativo	3.88	4.03	9.09	2.5	19.35	1.95	2.15	0.90

n = 5

5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los sedimentos de playa está regulada por una serie de factores, entre los más importantes se puede mencionar la litología del área fuente, el clima, el relieve, la distancia a que viajan los sedimentos antes de su depósito. Dadas las características del área de estudio y con objeto de facilitar la interpretación de resultados, la zona de estudio se dividió en dos partes: zona norte, correspondiente a la parte occidental de la península de Baja California y zona sur, correspondiente a las costas del océano pacífico mexicano.

5.1 Pacífico Norte

De los resultados obtenidos (tabla 5.1), se puede decir que la composición química de esta zona tiene las siguientes características :

Compuestos mayores.- Se observó que los valores más altos correspondieron al óxido de silicio, con un promedio de 75.83%, siendo la muestra A15 la de mayor concentración (84.63%) y la A8 el valor más bajo (50.8%). En cuanto a los compuestos de óxido de sodio, óxido de potasio y óxido de magnesio muestran valores promedio muy similares, (1.35%, 1.47%, 1.49%), sin embargo la desviación estándar (0.99, 0.67, 1.92) fue mucho mayor para el óxido de magnesio. Los valores de óxido férrico muestran un intervalo muy amplio de variación en cuanto a su concentración (0.29% - 17.72%) con los

Tabla 51 Composición Química de los sedimentos del Pacífico Norte

NO. M	SO ₄ (%)	CaO(Si)	NaO(Si)	K ₂ O(Si)	CO ₂ (Si)	PER(Si)	FeO(Si)	MgO(Si)	MnO(Si)	PO ₄ (Si)	P ₂ O ₅ (Si)	SiO ₂ (N)	Ca	CaF	Ca	Si	Fe	Al	P
30	77.19	17.59	2.57	1.51	3.58	3.89	0.75	0.1	0.0	0.0	0.0	66.36	ND	ND	ND	81.76	ND	7.77	15.23
35	74.33	11.80	1.21	1.09	3.56	4.04	0.92	2.51	0.11	0.00	0.03	65.73	ND	ND	ND	83.66	31.29	41.20	130.50
38	50.80	5.78	0.83	0.10	6.15	17.72	1.77	8.15	0.36	0.00	0.30	49.26	7.40	ND	ND	25.23	4.76	141.18	16.00
41F	72.15	14.30	1.74	0.19	3.56	1.29	0.91	0.83	0.03	0.00	0.53	70.10	ND	ND	ND	17.46	ND	5.76	84.22
41B	71.42	15.10	3.09	3.05	4.11	2.66	0.53	1.49	0.56	0.36	1.30	54.12	ND	ND	ND	ND	ND	1.30	150.83
43	44.83	5.71	1.83	1.74	1.54	10.26	0.31	0.14	0.01	0.01	0.31	46.81	ND	ND	ND	15.26	ND	34.24	15.11
47F	71.21	13.41	1.36	1.66	4.74	3.54	2.13	2.57	0.19	0.00	0.29	66.48	7.51	ND	ND	126.71	ND	62.18	126.00
47B	74.95	12.26	1.84	1.06	2.78	0.44	0.13	0.18	0.01	0.00	0.51	66.50	7.56	ND	ND	134.00	ND	25.23	33.19
48	50.07	12.23	1.34	1.16	2.78	0.80	0.34	0.66	0.03	0.00	0.01	66.83	7.46	ND	ND	134.50	44.80	106.11	35.21
49	74.05	13.15	0.28	2.19	3.53	2.19	0.74	0.06	0.54	0.00	3.44	64.76	7.08	ND	ND	117.19	22.20	215.30	56.97
44	70.18	11.15	1.19	1.26	3.29	2.28	1.64	1.17	0.38	0.01	1.52	50.82	7.36	ND	ND	8.88	ND	45.15	146.30
45	58.40	13.00	2.57	3.47	1.57	0.18	0.56	0.00	0.01	0.00	0.15	63.10	7.31	ND	ND	45.37	2.50	126.54	40.23
47	70.36	10.00	0.57	1.71	2.31	0.83	0.28	3.53	0.00	0.00	1.42	62.54	7.07	7.58	21.31	152.24	27.27	14.50	208.44
47D	59.50	7.40	0.59	0.99	5.76	8.74	4.21	4.21	0.20	0.00	0.43	51.08	1.46	7.87	144.37	143.15	115.57	33.14	412.75
47E	63.77	3.65	0.00	1.80	2.65	1.54	0.11	3.80	0.00	0.00	0.02	70.16	ND	ND	ND	22.20	152.25	23.25	15.41
47F	70.06	10.43	1.15	1.51	2.44	0.44	0.13	0.20	0.00	0.00	0.51	62.55	ND	ND	ND	23.71	154.74	30.26	7.73
47G	72.83	10.54	0.93	1.35	4.91	7.57	1.19	2.26	0.06	0.00	1.12	60.34	14.57	7.24	21.17	141.18	71.56	21.06	345.83
47H	71.40	10.36	1.01	1.60	4.48	5.50	0.06	1.11	0.36	0.06	2.64	56.96	27.25	7.45	14.68	142.80	52.18	14.20	295.87
47I	59.76	10.72	1.46	0.91	5.93	7.05	1.63	3.26	0.06	0.03	0.83	59.37	11.71	1.91	15.23	302.47	52.65	18.80	374.44
47J	70.59	11.83	1.69	1.52	5.73	1.34	0.10	0.62	0.00	0.11	1.45	56.98	ND	ND	ND	15.24	332.64	25.36	15.54
47K	70.33	10.50	0.29	1.22	2.74	8.11	2.44	1.01	0.26	0.06	1.18	63.72	7.81	ND	ND	30.00	152.29	50.62	21.4
47L	70.90	11.26	1.56	1.16	3.84	1.11	0.19	1.05	0.03	0.11	0.72	60.30	ND	7.64	30.54	152.73	47.96	15.71	152.87
47M	64.25	10.59	0.48	1.13	1.70	0.64	0.10	0.67	0.01	0.00	0.10	71.96	ND	ND	ND	22.87	151.13	14.24	18.11
47N	72.84	11.95	1.14	2.15	2.91	1.32	0.18	0.44	0.21	0.01	0.47	67.14	ND	7.54	21.11	145.86	47.21	71.08	152.58
47O	74.07	11.50	0.98	2.74	2.36	0.15	0.13	0.26	0.01	0.00	1.26	64.96	ND	ND	ND	15.24	342.77	1.83	17.25
47P	70.83	11.77	1.36	1.28	3.62	1.19	0.44	1.43	0.36	0.03	1.07	61.72	11.4	2.67	11.36	141.26	14.24	44.21	152.47
C.E.	67.19	11.81	0.66	0.67	1.65	3.76	0.75	1.20	0.08	0.10	0.78	61.10	5.42	3.33	24.13	84.71	34.56	24.23	137.10

(Cabezas en partes por millón)

N de los sedientos

valores más altos correspondientes a muestras localizadas al norte de la península; los valores de óxido de titanio (0.03%-2.43%) aparentemente se asocian al óxido férrico ya que las concentraciones más altas de ambos metales se presentan en las mismas muestras correspondiendo a la muestra A203 la de mayor concentración (2.43%). Con respecto al óxido de calcio, contiene una concentración promedio de 3.66% similar a la del óxido férrico, con un valor máximo de 9.13% para el sedimento A8.

Metales Traza. - De los metales estudiados el cobre, cromo y cadmio se detectaron sólo en unas cuantas muestras en valores muy bajos. Los valores más altos de vanadio (575.98 ppm) y zinc (141 ppm) correspondieron a las muestras con valores más altos de óxido férrico, valores hasta de 300 ppm en estroncio y 158 ppm en níquel se encontraron sin una relación aparente con los otros elementos estudiados.

Tomando en cuenta las características químicas que se encontraron en el pacífico norte, se puede hacer una clasificación en orden decreciente de menor a mayor grado, sobre la contribución que tiene cada uno de los compuestos mayores y metales traza, los cuales se muestran a continuación :

Compuestos mayores : $\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{CaO} > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{K}_2\text{O} > \text{MgO} > \text{Na}_2\text{O} > \text{TiO}_2$

Metales traza : $\text{V} > \text{Sr} > \text{Ni} > \text{Zn} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{Cd}$

Composición mineralógica

La tabla 5.2 indica las diversas fases cristalinas encontradas en cada uno de los sedimentos estudiados. Considerando las difracciones de rayos x obtenidas, se puede resumir las siguientes observaciones :

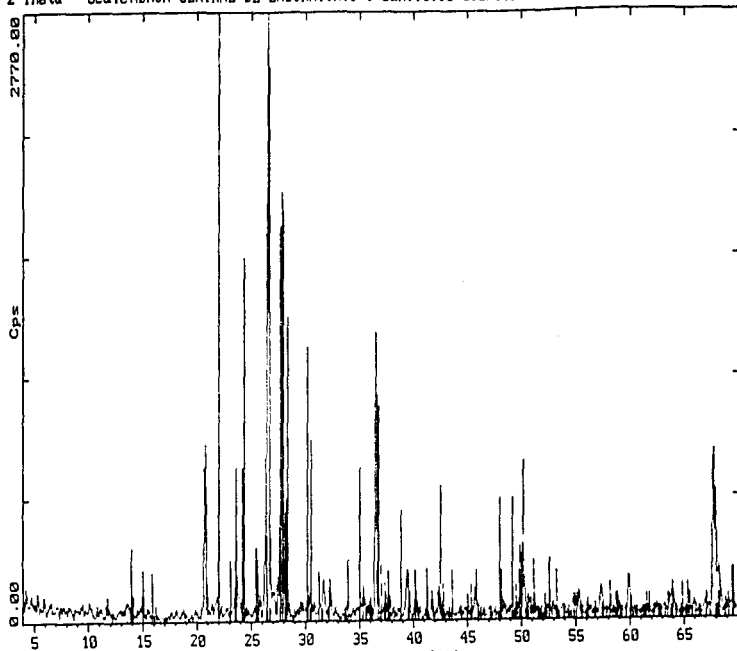
- Todos los sedimentos presentan cuarzo y a excepción de 6 muestras, los demás contienen anortita, siendo ésta la segunda estructura cristalina en abundancia de la zona.

- La moscovita y ortoclasa se encontraron en 8 estaciones, mientras que la albita solo en 6, en cuanto a la anortoclasa se observó en 5 estaciones, mientras que la ortoferrosilita, diópsida y pseudorutilo, se identificaron en 3 estaciones

- Tanto la muestra A8 (ubicada en la parte norte de la península, perteneciente a la litología B) como la A203 (localizada en la parte norte de la península, perteneciente a la litología A) contiene magnesiohornoblenda férrica, pero la A8 además contiene fayalita de magnesio.

El difractograma de la muestra A2, da un ejemplo de como se presenta un sedimento en una difracción de rayos X, de la cual se puede apreciar que el pico más grande, correspondió al cuarzo, en cuanto a la anortita y albita, se observaron picos con menor intensidad.

2-Theta - Scale ADMON CENTRAL DE LABORATORIO Y SERVICIOS CIENTIFICOS.SHCP 25-Apr-1996 12:37



C:\USERDATA\AD\RAW\42 (CT: 0.1s, SS 0.0903s, WL 1.54060)

19-1184 | NaAlSi3O8 Albite, ordered (WL: 1.54059)

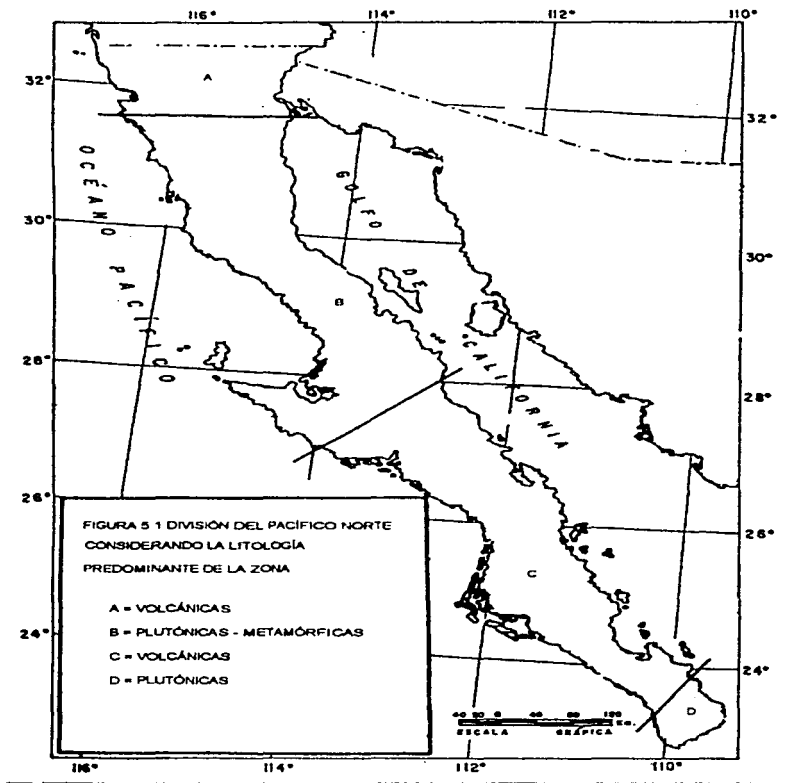
Tabla 5.2 Difracción de Rayos X del Pacífico Norte

Muestra	Resultados obtenidos
A2	Cuarzo, Anortita
A5	Cuarzo, Anortita, Oxido Férrico
A8	Cuarzo, Anortita, Fayalita de Magnesio, Magnesiohornoblenda Férrica
A11	Cuarzo, Albita, Anortita
A13	Cuarzo, Anortita
A15	Cuarzo, Anortita
A202	Cuarzo, Moscovita, Ortoclase, Anortita, Diòpsida
A203	Cuarzo, Albita Calcica, Ortoferrosilita, Magnesiohornoblenda Férrica
A204	Cuarzo, Anortita
A205	Cuarzo, Moscovita, Ortoclase, Anortoclase, Albita Calcica
A206	Cuarzo, Moscovita, Diòpsida, Anortoclase, Enstatita Férrica, Pseudorutilo
A207	Cuarzo, Moscovita, Ortoclase, Anortoclase
A208	Cuarzo, Anortita, Ortoferrosilita, Enstatita Férrica, Pseudorutilo
A209	Cuarzo, Anortita, Anortita alta en Sodio
A210	Cuarzo, Ortoclase, Ortoferrosilita, Pseudorutilo
A211	Cuarzo, Anortita, Anortita alta en Sodio
A17	Cuarzo, Anortita, Diòpsida, Pseudorutilo
A19	Cuarzo, Albita Calcica, Anortita
A20	Cuarzo, Anortita
A21	Cuarzo, Moscovita, Ortoclase, Anortoclase, Anortita-Albita
A22	Cuarzo, Albita calcica, Diòpsida, Pseudorutilo
A23	Cuarzo, Moscovita, Ortoclase, Sanidino, Anortoclase, Albita Calcica
A232	Cuarzo, Anortita
A234	Cuarzo, Moscovita, Ortoclase, Anortita
A236	Cuarzo, Moscovita, Ortoclase, Anortita

Composición Químico de los sedimentos en función de la litología

Dado que la composición química de los litorales esta asociada con la litología del área fuente, se hizo un análisis de la litología predominante en la zona de estudio. En el pacifico norte se distinguen cuatro provincias (13) En la provincia A predominan rocas volcánicas, la provincia B se caracteriza por rocas plutónicas y metamórficas, mientras que en la provincia C hay rocas volcánicas, por último la provincia D se distinguen rocas de tipo plutónico (fig 5.1).

Provincia A.-Esta región comprende siete muestras (tabla 5.3.1), en las cuales se distinguen valores altos de : óxido de calcio, óxido férrico y óxido de magnesio en elementos mayores, mientras que vanadio, estroncio y zinc para metales traza. La difracción de rayos X indica predominio de cuarzo y anortita, aunque hay algunos minerales de tipo olivino (ortoferrosilita), anfíbola (magnesiohornoblenda) y feldespatos alcalinos (ortoclasa y anortoclasa) aunque éstos en menor grado. Estos resultados, se explican debido a que la provincia geológico a que pertenece esta zona (San Pedro Mártir), indica que el tipo de roca presente es de naturaleza volcánica que coincide por su predominio en olivinos y plagioclasas calcicas características en basalto (Apéndice A.2.Tabla A.2.3), sin embargo está cubierta en su parte occidental por rocas metamórficas, los cuales tienen como minerales característicos entre otros a las anfíbolas, piroxenos en mayor cantidad que las ígneas(Apéndice A3. Tabla



A.3.2). Además los valores obtenidos de vanadio están relacionado con estos tipos de minerales. Con respecto al estroncio, se asocia a plagioclasas en rocas ígneas, por último el zinc se encuentra presente en rocas que contienen hierro y magnesio (Apéndice A.4).

Provincia B - Se caracteriza por el predominio de rocas plutónicas y metamórficas. Es muy parecida a la provincia A en su composición química (Tabla 5.3.2), dado que tiene también valores altos en óxido férrico, óxido de magnesio y óxido de calcio, para compuestos mayores. Con respecto a los metales traza el vanadio y estroncio tuvieron los valores más altos. Estos resultados se debe a que también pertenecen a la provincia geológica de San Pedro Mártir. Cabe mencionar que la muestra AB resultó ser la más interesante de ambas zonas litológicas, ya que su difracción de rayos X y composición química son diferentes a las demás, contiene el valor más bajo en óxido de silicio de todo el pacífico norte, tiene las concentraciones más altas en óxido de magnesio, óxido férrico, óxido calcio y vanadio, la difracción indica predominio de cuarzo, fayalita de magnesio y magnesiohomoblenda, de acuerdo a esto, se puede decir que el tipo de roca a la que perteneció es de tipo eminentemente metamórfica, la zona en la que se localiza es la región norte de la península.

Provincia C.- En esta región se observaron valores promedio bajos de óxido férrico, óxido de calcio, óxido de magnesio y vanadio, así como valores altos en óxido de potasio y estroncio (Tabla 5.3.3) Con respecto a la difracción (tabla 5.2) se puede decir que se presentan minerales de cuarzo, albita, anortita, ortoclasa, anortoclasa y pseudorutilo, los cuales son característicos de rocas ígneas a excepción del pseudorutilo. Estos resultados, coinciden con la geología de la provincia, debido a que se encuentra la cuenca de Vizcaino - Purísima, donde hay predominio de rocas volcánicas, cuya composición es similar a los obtenidos aquí (Apéndice A.2. Tabla A.2.3). Sin embargo también presenta características similares a las metamórficas principalmente por el pseudorutilo En concentraciones menores se observo por difracción la presencia de la diópsida, la cual se encuentra presente también en rocas ígneas (Apéndice A.2. Tabla A.2.1). El hecho de que el óxido de potasio y el estroncio tengan valores altos respecto a las provincias A y B, se entiende dado que el estroncio puede encontrarse en feldespatos de plagioclasas y ortoclasa (Apéndice A.4.).

Provincia D.- En esta región en la que se reporta el predominio de rocas plutónicas se localizaron dos muestras (A234 y A236) las cuales mostraron las concentraciones promedio más altas de óxido de silicio, óxido de potasio y estroncio de todo el pacífico norte. El análisis de difracción (tabla 5.2) de estas muestras presentan minerales de ortoclasa, moscovita, y anortita.

Tabla # 3.1 Composición Química de los sedimentos Provincia A Pacífico Norte

N.º	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	P ₂ O ₅	CO ₂	TOC	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}				
AS	77.99	11.84	1.97	1.81	3.66	0.80	0.75	0.11	0.03	0.00	0.06	0.33	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	23.72	19.13		
AS5	74.33	11.85	1.91	1.56	3.96	1.04	0.70	0.01	0.01	0.06	0.03	0.33	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	18.96	37.50	47.00	136.00
AS10	80.50	12.00	0.97	1.71	2.31	0.81	0.68	0.53	0.07	0.04	0.43	0.65	7.40	7.08	2.37	144.37	148.16	110.97	31.74	24.74	24.95	24	
AS15	83.77	9.85	0.97	1.62	2.57	1.54	0.11	0.80	0.01	0.00	0.42	0.19	ND	ND	ND	23.97	193.75	23.74	19.63	12.18	21.85	21.85	
AS20	83.83	10.47	0.93	1.95	2.01	1.97	1.18	0.28	0.06	0.00	1.15	0.34	14.83	7.24	21.71	147.11	79.56	21.86	24.83	21.85	21.85	21.85	
AS1	71.45	12.56	1.01	1.80	4.48	0.95	0.60	1.15	0.06	0.00	0.34	0.50	22.25	7.45	14.14	143.80	58.10	14.80	14.80	14.80	14.80	14.80	
Procedido	75.43	10.97	1.54	1.41	3.65	1.06	0.87	1.00	0.01	0.01	0.21	0.31	4.23	2.24	10.24	147.91	45.21	21.30	21.30	21.30	21.30	21.30	
D.P. (%)	4.83	1.51	0.71	0.24	1.15	3.10	0.74	1.37	0.04	0.01	0.81	0.25	7.85	3.67	42.68	24.41	54.25	6.29	17.43	17.43	17.43	17.43	

ND=No detectado en partes por millón (ppm)

N=No detectado

D.E=Desviación Estándar

Tabla # 3.2 Composición Química de los sedimentos Provincia B Pacífico Norte

N.º	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	P ₂ O ₅	CO ₂	TOC	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}		
A1	80.45	9.19	0.83	0.13	0.13	0.72	1.77	1.11	0.18	0.00	0.34	29.28	7.48	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4.74	121.18	76.30	576.84
A11	76.15	14.30	1.74	0.79	3.96	1.45	0.61	0.83	0.23	0.00	0.93	54.12	ND	ND	ND	17.49	ND	ND	ND	5.76	14.22	14.78	14.78
A13	71.45	12.15	0.90	1.05	4.11	2.66	0.53	1.49	0.06	0.00	1.33	10.10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	150.00
A15	84.63	9.71	1.63	1.74	1.64	0.79	0.12	0.74	0.01	0.01	0.31	86.91	ND	ND	ND	137.23	ND	ND	ND	10.82	19.22	19.22	19.22
A155	81.26	12.43	1.29	1.81	2.44	0.93	0.13	0.40	0.01	0.00	0.81	86.95	ND	ND	ND	213.11	154.18	20.90	7.75	316.03	316.03	316.03	316.03
A20	89.30	10.58	0.48	0.91	0.65	0.56	1.02	1.08	0.03	0.00	0.83	59.37	7.70	2.91	17.44	300.47	58.05	18.88	317.44	317.44	317.44	317.44	317.44
A250	75.99	11.93	1.69	1.69	3.70	1.50	0.13	0.66	0.03	0.01	1.83	36.90	ND	ND	15.04	300.84	33.56	15.04	21.78	21.78	21.78	21.78	
A251	75.33	9.24	0.30	1.23	1.74	0.71	0.27	1.01	0.00	0.00	0.76	83.77	7.81	ND	ND	155.21	31.25	23.84	34.93	34.93	34.93	34.93	
A111	76.50	12.30	1.56	1.18	3.84	2.11	0.27	1.25	0.23	0.01	0.77	86.33	ND	ND	7.84	25.84	15.71	41.96	15.71	19.87	19.87	19.87	
Procedido	79.53	11.50	1.68	1.68	4.42	0.83	1.98	0.28	0.07	0.06	0.44	72.53	8.88	14.48	14.48	133.86	50.07	31.97	31.97	31.97	31.97	31.97	
D.P. (%)	3.18	1.07	0.31	0.43	0.11	0.75	0.78	0.97	0.11	0.19	0.92	6.64	3.58	3.18	19.19	119.19	24.56	24.56	24.56	24.56	24.56	24.56	

ND=No detectado en partes por millón (ppm)

N=No detectado

D.E=Desviación Estándar

Tabla # 3.3 Composición Química de los sedimentos Provincia C Pacífico Norte

N.º	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	P ₂ O ₅	CO ₂	TOC	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	
A11	71.51	13.11	1.36	2.88	2.74	2.54	2.23	1.97	0.03	0.00	0.29	68.48	7.91	ND	ND	159.11	ND	ND	ND	84.74	136.30	136.30
A12	72.51	12.67	1.84	1.86	3.74	2.41	0.79	0.20	0.00	0.00	0.39	66.25	7.90	ND	ND	134.30	ND	ND	ND	26.23	33.79	33.79
A13	82.01	11.34	1.14	1.16	2.74	0.85	0.54	0.97	0.01	0.00	0.81	68.23	7.40	ND	ND	134.30	44.80	176.70	176.70	176.70	176.70	176.70
A14	79.56	10.16	0.28	1.17	3.93	2.11	0.18	0.26	0.04	0.00	0.44	68.78	7.20	ND	ND	117.70	53.00	128.20	128.20	128.20	128.20	128.20
A21	78.18	10.75	1.77	1.65	2.35	2.26	1.64	1.13	0.08	0.01	1.01	80.82	7.39	ND	ND	148.10	42.15	148.30	148.30	148.30	148.30	148.30
A22	78.42	10.01	2.97	1.47	1.61	2.18	0.26	0.20	0.01	0.00	0.75	81.12	7.97	ND	ND	48.37	1.50	158.54	158.54	158.54	158.54	158.54
A23	82.45	10.99	1.81	1.73	1.61	2.16	2.87	0.21	0.00	0.00	0.15	79.96	8.05	ND	ND	21.87	39.15	18.84	15.11	16.84	15.11	16.84
Procedido	77.44	12.30	1.38	1.95	2.96	1.45	0.96	0.91	0.06	0.00	0.66	61.95	8.31	0.26	0.01	140.11	33.54	11.94	11.94	11.94	11.94	11.94
D.P. (%)	3.83	1.09	0.74	0.88	0.71	1.15	0.75	0.87	0.01	0.06	1.02	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.71	31.64	35.15

ND=No detectado en partes por millón (ppm)

N=No detectado

D.E=Desviación Estándar

Tabla # 3.4 Composición Química de los sedimentos Provincia D Pacífico Norte

N.º	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	P ₂ O ₅	CO ₂	TOC	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	C _{org}	
A11	76.84	11.95	1.17	2.17	3.20	2.28	0.18	0.21	0.03	0.01	0.47	82.94	ND	ND	7.64	11.13	11.85	21.81	12.84	130.54	130.54	
A21	81.61	11.21	0.84	2.11	2.00	1.92	0.24	0.24	0.00	0.00	0.24	82.94	ND	ND	1.04	300.91	7.84	19.24	19.24	19.24	19.24	
Procedido	82.50	11.83	1.00	1.44	1.65	1.75	0.10	0.16	0.01	0.00	0.78	88.51	0.26	0.32	1.85	241.26	14.14	14.14	14.14	14.14	14.14	
D.P. (%)	0.66	0.33	0.20	0.37	0.27	0.21	0.28	0.18	0.01	0.00	0.29	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.91	0.85	0.36

ND=No detectado en partes por millón (ppm)

N=No detectado

Lo anterior indica que el tipo de roca es plutónico, que se caracteriza por su gran cantidad de ortoclasa, lo cual hace a esta provincia diferente de las otras (Apéndice A 2. Tabla A 2.2).

Intemperismo Químico

Para evaluar la distancia a que los sedimentos han sido transportados se empleo el índice químico de alteración (I.Q.A) el cual esta dado por :

$$I.Q.A. = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \times 100$$

Este parámetro fue originalmente utilizado por Nesbitt y Young (16) para evaluar el grado de alteración o intemperismo de las rocas volcánicas y plutónicas; posteriormente Rosales y Carranza (17) lo utilizaron en sedimentos fluviales y litorales siendo útil para los sedimentos provenientes de rocas ígneas en las que actúan diferentes factores, como son el transporte, la lixiviación e.t.c provocan una pérdida progresiva de Na_2O , K_2O y CaO , lo cual se refleja en el valor del índice químico de alteración.

Si se considera el total de muestras correspondientes al pacífico norte se observa un índice químico de alteración promedio de 63.72%, lo cual indica que se encuentran medianamente intemperisados. Esto se atribuye a que el sistema montañoso de Baja California se encuentra alejado de la costa, por lo que se genera en los sedimentos un alto arrastre desde las montañas hasta la playa, produciendo una alteración en el índice químico de alteración.

Provincia A.- Dentro de esta zona se distinguen dos grupos definidos (tabla 5.3.1), el primero correspondió a los sedimentos A203 y A207 los cuales contienen un índice químico de alteración bajo, comparado con los demás ($\bar{X} = 54\%$) El segundo grupo se caracteriza por tener valores altos en las muestras A2, A5, A206, A204 y A202. ($X = 65.63\%$) siendo estos dos últimos los de más alto valor. El valor bajo del I.Q.A observado en algunas muestras se puede deber a la corta distancia que existe en el afloramiento de rocas volcánicas y las arenas de playa, lo que sugiere en estos casos, es que los afloramientos de rocas ígneas están cercanas o adyacentes a la línea de costa.

Provincia B.- El índice químico de alteración promedio obtenido es de 61.48% (tabla 5.3.2), parecido al de la zona A. Las estaciones A8, A13, A208 y A 209 tiene un valor de I.Q.A menor al 60%, siendo la muestra A8 la más baja de toda la zona del pacífico norte, lo cual indica que se encuentra lejos del sistema montañoso de San Pedro Mártir. Para las estaciones A11, A15, A202, A210 y A211 muestran un mayor intemperismo, destacándose la muestra A11 con un I.Q.A de 70%, esto indica que dichos sedimentos se encuentran cerca de la sierra de San Pedro Mártir.

Provincia C.- Se caracteriza porque todas las estaciones tienen un índice químico de alteración mayor al 63% y menor al 72 % (Tabla 5.3.3). Además contiene un índice químico de alteración promedio mayor (67.35%) que el de las

provincias A, B y D, lo que sugiere que las muestras están más alteradas y provienen de una región muy alejada de la playa, quizá de la sierra de la Giganta.

Provincia D.- Es la segunda provincia en contener un Índice químico de alteración alto después de la provincia C (Tabla 5.3.4). Observando la orografía de la región podemos inferir que las estaciones provienen del sistema montañoso de la sierra Victoria, cercanos al pico de Santiago, cuya altitud es de 2064m, por lo cual los sedimentos se alteran.

Matriz de Correlación

Con el objeto de saber el grado de correlación existente entre los elementos estudiados (Apéndice E.1) se realizó un análisis de correlación de Pearson (tabla 5.4). Con valores arriba de 0.49 como estadísticamente significativos y un 99% (n = 25) de confianza. Se distinguen tres grupos de asociaciones de acuerdo a la matriz de correlación. En el primero se observó una correlación amplia entre el óxido de silicio, óxido de potasio e índice químico de alteración, en la segunda hay, asociaciones entre el óxido de aluminio y óxido de sodio, mientras que en el último correspondió a los compuestos de óxido de calcio, óxido férrica, óxido de magnesio, óxido de titanio, óxido de manganeso, vanadio, cromo y zinc con una correlación muy cercana entre ellos. Los tres grupos conseguidos, apoyan los resultados

obtenidos por la difracción de rayos X. Así, la asociación óxido de silicio con óxido de potasio indica la presencia de cuarzo y ortoclasa, la alta correlación directa de óxido de silicio con índice químico de alteración indica que al intemperisarse la muestra aumenta la presencia de cuarzo, alterándose en primer lugar los feldepatos cálcicos y sodicos, en el segundo grupo la relación óxido de aluminio con óxido de sodio se atribuye a la albita. El último grupo presenta una asociación compleja, debido a la amplia correlación encontrada entre varios elementos, pero gracias a la difracción se puede explicar. La asociación de óxido férrico con óxido de magnesio, óxido de calcio y óxido de manganeso se explica por que estos se encuentran en mayor o menor grado como componentes principales del grupo de los olivinos, aunque el óxido de magnesio y óxido de calcio se asocian también con los piroxenos y anfíbolos, al igual que el óxido de titanio pero en menor proporción (Apéndice A.1). En cuanto al óxido férrico y óxido de titanio se asocian directamente por el pseudorutilo e ilmenita (Apéndice A.5). Con respecto al vanadio, cromo y zinc, los dos primeros se asocian de manera isomorfa con el Fe^{3+} , por lo que se sustituye por ellos, debido a esto se encuentran presentes en olivinos, magnetitas y piroxenos (Apéndice A.4). El zinc se reemplaza por el hierro y magnesio en olivinos, piroxenos y anfíbolos, así como por hierro y manganeso en óxidos, de ahí la asociación entre el zinc con hierro, magnesio y manganeso (Apéndice A.4).

Análisis de factores

Con el objeto de agrupar las muestras en función de sus características químicas, se realizó un análisis de factores utilizando el paquete estadístico CSS (Apéndice E.2)

El análisis realizado a las muestras del pacifico norte indica la presencia de 5 factores que en conjunto explica el 81.3% de la variancia (tabla 5.5 y 5.6), el resto de los factores no tuvieron importancia significativa por tener valores pequeños y diversos. De los resultados obtenidos el primer factor está determinado principalmente por la concentración de óxido de silicio, lo cual indica que la zona de la península de Baja California en su parte occidental está dominada principalmente por dicho compuesto, esto se debe a que el oleaje proveniente del océano pacifico es fuerte haciendo que fácilmente se pierdan algunos iones solubles como el sodio y calcio, quedando los más resistente enriqueciendo así la abundancia de cuarzo y de ortoclasa, lo cual explica la asociación del óxido de silicio, óxido de potasio e índice química de alteración, contribuyendo con un 42% de la variancia total, el segundo factor esta determinado por la concentración de óxido de aluminio que explica el 14.58 % de la variancia, los factores 3 y 4 aportan un 9.48% y 9.13% respectivamente, destacando los elementos de cobre, estroncio y fósforo para cada factor, el quinto factor se obtiene con un aporte del 6.08% correspondiente al sodio.

Tabla 5.5. Análisis de Factores de las variables estudiadas en el Pacífico Norte

Factor 1		Factor 2		Factor 3		Factor 4		Factor 5	
Compuesto	C.C	Compuesto	C.C	Elemento	C.C	Compuesto	C.C	Compuesto	C.C
SiO ₂	0.96	Al ₂ O ₃	0.73	Cu	0.83	P ₂ O ₅	0.83	Na ₂ O	0.94
K ₂ O	0.66			P.Ign	0.76	Elemento	0.67		
IAQ	0.68					Sr	0.67		

C.C = Coeficiente de Correlación

Tabla 5.6. Aporte de cada Factor en el Pacífico Norte

	Peso por Factor(%)	Variancia Acumulada (%)
FACTOR1	42.00	42
FACTOR2	14.58	56.6
FACTOR3	9.48	66.08
FACTOR4	9.13	75.21
FACTOR5	6.087	81.3

5.2 Pacífico Sur

Compuestos mayores

El área sur de la zona de estudio comprendió 55 muestras distribuidos a lo largo del litoral desde las costas de Jalisco hasta las costas de Oaxaca. Los sedimentos del pacífico sur, tuvieron una concentración de óxido de silicio promedio de 70.55%, siendo éste el compuesto más alto de la zona. Los demás compuestos mayores mostraron concentraciones menores al 11%. Los más abundantes fueron óxido de aluminio, óxido férrico, óxido de sodio, óxido de calcio, óxido de magnesio y óxido de titanio (tabla 5.7).

Al_2O_3 - Este compuesto se caracteriza porque presenta la concentración más constante de la zona, debido a que las concentraciones que tienen no varían bruscamente en las estaciones estudiadas. De las 55 muestras analizadas, la que presentó un valor mayor fue para el sedimento A250 con una concentración promedio de 17.26%.

Na_2O , MgO y TiO_2 - Fueron agrupados en la misma sección, dado que las concentraciones promedio observadas en cada uno de ellos fueron muy similares. Los valores promedio obtenidos para estos compuestos en orden decreciente muestran al óxido de magnesio con un valor promedio de 1.87% seguido por el óxido de titanio (1.24%) y por último el óxido de sodio con una concentración de 1.03%. Siendo la muestra A97 como la más alta en óxido de

sodio (4.06%), para el óxido de titanio correspondió a la A84 (4.78%) y para el óxido de magnesio la concentración más alta se obtuvo en la A129 (8.87%)

Fe_2O_3 .-Después del óxido de silicio y óxido de aluminio, el tercer compuesto con la concentración más alta en compuestos mayores es para el óxido férrico con una concentración promedio de 6.89%, siendo la muestra A199 la que presenta el valor más alto (36.46%) Cabe mencionar que hay varias estaciones con valores altos, como son, los sedimentos : A196(29.37%), A129(27.1%), A260(19.47%), A126(18.12%), A183(15.47%), A121(13.73), A90(13.51) y A128(13.33%), los cuales se encuentran distribuidos en toda la zona del pacífico sur. A diferencia del pacífico norte, en esta zona no se muestra ningún patrón definido, que marque un lugar preferente

K_2O .- Se caracteriza, por presentar una concentración promedio de 2.11%, correspondiendo a la muestra A269 como la concentración más alta (4.16%) y la A129 (0.35%) con el valor más bajo. Tiene un valor promedio más alto que óxido de sodio, óxido de magnesio y óxido de titanio.

CaO .- Es el compuesto que ocupa el cuarto lugar en orden decreciente de concentración siendo el 3.59% la concentración promedio. Este compuesto presenta los valores más variados de la zona, ya que la muestra A134 tiene una concentración de 21.16% la cual es muy alta comparada con cualquier otra estación.

Metales Traza

De los metales traza estudiados el vanadio es el elemento que se presenta en mayor abundancia, así por ejemplo las muestras A199 y A129 contienen valores superiores a 1,000 ppm, mientras que los sedimentos A84, A90, A121, A126, A186 y A260 presentan concentraciones entre 500ppm y 700ppm. El resto de las estaciones contienen valores en el intervalo de 40 - 450 ppm. El estroncio después del vanadio tiene los valores más altos, con concentración promedio de 124ppm y un alto intervalo de variación, que está comprendido entre no detectado, hasta 308 ppm. Por último, el zinc presenta una concentración promedio de 64.45ppm, siendo la estación A199 la que obtuvo un valor máximo (385.3ppm) en toda la zona.

Los compuestos y metales traza que definen en la zona del pacífico sur enlistados en orden decreciente de concentración son :

Compuestos mayores : $\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{CaO} > \text{K}_2\text{O} > \text{MgO} > \text{TiO}_2 > \text{Na}_2\text{O}$

Metales traza : $\text{V} > \text{Sr} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{Cd}$

Composición Mineralógica

A diferencia del pacífico norte, la región sur contiene una mayor variedad de minerales, esto posiblemente se debe a una mayor diversidad litológica de esta área y a las diferencias en levantamientos regionales causados por la subducción de la placa de Cocos

El análisis de los minerales presentes en el área (Tabla 5.8) muestra la presencia de cuarzo en la mayor parte de esta zona. Entre las fases cristalinas que se obtuvieron, sobresalen la biotita, magnetita, ferrita, óxido férrico, ilmenita y forsterita férrica, los cuales no se encuentran presentes en la zona del pacífico norte. Otra característica interesante que se puede mencionar, es la gran abundancia de moscovita, ortoferrosilita, enstatita férrica, diópsida, anortita y ortoclasa encontrada en esta región.

De los 55 sedimentos analizados aquí, se puede distinguir algunos, por las diferencias encontradas en sus difracción, entre los que destaca los siguientes :

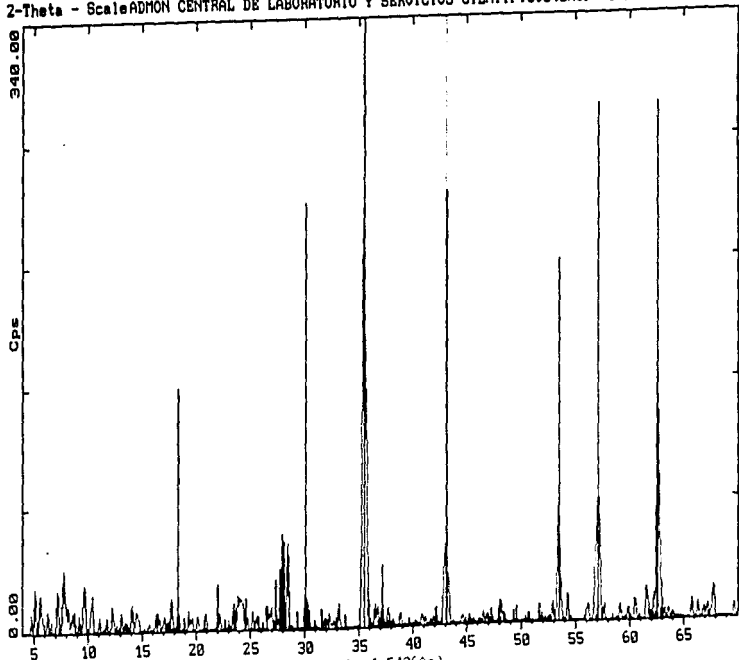
A90(litología F), A97(litología F), A184(litología K), A199(litología K)

De ellos, se muestra el difractograma de la muestra A199, en la cual se distingue la magnetita e ilmenita como los pico principales, en esta muestra la concentración de cuarzo y anortita son bajos, presentándose únicamente un pico pequeño para cada uno.

Tabla 5.8. Dirección de Reyes I en la zona de Pichas Sur

Muestra		Resultados obtenidos
A80	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Anortoclasa Albita Caolita
A81	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Sanidino
A82	Cuarzo	
A83	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Ortoperovskita
A84	Cuarzo	Anortita Magnetita Pseudobrota
A85	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Anortita
A86	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Anortita
A87	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Anortita Albita Magnetita Ortoperovskita
A88	Cuarzo	Muscovita Anortoclasa Sanidino Albita Caolita
A89	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Anortoclasa Sanidino Anortita de Sudo
A90	Cuarzo	Biotita Anortita Anortoclasa Magnetitohornblenda Diopsida Magnetita Ilmenita
A91	Cuarzo	Biotita Anortita Albita Caolita Diopsida
A93b	Cuarzo	Muscovita Anortita Ortoperovskita
A24*	Cuarzo	Anortita
A24j	Cuarzo	Anortita
A24k	Cuarzo	Anortita
A24l	Cuarzo	Anortita Diopsida Enstatita Fércica Enstatita Ortoperovskita Forsterita Forsterita Fércica
A24j	Cuarzo	Ortoclasa Sanidino Diopsida Magnetita
A24k	Cuarzo	Anortita Albita Diopsida Enstatita Fércica Forsterita Fércica Ortoperovskita
A25	Cuarzo	Diopsida Ortoperovskita Forsterita Fércica
A111	Cuarzo	Biotita Albita Caolita Albita Diopsida Magnetita Ortoperovskita
A121	Cuarzo	Biotita Anortita Diopsida Magnetitohornblenda Fércica
A124	Cuarzo	Biotita Albita Diopsida
A126	Cuarzo	Biotita Anortita Cudo Fércico Diopsida
A128	Cuarzo	Biotita Anortita Diopsida Magnetita Magnetitohornblenda
A129	Cuarzo	Biotita Diopsida Fayalita de Magnesio Pseudobrota Enstatita Fércica
A130	Cuarzo	Diopsida Fayalita de Magnesio
A131	Cuarzo	Anortita Fayalita de Magnesio
A132	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Anortoclasa Albita Caolita Diopsida Ortoperovskita
A134	Cuarzo	Albita
A250	Cuarzo	Anortita Diopsida Fayalita de Magnesio Pseudobrota Ortoperovskita Magnetitohornblenda
A263	Cuarzo	Biotita Anortita Diopsida Enstatita Fércica
A264	Cuarzo	Anortita de Sudo
A265	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Albita Sanidino
A276	Cuarzo	Anortita Diopsida Ortoperovskita
A278	Cuarzo	Anortita
A287	Cuarzo	Anortita de Sudo
A290	Cuarzo	Muscovita
A271	Cuarzo	Muscovita Anortita
A273	Cuarzo	Anortita Ortoclasa Sanidino
A274	Cuarzo	Muscovita Anortita Pseudobrota Ortoperovskita
A281	Cuarzo	Biotita Ortoclasa Albita Caolita
A283	Cuarzo	Ortoclasa Sanidino
A295	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa
A297	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa
A186	Cuarzo	Magnetita Ortoperovskita
A291	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa
A183	Cuarzo	Anortita Pseudobrota Sanidino
A194	Cuarzo	Muscovita Anortoclasa Ortoclasa Cudo Fércico
A185	Cuarzo	Ortoclasa Magnetitohornblenda Muscovita
A186	Cuarzo	Muscovita Ortoperovskita Anortita
A187	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Ortoperovskita
A188	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa Anortita
A186	Cuarzo	Anortita Enstatita Fércica
A190	Cuarzo	Anortita Magnetita Ilmenita
A200	Cuarzo	Muscovita Ortoclasa

2-Theta - Scale ADMON CENTRAL DE LABORATORIO Y SERVICIOS CIENTIFICOS.SHCP 26-Nov-1996 14:32



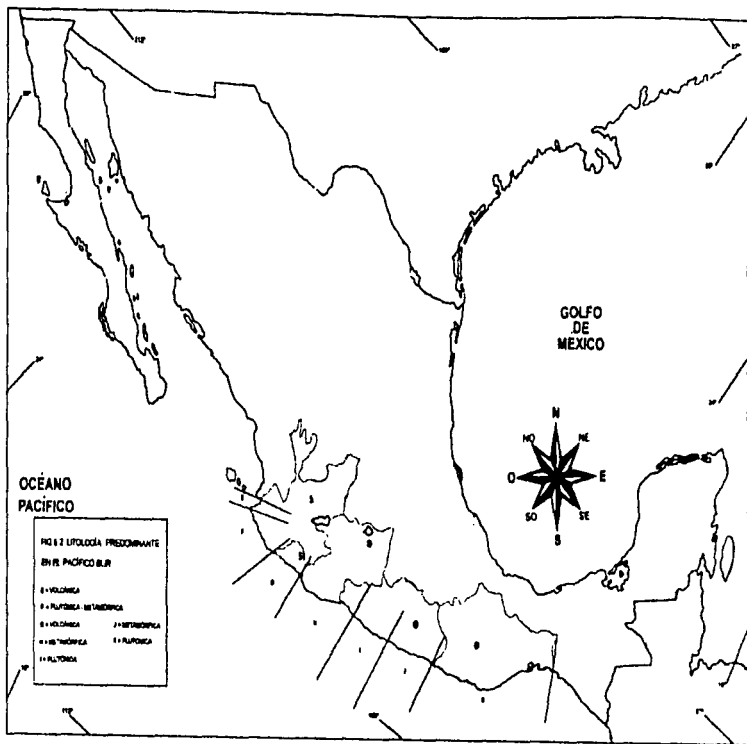
A:\A199.RAW A199 (CT: 0.1s, SS 0.090d, WL: 1.5406Ao)
11-0614 D Fe3O4 Magnetite (WL: 1.5406Ao)
20-0820 D CaAl2Si2O8 Anorthite, ordered (WL: 1.5406Ao)

Composición Química en función de la litología

Esta zona la integran tres regiones geológicas (batolito de Jalisco, Complejo Colima-Guerrero y Chatina), las cuales se dividieron en función de la litología predominante en 7 provincias (fig5.2), las cuales se muestran a continuación (13)

Provincia	Litología predominante
E	Volcánica
F	Plutónica-Metamórfica
G	Volcánica
H	Metamórfica
I	Plutónica
J	Metamórfica
K	Plutónica

Provincia E.- Con sólo 2 muestras (tabla 5.9.1), esta provincia contiene la concentración promedio más alta en óxido de silicio de toda la zona sur, seguido por óxido de potasio como el segundo más alto. La difracción de rayos X (tabla 5.8) indica abundancia de cuarzo, moscovita y ortoclasa para ambas muestras.



La albita y anortoclasa se detectaron en la muestra A80 y sanidino en la A81, indicando que las muestras aquí presentes son feldespato de albita y alcalinos (Apéndice A.2. Tabla A.2.2) De acuerdo a la litología, el tipo de roca presente es de tipo volcánico pero los minerales encontrados y la composición química son más características de un ambiente plutónico, lo cual coincide con la geología de la zona. De lo anterior se puede inferir la influencia de rocas ígneas predominantemente plutónicas, pero con presencia de volcánicos.

Provincia F.- Tomando como referencia la concentración en óxido férrico esta provincia se puede clasificar en dos grupos (tabla 5.9.2). El primero tiene los valores más altos en óxido férrico e incluyen las muestras : A83, A84, A90, A97, A235 y A249, teniendo un valor máximo de 25.05% en la estación A84. De este grupo destacan concentraciones significativas en óxido de sodio, óxido de calcio, óxido de magnesio, óxido de titanio, vanadio y estroncio. Sus difracciones (tabla 5.8) muestran presencia de cuarzo, albita cálcica, anortita, diópsida, ortiferrosilita, micas, óxidos férricos, ilmenita y pseudorutilo. Haciendo el análisis químico y comparándolo con los datos de la geología y litología, los resultados obtenidos, infieren que el tipo de roca que dio origen a estas arenas, son metamórficas dado que hay poca presencia de feldespato y abundantes minerales de olivino, piroxeno, lo cual es característico de una zona metamorfozada (Apéndice A.3. Tabla A.3.1).

ESTA TESIS NO PUEDE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

El segundo grupo esta integrado por las muestras : A82, A85, A86, A87, A88, A89 y A247, que tienen valores bajos en óxido férrico, óxido de magnesio, óxido de titanio así como el vanadio y el estroncio. Los minerales cuarzo, anortita, ortoclasa, moscovita son los principales constituyentes de estas muestras, así como magnetita en el sedimento A87 y sanidino en la A89. Considerando estos resultados se infiere que las rocas que le dieron origen a estos sedimentos fueron de tipo ígneo plutónico, ya que una característica sobresaliente de estas rocas es la abundancia de ortoclasa y cuarzo (Apéndice A.2. Tabla A.2.2). La estación A87 presenta magnetita, la cual se encuentra como mineral asociado en rocas de granito, localizadas en rocas plutónicas (Apéndice A. Tabla A.2.2).

Provincia G.-Constituida por cinco estaciones (tabla 5.9.3) que presentan valores altos en óxido férrico, óxido de magnesio, óxido de titanio al igual que en estroncio y vanadio, pero bajos en óxido de potasio. Todas las muestras presentaron por difracción (tabla 5.8) un predominio en cuarzo, diópsida (piroxeno), enstatita férrica (olivino), ortoferrosilita (piroxeno), y forsterita férrica (olivino). Por los resultados obtenidos, todo indica que el tipo de roca predominante en esta provincia, es de tipo plutónico, en especial dominado por peridotitas debido a la abundancia de olivino y piroxenos (Apéndice A.2. Tabla A.2.2).

Provincia H.- Integrada por 16 muestras, ésta provincia geológica (tabla 5.9.4) se distingue de las demás porque es la segunda de todo el pacífico sur en cuanto al contenido de óxido férrico, óxido de calcio y el vanadio, al igual que óxido de magnesio, estroncio y zinc pero en menor grado. La difracción (tabla 5.8) presenta minerales ricos en olivinos, anfíbolos, piroxenos, micas y algo de feldespatos cálcicos. La litología muestra un predominio de rocas metamórficas, lo cual es posible si se toma en cuenta que los minerales obtenidos están en mayor proporción en este tipo de roca (Apéndice A.3. Tabla A.3.1).

Provincia I.- Formado por 5 muestras esta provincia es caracterizada por valores bajos en óxidos de sodio y titanio (tabla 5.9.5), así como concentraciones intermedias de óxidos de : calcio, hierro, magnesio y potasio. Sobresale la presencia de fases cristalinas de cuarzo, anortita, moscovita y ortoclasa (tabla 5.8).

Las rocas de tipo ígneo plutónico en especial de granodiorita, están compuestas de cuarzo y plagioclasas altas en calcio (anortita) principalmente, así como micas (biotita o moscovita) y feldespatos ricos en potasio pero en menor proporción. Comparando la descripción anterior con los resultados obtenidos, la provincia la integran principalmente rocas plutónicas (Apéndice A.2 Tabla A.2.2)

Provincia J.-Formada por 5 sedimentos, es la única en no contener sodio y concentraciones bajas en óxido ferrico, óxido de magnesio y óxido de titanio así como el vanadio y el estroncio pero alta en óxido de potasio (tabla 5.9.6). Tomando en cuenta las difracciones (tabla 5.8) se muestra un predominio de cuarzo, ortoclasa y moscovita, lo cual junto a la composición química, indica que las rocas que hay en esta provincia es de tipo ígneo plutónico por la contribución de cuarzo y ortoclasa (Apéndice A.2. Tabla A.2.2) , así como metamórficas debido a la asociación cuarzo - moscovita (Apéndice A.3. Tabla A.3.2).

Provincia K.- Se caracteriza por poseer las concentraciones en óxido férrico, óxido de titanio y el vanadio más altas de todo el pacífico sur (tabla 5.9.7). Se puede distinguir tres grupos, el primero lo conforman las muestras A196 y A199, cuyas características principales son valores mayores de óxido férrico toda la zona sur con una concentración de 29% para la estación A196 y 34% para la estación A199; de manera similar tiene concentraciones intermedias en óxido de magnesio, óxido de calcio y óxido de titanio así como el vanadio y concentraciones bajas en óxido de potasio. Las difracciones (tabla 5.8) son muy diferentes a todas las obtenidas anteriormente, ya que la cantidad de cuarzo que se tiene es poca, predominando la ilmenita, magnetita y enstatita férrica (ver difractograma A199). El segundo grupo formado por las estaciones A183 y A184 contienen valores altos, pero en menor grado que el primero en

CaO, MgO y Fe_2O_3 así como K_2O y TiO_2 . En las difracciones se observó la presencia de cuarzo, ortoclasa, anortita y moscovita que tienen en común además óxido férrico en la A184 y pseudorutilo para la A183. Por último el tercer grupo, conformado por las muestras A185, A186, A187, A188 y A293 contienen concentraciones un poco más altas en óxido de potasio, bajas en óxido de magnesio, óxido de titanio, óxido de calcio y óxido férrico, comparados con los otros dos grupos. Esto es congruente con las difracciones, ya que en general hay una abundancia en ortoclasa, micas, cuarzo y piroxenos.

De la descripción hecha anteriormente, se distinguen la influencia en los sedimentos de dos tipos de rocas, plutónicas y metamórficas. El primero se encuentran en las estaciones de los grupos 2 y 3, por su abundancia en cuarzo, ortoclasa, moscovita y piroxenos (Apéndice A.2 y A.3). El segundo se encuentra en el grupo 1, cuyos minerales dominantes son ilmenita y magnetita, que cuando están en altas concentraciones predominan en rocas metamórficas (Apéndice A.5).

Intemperismo Químico

Comparando el índice químico de alteración promedio del pacífico norte (63.72%) con el del pacífico sur 62.74% (tabla 5.7) no se aprecia una diferencia significativa. Lo anterior se explica debido a dos factores, el primero se refiere al sistema montañoso que se tiene, el cual cuenta con una altura casi

constante mayor a 2000 m, situado muy cerca de la costa, provocando de esta manera que el sedimento se arrastre de un lugar muy alto y por lo tanto se intemperisa, aunque el clima (2º factor) repercute también de una manera amplia. Ya que en el pacífico sur, predomina un clima húmedo-caliente con lluvias en verano, provocando un mayor cambio en el sedimento, debido a que facilita la desintegración mediante la disolución de iones solubles en agua (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}), eliminándolos fácilmente, de tal manera que al llegar a la playa, contendrán una menor concentración de estos iones y por lo tanto un índice químico de alteración mayor que refleja este proceso

Analizando de la tabla 5.9.1 a la 5.9.7 los valores promedio de intemperismo, se observa una disminución en el mismo, siendo el mínimo valor en la provincia H con un índice químico de alteración promedio de 58.41% lo cual indica que proviene de una zona cercana a la costa, pero al continuar con las siguientes provincias se aprecia un aumento, cuyo máximo se localizó en la provincia J (I.Q.A=70.79%) en donde hay un sistema montañoso cuya altitud máxima es de 3,703 m localizada en el pico de Teotepec en Guerrero, que es posiblemente el origen de estos sedimentos. Sin embargo, en la última provincia (K) vuelve nuevamente a bajar ya que la sierra empieza a tener una menor altura que el pico de Teotepec

Tabla 5.9.1 Composición química de los sedimentos de la provincia litológica E. Pacífico Sur

DM	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₄	Cl	OP	S	Zn	Pb	Cd
AS0	78.45	17.20	2.51	3.34	0.47	0.96	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AS1	89.56	2.92	0.36	7.87	0.15	0.12	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Medio	84.46	1.44	1.44	3.11	0.31	0.56	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DE ZN	5.81	3.45	1.20	0.24	0.16	0.32	0.38	0.30	0.01	0.00	0.18	1.31	1.85	0.36	0.20	0.55	7.41	5.14

Exp. (max. en sulf. por = 00.00%)

N.O. no detectado

Tabla 5.9.2 Composición química de los sedimentos de la provincia litológica F. Pacífico Sur

DM	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₄	Cl	OP	S	Zn	Pb	Cd	
AS2	83.11	1.72	0.22	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS3	75.15	12.34	0.21	2.20	0.26	0.10	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS4	54.06	7.51	0.00	1.03	4.17	0.26	4.18	1.43	0.47	0.00	0.25	52.87	1.33	0.00	0.24	144.30	0.36	11.23	544.23
AS5	87.30	1.30	0.25	2.06	1.00	1.92	0.30	0.23	0.24	0.00	0.00	52.15	1.10	0.00	0.20	1.00	0.00	4.23	8.25
AS6	78.53	1.52	1.57	1.78	0.56	0.81	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS7	74.35	11.20	1.70	2.56	2.23	2.73	0.20	0.00	0.00	0.00	0.19	54.54	1.34	0.00	0.24	14.26	4.26	11.14	154.56
AS8	70.20	1.29	1.54	2.19	2.17	2.25	2.47	0.22	0.00	0.00	0.15	52.81	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS9	77.27	1.29	0.41	0.41	0.81	1.46	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	52.73	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS10	84.89	1.72	1.34	2.12	2.81	1.53	1.35	0.26	0.00	0.00	0.00	52.72	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS11	74.14	1.96	4.26	3.55	5.69	4.00	3.54	2.70	0.10	0.00	0.20	52.70	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS12	80.36	1.96	0.72	3.22	1.54	3.24	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	52.78	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS13	74.22	1.34	1.11	2.23	4.30	2.41	0.33	0.22	0.00	0.00	0.25	52.61	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS14	79.22	1.43	1.15	2.17	4.70	4.00	0.27	0.27	0.00	0.00	0.24	52.81	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Medio	74.22	1.66	1.30	2.11	4.40	3.70	0.70	0.20	0.00	0.00	0.42	52.74	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DE ZN	7.27	2.16	1.24	0.28	1.32	0.45	1.30	0.22	0.00	0.00	0.24	3.25	1.28	0.34	1.88	0.26	1.23	5.40	31.54

Exp. (max. en sulf. por = 00.00%)

N.O. no detectado

Tabla 5.9.3 Composición química de los sedimentos de la provincia litológica G. Pacífico Sur

DM	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₄	Cl	OP	S	Zn	Pb	Cd	
AS15	85.19	12.25	0.81	1.14	0.38	0.81	0.28	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS16	82.74	12.25	1.28	1.35	0.00	0.00	0.26	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS17	65.11	11.25	1.41	3.26	1.00	0.26	1.33	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS18	82.24	11.25	2.20	2.22	1.53	3.40	0.30	1.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Medio	83.54	11.25	1.28	1.62	0.40	0.33	0.25	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DE ZN	1.20	1.33	0.21	1.10	1.13	0.10	1.11	0.00	0.00	0.00	0.05	3.37	2.29	0.20	0.23	0.27	1.33	0.26	14.30

Exp. (max. en sulf. por = 00.00%)

N.O. no detectado

Tabla 5.9.4 Composición química de los sedimentos de la provincia litológica H. Pacífico Sur

DM	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₄	Cl	OP	S	Zn	Pb	Cd	
AS19	84.20	14.20	3.15	1.74	4.26	5.54	0.25	1.42	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS20	83.97	9.31	0.20	0.42	0.17	1.13	1.34	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS21	82.70	14.20	3.15	1.74	4.26	5.54	0.25	1.42	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS22	82.60	14.20	2.40	0.11	0.10	1.25	1.26	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS23	85.15	13.15	2.40	0.20	4.83	1.13	2.44	2.27	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS24	84.10	8.20	0.20	0.20	4.30	1.13	1.27	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS25	77.13	13.15	1.20	0.20	1.10	1.50	2.42	1.33	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS26	76.75	11.15	1.31	0.10	4.45	1.40	1.14	1.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS27	74.25	11.20	1.41	2.14	2.17	3.56	1.24	1.26	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS28	74.25	11.20	1.41	2.14	2.17	3.56	1.24	1.26	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS29	84.20	11.20	0.20	0.20	1.15	1.10	0.24	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS30	84.20	11.20	0.20	0.20	1.15	1.10	0.24	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS31	82.70	14.20	3.15	1.74	4.26	5.54	0.25	1.42	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS32	82.70	14.20	3.15	1.74	4.26	5.54	0.25	1.42	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS33	82.70	14.20	3.15	1.74	4.26	5.54	0.25	1.42	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS34	82.70	14.20	3.15	1.74	4.26	5.54	0.25	1.42	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS35	82.70	14.20	3.15	1.74	4.26	5.54	0.25	1.42	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS36	82.70	14.20	3.15	1.74	4.26	5.54	0.25	1.42	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS37	82.70	14.20	3.15	1.74	4.26	5.54	0.25	1.42	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AS38	82.70	14.20	3.15	1.74	4.26	5.54	0.25	1.42	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Medio	84.33	13.45	1.20	1.15	2.54	4.10	0.25	1.14	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DE ZN	0.75	2.81	1.14	0.27	4.50	2.51	1.00	1.22	0.10	0.00	1.28	12.62	6.70	0.33	0.23	0.24	0.23	0.11	1.61

Exp. (max. en sulf. por = 00.00%)

N.O. no detectado

Tabla 5.8.5 Composición química de la provincia Hológena I, Pacífico Sur

Nº M	SiO ₂	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₄	Cl	S	Zn	As	Pb	Cd		
A105	62.25	11.93	0.30	4.15	0.42	0.26	0.08	0.00	0.06	0.06	0.13	0.04	0.11	ND	23.35	152.47	21.25	27.15	11.53
A171	70.58	11.78	0.50	2.83	2.40	3.51	0.47	1.00	0.06	0.01	1.01	0.03	0.50	ND	37.83	150.50	52.08	22.57	219.45
A173	67.81	11.00	0.00	2.70	2.71	2.85	1.47	2.06	0.12	0.04	1.24	0.18	0.40	7.44	31.25	148.84	40.84	27.22	203.11
A174	66.03	9.87	0.00	1.91	4.01	8.72	2.18	1.73	0.30	0.03	8.02	0.20	0.90	7.89	37.09	153.85	111.54	27.07	259.93
A181	60.30	10.03	0.11	3.21	1.56	2.20	0.36	1.24	0.54	0.03	0.83	0.06	0.43	7.47	39.13	207.07	47.78	14.88	320.33
Medio	74.67	12.78	0.20	2.92	2.74	4.93	0.91	1.71	0.07	0.00	1.90	0.40	0.58	4.51	37.83	161.15	41.83	21.23	250.78
DE 25%	6.57	2.73	0.21	0.74	1.70	3.15	0.79	0.71	0.03	0.01	2.00	4.11	0.15	3.98	9.68	58.21	17.95	3.71	11.23

Expresado en % sobre peso seco (ppm)

ND: No detectado

Tabla 5.8.6 Composición química de los sedimentos de la provincia Hológena J, Pacífico Sur

Nº M	SiO ₂	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₄	Cl	S	Zn	As	Pb	Cd		
A153	29.86	9.15	0.30	3.66	1.10	1.23	0.15	0.47	0.02	0.00	0.95	0.18	ND	7.83	23.48	66.54	35.74	15.75	158.77
A155	32.81	9.94	0.06	3.91	2.21	0.83	0.24	0.18	0.01	0.00	0.73	0.06	ND	7.02	22.91	102.17	15.26	15.25	153.11
A157	19.91	12.26	0.00	2.82	0.56	2.61	0.34	0.74	0.23	0.03	2.68	0.58	ND	11.43	13.15	225.23	ND	ND	223.73
A159	17.30	9.85	0.00	2.34	0.81	2.50	0.33	0.58	0.23	0.00	7.42	0.80	7.54	15.4	30.18	162.74	28.82	25.64	111.88
A167	19.44	8.00	0.00	2.97	1.33	3.22	0.49	0.79	0.06	0.00	0.84	0.23	7.86	1.84	20.78	133.20	53.87	26.11	175.30
Medio	31.55	9.32	0.06	3.05	0.80	2.05	0.27	0.37	0.05	0.01	2.50	0.20	3.05	11.61	22.70	117.18	31.18	18.24	158.38
DE 25%	2.87	3.78	0.00	0.60	0.30	0.56	0.16	0.23	0.01	0.01	2.50	3.34	3.13	0.18	1.74	61.41	19.25	4.26	15.85

Expresado en % sobre peso seco (ppm)

ND: No detectado

Tabla 5.8.7 Composición química de los sedimentos de la provincia Hológena A, Pacífico Sur

Nº M	SiO ₂	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₄	Cl	S	Zn	As	Pb	Cd			
A163	25.53	8.11	0.22	2.45	3.27	15.47	3.50	1.91	0.30	0.20	1.40	0.24	7.37	ND	ND	ND	ND	96.95	1.02	315.97
A164	19.20	10.20	0.41	2.24	2.81	6.17	1.36	1.34	0.06	0.01	0.45	0.05	7.15	ND	2.74	ND	ND	24.11	4.26	102.19
A165	17.87	12.03	0.68	2.27	1.30	3.05	0.84	1.42	0.10	0.20	1.24	0.53	5.91	ND	2.95	13.43	28.85	18.28	192.25	
A166	30.73	9.15	0.16	1.97	1.97	2.25	0.73	0.75	0.28	0.00	0.98	0.15	4.48	ND	3.07	38.47	42.84	14.54	500.30	
A167	33.11	9.35	0.54	2.44	1.20	1.75	0.26	0.24	0.03	0.20	1.21	0.18	ND	ND	4.36	ND	ND	20.10	121.73	
A168	17.84	12.27	0.79	2.15	1.88	3.81	2.27	0.82	0.00	0.00	0.65	0.80	4.50	ND	0.98	ND	ND	37.83	13.11	36.95
A169	41.74	13.04	0.56	0.54	5.21	22.31	4.74	3.99	0.14	0.00	1.19	0.07	11.95	ND	3.85	86.36	1.86	2.26	229.34	
A170	23.26	9.81	0.44	0.87	4.40	36.46	4.86	3.91	0.40	0.16	1.10	0.40	5.83	ND	32.77	ND	205.30	13.51	1114.24	
A172	25.54	11.12	0.21	3.11	3.71	1.71	0.18	0.75	0.20	0.01	3.44	0.91	ND	7.41	26.81	148.35	44.50	16.94	1114.08	
Medio	21.51	12.16	0.35	1.92	3.21	11.30	2.14	1.85	0.17	0.08	1.18	0.45	5.18	2.01	9.15	34.18	58.16	17.61	460.28	
DE 25%	13.26	1.32	0.35	0.78	1.32	12.42	1.83	1.41	0.15	0.09	3.95	2.57	2.33	11.68	4.38	110.23	20.29	486.14		

Expresado en % sobre peso seco (ppm)

ND: No detectado

Matriz de correlación

En la tabla 5 10 se muestra la matriz de correlación correspondiente a esta zona los valores arriba de 0.325 con una significancia del 99%, para 55 estaciones, obteniéndose tres grupos. El primero presenta asociaciones en el óxido de silicio, óxido de potasio e índice químico de alteración. El segundo se relaciona con el óxido de aluminio y óxido de sodio. Por último en el tercer grupo, se encontraron correlaciones entre los compuestos de óxido férrico, óxido de titanio, óxido de magnesio y el vanadio, siendo la máxima relación entre el óxido férrico y óxido de titanio. Los dos primeros grupos se debe a los feldspatos de plagioclasas y alcalinos por las asociaciones óxido de silicio, óxido de potasio y óxido de aluminio. En cuanto a la fuerte asociación llevada a cabo en óxido de silicio y óxido de titanio se atribuye a la ilmenita y pseudonutilo que se identificaron en varias estaciones en especial en la A199. La relación encontrada en el óxido férrico-vanadio se explica debido a que el vanadio esta presente en magnetita, olivinos, piroxenos, anfíbolos y biotitas, ya que el estado de oxidación que presenta es de +3 sustituyéndose fácilmente con el Fe^{+3} , que se encuentra presente en todos los minerales que se mencionaron. El magnesio presenta un estado de oxidación de +2, por lo que puede substituir al Fe^{+2} , debido a ello se encuentra asociado en minerales de olivino. Por último, la relación de 0.53 encontrada en el óxido férrico- óxido de magnesio es atribuido a los piroxenos que en ésta zona fueron abundantes.

Análisis de Factores

A partir de los resultados del análisis de factores, se definieron 5 zonas independientes entre sí (tablas 5.11 y 5.12), que permiten describir el 72.25% de la variancia total.

Factor 1.- Como se muestra en la tabla 5.11, el óxido férrico es el compuesto más importante de este factor y se relaciona con otros compuestos y elementos, mediante correlaciones directas con óxido de titanio, óxido de manganeso, el vanadio y el zinc que permite describir el 31.48% de la variancia.

Factor 2.- El óxido de silicio es el compuesto más importante de este factor y se relaciona de forma directa con el óxido de potasio, con lo cual se describió el 14.19% de la variancia.

Factor 3.- El cadmio es el elemento de mayor importancia, el cual presenta relación directa con el cromo, estroncio y el óxido de magnesio, con lo cual se describe el 10.48% de la variancia estudiada.

Factor 4.- El óxido de calcio es el compuesto más abundante de este factor, presentando una relación directa con el pentóxido de fósforo con la que se estudia el 8.9% de la variancia

Factor 5.- El níquel es el único elemento que se presenta en este factor, el cual no se relaciona directamente con ningún otro elemento. Contribuye con el 7.2% de la variancia total.

De los cinco análisis de factores, destacan los dos primeros. En el primero con la principal contribución, indica que el pacífico sur esta definido principalmente por minerales ricos en óxido férrico y óxido de titanio asociados al vanadio y óxido de manganeso, lo cual es lógico, si se considera que la zona tiene en la actualidad una actividad tectónica dándole la oportunidad de cambiar (metamorfismo) constantemente. El segundo factor indica que el óxido de silicio y el óxido de potasio aporta un 14.19%, por lo que se explica la abundancia en ortoclasa, la cual se asocia a rocas plutónicas fundamentalmente.

Tabla 5.11. Análisis de Factores de la zona del Pacífico Sur

Factor 1		Factor 2		Factor 3		Factor 4		Factor 5	
Compuesto	C.C	Compuesto	C.C	Elemento	C.C	Compuesto	C.C	Elemento	C.C
Fe ₂ O ₃	0.94	SiO ₂	0.28	Ca	0.7	CaO	0.96	Ni	0.8
TiO ₂	0.91	K ₂ O	0.19	Cr	0.68	P ₂ O ₅	0.42		
MnO	0.75			Sr	0.65				
Elemento				Compuesto	0.4				
V	0.78			MgO					
Zn	0.6								

C.C = Coeficiente de Correlación

Tabla 5.12. Aporte de cada Factor en el Pacífico Sur

	Aporte por Factor (%)	Variación acumulada(%)
FACTOR1	31.48	31.48
FACTOR2	14.19	45.67
FACTOR3	10.48	56.15
FACTOR4	8.90	65.05
FACTORS	7.2	72.25

6 .- CONCLUSIONES

Del estudio hecho a través de varios métodos químicos, y respaldado por la información obtenida en la litología, así como en la geología de cada zona analizada, se puede decir que los sedimentos del pacífico mexicano presentan las siguientes características con respecto a su tipo y origen :

Pacífico Norte

Tipo de roca fuente

Considerando la composición química y mineralógica, se distinguen dos grupos bien definidos :

Grupo 1 .- Integrado por las provincias litológicas A y B. Donde se distinguieron rocas de tipo volcánico, plutónico y metamórfico.

Grupo 2 .- Formada por las provincias C y D. Se pudo identificar un predominio en rocas plutónicas y volcánicas.

Origen de los sedimentos

Del análisis hecho, utilizando el índice químico de alteración en cada provincia litológica, se observarán variaciones en su intemperismo, distinguiéndose tres posibles fuentes de afloramiento : sierra Juárez - San Pedro Mártir (provincias A y B), sierra la Giganta (provincia C) y sierra de la Victoria (provincia D)

Por último se corroboró que el clima árido y la lejanía de algunos sistemas montañosos de la costa, así como la altitud de otras, son los factores que determinaron la alteración, de manera considerable en la mayoría de los sedimentos del pacífico norte

Pacífico Sur

Tipo de roca fuente

En general, el pacífico sur se caracteriza por un predominio de rocas plutónicas y metamórficas, las cuales son las que dan origen a la mayor parte de los sedimentos de esta zona.

Origen de los sedimentos

Del índice químico de alteración obtenido en cada provincia litológica se concluye que la fuente que da origen a el pacífico sur corresponde a la sierra madre del sur, la cual se encuentra cerca de la costa a una altura más o menos constante de 2000 m .

Al igual que en el pacífico norte, también se observo en esta zona que el clima es otro factor determinante en el proceso de intemperismo, pero en este caso de tipo húmedo - cálido

7.- APÉNDICE

A. Composición Química de rocas y minerales (18, 19)

A.1.- Silicatos

La clase de los silicatos es más importante que cualquier otro, puesto que son silicatos casi un 25 % de los minerales conocidos y cerca del 40% de los más comunes. Así, las rocas ígneas que constituyen el 90 % de la corteza terrestre, están conformadas por silicatos.

Los mayores iones comunes en las estructuras de los silicatos son los de potasio, alcalinos y alcalinoterreos. Esta generalización del papel que desempeñan los elementos más comunes en la estructura de los silicatos, permite escribir la fórmula general para todos los silicatos : $X_m Y_n (Z_p O_q) W$,

Donde :

X = Iones grandes, carga débil, coordinación 8 (ej : Na^+ , Ca^{+2})

Y = Iones medianos, divalentes a tetravalentes, coordinación 6 (ej : Al^{+3} , Fe^{+3} , Mg^{+2} , Ti^{+4} , Mn^{+2})

Z = Iones pequeños, carga fuerte, coordinación tetraédrica (ej : Si^{+4})

O = Es el oxígeno

W = Representa grupos aniónicos adicionales como (OH)

p y q = Indica el grado de polimerización del armazón del silicato

m, n y r = Son subíndices que dependen de la condición de neutralidad eléctrica

Basada en el grado de polimerización y el número de oxígenos compartido por los tetraedros, la estructura de los silicatos pueden consistir en tetraedros independientes, grupos tetraédricos múltiples independientes, cadenas simples, dobles o bandas, hojas o armazones tridimensionales. La estructura de los silicatos es la que se rige por la relación p, q en la fórmula general, las proporciones estequiométricas de los óxidos y en una gran medida, las propiedades físicas y la estabilidad química del mineral. De aquí, la justificación de emplear este criterio como base para la clasificación de los silicatos. Con base en lo anterior los silicatos se han clasificado en :

Neosilicatos.- Caracterizados por tetraedros de tetróxido de silicio, comunes a todas las estructuras de silicatos sólo están unido entre sí con enlaces iónicos por medio de cationes intersticiales y sus estructuras dependen, principalmente del tamaño y carga de estos cationes.

Ejemplo de Neosilicatos

Grupo del olivino

Forsterita $Mg_2(SiO_4)$

Fayalita $Fe_2(SiO_4)$

Inosilicatos.- Los tetraedros de silicato (SiO_4) pueden estar enlazados formando cadenas al compartir oxígeno con los tetraedros adyacentes. Estas cadenas sencillas pueden unirse después lateralmente, compartiendo más oxígenos algunos de los tetraedros para formar bandas o cadenas dobles.

Incluidos en los silicatos hay dos importantes grupos de minerales : los piroxenos con sus miembros en una única cadena y las anfíboles en doble cadena.

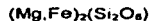
Grupo Piroxenos

Serie enstatita

Enstatita



Hiperestena



Serie diópsida

Diópsida

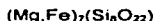


Hedenbergita

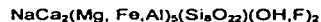


Grupo anfíboles

Tremolita



Hornoblenda



Filosilicatos.- Derivado del griego phyllon = hoja, todos sus miembros tienen hábito hojoso o escamoso y en una dirección de exfoliación dominante. Son por lo general blandos, de peso específico relativamente bajo y las laminillas de exfoliación pueden ser flexibles e incluso elásticas. La mayoría de esta clase de minerales contiene hidroxilos, siendo las micas, caolinita y talco algunos de los ejemplos más característicos de este tipo de minerales.

Las micas son los principales minerales en los esquistos y muy abundante en las rocas ígneas; se forman a temperaturas más bajas que las anfíboles o los piroxenos.

	Filosilicatos
Caolinita	$Al_4(OH)_8(Si_4O_{10})$
Talco	$Mg_3(OH)_2(Si_4O_{10})$
Moscovita	$KAl_2(OH)_2(AlSi_3O_{10})$
Biotita	$K(Mg,Fe)_3(OH)_2(AlSi_3O_{10})$

Tectosilicatos.- Casi las tres cuartas partes de la corteza pétreo terrestre está constituida por minerales formados alrededor de un armazón tridimensional de tetraedros de silicato (SiO_4) están compartidos con los tetraedros vecinos, dando lugar a una estructura con fuertes enlaces, en la que la relación Si : O es aproximadamente 1 : 2 .

Tectosilicatos

Grupo SiO_2

Cuarzo SiO_2

Cristobalita SiO_2

Feldespatos alcalinos

Sanidino $(K,Na)AlSi_3O_8$

Anortoclasa $K(Na,K)AlSi_3O_8$

Feldespatos potásicos

Ortoclase $KAlSi_3O_8$

Feldespatos de Plagioclasas

Albita $Na(AlSi_3O_8)$

Anortita $Ca(Al_2Si_2O_8)$

A continuación se presenta un diagrama (figura 1A) que representa la variación de la composición química de los feldespatos, en términos del sistema ortoclasa (ort) - albita(ab) - anortita (an). Así los miembros de la serie ortoclasa - albita se conoce como feldespatos alcalinos, teniendo una variación que va de potasio a sodio y los miembros de la serie albita - anortita conocidos como feldespatos de plagioclasas varían de sodio a calcio.

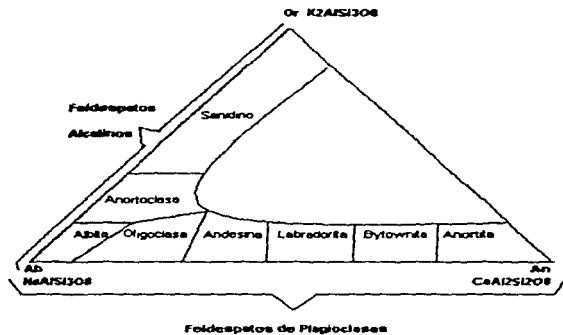


Figura 1A. Nomenclatura de feldespatos

A.2. Rocas ígneas (20)

Tabla A.2.1. Minerología de rocas ígneas

Minerales Fundamentales	Minerales Accesorios
1.- Cuarzo	1 - Circón
2.- Feldespatos Ortoclasa, Plagioclasas	2.- Esfena
3.- Nefelina	3.- Magnetita
4.- Sodalita	4.- Ilmenita
5.- Leucita	5.- Oligisto
6.- Micas Moscovita, Biotita, Flogopita	6.- Apatita
7.- Piroxenos Diópsida, Enstatita	7.- Piritita
8.- Anfíbolos Hornoblenda, Magnesiohornoblenda	8.- Rutilo
9.- Olivinos	9.- Corindón
	10.-Granate

Tabla A.2.2. Rocas ígneas plutónicas (18, 20)

Roca	Minerales principales	Minerales accesorios
Granito	Cuarzo, feldespatos de potasio, oligoclasa	Hornoblenda, magnetita, ilmenita, biotita o moscovita
Granodiorita	Cuarzo, feldespatos de plagioclasas, hornoblenda	Biotita, magnetita
Gabro cuarzoso	Cuarzo, plagioclasa (anortita)	Biotita, magnetita, ilmenita, hornoblenda
Peridotita	Piroxeno, olivino	Hornoblenda, plagioclasa (anortita)

Tabla A.2.3. Rocas ígneas volcánicas (20)

Roca	Minerales principales	Minerales accesorios
Andesita	Oligoclasas, hornoblenda	
Riolita	Cuarzo, biotita, feldespatos alcalinos, oligoclasas	Augita, hornoblenda
Basalto	Olivinos, plagioclasas cálcicas (bytownita a anortita).	Biotita, hornoblenda

A.3 Rocas metamórficas (20)

Tabla A.3.1. Silicatos comunes de rocas metamórficas

Filosilicatos	Talco Serpentina Moscovita Biotita
Inosilicatos	Tremolita Hornoblenda Diópsida Ortopiroxeno
Tectosilicatos	Cuarzo Plagioclasas exceptuando las ricas en anortita y ortoclasas
Neosilicatos	Cianita Silimanita Andalusita Forsterita

Tabla A.3.2. Tipos comunes en rocas metamórficas (18)

Roca	Minerales principales
Gneis	Cuarzo, feldespatos, piroxenos, hornoblendas
Esquistos	Cuarzo, mica (moscovita o biotita), talco, hornoblenda, anfíbola.
Mármol	Caliza, dolomita
Serpentina	Peridotita metamorfozada

A.4. Elementos traza en minerales (21, 22)

Elemento	Minerales
V	Con un estado de oxidación +3 se presenta en magnetita y olivinos
Ni	Con un estado de oxidación +2, se relaciona en olivinas. Se intercambia con Fe^{2+} y Mg^{2+} en estructuras de piroxenos, anfíbolos y micas.
Cr	Puede sustituir al Fe^{3+} como cromita. Se encuentra enriquecido en piroxenos
Sr	Se sustituye en Ca^{2+} y debido a su alta carga es capturado por potasio. En rocas ígneas se presentan en plagioclasas y feldspatos de potasio, presentes en gabro y basalto
Zn	Sustitución isomorfa por Fe y Mg en olivinos, piroxenos y anfíbolos. Así como óxidos de Fe y Mn.
Ti	Presente en ilmenita, piroxenos, hornoblenda y biotita pero no se encuentra en moscovitas.
Mn	Presentes como Mn^{2+} , se relaciona con Fe^{2+} y Ca^{2+} . Distribuido uniformemente en minerales de olivinos y ferromanganeso. No presentes en plagioclasa.

A.5. Principales minerales de óxido férrico-óxido de titanio (19,23)

Ilmenita

Fórmula : FeTiO_3

Sistema Cristalino : Hexagonal

Dureza : 5 - 6

Color : Negro. Raya negra. Metálico.

Fuente de origen : Se presenta como un mineral accesorio en las rocas gabbroicas y pegmatitas, en altas concentraciones predomina en rocas metamórficas y en algunas arenas de playa negras, es una mena de Titanio. Se ha encontrado en E.U , Canada, México, Inglaterra, Noruega, Suecia, Francia, Rusia y Australia.

Pseudorutilo

Fórmula : $\text{Fe}_2\text{Ti}_3\text{O}_9$

Sistema Cristalino : Hexagonal

Dureza : 3

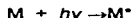
Color : De café ligero a negro

Fuente de origen : Se encuentra como una alteración entre la ilmenita y el rutilo ($\text{FeTiO}_3 \longrightarrow \text{Fe}_2\text{Ti}_3\text{O}_9 \longrightarrow \text{TiO}_2$). Se ha observado concentraciones altas en E.U, Canada, México, Inglaterra, Noruega, Suecia, Francia, Rusia y Australia.

B. Absorción atómica

Fundamento

La espectroscopia de absorción atómica es un método de detección y determinación de aproximadamente 70 elementos. No es aplicable para los gases nobles y varios gases comunes, cuyas líneas de resonancia se encuentran en la región del ultravioleta lejano. Así, en un análisis de absorción atómica, el elemento que se determina se debe de vaporizar y reducir a su estado de oxidación o basal, el cual absorberá parte de la luz emitida por un haz luminoso de una de onda característica que se utiliza para su identificación y cuantificación. Por ejemplo, si un rayo de frecuencia característica atraviesa el vapor que contiene los átomos, estos absorben fotones pasando del estado basal al estado excitado :



Estos átomos al regresar a su estado basal, emiten fotones de la misma frecuencia:



El número de átomos N_j que son excitados a un estado de energía, puede expresarse como una función de Boltzman : $N_j = N_0 (g_j/g_0)^{E_j/kT}$

donde :

N_0 = Número de átomos en estado basal

g_i y g_0 = Pesos estadísticos de los estados excitados y basal, respectivamente

E_i = Energía de excitación

T = Temperatura absoluta

K = Constante de Boltzman

La relación de átomos de los estados basal y excitados N_i/N_0 es muy bajo a energías normales; por ejemplo, dependiendo del elemento, en una flama típica (2000-3000 °K) N_i/N_0 tiene un valor de 10^{-4} a 10^{-6} , o sea, que aproximadamente el 99% de los átomos están en un estado basal; por lo tanto es más sensible, y está sujeto a menos interferencias que los métodos de emisión de flama .

Los elementos que se pueden analizar por este método son los metales y metaloides, cuyas líneas de resonancia no coinciden con las longitudes de onda de la flama (24).

Instrumentación

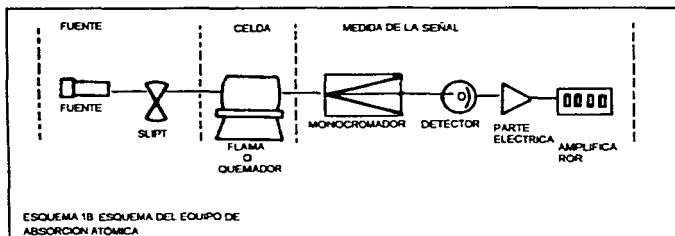
Un espectrómetro de absorción atómica debe contener tres componentes básicos :

1.- Fuente : Una de las fuentes ampliamente usada es la lámpara de cátodo hueco, la cual está diseñada para emitir un espectro atómico de un elemento en particular. La lámpara consiste de una cubierta vitrea que tiene un

cátodo, el cual posee el elemento químico que va a ser excitado y un ánodo delgado. El interior del recipiente contiene un gas inerte, generalmente Argón o Neón a baja presión.

2.- Celda : Para el análisis de un analito es necesario que se encuentre en un estado basal. Por lo que es necesario hacer llegar la muestra a un nebulizador en donde es fraccionada en gotas de solución muy finas, las cuales pasan por una fuente de calentamiento (quemador de flama) a una temperatura alta, donde se evapora secando la sal, y el vapor de ésta se disocia en los átomos del elemento en estudio, los cuales absorben parte de la luz emitida por la lámpara.

3.- Medidor de la señal : Varios componentes son requeridos para medir la señal específica. Así, es útil el empleo de un monocromador para dispersar varias longitudes de onda de una luz que es emitida de la fuente particular de interés. Ya aislada la línea espectral, pasa a un detector, el cual a su vez es llevado a un tubo fotomultiplicador, en donde se produce una corriente eléctrica que será amplificada para producir una señal, la cual es una medida de la luz absorbida por la muestra (24,25) fig 1B.



Análisis cuantitativo

La relación entre la luz absorbida y la concentración de un analito es definido en base a dos leyes fundamentales de absorción:

Ley de Lambert. - La porción de luz absorbida por un medio transparente es independiente de la luz incidente y está en función del espesor del medio.

Ley de Beer. - La absorbancia de luz es proporcional al número de átomos absorbentes en la muestra.

La combinación de ambas leyes se expresa : $\log I/I_0 = abc$ = Absorbancia
donde :

I = Radiación transmitida

I_0 = Radiación incidente

a = Coeficiente de absorción

b = Longitud de la celda

c = Concentración

Para determinar la concentración de una muestra se mide la absorbancia de soluciones estándar donde la concentración es conocida y se interpola en una gráfica de absorbancia contra concentración (26).

Interferencias (24,26, 28)

En el método de absorción atómica de atomización con llama se encuentran dos tipos de interferencias, las de tipo espectral y las químicas.

Interferencias espectrales.- Ocurren cuando la absorción o emisión de una especie que interfiere se solapa o aparece muy próxima a la absorción o emisión del analito, de modo que su resolución por el monocromador resulta difícil.

Las interferencias de este tipo también se producen debido a la presencia de productos de combustión que poseen bandas de absorción anchas, o de aerosoles que dispersan la radiación. Ambos, disminuyen la intensidad de la luz transmitida y dan lugar a errores analíticos. Otra interferencia espectral común ocurre cuando la absorción o emisión se debe a la matriz de la muestra, entonces el problema es más complicado, en este caso la potencia del haz transmitido se reduce. También se ha encontrado que la atomización de algunos elementos causan interferencias espectrales, sobre todo aquellos que son refractarios, tales como : titanio, zirconio o wolframio entre otros.

Interferencias químicas.- Son más comunes que las espectrales. En muchos casos, sus efectos pueden ser mínimos si se escogen las condiciones de trabajo adecuadas. Entre las interferencias químicas de importancia se pueden mencionar la formación de compuestos de baja volatilidad, reacciones de disociación y las de ionización.

Formación de compuestos volátiles.- El tipo más común de interferencias es el producido por aniones que forman compuestos de baja volatilidad con el analito y en consecuencia reducen su velocidad de atomización, lo que origina resultados menores que los esperados.

Reacciones de disociación.- En el medio gaseoso y caliente de una llama, diversas reacciones de disociación y asociación provocan la conversión de los constituyentes metálicos a su forma elemental. Las reacciones de disociación en las que intervienen óxidos e hidróxidos metálicos, tienen un papel importante en la determinación de los espectros de emisión o absorción de un elemento.

Ionización de flama.- Esta interferencia es más frecuente en flamas calientes, dado que se genera la remoción de un electrón de un átomo basal, dando un ión cargado positivamente; aunque el ión es capaz de absorber radiación, esta es diferente a la absorbida por el átomo en estado basal, por lo que el número de átomos neutrales en la flama es reducida por ionización, disminuyendo así la sensibilidad.

Resumen de las ventajas y limitaciones del método de absorción atómica
(24)

Ventajas

- Análisis cuantitativo rápido
- Facilidad de operación
- Límite de detección bajo
- Alta sensibilidad

Limitaciones

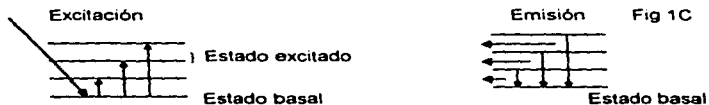
- Difícil de poner la muestra en disolución
- La muestra no se puede recuperar
- Los gases así como las lamparas que se utilizan son costosas
- No se puede analizar directamente los metales

C. Fluorescencia de rayos X

Fundamento

Los rayos X se definen como una radiación electromagnética de longitud de onda corta producida por la desaceleración de electrones de elevada energía o por transiciones electrónicas que implican electrones de los orbitales internos de los átomos. El intervalo de longitud de onda de los rayos X va desde 10^{-5} Å

hasta 100 \AA , sin embargo la espectroscopia de rayos X convencional abarca la región de aproximadamente 0.1 \AA a 25 \AA .



La excitación se produce normalmente por irradiación sobre una muestra con el haz de rayos X o a través de un tubo de rayos X o fuentes radioactiva (fig 1C). En estas condiciones, los elementos de la muestra son excitados por absorción del haz primario y emiten sus propios rayos X fluorescentes característicos. A este procedimiento se le conoce como método de fluorescencia de rayos X. Y es uno de los más ampliamente utilizados para el análisis cuantitativo y cualitativo con número atómico mayor a 8 (28, 29).

Instrumentación

El espectrómetro de rayos X está formado por diferentes elementos que tienen como función principal el separar, identificar y cuantificar los rayos X emitidos por una muestra.

El espectrómetro de fluorescencia de rayos X utilizado fue de dispersión de longitud de onda, el cual comprende tres parte básicas : Unidad de fuente primaria, espectrómetro y detector (fig 2C).

La unidad de fuente primaria consiste de un generador de alto voltaje que genera una energía suficiente que es llevado al tubo de rayos X, el cual consiste de un tubo de alto vacío en el que se monta un cátodo de filamento de Tungsteno y un ánodo sólido. El ánodo normalmente lo forman un bloque pesado de Cobre con un blanco de metal dispuesto sobre la superficie del metal. Los metales del blanco incluyen molibdeno, plata, hierro o rodio.

La forma en que se producen los rayos X, se lleva a cabo por la producción de electrones en el cátodo caliente, los cuales son acelerados hacia un ánodo metálico (blanco) por un potencial del orden de 100kv ; en la colisión parte de la energía del haz de electrones se convierte en rayos X, los cuales emiten y son conducidos a la muestra a analizar.

Espectrómetro.- Está integrado por un monocromador que contiene un par de colimadores, cuya función principal es conducir los haces emitidos por la muestra a un cristal simple montado sobre un goniómetro o placa rotatoria que permite la determinación precisa del ángulo θ entre la cara del cristal y el haz incidente colimado. De esta manera se podrá analizar el elemento deseado. Ya que conociendo la distancia entre los planos del cristal (d) utilizado, así como el ángulo, se podrá seleccionar la longitud de onda adecuada siguiendo la ley de Bragg ($\lambda = 2d \text{ Sen } \theta$).

Para obtener un espectro, es necesario que el colimador de la salida del haz y el detector están montados en un segunda placa que gira cuando el cristal rote a un ángulo θ , el detector debe moverse simultáneamente un ángulo 2θ .

Detector.- El tipo de detector con que cuenta el equipo de fluorescencia de rayos X utilizado fue un tubo Geiger, el cual consiste de un detector de gas, en donde la radiación entra en la cámara a través de una ventana transparente de mica, berilio, aluminio o myler. Cada fotón de rayos X puede interaccionar con un átomo de Argón causando la pérdida de uno de sus electrones externos. Este fotoelectrón tiene una elevada energía cinética, que es igual a la diferencia entre la energía del fotón de rayos X y la energía del electrón en el átomo de Argón. El fotoelectrón pierde entonces este exceso de energía cinética ionizando algunos de los cientos de átomos adicionales de gas. Bajo la influencia de un potencial aplicado, los electrones móviles migran hacia el ánodo central mientras que los cationes que se mueven más despacio son atraídos hacia el cátodo cilíndrico del metal (28,29).

Análisis cuantitativo (30)

Aunque el método de fluorescencia de rayos X es un proceso de emisión, se puede medir de manera cuantitativa, usando la ley de Lambert y Beer, considerando que para todo proceso de emisión se necesita antes de una absorción.

Así, cuando se hace incidir un haz de rayos X en algún material con un espesor X , parte de la energía contenida en el haz será absorbida y producirá el efecto fotoeléctrico, por otra parte, una pequeña fracción de esta energía se pierde por dispersión, resultado de la desviación del haz incidente (I_0) por los electrones del átomo absorbente. Por lo tanto la intensidad transmitida (I) del rayo estará dada por: $I = I_0 \exp^{-(\mu + \mu_s) X}$

Donde μ es el coeficiente de absorción másico, el cual relaciona la probabilidad de que ocurran procesos de absorción y dispersión de una muestra con densidad ρ , cuya unidad se expresa en cm^2/g .

Considerando que la intensidad transmitida es proporcional a la concentración, como se muestra en la expresión anterior, se puede hacer una medición cuantitativa por fluorescencia de rayos X, relacionando la concentración de un analito en una gráfica, donde se encuentra intensidad contra concentraciones de estándares conocidos.

Interferencias(28,29)

Los rayos X producidos en un proceso de fluorescencia se genera no sólo a partir de los átomos de la superficie de una muestra sino también de aquellos que se encuentran debajo de la superficie. Así, una parte del haz incidente y del haz fluorescente atraviesa un grosor significativo de muestra en el que puede tener lugar una absorción y dispersión. El grado de atenuación de ambos haces depende del coeficiente de absorción másico del medio, el cual a su vez se determina a partir de los coeficientes de todos los elementos de la muestra. Por tanto, aunque la intensidad neta de una línea que llega al detector en una medida de fluorescencia de rayos X depende de la concentración del elemento que produce la línea, también está afectada por la concentración y por los coeficientes de absorción másica de los elementos de la matriz, siendo una de las interferencias que afectan más en el método de fluorescencia. Un segundo efecto de matriz, llamado efecto de intensificación, puede dar lugar también a resultados mayores de lo esperado. Este comportamiento se encuentra cuando la muestra contiene un elemento cuyo espectro de emisión característico se excita por el haz incidente y este espectro a su vez produce una excitación secundaria de la línea analítica.

Resumen de las ventajas y limitaciones del método de fluorescencia de rayos X (27, 28).

Ventajas

- Se puede identificar la mayor parte de los elementos
- Análisis cuantitativo rápido
- No destruye la muestra
- Se puede hacer análisis en muestras que van de partículas apenas visibles hasta objetos grandes.

Limitaciones

- Cara su adquisición y mantenimiento
- Límite de detección alto
- No se puede hacer análisis cuantitativo confiables en concentraciones menores al 0.01% y no es adecuado para análisis de elementos ligeros

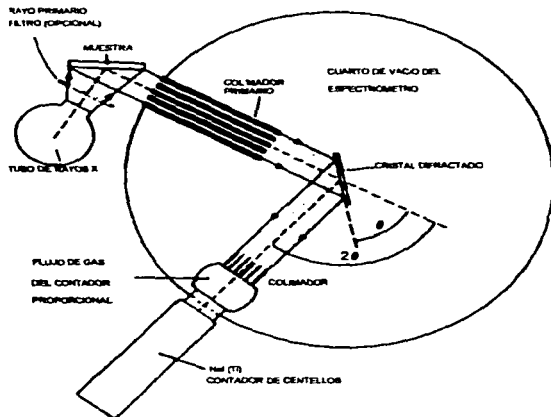


FIGURA 2C. ESQUEMA DEL EQUIPO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

D. Difracción de rayos X

Fundamento

Al igual que con los otros tipos de radiación electromagnética, la interacción entre el vector eléctrico de la radiación X y los electrones de la materia por la que pasa da lugar a una dispersión. Cuando los rayos X son dispersados por el entorno ordenado de un cristal, tiene lugar interferencias (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. El resultado es la difracción la cual podemos definir como un haz compuesto de un gran número de rayos dispersados conjuntamente reforzadas en otro. De aquí, que la difracción sea considerada un fenómeno de dispersión que no involucra una nueva clase de interacción entre átomos y rayos X (27, 28).

Cuando un rayo X alcanza la superficie de un cristal a cualquier ángulo θ , una porción es dispersada por la capa de átomos de la superficie. La porción no dispersada penetra en la segunda capa de átomos donde otra vez una fracción es dispersada y la que queda pasa a la tercera capa. El efecto acumulativo de esta dispersión desde los centros regularmente espaciados del cristal es la difracción del haz. Los requisitos para la difracción de rayos X son: 1) que el espaciado entre capas de átomos sea aproximadamente el mismo que la

longitud de onda de la radiación y 2) que los centros de dispersión estén distribuidos en el espacio de una manera muy regular.

L. Bragg estudió la difracción de rayos X por cristales como se muestra en la fig 1D. Un haz estrecho de la radiación choca con la superficie del cristal con un ángulo de incidencia θ ; la dispersión tiene lugar como consecuencia de la interacción de la radiación con los átomos localizados en O, P y R. Si la distancia $AP + PC = n\lambda$, donde n es un entero, la radiación dispersada estará en fase OCD y el cristal parecerá reflejar la radiación X. Pero en realidad se ve que $AP = PC = d \text{ Sen } \theta$ en donde d es la distancia interplanar del cristal. Así, se puede escribir que las condiciones para una interferencia constructiva del haz con ángulo θ son : $n\lambda = 2d \text{ Sen } \theta$. La ecuación anterior es conocida como la ley de Bragg (2B).

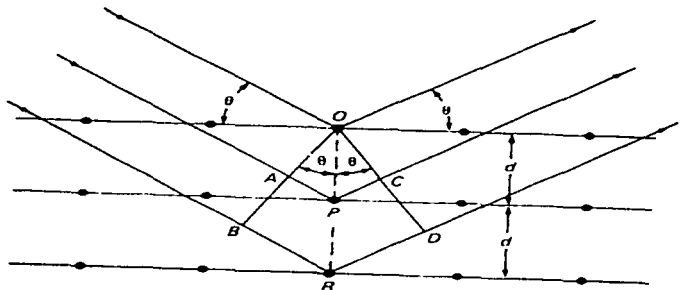


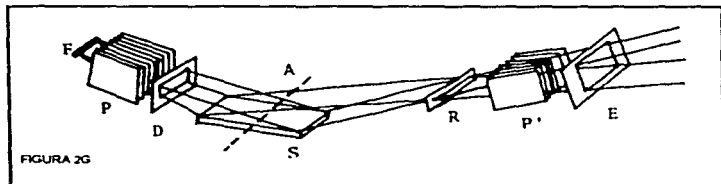
FIGURA 1D DIFRACCIÓN DE RAYOS X POR UN CRISTAL.

Instrumentación

El equipo de difracción de rayos X está constituida básicamente por :

1) Fuente de poder.- Consiste de un generador de alto voltaje y un tubo de rayos X. El primero proporciona una corriente estandarizada mayor de 60 kilovoltios (Kv), 80 milampers (mA) y 3000 watts (W) a un tubo de rayos X. En cuanto al tubo de rayos X, éste se encuentra integrado por un tubo con un ánodo de Cobre para la difracción de cuatro ventanas y un sistema de enfriamiento de agua para evitar que en la producción de los rayos X el calor desprendido funda el tubo.

2) Difractómetro.- La geometría de éste es conocida como geometría de enfoque de Bragg-Brentano, la cual se representa por un haz divergente de una fuerza F que incide sobre un material M donde se difracta y pasa a través de una rejilla R dentro del detector fig 2D



Las distancias FA y AR son iguales, la rejilla D junto con la rejilla E reducen la dispersión, la divergencia lateral se controla por medio de colimadores de platos paralelos y verticales P y P' que están situados entre el foco de emisión y el material, así como el material y la rejilla de dispersión.

3) Detector.- La función del detector es convertir los fotones individuales de los rayos X en pulsos de voltaje, estos son contados, los cuales a su vez se transforman en intensidades (27).

Aplicación de la difracción de rayos X

Uno de los usos más comunes de la difracción de rayos X consisten generalmente para fines de identificación de estructuras cristalinas en una muestra previamente pulverizada. La manera de hacer la identificación de las especies cristalinas se efectúa por medio de los arreglos de las intensidades máximas de difracción que se obtengan del espécimen. Esta identificación se puede hacer de dos formas :

1) Comparación directa de las gráficas de difracción de especímenes desconocidos con patrones de minerales conocidos.- Este método se basa en que una gráfica es comparada en su totalidad con patrones obtenidos de minerales estándares, las líneas desconocidas que coincidan con las líneas patrón en posición e intensidad pueden ser identificadas de esta forma. Cuando se tiene la presencia de varios minerales, la comparación con patrones de minerales conocidos es necesario, para que las especies minerales presentes pueden ser identificadas.

2) Medición de distancias de difracción y comparación con distancias estándar conocidas de los minerales.-Cuando se tiene la presencia de varios minerales en la muestra, la distancia interatómica que producen las intensidades máximas de difracción, hace posible su identificación por comparación de las distancias de minerales conocidos.

E. Parámetros estadísticos

E.1. Matriz de Correlación (31)

Una matriz de correlación es una técnica desarrollada, para hacer un agrupamiento de objetos, sean estas variables o casos.

El procedimiento consiste en formar una matriz de datos con los valores obtenidos, en el caso de este trabajo fueron la concentración de elementos mayores, metales traza, índice químico de alteración y pérdida de ignición en cada una de las estaciones analizadas.

En virtud de que, algunas concentraciones se obtuvieron en partes por millón y otras en porcentos, fue necesario estandarizarlos con la finalidad de que cada elemento contribuya en la misma cantidad a las similitudes de los objetos cuando los intervalos de valores de algunos atributos sean más amplios que en otros. La función de estandarización utilizada fue : $Z_i = X_i - X / S$

Donde :

X_i = Valor de la concentración del elemento "Z" en la estación i

X = Media aritmética de la concentración del elemento "Z"

S = Desviación estándar del elemento "Z"

Z_i = Valor estandarizado del metal "Z" y para la estación i

Para poder obtener la Matriz de Correlación es necesario calcular el valor de correlación entre cada uno de los elementos estudiados o variables, por lo que se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson que se presenta a continuación: $r = \Sigma XY / \{(\Sigma X^2) (\Sigma Y^2)\}^{1/2}$

Donde :

ΣXY = Es la suma de productos de la concentración para los metales "X" y "Y" en cada estación, menos el producto de las medias de cada elemento entre el número de estaciones.

$\Sigma X^2, \Sigma Y^2$ = Son la sumatoria del valor de la concentración de cada elemento, menos la media de la concentración elevada al cuadrado.

r = Valores entre los elementos X y Y

En el caso de las zonas estudiadas se formó una matriz de correlación de 19x19 para cada una de las variables del pacífica norte y sur, a través del empleo del coeficiente de Pearson. Los resultados obtenidos, se representan en forma de una matriz.

E.2 Análisis de Factores (31, 32)

Una de las características más distintivas del análisis de factores es la capacidad de reducir una serie de datos dado, a través de los coeficientes de correlación obtenidos entre cada variable . Reduciendo el número de variables, se facilitará el análisis de la información obtenida, debido a que ésta técnica estadística indicará la contribución que cada uno de los elementos tienen en la zona de estudio. Para poder realizar este proceso, es necesario llevar a cabo tres pasos : 1.-Preparar la matriz de correlación.-Este paso consiste en agrupar las variables obtenidas estandarizadas, a través de los coeficientes de correlación que se hace entre cada elemento o estación, de tal forma que se genere una matriz.

2.-Extracción de factores.-Ya obtenido los coeficientes de correlación, se procede a explorar las posibilidades de la reducción de datos, constituyendo un nuevo grupo de variables tomando en cuenta las interacciones exhibidas en los datos.

3.-Rotación.-Reducida la matriz de correlación, se obtuvieron las variables más importantes de acuerdo a los coeficientes de correlación. Sin embargo, los datos extraídos se encuentran dispersos, por lo que es necesario ordenarlos, para poder tener una mejor agrupación. Este proceso es conocido como rotación, el cual es el último paso para obtener los factores.

8 .- REFERENCIAS

- 1.- Carranza Edwards, A. y Caso C.M. 1994. Zonificación del perfil de playa. Geunam V.2, 26 - 32 .
- 2.- Chester R. Longuett y Richard F. Flit. 1993. Geología Física. México, D.F. : Limusa .
- 3.- Gerald M. Fridman. 1994. Principles of Sedimentary Deposits. U.S.A. : Macmillan Publishing Company .
- 4.- Jorge A. Vivó. 1980. Geografía Física. México, D.F. : Herrera .
- 5.- Alejandro Rivera Dominguez. 1985. La Deriva de los Continentes (Tectónica Global). Puebla. : Instituto de Ciencias U.A.P.
- 6.- Dr. Zdenek Kukul. 1971. Geology of Recent Sediments. Checoslovaquia : Academica Press .
- 7.- Goldich, S.A. 1938. A Study in rock weathering. J. Geology (46), 17 - 58.
- 8.- Konrad B. Krauskopf. 1967. Introduction of Geochemistry. U.S.A. : McGraw - Hill.
- 9.- Laura Elena Madarey. 1976. La humedad y vegetación en la Península de Baja California. Boletín del Instituto de Geografía U.N.A.M V.6 , 73 - 85 .

- 10.- E. López Ramos. 1981. Geología de México Vol II y III . México D.F. :
- 11.- José Jaime Cápela. 1984. El clima de los Estados Unidos Mexicanos. Almería . España :Instituto de Geografía Aplicada
- 12.- Jorge L. Tamayo. 1990. Geografía Moderna de México. México D.F. : Trillas.
- 13.- Fernando Ortega Gutiérrez. 1992. Texto explicativo de la quinta edición de la carta geológica de la República Mexicana. México D.F. : Instituto de Geología, U.N.A.M .
- 14.- Geología de la República Mexicana 1990. México, D.F. : I.N.E.G.I, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- 15.- Earl F., Mc Farren and Jhon H. Parker. 1970. Criterion for Judging Acceptability of Analytical Methods. Analytical Chemistry, V.42 , No 3, 358-365.
- 16.- Nesbitt, H. W y Young, G.M.1984. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic consideration. Geochem Cosmochim Acta (148), 1523 - 1534.
- 17.-Carranza - Edwards, A y L. Rosales Hoz. 1995. Gechemistry of two Mexican tropical basins in an active margin and their influence on littoral sediments. Journal of South American Earth Sciences, 8 (2) , 221 - 228 .

- 18.-Cornelius S. Hurlbort, JR. 1974. Manual de Minerología de Dana .
Barcelona : Reverté
- 19.-W. J. y N. Philips. 1986. Fundamentos de Mineralogía para Geólogos.
México D F. : Limusa .
- 20.-Cornelius Klein and Cornelius S. Hurlbort, JR. 1985. Manual of
Mineralogy. U.S.A. :John Wiley and Sons .
- 21.-Brian Mason and Carleton B. Moore. 1982. Principles of
Geochemistry. U.S.A. : John Wiley and Sons .
- 22.- Sposito, Garrison. 1989. The Chemistry of the soils. U.S.A. : Oxford
University Press .
- 23.- Willard Lincoln Roberts. 1974. Encyclopedia of Minerals. U.S.A : Van
Nostrand Reinhold Company.
- 24.-Hobart H. Willard. 1988. Instrumental Methods of Analysis. U.S.A. :
Wadsworth Publishing Company.
- 25.- Richard D. Boaty. 1978. Concepts, instrumentation and tecnic in
Atomic Absorption Spectrophotometry. U.S.A. : Perkin Elmer Corporation .
- 26.- Bennett, P.A and Rothery. E. 1983. Introduction to Atomic Absortion
Analysis. Australia : Varian .

27.- D.D.L Chung and P. W. De haven. 1993. X Ray Diffraction at Elevated Temperatures. New York : VHC Publishers, Inc .

28.- Douglas A. Skoog y James J. Leary. 1993. Análisis Instrumental. España : McGraw - Hill.

29.- Ron Jenkins. 1984. X Ray Fluorescence Analysis. Analytical Chemistry. Vol 56, No 9, 1099A - 1106A .

30.- P. J. Potts.1985. Handbook of Silicate Rock Analysis. U.S.A . : Chapman and Hall.

31.- John C. Davis. 1986. Statistics and Data Analysis in Geology. U.S.A.: John Wiley and Sons .

32.- Jae-on-Kim. 1974. Factor Analysis. U.S.A : Univerity of Iowa