

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

"TRANSPORTE LITORAL PARALELO A LA COSTA
EN PLAYAS DE TIJUANA, B.C.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O

PRESENTA:

ENRIQUE UREÑA PORTALES

ENSENADA, B. C., JUNIO DE 1936.

RESUMEN

Se realizó un análisis de los minerales pesados presentes en playas y arroyos, entre Imperial Beach, Cal. (E.U.A.), y San Antonio de los Buenos, B.C. México, con el propósito de identificar minerales trazadores, con los cuales inferir el transporte litoral neto, paralelo a la costa en playas de Tijuana, B.C..

Los minerales pesados se separaron con un líquido pesado (bromoforno, G.E.2.89), y la identificación se llevo a cabo con un microscópio petrográfico.

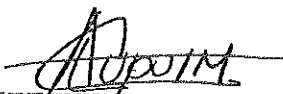
Los minerales pesados que fueron consistentes en la mayoría de las muestras fueron graficados en porcentaje en peso relativo contra la estación, y obteniéndose de cada uno su gráfica de regresión.

La dilución general de éstos a lo largo de la zona de estudio, indicó un transporte litoral neto de sur a norte. Siendo los mejores trazadores naturales la magnetita, el circón, monacita y granate, y de éstos el primero resultó ser el mejor trazador natural.

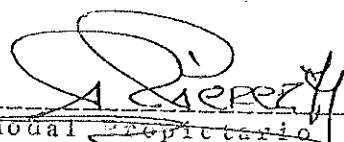
TRANSPORTE LITORAL PARALELO
A LA COSTA EN PLAYAS DE
TIJUANA, B. C.

T E S I S
QUE PRESENTA:
ENRIQUE UREÑA PORTALES


Aprobada por:



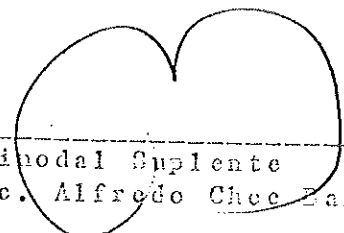
Presidente del Jurado
Cc. Amilcar Levi Cupin Magaña



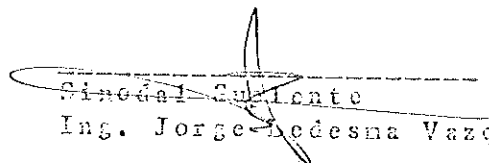
Sinodal Propietario
Cc. Roberto Pérez Higuera



Sinodal Propietario
Cc. José Luis Ferman Almada



Sinodal Suplente
Cc. Alfredo Chee Barragan



Sinodal Suplente
Ing. Jorge Ledesma Vazquez

DEDICATORIA

A mis padres Enrique Ureña B., y Elidia Portales de U.
Por su apoyo y cariño brindado, y a quienes debo gran parte
de mi formación profesional.

A mis hermanos..

A la memoria de mi hermano Miguel Angel.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al personal de la dirección de Investigación Científica y Superación Académica (S.E.P.), todo el apoyo brindado en la realización de este trabajo (Convenio 84-01-70 y 85-06-80).

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas, el cual dirige el M.C. Román Lizarraga Arciniega. Por las facilidades brindadas para el desarrollo de este trabajo.

Al Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, por haberme permitido el uso de la computadora Prime 750.

A mi director de tesis Oc. Amilcar Leví Cupul Magaña por su constante apoyo y dedicación.

A mis sinodales : Oc. Roberto Pérez H., Oc. Jose Luis Ferman A., Oc. Alfredo Chee B., Ing. Jorge Ledesma V. Por las acertadas correcciones y sugerencias hechas a este trabajo.

A los maestros Oc., Sergio Pou A., Oc., Miguel A. Telles D., y M.C., Francisco Suárez V., Por sus atinadas sugerencias..

A la planta de maestros del Area de Geología, por su valiosa contribución en mi formación profesional.

A mi amigo, Oc., Jorge Ramirez H., por su desinteresada ayuda en la realización del presente estudio.

A mis compañeros y amigos de generación, y a todas aquellas personas que de alguna forma contribuyeron en la realización de este trabajo.

INDICE

	Página
I INTRODUCCION.....	1
I.1 ANTECEDENTES.....	3
I.2 OBJETIVO.....	7
II DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	8
III METODOLOGIA.....	13
IV RESULTADOS.....	18
V DISCUSIONES.....	29
VI CONCLUSIONES.....	37
VII LITERATURA CITADA.....	40

LISTA DE TABLAS

Tabla	página
I Porcentajes de especies mineralógicas encontradas en las estaciones de muestreo. Fracción 3.0 phi....	19
II Porcentajes de especies mineralógicas encontradas en las estaciones de muestreo. Fracción 3.5 phi....	20
III Porcentajes de minerales pesados y ligeros para las estaciones de muestreo. Fracciones 3.0 y 3.5 phi...	21

LISTA DE FIGURAS Y GRAFICAS

Figura		página
1	Localización del área de estudio y estaciones de muestreo.....	9
2	Mapa geológico de la zona.....	10
3	Grupos de minerales pesados de acuerdo a la susceptibilidad magnética del separador Carpco y su relación con el separador Franz-Isodynamic.....	15
4	Sentido del transporte litoral dominante inferido con minerales trazadores.....	38

gráfica		página
1	Porcentaje de opacos contra número de estación (fracción 3.0 phi).....	23
2	Porcentaje de hornblenda contra número de estación (fracción 3.0 phi).....	23
3	Porcentaje de monacita contra número de estación (fracción 3.0 phi).....	23

Gráfica

página

4	Porcentaje de granate contra número de estación (fracción 3.0 phi).....	24
5	Procentaje de circón contra número de estación (fracción 3.0 phi).....	24
6	Porcentaje de moscovita contra número de estación (fracción 3.0 phi).....	24
7	Porcentaje de epidota contra número de estación (fracción 3.0 phi).....	25
8	Porcentaje de opacos contra número de estación (fracción 3.5 phi).....	25
9	Porcentaje de hornblenda contra número de estación (fracción 3.5 phi).....	25
10	Porcentaje de monacita contra número de estación (fracción 3.5 phi).....	26
11	Porcentaje de granate contra número de estación (fracción 3.5 phi).....	26

Gráfica

página

12	Procentaje de circón contra número de estación (fracción 3.5 phi).....	26
13	Porcentaje de moscovita contra número de estación (fracción 3.5 phi).....	27
14	Porcentaje de epidota contra número de estación (fracción 3.5 phi).....	27
15	Porcentajes de minerales ligeros y pesados contra número de estación (fracción 3.0 phi).....	28
16	Porcentajes de minerales ligeros y pesados contra número de estación (fracción 3.5 phi).....	28

I INTRODUCCION

La costa fronteriza noroccidental de Baja California constituida por Playas de Tijuana, se ha convertido en uno de los principales centros de recreo de los habitantes de la ciudad de Tijuana B.C. y del turismo norteamericano principalmente, Debido al marcado incremento de los asentamientos humanos en direcci3n a la costa, y por su ubicaci3n se antoja como un importante centro turistico.

Por los atractivos anteriores y por los procesos erosivos que ah3 se han estado llevando a cabo desde 1978 (Gonzales, C., y Cupul, M., 1986) afectando considerablemente al fraccionamiento Playas de Tijuana, seguramente se va a necesitar en un futuro pr3ximo la planeaci3n de estructuras protectoras a la costa tales como espigones, escolleras o muros, por lo que se van a requerir estudios acerca de la direcci3n y sentido del transporte litoral antes de introducir alg3n tipo de estructura protectora.

Existen varios m3todos para determinar la direcci3n y sentido del transporte litoral, entre los que se pueden mencionar los siguientes : estadísticas de oleaje de mar profundo, medidas de parámetros de oleaje en la zona de rompiente, series de fotografías antiguas a lo largo de la zona de interés, arenas radioactivas, arenas fluorescentes ,

variaciones texturales y mineralógicas de los sedimentos transportados, y por medio de ciertos minerales diagnóstico que reflejan el área fuente y son usados como trazadores naturales para delinear la dirección del movimiento de arena.

En el presente trabajo se utilizará el método de trazadores naturales para inferir la deriva litoral dominante, por considerar que este método es de los más económicos y eficientes para trabajos cualitativos de transporte litoral.

Se utilizarán trazadores naturales dentro del grupo de los minerales pesados, por la razón de que éstos generalmente se encuentran en menor proporción en un depósito sedimentario y por que presentan la característica de poseer una estabilidad física y química mayor que los minerales ligeros. Dicha propiedad permite que estos minerales puedan correlacionarse a grandes distancias o seguir su historia a través de varios ciclos de depositación (Pérez, H., 1982).

Algunas ventajas de la técnica del análisis de minerales pesados son: la técnica no es cara, y no se requieren instrumentos electrónicos sofisticados, no consumirá mucho tiempo el análisis de laboratorio, pueden realizarse reconocimientos preliminares de la deriva del sedimento sin un conocimiento extenso de la geología regional. Una técnica

indirecta tal como ésta, indicará promedios de transporte de sedimento en términos largos o estacionales (medidas directas por corrientímetros o trampas de sedimento proveerán valores instantáneos, lo cual puede ser de uso cuestionable si el movimiento se mide durante solo una estación) (Wilde, P., y Case, Ch., 1977).

Este estudio forma parte de un proyecto del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.-U.A.B.C.).

I.1 ANTECEDENTES

La aplicación de los minerales pesados a la solución de diferentes problemas sedimentológicos, ha tenido mucho auge en los últimos años, en trabajos de transporte y depositación, como los desarrollados por Rittenhouse (1943), Borreswara y La Fond (1958); en trabajos para determinación de provincias mineralógicas como los elaborados por Judge (1970), Carriquiry, B., (1985); en trabajos de proveniencia como los realizados por Blatt (1967), Baca, Ch., (1981), Pérez, H., (1982), Alatorre, Z., (1985). Y su aplicación a procesos litorales a tenido un marcado incremento. En la actualidad los minerales pesados están siendo ampliamente utilizados como indicadores de procesos costeros en las

costas de california, E.U.A. (Pérez, H., 1982). Trabajos de este tipo y específicamente de transporte litoral son los desarrollados por Trask (1951), Mc Master (1960), Neiheisel (1965), Kulm, Sheidegger, Byrne, y Spigai., (1968), Sunamura y Horikawa (1971), Wilde, P., y Case, W., (1977), Aibulatov, Kos'yan, Novikova, y Yurkevich, (1979), Georg (1980), Martínez, B., (1981), Aranda, M., (1983), Chee, B., y Pérez, H., (1983). Particularmente en la zona de estudio son pocos los trabajos que se han realizado, y ninguno acerca del transporte litoral de sedimento, con minerales trazadores, o por otro método.

Uno de los primeros trabajos fue el realizado por Shepard (1950), quien realiza un estudio sobre observación de corrientes a lo largo de la costa del sur de california, desde la frontera mexicana hasta Newport, midiendo durante un año velocidad y dirección de corrientes, utilizando botellas de deriva y midiendo parámetros de oleaje en la zona de rompiente, y concluye que las corrientes dominantes son hacia el sur. Y que corrientes hacia el norte son indicativas de tormentas a el sur del hemisferio, prevalecientes durante una gran parte del verano y otoño. pero menciona que se observaron evidencias de que las corrientes al norte prevalecen en la costa Coronado (situada al norte de Playas de Tijuana), aclarando que tres estaciones situadas en el extremo norte de esta costa son la excepción definitiva a

este giro. Y concluye que probablemente, la tendencia norte de la costa a el final sur de Coronado juega alguna parte en el desarrollo de las corrientes al norte.

Existe un par de trabajos realizados por TECNOCEAN S.A. de C.V. en 1979 y 1981 respectivamente, en ninguno de los dos reportan resultados acerca del transporte litoral.

Cupul, M., (1983), realiza un estudio acerca de la causas de erosión en Playas de Tijuana durante el invierno de 1977-78, donde concluye que las causas responsables fueron :

- a).- La mayor ocurrencia de olas de periodos largos.
- b).- El alcance del "Runup" combinado con mareas altas.
- c).- El tamaño de sedimento utilizado en el relleno, siendo éste mucho menor que el sedimento de playa, y su no compactación.
- d).- El efecto de la presa Rodríguez y la canalización del río Tijuana como posibles trampas de sedimento, cortando el aporte al sistema litoral.
- e).- Y por último la falta de previsión de una protección de la línea de costa artificial.

Finalmente recomienda que se efectúe un estudio de la dirección y sentido del acarreo litoral, entre otras cosas, para así poder introducir algún tipo de estructura protectora como muros, espigones etc.

Pozos, S., (1985), realiza un estudio acerca de la cantidad de sedimento drenado hacia el océano Pacífico por los principales ríos del norte de Baja California (1950-1983). Y concluye que la zona formada por las cuencas de los ríos Tijuana, Guaguatay, Descanso, y Guadalupe. Es la principal fuente, dado que en esta zona se drena en promedio 1,760.000 toneladas/año de sedimentos.

Cadena, L., (1986), realiza un trabajo sobre provincias mineralógicas, y concluye que probablemente todos los minerales con excepción de la hornblenda son aportados por arroyos y puntas locales.

Elizarrarás, V., (1986), realiza un trabajo acerca de la dirección y sentido del transporte litoral entre punta Los Buenos y Playas de Rosarito B.C., concluyendo un transporte neto de sur a norte.

Gonzales, C., y Cupul, M., (1986), realizan un trabajo acerca de la erosión en Playas de Tijuana durante el período de 1975-1985, mencionando algunas posibles soluciones al

problema erosivo de la localidad, aclarando que no es posible dar una solución definitiva, debido a que no se cuentan con registros completos de oleaje y mareas.

I.2 OBJETIVO

Inferir el sentido dominante del transporte litoral paralelo a la costa, con base en algunos minerales pesados que puedan ser usados como trazadores naturales de la corriente litoral, en playas de Tijuana, Baja California.

II DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra localizada al oeste de la ciudad de Tijuana, B.C., México, e Imperial Beach, Cal. (E.U.A.). Se extiende desde los $32^{\circ}26'46''$ a $32^{\circ}34'34''$ de latitud norte, y de los $117^{\circ}06'27''$ a los $117^{\circ}07'55''$ de longitud oeste (fig.1).

Playas de Tijuana esta constituida por arenas obscuras, tiene una longitud aproximada de cinco kilómetros. La playa esta limitada al sur por promontorios de rocas basálticas y andesito-basálticas del Mioceno, al este por rocas sedimentarias de origen marino del Cuaternario (Gastil, Allison, y Phillis, 1971), y en partes aún existen remanentes del escarpe artificial de sedimento semiconsolidado sobre el cual corría el Boulevard de esta zona. Al oeste por el Océano Pacífico, y al norte por la línea internacional. Al sur de Playas de Tijuana se encuentran algunas pequeñas playas de bolsillo formadas entre los promontorios basálticos, al norte de ésta se encuentra una playa larga que se extiende desde la frontera internacional, hasta la entrada al puerto de San Diego, California (E.U.A.), constituida principalmente de arenas claras, el ancho de esta playa es de aproximadamente 200 metros (Fig.2).

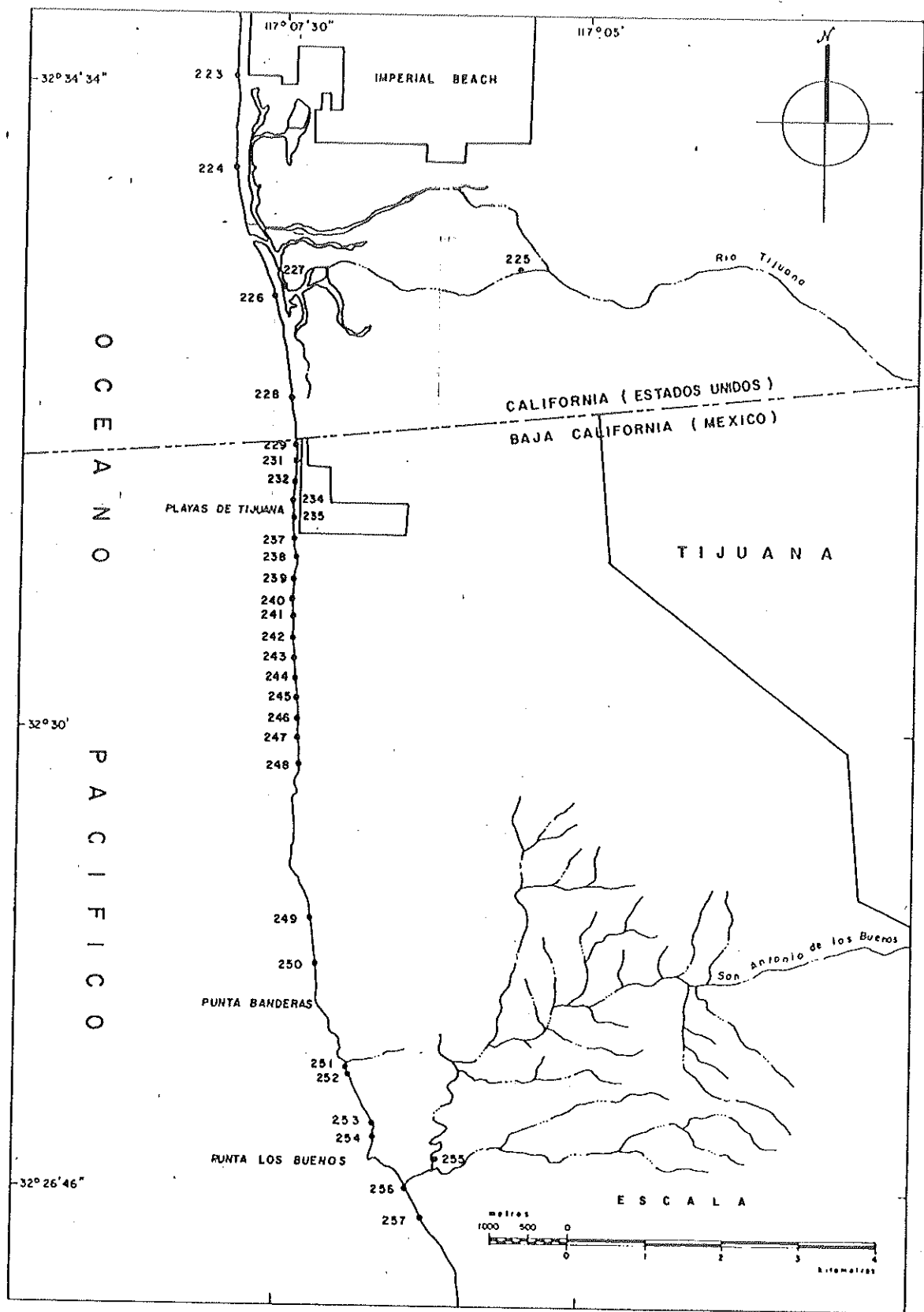


FIG. 1.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE MUESTREO.

El sistema hidrológico de la zona de estudio esta compuesto principalmente por el río Tijuana y el cañón de San Antonio de los Buenos, el río Tijuana tiene su origen en el arroyo Agua Hechicera, que nace en la sierra de Juárez a 1860 metros de altitud. La dirección inicial de esta corriente es norte y toma diferentes nombres según los afluentes que recibe hasta llegar a la presa Rodríguez, al pasar esta última recibe el nombre de río Tijuana. Posteriormente se interna en territorio de E.U.A. y por último desemboca en el Océano Pacífico a 2.5 km. al norte del límite internacional. El área de la cuenca es de 4502 kilómetros cuadrados, siendo esta cuenca la mayor del NW. de B.C. (Pozos, S., 1985). Drena los siguientes tipos de rocas:

Rocas batolíticas: gabro, granodiorita, tonalita, y granito.

Rocas prebatolíticas: volcánicas no diferenciadas, plutónicas y metamórficas mezcladas.

Rocas sedimentarias postbatolíticas: conglomerados del Terciario inferior, sedimentarias de origen marino y fluvial del Eoceno, aluvión y fluviales del Cuaternario (Gastil, et al. op cit).

El cañón de San Antonio de los Buenos tiene una longitud

aproximada de 11 km. Se origina en la fallá de Agua Tibia, drenando a su paso rocas postbatolíticas Terciarias como basalto y andesita basáltica del Mioceno, sedimentarias marinas del Plioceno, y rocas sedimentarias marinas del Cuaternario (Gastil, et al. op cit).

III METODOLOGIA

En el mes de febrero de 1985. se colectaron dos muestras, una en la frontera internacional y la otra 1 kilómetro hacia el sur, sobre la cara de la playa, con el propósito de reconocer la mineralogía presente en la zona.

Posteriormente en el mes de agosto del mismo año, se realizó el muestreo, colectándose un total de 32 muestras, de las cuales cuatro fueron de arroyo, y 28 sobre la cara de la playa (Fig.1). Las muestras se colectaron a intervalos de 250 metros. Se tomaron algunas muestras al sur y norte de Playas de Tijuana, con el objeto de tener algunas muestras testigo. Las muestras de arroyo se colectaron aproximadamente 2 km. río-arriba.

El muestreo se realizó con un nucleador de mano, almacenándose y etiquetándose en bolsas de polietileno. Posteriormente en el laboratorio las muestras fueron secadas a temperaturas entre 60 y 70 grados centígrados, enseguida fueron cuarteadas hasta obtener una submuestra entre 60 y 80 gramos. Posteriormente se llevo a cabo el pretratamiento de éstas de acuerdo con Royse (1970). La separación granulométrica en rangos de tamaño se efectuó con un juego de tamices (U.S. Standar) con intervalos de 0.5 ϕ (Royse, 1970), en un rango de 0.0 a 4.0 ϕ . Se trabajaron las

fracciones 3.0 y 3.5 ϕ , por ser en éstos tamaños en los que se concentra el mayor porcentaje de minerales pesados (Rittenhouse, 1943). Cada una de estas fracciones fueron cuarteadas hasta obtener subfracciones con peso entre 1 y 2 gramos, de estas subfracciones se separaron los minerales ligeros de los pesados con un líquido de gravedad específica alta (Bromoformo, G.E.2.89) utilizando el método descrito por Fessenden (1959). Las fracciones de minerales pesados resultantes de la separación anterior se microcuartearon hasta obtener una fracción de 1/16. En la mayoría de los casos el 1/16 se separo en tres partes, y una de ella se separó para el montaje de granos, fijandolos en un medio con índice de refracción conocido (Histoclad, $n=1.54$), en pocos casos no fue necesario cuartear ya que la fracción (1/16) era relativamente pequeña, y en éstos casos se realizó el montaje de granos utilizando toda la fracción.

Solo para el caso de las dos muestras iniciales, colectadas en febrero, se utilizó la fracción restante (15/16) para separar los minerales en clases, de acuerdo a su susceptibilidad magnética, utilizando un separador magnético tipo Carpco. Los grupos se formaron tomando como base la relación existente del separador magnético Carpco con el separador Franz-Isodynamic (Rossemblum, 1958), que fue descrita por Aranda, M., (1983), Fig.3., quien observa un desfazamiento del separador Carpco hacia un mayor amperaje,

FRANZ ISODYNAMIC

A IMAN DE MANO	ANGULO DE INCLINACION 20°			ANG. DE INCLINACION 5°	
	B 0.4 AMP.	C 0.8 AMP	D 1.2 AMP.	E 1.2 AMP.	F NO SUSCEPTI- BLES 1.2 AMP.
Magnetita Pirrotita	Ilmenita Granate Olivino Cromita Cloritoide	Hornblenda Hiperstena Augita Actinolita Esauroilita Epidota Biotita Clorito Turmalina (Oscuro)	Diopsido Tremolita Enstatita Espinela Estaurilita (Transp.) Moscovita Zoisita Cinzoisita Turmalina (Transp.)	Esfeno Leucoceno Apatita Andalucita Monazita Xenotima	Zircon Rutilo Anatasa Brookita Pirita Corindon Topacio Fluorita Cianita Silemanita Anhidrita Berilo
IMAN DE MANO	I 0.4 AMP.	II - III 1.2 AMP.	IV 2.5 AMP.	V NO SUSCEPTIBLES A 2.5 AMP.	

C A R P C O

FIG. 3 - GRUPO DE MINERALES PESADOS DE ACUERDO A LA SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA DEL SEPARADOR CARPCO Y SU RELACION CON EL SEPARADOR FRANZ - ISODYNAMIC. (TOMADO DE ARANDA, F., 1983).

de tal manera que el grupo A lo reporta como magnetita, el grupo B como I, el grupo C como II y III, el grupo D como IV, y los grupos E y F como V. Esta separación se llevó a cabo con el fin de facilitar la identificación de minerales.

La cuantificación de minerales de las fracciones de estas muestras se realizó en la fracción correspondiente al 1/16, una vez concluida la identificación de minerales de los diferentes grupos magnéticos, lo cual facilitó la identificación y conteo de minerales en las muestras subsecuentes, correspondientes al muestreo, realizado en agosto, en las que ya no hubo necesidad de separar los minerales por clases de susceptibilidad magnética, de las muestras tomadas en este mes se obtuvieron un total de 64 láminas, en las cuales fueron identificados los minerales en un microscopio petrográfico, de acuerdo a sus propiedades ópticas más comunes (Kerr, 1965).

El conteo se realizó por el método de línea descrito por Ramesan (1966). Se contaron como mínimo 300 granos de acuerdo con Dryden (1931), aunque en promedio se contaron 350 granos. Los minerales opacos se identificaron en un microscopio estereoscópico.

Los minerales que fueron consistentes en casi todas las muestras, se graficaron en porcentaje relativo contra el

número de estación (implica distancia) con el objeto de identificar los mejores minerales trazadores para la región, aplicandosele a cada gráfica un análisis de regresión con el propósito de verificar la tendencia de la dilución de los minerales, mediante una base estadística. Se graficaron porcentajes relativos de minerales ligeros y pesados contra la estación, con el fin de corroborar los resultados obtenidos con los minerales trazadores.

IV RESULTADOS

La tabla I muestra los porcentajes de especies mineralógicas encontradas en las estaciones de muestreo, para la fracción 3.0 ϕ . Notándose la presencia esporádica de algunos minerales, tales como: rutilo, estaurolita, apatita, espinela, fluorita, tremolita-actinolita, turmalina, enstatita, silimanita, esfena y algunos minerales que no fue posible identificarlos y están clasificados como otros. Los minerales correspondientes al subgrupo clinopiroxenos, incluyen augita, augita-egirina, egirina, y diópsido. En la tabla, se observa una marcada abundancia del mineral hornblenda, seguido por los opacos, los cuales están constituidos en un 95 % de magnetita y el resto está formado por pirrotita e ilmenita, principalmente.

La tabla II muestra los resultados de los porcentajes de especies mineralógicas encontradas en las estaciones de muestreo para la fracción 3.5 ϕ , en la cual se mantienen las observaciones hechas para la fracción 3.0 ϕ , solo que aquí es notable un marcado incremento en los porcentajes de minerales opacos (magnetita).

En la tabla III se presentan los porcentajes relativos de los minerales ligeros y pesados de las fracciones 3.0 y 3.5 ϕ , así como las distancias de las muestras en metros,

TABLA II - PORCENTAJES DE ESPECIES MINERALOGICAS ENCONTRADAS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO, FRACCION 3.5 Ø.

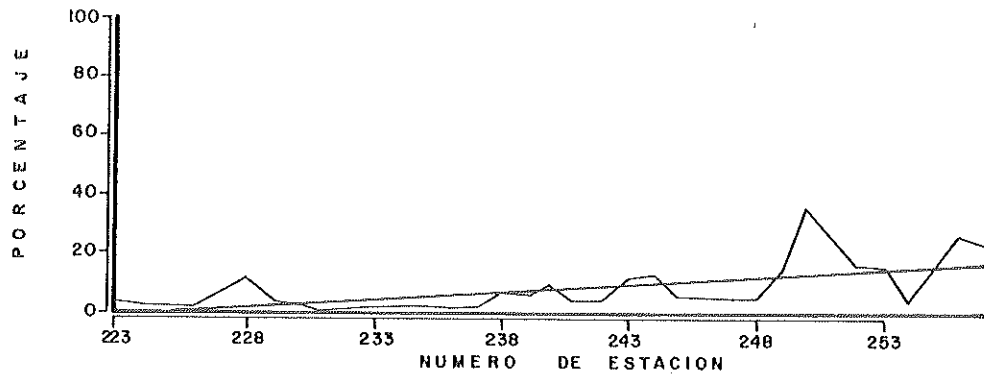
ESTACION	OPACOS	HORNBLENDA	MONACITA	GRANATE	CIRCON	HIPERSTENA	CLINO-PIROXENOS	MOSCOVITA	BIOTITA	RUTILO	EPIDOTA	ESTAUROLITA	ESFENA	APATITA	ESPINELA	FLUORITA	TREMOLITA- ACTINOLITA	OTROS	ALTERADOS	SILLIMANITA	ENSTATITA	TURMALINA
223	2.29	80.33	00.00	00.00	00.00	3.93	2.62	3.95	0.33	00.00	0.66	00.00	0.98	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	4.92	00.00	00.00	00.00
224	2.49	84.53	1.10	00.00	00.00	1.38	1.38	3.31	0.55	00.00	0.83	00.00	0.00	0.28	00.00	00.00	00.00	00.00	3.87	00.00	00.00	00.00
225	1.54	75.31	1.23	00.00	00.00	00.00	1.54	1.23	13.58	0.62	1.23	00.00	0.31	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.23	00.00	00.00	00.00
226	7.16	77.69	0.27	0.55	0.27	1.65	1.93	3.58	1.10	00.00	0.55	00.00	1.10	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	3.98	00.00	00.00	00.00
227	45.70	42.02	0.92	0.31	5.52	00.00	0.31	1.84	00.00	00.00	0.61	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	3.98	00.00	00.00	00.00
228	6.14	74.58	1.68	00.00	00.00	1.68	1.95	3.35	1.68	00.00	1.12	00.00	3.35	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.03	00.00	00.00	00.00
229	28.91	51.82	1.82	0.25	1.04	0.78	1.30	2.60	0.78	00.00	0.25	00.00	4.69	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	4.19	00.00	00.00	00.00
231	8.51	58.73	3.06	00.00	00.00	1.31	1.31	23.14	00.00	00.00	1.53	00.00	1.09	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	5.73	00.00	00.00	00.00
232	10.39	70.91	2.60	0.25	0.25	3.54	2.34	4.93	1.30	00.00	0.78	00.00	0.26	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.09	00.00	00.00	00.00
234	18.18	63.89	4.29	0.25	00.00	2.52	2.02	4.29	1.51	00.00	1.25	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	2.08	00.00	00.00	00.00
235	13.25	72.93	4.42	0.28	00.00	00.00	0.83	4.42	1.10	00.00	0.83	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.51	00.00	00.00	00.00
237	30.99	54.95	2.86	0.78	00.00	1.04	0.52	6.25	0.25	00.00	1.30	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.93	00.00	00.00	00.00
238	59.75	20.71	2.72	2.18	1.09	00.00	00.00	1.63	0.27	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.63	00.00	00.00	00.00
239	43.49	40.70	3.95	0.45	1.15	0.23	3.49	3.02	0.93	0.23	0.70	00.00	0.23	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	0.93	00.00	00.00	00.00
240	35.57	47.05	3.58	0.25	1.28	0.25	2.81	3.32	1.02	00.00	1.02	00.00	0.25	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.79	00.00	00.00	00.23
241	28.14	51.91	4.10	1.09	0.52	1.09	3.00	5.74	0.55	00.00	0.55	00.00	0.25	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.70	00.00	00.00	00.27
242	37.71	44.04	2.92	0.97	1.22	0.97	4.14	3.89	1.46	0.24	0.73	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	2.73	00.00	00.00	00.00
243	78.99	9.57	1.59	1.86	2.13	1.33	1.86	1.59	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.70	00.00	00.00	00.00
244	76.41	12.31	2.05	1.28	1.79	1.28	1.02	2.31	0.26	0.26	0.51	00.00	0.53	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	0.53	00.00	00.00	00.00
245	41.94	45.28	2.50	1.11	0.93	0.83	1.02	2.31	0.26	0.26	0.51	00.00	0.26	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	0.53	00.00	00.00	00.00
246	31.67	51.39	2.50	0.95	1.39	0.83	2.22	2.50	0.55	0.28	0.83	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.11	00.00	00.00	00.00
247	18.71	62.29	6.14	0.28	0.28	1.40	3.07	3.35	0.28	0.28	0.28	00.00	0.55	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	0.28	00.00	00.00	00.00
248	36.03	44.12	4.18	00.00	1.04	0.52	3.07	3.35	0.84	00.00	0.56	00.00	0.55	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	2.23	00.00	00.00	00.00
249	40.12	42.28	5.25	00.00	0.93	0.16	2.78	3.70	3.65	00.00	0.52	00.00	0.26	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.57	00.00	00.00	00.00
250	86.28	3.66	3.96	00.00	3.66	0.30	0.30	0.61	0.93	00.00	0.31	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.54	00.00	00.00	00.00
251	85.98	6.13	1.23	0.31	3.07	0.61	0.92	1.63	00.00	00.00	0.61	00.00	0.61	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
252	74.08	14.28	2.65	0.66	3.01	00.00	00.00	1.66	00.00	0.66	0.33	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
253	71.60	13.35	0.65	00.00	9.77	0.32	00.00	3.25	0.32	00.00	0.32	00.00	0.32	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
254	18.50	69.80	2.59	1.94	0.32	0.32	0.32	4.87	00.00	00.00	0.65	00.00	0.32	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
255	18.99	20.11	31.28	1.39	1.11	00.00	0.56	2.79	4.18	00.00	00.00	00.00	12.01	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	6.70	00.00	00.00	00.32
256	79.27	7.31	0.91	0.30	9.15	00.00	00.00	0.30	00.00	00.00	1.22	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	0.91	00.00	00.00	00.00
257	79.55	12.14	0.96	0.64	4.47	00.00	00.00	1.59	0.64	00.00	00.00	00.00	0.31	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00

TABLA III - PORCENTAJES DE MINERALES PESADOS Y LIGEROS
PARA LAS ESTACIONES DE MUESTREO, FRACCIONES
3.0 Ø Y 3.5 Ø.

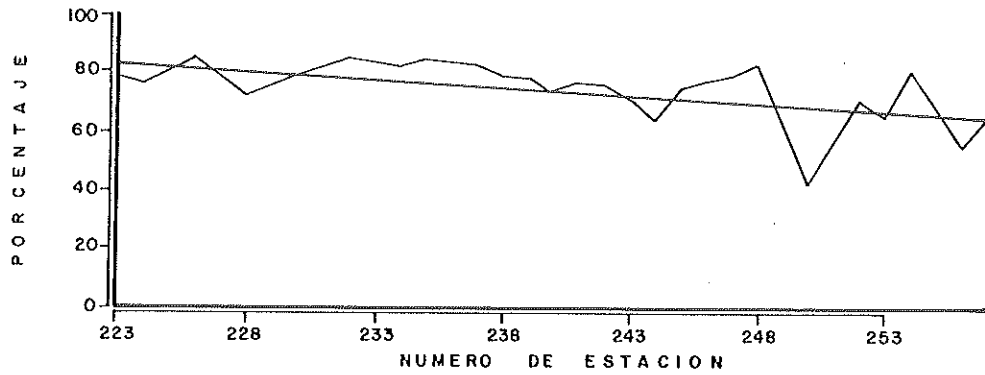
EST.	DISTANCIA (mts.)	3.0 Ø		3.5 Ø	
		% PESADOS	% LIGEROS	% PESADOS	% LIGEROS
223	0.00	8.215	91.728	55.051	44.811
224	1175.00	11.978	88.101	57.703	41.941
225	3250.00	10.966	88.574	12.205	87.205
226	2900.00	37.343	62.573	91.649	8.134
227	125.00	72.331	26.985	62.313	36.463
228	4200.00	22.966	77.034	74.838	24.838
229	4700.00	73.652	26.087	88.164	11.650
231	4950.00	31.558	68.097	87.179	12.147
232	5200.00	62.073	37.767	87.057	12.531
234	5450.00	52.138	47.862	85.508	13.885
235	5700.00	47.449	52.551	84.779	15.037
237	5950.00	62.036	38.254	91.725	8.362
238	6200.00	92.421	7.366	97.363	2.704
239	6450.00	82.463	17.644	97.055	3.219
240	6700.00	74.206	26.058	96.939	3.141
241	6950.00	69.419	30.645	95.547	4.513
242	7200.00	65.133	34.792	94.885	4.962
243	7450.00	93.420	6.750	97.901	2.372
244	7700.00	91.375	8.841	99.021	1.134
245	7950.00	64.714	35.217	88.142	11.700
246	3200.00	58.873	41.126	95.441	4.606
247	8450.00	45.681	54.052	82.674	17.009
248	8800.00	59.623	40.376	95.345	4.655
249	11000.00	75.775	3.687	69.379	0.863
250	11400.00	95.737	24.225	99.070	30.300
251	12850.00	89.271	10.729	98.685	1.255
252	12850.00	88.583	7.401	97.081	0.906
253	13600.00	88.543	10.575	97.990	0.258
254	13800.00	51.190	48.861	83.454	16.400
255	600.00	7.889	91.487	7.923	91.518
256	14700.00	93.320	6.226	96.956	2.600
257	15050.00	90.039	9.961	98.376	1.659

tomando como punto de referencia la muestra (223), tomada al norte de la frontera internacional (Fig.1). Las distancias para las muestras de arroyo (225, 227, 255) son río-arriba a partir de la desembocadura. La muestra 251 corresponde a la desembocadura de un pequeño arroyo, de aquí que tenga la misma distancia que la estación 252, la cual corresponde a la misma localidad, solo que ésta fue tomada sobre la cara de la playa.

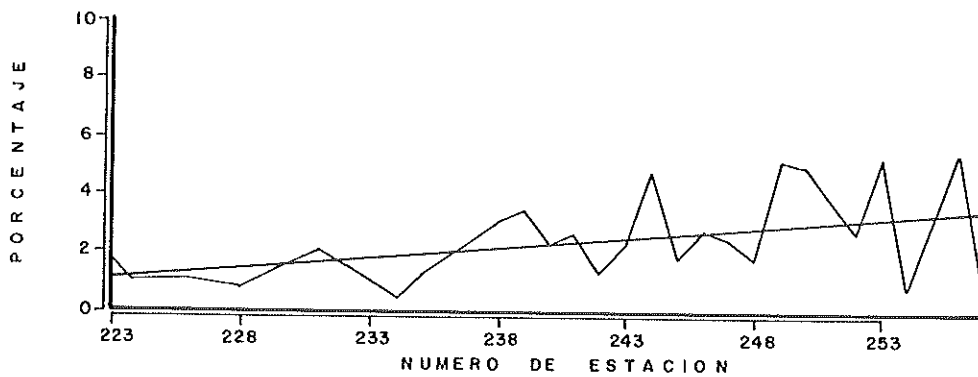
Todos aquellos minerales que fueron consistentes en casi todas las muestras tomadas sobre la cara de la playa, se graficaron en porcentaje relativo de abundancia contra la estación, obteniéndose también su gráfica de regresión, de los minerales opacos (gráficas 1 y 8), hornblenda (gráfica 2 y 9), monacita (gráficas 3 y 10), granate (gráficas 4 y 11), circón (gráfica 5 y 12), moscovita (gráficas 6 y 13), epidota (gráficas 7 y 14), ya que fueron los minerales más consistentes en las fracciones 3.0 y 3.5 ϕ , con el fin de obtener alguna tendencia en la dilución de los mismos, y a la vez identificar los mejores minerales trazadores para la zona. Por último se graficaron los porcentajes de minerales ligeros y pesados por estación para las fracciones 3.0 y 3.5 ϕ (gráficas 15 y 16), con el fin de verificar los resultados obtenidos con los minerales individuales.



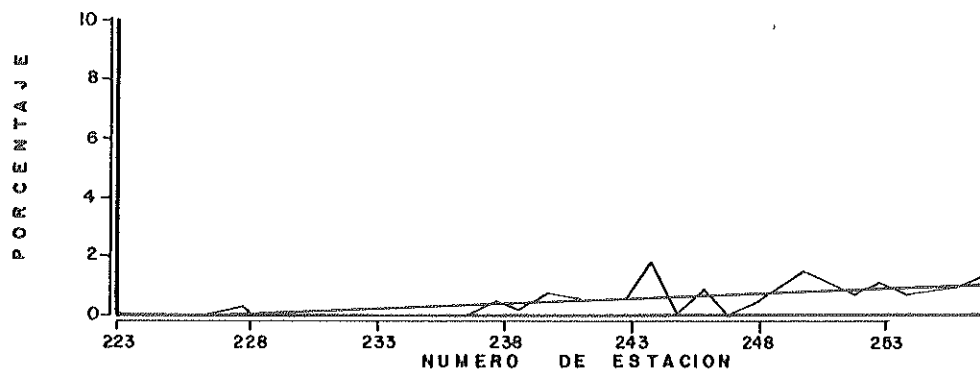
GRAFICA 1:- PORCENTAJE DE OPACOS CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.0 Ø).



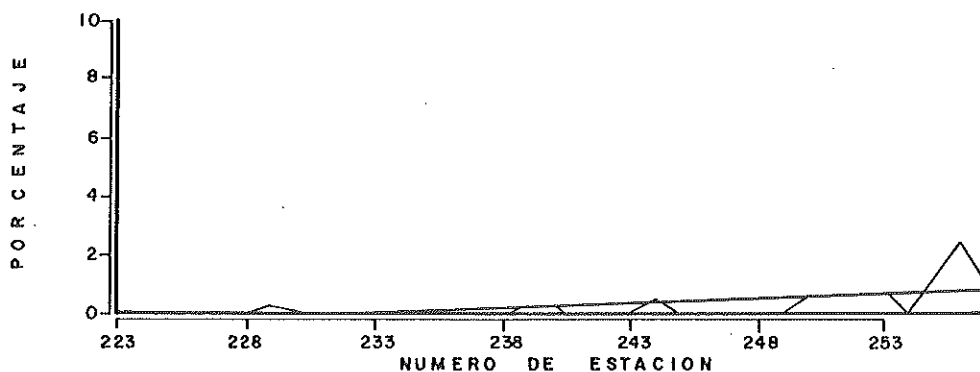
GRAFICA 2:- PORCENTAJE DE HORNBLENDA CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.0 Ø).



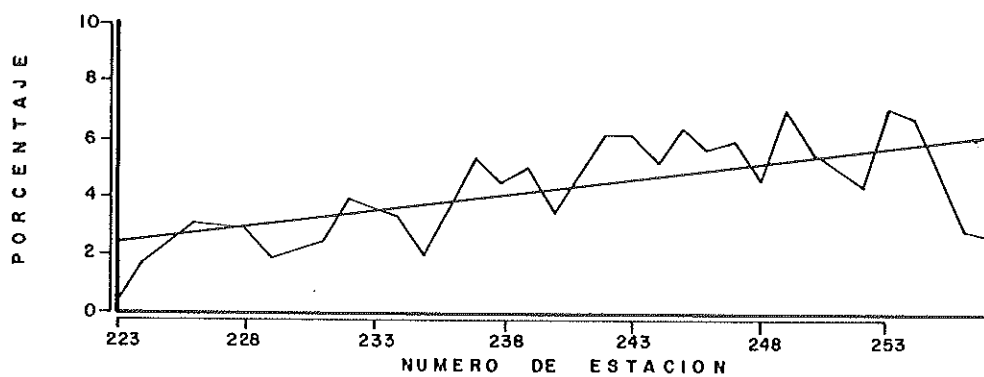
GRAFICA 3:- PORCENTAJE DE MONACITA CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.0 Ø).



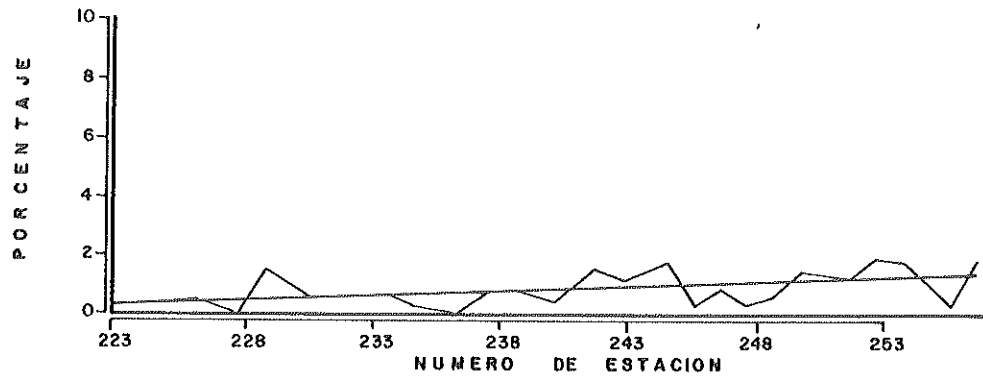
GRAFICA 4 - PORCENTAJE DE GRANATE CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.0 Ø).



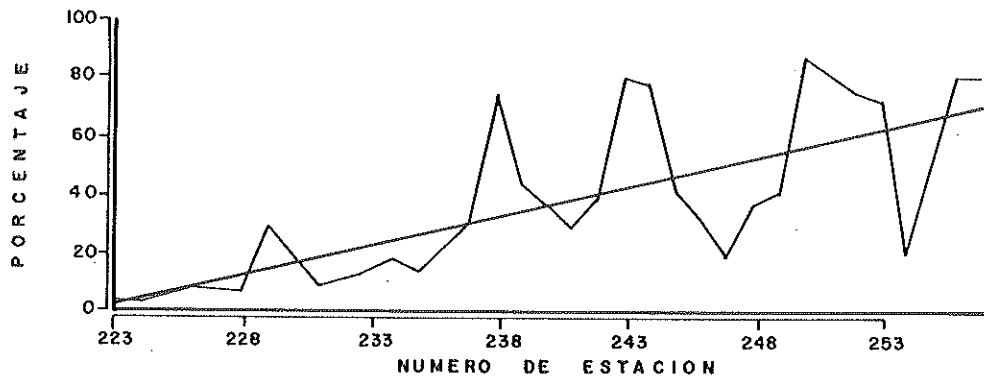
GRAFICA 5 - PORCENTAJE DE CIRCON CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.0 Ø).



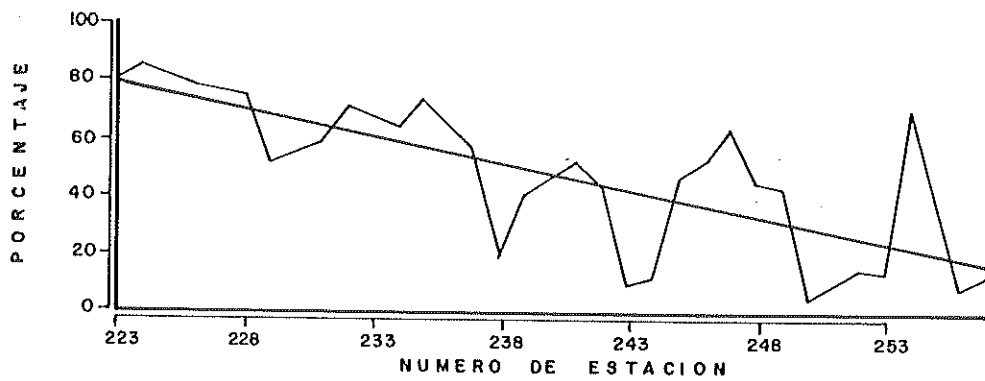
GRAFICA 6 - PORCENTAJE DE MOSCOVITA CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.0 Ø).



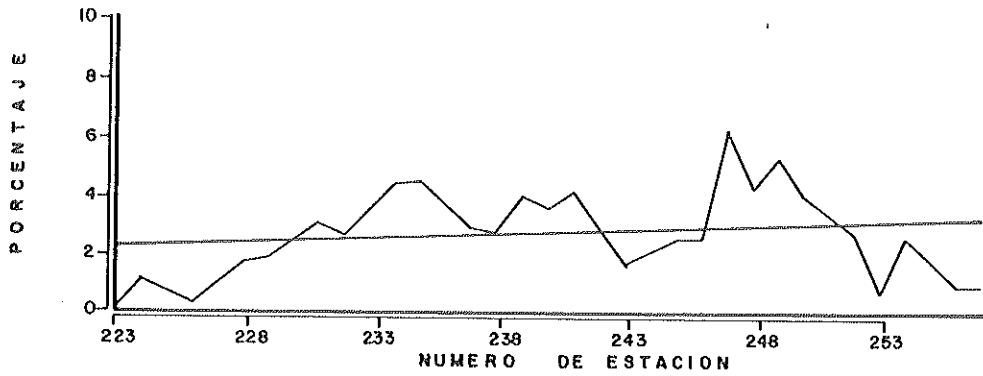
GRAFICA 7 - PORCENTAJE DE EPIDOTA CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.0 Ø).



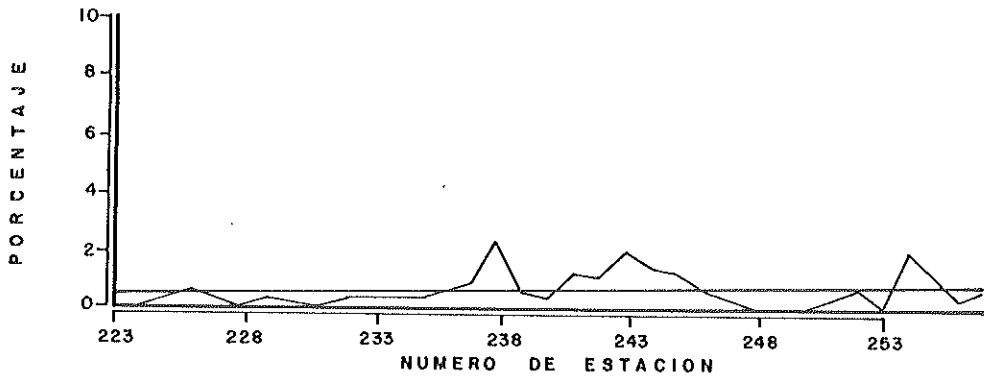
GRAFICA 8 - PORCENTAJE DE OPACOS CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.5 Ø).



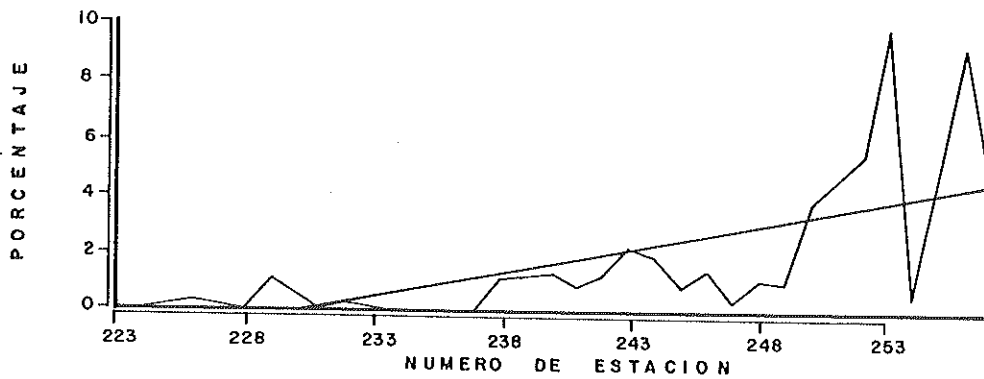
GRAFICA 9 - PORCENTAJE DE HORNBLENDA CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.5 Ø).



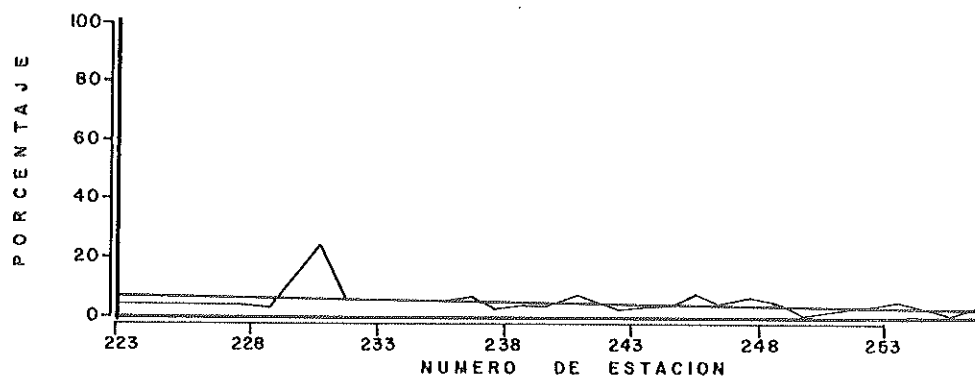
GRAFICA 10 - PORCENTAJE DE MONACITA CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.5 Ø).



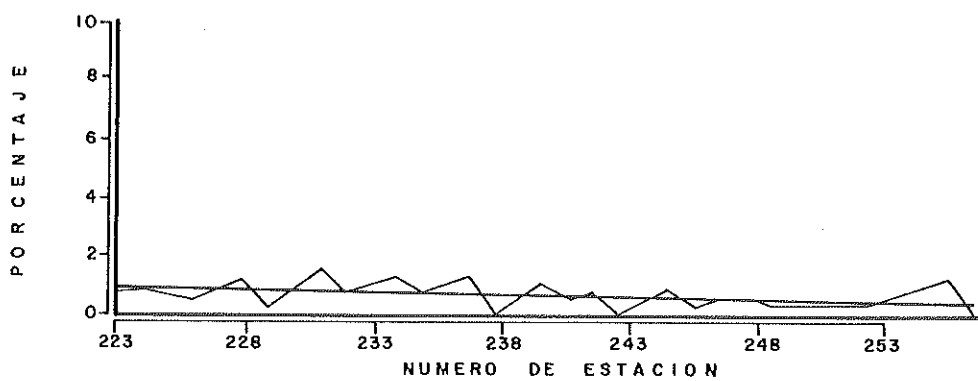
GRAFICA 11 - PORCENTAJE DE GRANATE CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.5 Ø).



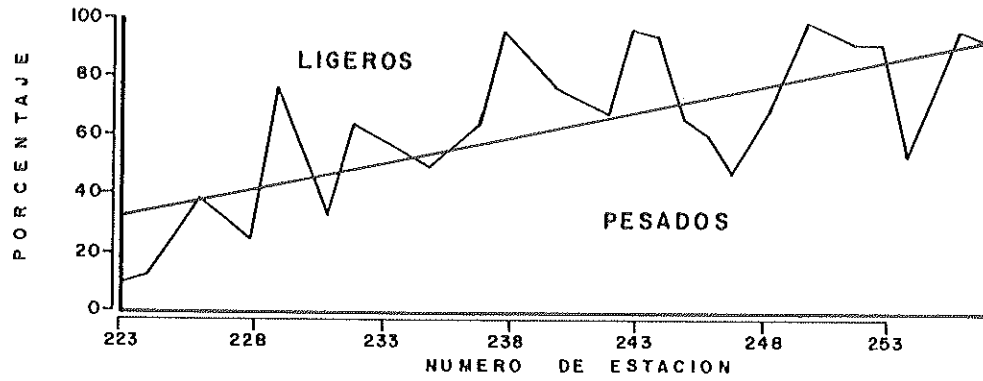
GRAFICA 12 - PORCENTAJE DE CIRCON CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.5 Ø).



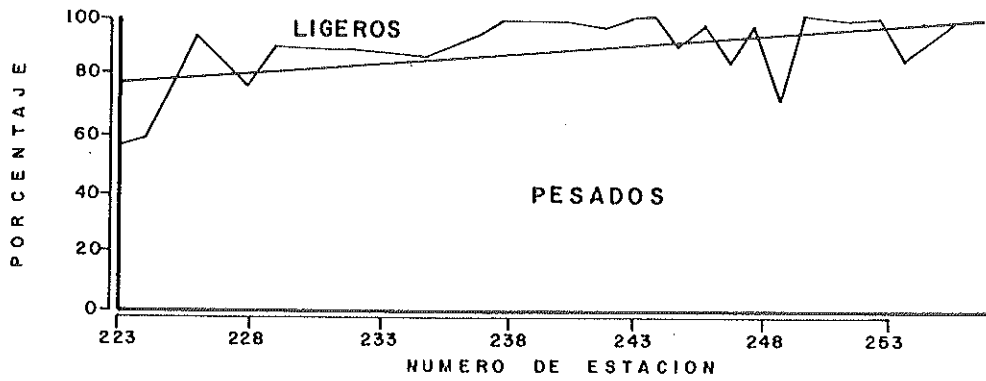
GRAFICA 13- PORCENTAJE DE MOSCOVITA CONTRA NUMERO DE ESTACION
(FRACCION 3.5 Ø).



GRAFICA 14- PORCENTAJE DE EPIDOTA CONTRA NUMERO DE ESTACION
(FRACCION 3.5 Ø).



GRAFICA 15 - PORCENTAJE DE MINERALES LIGEROS Y PESADOS CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.0 Ø).



GRAFICA 16 - PORCENTAJE DE MINERALES LIGEROS Y PESADOS CONTRA NUMERO DE ESTACION (FRACCION 3.5 Ø).

V DISCUSIONES

Los trazadores naturales son usados para obtener información acerca del origen y dirección del transporte, por ejemplo, para estudios en los cuales se involucra un entendimiento de los patrones del sedimento sobre un largo período. En los estudios que usan minerales trazadores naturales estables, se pueden basar sobre la presencia o ausencia de una especie mineral única, o sobre la abundancia de un grupo particular de minerales dentro de una serie de muestras, o también sobre la abundancia relativa y razones de muchos tipos de minerales en una serie de muestras. La mayor serie de trazadores naturales son granos de un tipo de roca específica, originándose a partir de una área localizada (U.S.A., C.E.R.C., 1977).

Los minerales opacos (gráfica 1) son originados por rocas de máficas a ultramáficas principalmente, el río Tijuana aporta muy poca cantidad de este mineral, probablemente debido a la escasa precipitación pluvial en los años 1983, 1984, y 1985. El comportamiento de estos minerales muestra un incremento hacia el sur lo que es claramente representado por la gráfica de regresión, sugiriendo como fuente de aporte el Cañón de San Antonio de Los Buenos y las puntas basálticas localizadas al sur de la zona de estudio, indicándonos un transporte litoral de sur a

norte.

El comportamiento de la hornblenda (gráfica 2) permanece casi constante, con un fuerte decremento en la muestra 250 (42.15%), debido tal vez a que corresponde a una playa de bolsillo de alta energía, capaz de remover parte de estos minerales. Las altas concentraciones de hornblenda pueden explicarse por la influencia definitiva de rocas batolíticas, las cuales aportan grandes cantidades de este mineral (Judge, 1970).

Inman (1953) y Emery et al.(1952), encuentran que en la Jolla y San Diego Cal.(E.U.A.), el mineral hornblenda constituye el 60 % de la serie de minerales pesados . Y Judge (1970), propone que sería razonable extender la provincia de hornblenda de el sur de Palos Verdes (E.U.A.) hasta algún punto indefinido al sur de la frontera México-E.U.A., y menciona que la arena en esta provincia contiene abundante hornblenda (la cual se incrementa hacia el sur), moderadas cantidades de epidota, y menos pero definitivas cantidades de circón, titanita (esfena), granate, augita y minerales magnéticos. Lo anterior explica los altos porcentajes de hornblenda encontrados en la zona de estudio. Por otro lado el comportamiento gráfico de este mineral no muestra un patrón definido que pudiera sugerirnos algo acerca del transporte, la ligera tendencia a disminuir hacia el sur,

mostrada por la gráfica de regresión, es causada por el efecto de las playas de bolsillo localizadas al sur de playas de Tijuana (estaciones 248 a 257), en las cuales se presenta una concentración alta de energía capaz de remover parte de estos minerales, lo cual influye notablemente en la tendencia de la gráfica de regresión.

Las rocas félsicas son el origen de la monacita, dado los porcentajes tan bajos encontrados en el río Tijuana del orden de 0.32 % y 2.23 % (gráfica 3), son casi nulas las posibilidades de que este río sea la fuente actual, mientras que en el cañón de San Antonio de los Buenos se encontró 27.44 % por lo que parece ser el principal aportador de este mineral, y quizá posiblemente provenga también de algunos de los arroyos localizados más al sur. Parece ser que este mineral está siendo aportado por las rocas sedimentarias marinas localizadas en el área (Fig.2). Las concentraciones de este mineral disminuyen hacia el norte, tal como se aprecia en la gráfica de regresión, sugiriéndonos un transporte litoral de sur a norte.

El granate (gráfica 4) aparentemente está siendo aportado por el cañón de San Antonio de los Buenos y el arroyuelo ubicado en la estación 251 (Fig.1), pudiendo provenir de las rocas sedimentarias marinas postbatolíticas del área (Fig.2). Aunque las concentraciones son bajas y no

se presenta en todas las estaciones, tiene una tendencia a disminuir hacia el norte, lo que nos sugiere un transporte en el mismo sentido.

El circón (gráfica 5) parece estar siendo aportado por el cañón de San Antonio de los Buenos y el arroyuelo localizado al norte de éste, siendo el principal aportador el primero, lo cual se muestra evidente en la estación 256, muestra tomada en la cara de la playa frente a la desembocadura de este cañón (Fig.1), donde se presenta la mayor concentración de este mineral proveniente de la erosión de las rocas sedimentarias postbatolíticas localizadas en el área (Fig. 2). Como se observa en la gráfica los porcentajes son bajos y esporádicos, pero es notable una disminución en la concentración hacia el norte, lo que sugiere un transporte litoral en el mismo sentido.

Aparentemente los minerales moscovita (gráfica 6) y epidota (gráfica 7) están siendo aportados por las rocas sedimentarias situadas al este del área, ya que las mayores concentraciones de éstos se encuentran en el cañón de San Antonio de los Buenos y en el arroyo localizado en la estación 251, mientras que la presencia de estos minerales en el río Tijuana es insignificante. Las gráficas de regresión muestran claramente una tendencia a disminuir hacia el norte, sugiriendo un transporte de sedimentos en el mismo sentido.

En la fracción 3.5 ϕ el comportamiento de los minerales opacos (gráfica 8), hornblenda (gráfica 9), monacita (gráfica 10), granate (gráfica 11), y circón (gráfica 12) es similar a la fracción 3.0 ϕ , con algunas variaciones que son causadas seguramente por cuestiones de equivalencia hidráulica, los minerales moscovita (gráfica 13) y epidota (gráfica 14) se comportan de manera diferente en esta fracción, presentando un comportamiento casi constante, por lo que no es posible utilizarlos como trazadores en esta fracción.

Con el propósito de corroborar los resultados de las especies mineralógicas individuales, se graficaron porcentajes relativos de minerales ligeros contra pesados, de las muestras tomadas sobre la cara de las playas, para las fracciones 3.0 y 3.5 ϕ .

Fracción 3.0 ϕ (gráfica 15), es notoria la disminución de minerales pesados conforme nos alejamos de las terrazas basálticas, en sentido norte, lo que se observa claramente en la gráfica de regresión, señalando como la principal fuente de minerales pesados a las puntas basálticas. Corroborándose lo dicho por Shepard (1950), quien menciona que la playa localizada al sur del río Tijuana, puede estar siendo suplida por el material erosionado de los cantiles, los cuales se extienden al sur de la frontera internacional. Verificándose

tambien las fuentes de aporte con los resultados obtenidos por Cadena, L. (1986) quien menciona que aparentemente todos los minerales con excepci3n de la horblenda provienen de aporte local.

El comportamiento de todo este grupo de minerales pesados, nos indica un evidente transporte litoral de sur a norte, lo cual corrobora los resultados obtenidos por los minerales, utilizados aqu3 como trazadores naturales.

Fracci3n 3.5 ϕ (gr3fica 16), presenta una tendencia igual a la fracci3n anterior, que es a disminuir hacia el norte, verificandose de esta manera lo anteriormente encontrado para la fracci3n 3.0 ϕ , que la principal fuente son las puntas bas3lticas. Notandose claramente mayor concentraci3n de minerales pesados en la fracci3n 3.5 ϕ , verificandose lo dicho por Judge (1970), que los minerales pesados se concentran en las fracciones mas finas de tama3o (3.0 y 4.0 ϕ). Y concordante con los resultados obtenidos por Shepard (1950), para Coronado Strand (norte de la frontera internacional), quien menciona evidencias de que las corrientes al norte, prevalecen al sur de su zona de estudio (hasta la frontera internacional), con solo 3 estaciones que indican lo contrario, pero 3stas se localizan muy al norte, al final de la costa de Coronado. Mencionando que estacionalmente las corrientes muestran algunos cambios en

movimiento neto, en verano y otoño, el movimiento para la costa como un todo fué predominantemente al norte, por el contrario este movimiento fué predominantemente hacia el sur en invierno y primavera, menciona que ésto concuerda en general con la dirección de incidencia del oleaje en esas estaciones. También menciona que probablemente, la tendencia norte de la costa a el final sur de la costa de Coronado, juega alguna parte en el desarrollo de las corrientes al norte.

De acuerdo también a los resultados obtenidos por Elizarraras, V., 1986. Quien obtiene un transporte litoral neto de sur a norte entre playas de Rosarito y punta los Buenos, B.C.

Los resultados obtenidos también es posible verificarlos con algunos rasgos morfológicos, como son las barras de arena formadas por el delta del río Tijuana. Si consideramos su forma, sería lógico pensar que el régimen dominante en el desarrollo de su forma fueron las corrientes litorales, y por la formación de 2 barras opuestas a la desembocadura del río Tijuana, nos sugiere variaciones estacionales de las corrientes dominantes. Indicándonos la formación de la barra norte, un transporte litoral neto de norte a sur, mientras que la formación de la barra sur, indica lo contrario, un transporte litoral neto de sur a norte, lo que también

corroborar los resultados obtenidos por los minerales trazadores.

VI CONCLUSIONES

El transporte litoral neto en playas de Tijuana, inferido a partir de minerales trazadores es de sur a norte. Los mejores trazadores naturales, de la corriente litoral en esta zona, resultaron ser, magnetita, monacita, circón, y granate, siendo el primero el mejor trazador natural encontrado.

El comportamiento general de los minerales pesados es muy similar para las fracciones 3.0 y 3.5 ϕ , con la excepción de los minerales moscovita y epidota que se comportaron muy diferente en una y otra fracción. Se presentaron los mayores porcentajes de minerales pesados en la fracción 3.5 ϕ , corroborándose lo encontrado por Pérez, H., (1982), Aranda, M., (1983), y Alatorre, Z., (1985), quienes mencionan que la fracción 3.0 y 3.5 ϕ , son proporcionalmente muy semejantes, encontrándose mayor concentración de minerales pesados en la fracción 3.5 ϕ .

En general la mayoría de los minerales pesados que se comportaron consistentes en la mayoría de las estaciones, resultaron ser trazadores naturales.

El análisis de la variación de concentración de

minerales pesados resultó ser de gran ayuda para corroborar los resultados obtenidos por los minerales trazadores.

La figura 4 muestra el sentido del transporte litoral dominante inferido en este estudio.

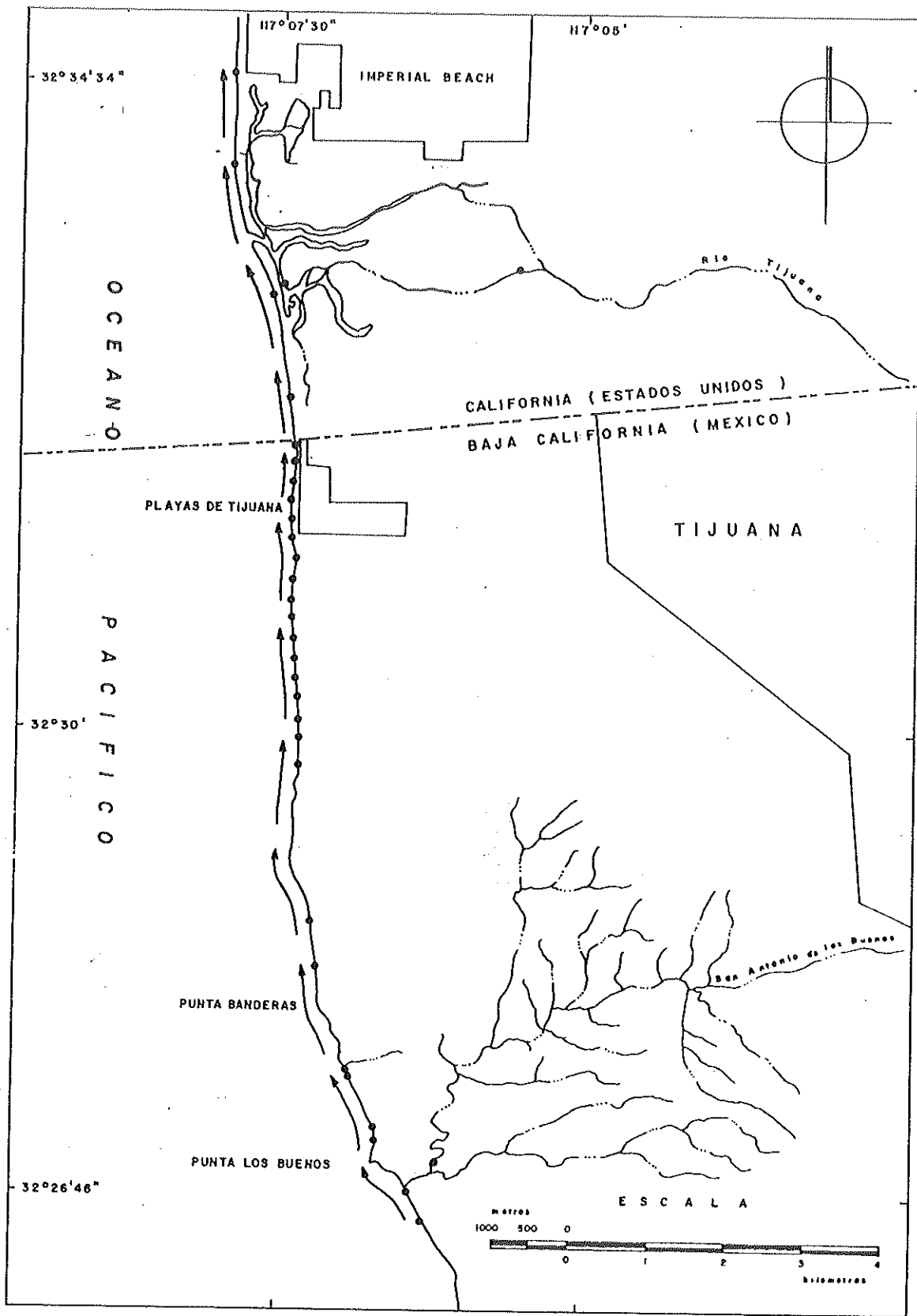


FIG. 4- SENTIDO DEL TRANSPORTE LITORAL NETO INFERIDO CON MINERALS TRAZADORES.

VII LITERATURA CITADA

- Aibulatov, N.A., R.D., Kos'yan, Z.T., Novikova, M.G., Yurkevich, 1979. Experimental study of the transport of suspended heavy minerals in the coastal zone of the sea. Lithology and mineral resources, vol.14, No 1, p676-681.
- Alatorre, Z.M.A., 1985. Constitución y origen de depósitos sedimentarios en una franja costera del NW.de B.C. Tesis de licenciatura, E.S.C.M. (U.A.B.C.), Ensenada, B.C., México.
- Aranda, M. F. J., 1983. Estudio de minerales pesados como trazadores de la corriente litoral en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de licenciatura, E.S.C.M.(U.A.B.C.), Ensenada, B.C., México.
- Baca, Ch.C., 1981. Procedencia de minerales pesados en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de licenciatura, E.S.C.M.(U.A.B.C.), Ensenada, B.C., México.
- Blatt, H., 1967. Provenance determinations and recycling of sediments. Jour. of sedimentary petrology, vol.37, No 4, p1031-1044.

- Borreswara, R.C., and E.C., La Fond, 1958. Study of the deposition of heavy mineral sands at the confluences of some rivers along the east coast of India. Andhra University series : No 62. Andhra University Memoirs in Oceanography, vol.2, p48-60.
- Cadena, L.J.A., 1986. Provincias de minerales pesados comprendidas entre la localidad EL Morro y Playas de Tijuana. Tesis de licenciatura, E.S.C.M. (U.A.B.C.). (En preparaci3n).
- Carriquiry, B.J.D., 1985. Analisis de la distribuci3n de los minerales pesados presentes en los sedimentos cl3sticos de la Bahía de Todos Santos, B.C.. Tesis de licenciatura, E.S.C.M.(U.A.B.C.), Ensenada, B.C., México.
- Cupul, M.L.A., 1983. Causas de erosi3n en playas de Tijuana durante el invierno de 1977-78. Tesis de licenciatura, E.S.C.M.(U.A.B.C.), Ensenada, B.C., México.
- Chee, B.A., y R. Pérez H., 1983. Patr3n de circulaci3n costera a partir de algunas características naturales de sedimentos en la Bahía de Todos Santos, B.C., informe final (U.A.B.C.-I.I.O.-S.E.P.).

Dryden, A.L., Jr., 1931. Accuracy in porcentaje representation of heavy mineral frequencies. Proceedings of the National Academy of Sciences, vol.17, No 5, p233-238.

Elizarraras, V.S., 1986. Determinacion de la direcci3n del transporte litoral predominante por medio de minerales trazadores entre punta Los Buenos y Playas de Rosarito, B.C. Tesis de Licenciatura, E.S.C.M. (U.A.B.C.), (En preparaci3n).

Emery, K.O., W.S. Butcher, H.R. Gould, and F.P. Shepard, 1952, Submarine geology off San Diego, California. Jour. Geology vol. 60, p 511-548.

Fessenden, F.W., 1959. Removal of heavy liquid separates from glass centrifuge tubes. Jour. of sedimentary petrology, vol.29, p621.

Gastil, R.G., E.C.Allison y R.P.Phillis, 1975. Reconnaissance Geology of the State of Baja California. Geol. Society of America Memoir 140.

Georg, F., 1980. The use of heavy minerals for qualitative determination of littoral sediment transport. International geological congress, Paris France, vol.2,

p471.

Gonzalez, C.A., y L., Cupul M., 1986, Erosión en playas de Tijuana durante el periodo 1975-1985. Ciencias Marinas (En preparación).

Inman, D.L., 1953. Areal and seasonal variations in beach and near shore sediments at La Jolla, California. U.S. Army Beach Erosion Board, Technical Memorandum No. 39, 82 p.

Judge, C.W., 1970. Heavy minerals in beach and stream sediments as indicators of shore processes between Monterey and Los Angeles, California. Coastal engineering research center. Tech. Memo. No 33.

Kerr, P.F., 1965. Mineralogía óptica. Mc Graw-Hill book Co. ediciones del castillo, Madrid, España. 433p.

Kulm, L.D., K.F. Sheidegger., J.V. Byrne., J.J. Spigai., 1968. A preliminary investigation of the heavy minerals suites of the coastal rivers and beaches of Oregon and southern California. The Ore Bin. Vol.30, No 9, p165-181.

Martinez, B.P., 1981. Dirección del transporte litoral en la costa oeste del Estado de Baja California. Tesis de

licenciatura, E.S.C.M.(U.A.B.C.), Ensenada, B.C., México.

Mc Master, R.L., 1960. Mineralogy as an indicator of beach sand movement along the Rhode Island shore. Jour. sedimentary petrology, vol.30, p404-413.

Neiheisel, J., 1965. Source and distribution of sediments at Brunswick Harbor and vicinity Georgia. U. S. Army Coastal Engineering research center. Technical Memorandum, No 12, 49p.

Pérez, H.R., 1982. Relación mineralógica entre el área drenada por el arroyo el Carmen y su depósito. Tesis de licenciatura, E.S.C.M.(U.A.B.C.), Ensenada, B.C., México.

Pozos, S.G., 1985. Cantidad de sedimento drenado hacia el océano Pacífico por los principales ríos del norte de Baja California (1950-1983). Tesis de licenciatura, E.S.C.M.(U.A.B.C.), Ensenada, B.C., México.

Ramesan, V., 1966. Improved methods of heavy minerals separation and counting suitable for fine grained sandstones. Jour. sedimentary petrology, vol.36, No 2, p629-631.

- Rittenhouse, G., 1943. Transportation and deposition of heavy minerals. Geol. Soc. America Bull. Vol. 54, p1725-1780.
- Rossemblum, S., 1958. Magnetic susceptibilities of minerals in the Frantz Isodynamic separator. American mineralogist, vol.43, p170-173.
- Royse, Ch., 1970. An introduction to the sediment analysis. Arizona state university. 180p.
- Shepard, F.P., 1950. Longshore current observation in southern California. Scripps institution of oceanography. Ref. No456. Beach erosion board. Technical memorandum No 13, 54p.
- Sunamura, T., and K., Horikawa, 1971. Predominant direction of littoral transport along Kujoyukuri beach, Japan. Coastal engineering in Japan. Vol.14, p107-117.
- TECNOCEAN, S.A.de C.V., 1979. Resumen de estudios oceanográficos en playas de Tijuana y la zona adyacente. Ensenada, Baja California (documento no publicado).
- TECNOCEAN, S.A.de C.V., 1981. Niveles máximos de mar por marea astronómica en playas de Tijuana. Ensenada, Baja

California (documento no publicado).

Trask, P.D., 1951. Source of beach sand at Santa Barbara, California, as indicated by mineral grain studies. Beach erosion board corps. of engineers. Technical memorandum, No 23, 25p..

U.S.A. Coastal engineering research center, 1977. Shore protecton manual, vol. I..

Wilde, P., and Ch. W., Case, 1977. Technique for predicting sediment transport in the marine environment using natural heavy mineral tracers. The American society of civil engineers. Shore and Beach.