

03066
3
2 y



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**UNIDAD ACADEMICA DE LOS CICLOS
PROFESIONALES Y DE POSGRADO**

DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

PROYECTO DE POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR

**CARACTERIZACION DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS
EN EL SITIO LAGUNA VERDE, VERACRUZ**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR

CON ESPECIALIDAD EN OCEANOGRAFIA GEOLOGICA

P R E S E N T A

PEDRO FRANCISCO RODRIGUEZ ESPINOZA

MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Contenido

1 ANTECEDENTES	6
2 AREA DE ESTUDIO	10
2.1 Geología Regional del Sitio Laguna Verde	14
2.1.1 Grupo de los Volcanes Viejos	20
2.1.2 Grupo de los Volcanes Jóvenes	21
2.2 Origen de la Porción Oriental del Eje-Neovolcánico	24
3 METODO	28
3.1 Red de Muestreo	28
3.2 Técnicas analíticas para la determinación de parámetros en los sedimentos del SLVV	32
3.2.1 Determinación del tamaño de los sedimentos	32
3.2.2 Determinación de Materia Orgánica	32
3.2.3 Determinación de Carbonato de Calcio	32
3.2.4 Determinación de la Composición Mineral	33
3.3 Tratamiento Estadístico de los Resultados	33
3.3.1 Tamaño de los Sedimentos	33
3.3.2 Materia Orgánica y Carbonato de Calcio	35
3.3.3 Composición Mineral	35
3.4 Presentación de Resultados	36
4 RESULTADOS	38
4.1 Tamaño Gráfico promedio de los detritos	38
4.1.1 Tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde	38

CONTENIDO

ii

4.1.2	Análisis de componentes principales de los sedimentos costeros y de plataforma continental del Sitio Laguna Verde, Veracruz	53
4.1.3	Sedimentos de la playa Villa Rica, Veracruz	61
4.1.4	Sedimentos de la plataforma continental frente al Sitio Laguna Verde	65
4.2	Materia Orgánica y Carbonato de Calcio	72
4.3	Composición Mineral de los Sedimentos	79
4.3.1	Difracción de rayos x	79
4.3.2	Mineralogía óptica	87
5	DISCUSION DE RESULTADOS	95
5.1	Sedimentos Costeros del Sitio Laguna Verde	95
5.1.1	Tamaño	95
5.1.2	Materia orgánica	99
5.1.3	Carbonato de Calcio en los Sedimentos Costeros	99
5.2	Sedimentos de la Playa Villa Rica	99
5.3	Sedimentos de la Plataforma Continental del SLVV	100
5.4	Composición Mineral de los Sedimentos	100
6	CONCLUSIONES	102
6.1	Tamaño del sedimento	102
6.2	Desviación estándar	102
6.3	Grado de asimetría	103
6.4	Curtosis	103
6.5	Materia orgánica	103
6.6	Carbonato de calcio	104
6.7	Composición mineral	104
6.8	Comparación de tratamientos estadísticos	105

Lista de Figuras

1.1	Promedio anual de la concentración de ^{137}Cs en agua ($\leq 0.45\mu\text{m}$), sedimentos superficiales (0-5 cm), vegetación acuática y varias especies de peces endémicos de agua dulce del estuario del Río Hudson (Linsalata, et. al., 1986; tomado de Eisenbud, 1987)	3
2.1	Ubicación del área de estudio	11
2.2	Ubicación del área de estudio en el Eje Neo Volcánico	12
2.3	Geología circundante al Sitio Laguna Verde, Veracruz	13
2.4	Configuración isobatimétrica de la zona de rompiente adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz	15
2.5	Marco Geológico Regional del Sitio Laguna Verde, Veracruz según Mooser y Soto (1980)	16
2.6	Geología Regional del Sitio Laguna Verde, Veracruz según Nengendank y colaboradores (1985)	26
3.1	Red de estaciones de muestreo circundante al Sitio Laguna Verde, Veracruz	29
3.2	Estaciones de muestreo en el Sitio Laguna Verde, Veracruz	30
4.1	Moda, media y grado de clasificación de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 1.	40
4.2	Moda, media y grado de clasificación de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 2.	41
4.3	Moda, media y grado de clasificación de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 3.	42
4.4	Moda, media y grado de clasificación de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 4.	43

4.5	Distribución espacial de la moda (unidades ϕ) de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	44
4.6	Distribución espacial de la media (unidades ϕ) de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	45
4.7	Distribución espacial del grado de clasificación (unidades ϕ) de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	46
4.8	Grado de asimetría y curtosis de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 1.	47
4.9	Grado de asimetría y curtosis de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 2.	48
4.10	Grado de asimetría y curtosis de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 3.	49
4.11	Grado de asimetría y curtosis de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 4.	50
4.12	Distribución espacial del grado de asimetría de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	51
4.13	Distribución espacial de la curtosis de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	52
4.14	Representación gráfica del primer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	55
4.15	Distribución espacial del primer componente del tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	56
4.16	Representación gráfica del segundo componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	57
4.17	Distribución espacial del segundo componente del tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	58
4.18	Representación gráfica del tercer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	59
4.19	Distribución espacial del tercer componente del tamaño de los de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	60

4.20 Representación gráfica del primer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros de la Playa Villa Rica, Veracruz. 62

4.21 Representación gráfica del segundo componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros de la Playa Villa Rica, Veracruz. 63

4.22 Representación gráfica del tercer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros de la Playa Villa Rica, Veracruz. 64

4.23 Representación gráfica del primer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz. 66

4.24 Representación gráfica de los valores del primer componente cargados en las estaciones de muestreo de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz. 67

4.25 Representación gráfica del segundo componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz. 68

4.26 Representación gráfica de los valores del segundo componente cargados en las estaciones de muestreo de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz. 69

4.27 Representación gráfica del tercer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz. 70

4.28 Representación gráfica de los valores del tercer componente cargados en las estaciones de muestreo de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz. 71

4.29 % de Materia orgánica y carbonato de calcio de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 1. 73

4.30 % de Materia orgánica y carbonato de calcio de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 2. 74

4.31 % de Materia orgánica y carbonato de calcio de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 3.	75
4.32 % de Materia orgánica y carbonato de calcio de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 4.	76
4.33 Distribución espacial del % de Materia orgánica de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	77
4.34 Distribución espacial del % de Carbonato de calcio de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	78
4.35 Difractograma de la muestra LV 1-1 de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	80
4.36 Difractograma de la muestra LV 2-1 de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	80
4.37 Difractograma de la muestra LV 3-3 de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	81
4.38 Difractograma de la muestra LV 4-2 de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	81
4.39 Dendrograma de coeficientes de correlación de los minerales determinados por análisis de difracción de rayos X. Presentados por grupos minerales determinados en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	82
4.40 Dendrograma de distancia de los minerales determinados por análisis de difracción de rayos X. Presentados por grupos minerales determinados en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	83
4.41 Dendrograma de coeficientes de correlación de los minerales determinados por análisis de difracción de rayos X. Presentados por especies minerales determinadas en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	84
4.42 Dendrograma de coeficientes de distancia de los minerales determinados por análisis de difracción de rayos X. Presentados por especies minerales determinadas en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	85

4.43 Dendrograma de coeficientes de correlación de los minerales determinados por mineralogía óptica. Presentados por especies minerales determinadas en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	89
4.44 Dendrograma de coeficientes de distancia de los minerales determinados por mineralogía óptica. Presentados por especies minerales determinadas en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	90
4.45 Dendrograma de coeficientes de correlación de las estaciones de muestreo en función de los minerales determinados por mineralogía óptica en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	92
4.46 Dendrograma de coeficientes de distancia de las estaciones de muestreo en función de los minerales determinados por mineralogía óptica en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.	94

RESUMEN

El estudio comprende la costa entre las puntas Limón y Villa Rica, la playa de la Villa Rica y un transecto entre los 50 y 115 metros de profundidad de la plataforma continental frente al SLVV (Sitio Laguna Verde, Veracruz) en la costa del Golfo de México en la porción central del estado de Veracruz. El objetivo del trabajo es caracterizar los sedimentos del SLVV desde el punto de vista textural, mineralógico, materia orgánica y carbonato de calcio. La caracterización de los sedimentos y su relación con los fenómenos físicos y geológicos de la zona permitirán el entendimiento de los procesos de transporte y origen de los sedimentos.

El fin terminal de los resultados de este trabajo será utilizarlos para estudiar y predecir el comportamiento y ruta probable de los materiales radiactivos que serán aportados por la PNLV (Planta Nuclear Laguna Verde) y que podrían acumularse en los sedimentos costeros del SLVV. Es también objetivo de este estudio llevar a cabo una comparación de las diferentes técnicas estadísticas para el análisis e interpretación de datos granulométricos.

Los sedimentos costeros del SLVV son del tipo arenas finas de 3.00ϕ y arenas medias de 1.75ϕ . La distribución espacial del tamaño de los sedimentos costeros del SLVV es paralela a la línea de costa, presentando una disminución del tamaño de los sedimentos conforme la distancia a la costa es mayor. Los tamaños del sedimento que se alojan en el recinto de las escolleras de la PNLV son arenas limosas y limos arenosos destacando el tamaño de 6ϕ .

Los sedimentos de la plataforma continental frente al SLVV son del tipo arcillas y limos con dominancia de los tamaños mayores a 10ϕ . En estos sedimentos destaca la subpoblación de 6ϕ a una profundidad de 100 metros.

Los sedimentos del SLVV presentan una relación entre el tamaño y la composición mineral destacando asociaciones espaciales en franjas paralelas a la costa. Se destaca en el trabajo la presencia de materiales volcánicos del tipo alcalino y calcoalcalino como fuentes de procedencia de los sedimentos costeros del SLVV. La comparación entre las diferentes técnicas estadísticas de análisis de los sedimentos costeros del SLVV permite destacar las ventajas que representa usar técnicas multivariadas en datos granulométricos.

Los sedimentos del SLVV presentan una relación entre el tamaño y la composición mineral destacando asociaciones espaciales en franjas paralelas a la costa. Se destaca en el trabajo la presencia de materiales volcánicos del tipo alcalino y calcoalcalino como fuentes de procedencia de los sedimentos costeros del SLVV. La comparación entre las diferentes técnicas estadísticas de análisis de los sedimentos costeros del SLVV permite destacar las ventajas que representa usar técnicas multivariadas en datos granulométricos.

INTRODUCCION

En el medio marino la incorporación de radionúclidos en organismos, agua y sedimentos está en función de las formas físico-químicas de los radionúclidos, de las interacciones físico-químicas de los radionúclidos con el medio marino y de sus interacciones con la biota (Rice, *et. al.* 1972; Pillai, 1978). Se ha observado que el destino temporal o final de los radionúclidos incorporados al medio marino está en los sedimentos (Rice, *et. al.* 1972; Eisenbud, 1987). Los radionúclidos se acumulan por fijación en los sedimentos suspendidos, por precipitación directa y floculación en los sedimentos del fondo, por adsorción y acumulación en organismos vivos y muertos que después entran en contacto con los sedimentos (Ancellin, 1979). La figura 1.1 muestra como después de 14 años de haberse aportado radiactividad en el estuario del Río Hudson los niveles más altos de ^{137}Cs se encontraron en los sedimentos del estuario (Linsalata, *et. al.* 1986, en: Eisenbud, 1987). Las características de los sedimentos, de los radionúclidos y del medio marino condicionan la fijación de radionúclidos (Rice, *et. al.* 1972; Ancellin, 1979). Los factores que controlan la fijación de los radionúclidos en los sedimentos son: concentración, granulometría, composición mineral, contenido de materia orgánica, contenido de carbonato de calcio, capacidad de intercambio catiónico y área superficial (Duursma y Gross, 1971; Gross 1972; Ancellin, 1979; Pillai, 1978).

Existen publicaciones científicas referentes a describir los procesos de adsorción de diferentes radionúclidos en diversos tipos de sedimentos costeros en el mundo, *vr. gr.* Jefferies en 1968 describe la tasa de dosis de

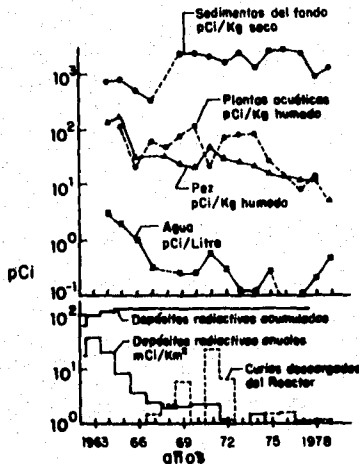


Figura 1.1: Promedio anual de la concentración de ^{137}Cs en agua ($\leq 0.45\mu\text{m}$), sedimentos superficiales (0-5 cm), vegetación acuática y varias especies de peces endémicos de agua dulce del estuario del Río Hudson (Linsalata, *et. al.*, 1986; tomado de Eisenbud, 1987)

radiación de gamas en limos y arenas del Mar del Norte; Gross en 1972 resume algunos trabajos referentes a la incorporación de diversos contaminantes en los procesos sedimentarios;

Rice y colaboradores en 1972 reportan concentraciones de algunos metales en sedimentos limosos y arenosos del estuario del Río Newport; Aston y Duursma en 1973 estudian el proceso de adsorción de algunos radionúclidos en sedimentos de 5 localidades de diversos puntos del mundo; Murray y Murray en 1973 reportan los resultados de los ensayos de adsorción y desadsorción de algunos radionúclidos para diferentes concentraciones de éstos y de sedimentos en diferentes condiciones de pH; Hetherington y Harvey en 1978 estudian las relaciones de los materiales radiactivos en sedimentos

marinos para el monitoreo de traza. Los investigadores encuentran como variables importantes en la adsorción de material radiactivo el tamaño de los sedimentos, el contenido orgánico, la concentración y especie de materiales radiactivos aportados. Encuentran también que los sedimentos marinos son el depósito de los contaminantes que son aportados en el agua costera; O'Connor y Connolly en 1980 reportan los resultados de los efectos de la adsorción de radionúclidos en diferentes concentraciones de sedimentos; Killey y colaboradores en 1984 reportan las relaciones de la distribución subsuperficial del ^{60}Co en diferentes estratos sedimentarios de sitios de desecho de bajo nivel de radiación. Los autores relacionan la calidad de los sedimentos en los diferentes estratos con el porcentaje de ^{60}Co adsorbido; Mc Kay y Baxter en 1985 reportan los resultados de la incorporación de ^{137}Cs en sedimentos del Mar del Norte. Los autores encontraron relación de esta incorporación en sedimentos con óxidos, compuestos orgánicos y menos importante con los sedimentos que contenían carbonatos.

Ahora bien, la instalación de plantas nucleoelectricas en el país requiere de la caracterización ambiental, local y regional de los sitios donde se instalarán dichas plantas. Esta caracterización debe satisfacer los criterios y necesidades indispensables para la selección de sitios y el otorgamiento de licencias de construcción y operación de centrales nucleoelectricas (de potencia) en México.

El efecto de las descargas normales y accidentales de radionúclidos provenientes de una central nuclear sobre el océano, así como la distribución y variabilidad de los parámetros oceanográficos, y el comportamiento de los materiales radiactivos en el océano, son algunos de los parámetros que se consideran como criterios y requisitos de la Reglamentación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), y la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS) para la construcción y operación de centrales nucleares en el mundo.

Los estudios de estos aspectos en México, y en especial para la zona de Laguna Verde Veracruz son escasos, por lo que se tienen que estudiar las características de los sedimentos y ensayar con los compuestos radiactivos que se esperan en el Sitio. Hasta la fecha se cuenta con el modelado del comportamiento de la descarga del agua de enfriamiento (efluente) de

la Planta Nuclear Laguna Verde (PNLV) en el Golfo de México (Vidal y colaboradores, 1984; 1985a; 1986 y Pérez-Molero, 1988). Actualmente el GEO-IE (Grupo de Estudios Oceanográficos del Instituto de Investigaciones Eléctricas) desarrolla una investigación sobre la interacción de los radionúclidos con los sedimentos del Sitio Laguna Verde, Veracruz (SLVV), del cual forma parte el proyecto de investigación que se suscribe.

Objetivos:

1. Determinar las características físicas, mineralógicas, contenido de materia orgánica y carbonato de calcio de los sedimentos donde se espera la descarga de agua de enfriamiento de la PNLV.
2. Aportar conocimiento básico en aspectos de distribución y caracterización de los sedimentos costeros del SLVV en una época invernal.
3. Dilucidar los procesos de origen y transporte de los sedimentos del Sitio Laguna Verde, a partir del conocimiento de las condiciones sedimentológicas del SLVV.
4. Fortalecer aspectos técnicos y metodológicos sobre el análisis y determinación de tamaño, composición mineral, determinación de materia orgánica y carbonato de calcio.
5. Comparar tratamientos estadísticos de tendencia central y análisis multivariado a los datos del tamaño y de la composición mineral de los sedimentos.

La distribución de las características físicas y mineralógicas y el entendimiento de los procesos de transporte y origen de los sedimentos permitirán también estudiar y predecir el comportamiento y la ruta de los contaminantes acumulados en los sedimentos en el SLVV.

Capítulo 1

ANTECEDENTES

El estudio de las interacciones entre los materiales radiactivos y los sedimentos costeros ha sido enfocado desde varios puntos de vista, por ejemplo: O'Connor y Connolly (1980) estudiaron el efecto de la concentración de los sólidos adsorbantes en los coeficientes de distribución, encontrando que la concentración del contenido orgánico es directamente proporcional al coeficiente de partición, encontraron también que la concentración y calidad del adsorbante es inversamente proporcional al coeficiente de distribución. De igual forma se observó la importancia de tener diferentes tipos de arcillas como sustrato. Los estudios se enfocan a diferentes sustancias radiactivas con diferentes sustratos de metales pesados. Estudios similares fueron desarrollados por Jefferies (1968) considerando como base de comparación mediciones de sustancias radiactivas adsorbidas en sedimentos de playa y planicies de lodo del Estuario de Ravenslas. Las mediciones de las radiaciones Gamma se presentan en una serie de tiempo de 1964 a 1967. Los resultados demuestran que los sedimentos finos asociados a planicies lodosas adsorben más sustancias radiactivas que los sedimentos de playa. Además observan que la concentración de sustancias radiactivas disminuye considerablemente con la profundidad en los primeros 10 cm. Los investigadores encuentran que la descarga de sustancias radiactivas guarda una relación con las dosis adsorbidas en los sedimentos finos, mientras que se presenta constante en los sedimentos arenosos.

Aston y Duursma (1973) estudian los efectos de la concentración de los sedimentos en algunos isótopos radiactivos adsorbidos, encontrando que a

mayor concentración de sedimentos disminuye en forma considerablemente el coeficiente de distribución. Los estudios fueron realizados en sedimentos de diferente calidad mineral y de tamaño.

Duursma y Gross (1971) Estudiando los procesos de adsorción de material radiactivo en sedimentos marinos observaron una tendencia general en la cual los sedimentos de grano fino presentaron mayor adsorción de materiales radiactivos que en los sedimentos de grano grueso.

Jenne y Wahlberg (1968) Estudiaron la remoción de ^{90}Sr en sedimentos de aguas naturales y encontraron una aparente afinidad del material removido por sedimentos asociados con carbonatos y que el ^{60}Co fue asociado con Fe y Mn de granos minerales.

Rice y colaboradores (1972) Estudiando también el proceso de adsorción de algunos metales en sustratos lodosos y arenosos contaminados encuentran que los sedimentos actúan como depósitos de los isótopos estables y radiactivos de Mn, Fe y Zn. Las concentraciones más altas en todos los casos fue registrada para los sustratos lodosos. Las proporciones observadas entre el agua del estuario y los sedimentos fueron: 1/70 para el Manganeso, 1/210 para el Hierro y 1/240 para el Zinc.

Killey y colaboradores (1984) Estudiaron la migración de ^{60}Co en sedimentos de sitios de depósito de desechos radiactivos. El estudio se lleva a cabo en función del tiempo y espacio, considerando el tamaño, composición mineral, así como los iones intercambiables y la lixiviación de óxidos de hierro de los sedimentos. Los resultados de las observaciones demuestran una gran afinidad entre el ^{60}Co , los minerales ferromagnesianos y los sedimentos de la fracción más fina.

Murray y Murray (1973) Estudian los procesos de adsorción-desadsorción de ^{110}Ag , ^{60}Co y ^{65}Zn en sedimentos costeros en función del tiempo y concentración de los sedimentos con pH constante y variable.

Mc Kay y Baxter (1985) Estudian la partición que el ^{137}Cs experimenta una vez que esta en contacto con diferentes concentraciones de sedimentos del tipo arenas y arcillas, de los resultados obtenidos observaron una alta afinidad entre óxidos y compuestos orgánicos y un comportamiento inverso

en presencia de carbonatos. De igual forma que en los trabajos anteriores, encuentran que en las arcillas existe mayor intercambio de partículas.

Hansen (1989) lleva a cabo estudios de cinética de adsorción y de equilibrio del ^{57}Co en sedimentos costeros para saber acerca de los factores que controlan la repartición del radionúclido entre el sedimento y el agua una vez que son puestos los materiales radiactivos en el medio acuático.

Vidal y colaboradores (1985b; 1985c y 1986) Modelan la distribución de los materiales radiactivos y calor que serán vertidos por el agua de descarga del efluente de la planta PNLV.

Con referencia a los estudios de carácter sedimentológico realizados en el área de estudio mencionaremos los que realizaron Mendez Ubach y colaboradores (1986), los investigadores estudian la distribución de organismos bentónicos en función de los parámetros granulométricos de los sedimentos de las playas del Estado de Veracruz.

Otro estudio de carácter sedimentológico fue realizado por la Secretaría de Marina (sin/fecha), donde se reportan los datos granulométricos de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

Como producto de la Campaña PROGMEX-I.03.83 se reportaron y analizaron datos granulométricos y composición orgánica de los sedimentos de la plataforma continental del oeste y suroeste del Golfo de México (Lecuanda y Ramos 1985a y 1985b).

Se cuenta también con tres informes de avance del proyecto "Estudio del comportamiento de $^{110}\text{Ag}_m$ y ^{60}Co en ambientes costeros" (Vidal, 1985a; 1985b y 1986).

Con referencia a los aspectos de Neo-tectónica en la porción oriental del Eje Neo Volcánico Transmexicano (ENVT) y su relación con evidencias de procesos costeros, destacan los resúmenes y trabajos realizados por Silva-Mora (1986), Malpica-Cruz (1987 y 1988) y Malpica-Cruz y Silva-Mora (en prensa).

En lo referente al Marco Geológico Regional Circundante a Laguna

Verde mencionaremos los trabajos que se desarrollan en el aspecto geológico y geoquímico de la porción oriental del ENVT Mooser y Soto (1980) y Negendank y colaboradores (1985) entre los dos trabajos antes mencionados se conforma la mejor visión geológica de la zona circundante a Laguna Verde, ya que, el trabajo de Mooser y Soto estudia la zona a detalle en la delimitación de contactos geológicos y Negendank y colaboradores profundizan en aspectos mas concretos con un enfoque geoquímico. Cabe mencionar como antecedente la excursión a Laguna Verde que dirigió el Ing. Mooser del 14 al 16 de octubre de 1988 en el marco de la IX Convención Geológica Nacional.

Robin y Tournon (1978) estudian la geoquímica de algunas muestras del Macizo Palma Sola y recientemente Torres-Rodríguez y colaboradores (1988) reinterpretan los datos de Negendank y colaboradores (1989), además de aportar algunas nuevas dataciones de las rocas del macizo Palma Sola en Torres-Rodríguez y colaboradores (1989).

Trabajos de caracter geológico y dataciones de las rocas de la provincia alcalina de la costa este de México son presentados por Mooser y Soto (1980), Negendank y colaboradores (1985), Cantagrel y Robin (1979), Robin y Nicolas (1978), Pichler y Weyl (1976), Thorpe (1977).

Estudios con enfoque geológico de caracter mas regional que aluden a la porción este del Eje Neovolcánico son: Demant y Robin (1975), Luhr y Carmichael (1985), Silva-Mora (1986), Mooser (1972), Demant (1978), Moor bath y colaboradores (1978), Robin (1982), Pal y colaboradores (1978) y Aguayo-Camargo y Marin-Cordova (1987).

Un aspecto estudiado en la zona y al parecer donde reside la clave de la petrogénesis de la porción este del ENVT es el aspecto geofísico donde destacan los trabajos realizados por: Moore y Del Castillo (1974), Padilla y Sanchez (1986), Shurbet y Cebull (1984), Anderson y Schmidt (1983)

Capítulo 2

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la costa del Golfo de México, en la porción central del Estado de Veracruz. Comprende: la playa entre las Puntas Limón y Villa Rica, la playa que se encuentra al sur de Punta Villa Rica, y un transecto de la plataforma continental frente al SLVV (Fig. 2.1).

El área de estudio se encuentra entre las "puntas" Limón y Villa Rica que son promontorios basálticos y riolíticos, respectivamente, que penetran en el Golfo de México. Las rocas basálticas en esta parte de la llanura costera del Golfo de México, forman la parte oriental terminal del Eje Neo Volcánico Mexicano (CFE, 1979; Fig. 2.2).

El Río Viejón nace a 800 m.s.n.m. a 75 km al este de la playa que se encuentra entre las puntas Limón y Villa Rica. El Río Viejón disecta en la parte alta de su cauce a la formación basáltica del Espinazo (9.0 m. a.) con secuencias de rocas andesíticas a basálticas y a la Formación Riolítica El Oro (4.0 m. a.) en el Volcán El Corral por los domos del Oro, caracterizados éstos por su alto contenido de sílice. El cauce del Río Viejón está formado por sedimentos aluviales en la parte baja formando el Valle El Viejón (Fig. 2.3).

Este río aporta en la temporada de lluvias $4.8 \text{ m}^3/\text{s}$, llegando a ser despreciable su gasto en la época invernal. El gasto máximo calculado es de $51.98 \text{ m}^3/\text{s}$ (CFE, 1980; CFE, 1979). El Río Barranca Hernández tiene una cuenca de aproximadamente 180 km^2 , se origina dentro del estado de Veracruz a 1250 m. s.n.m.m. Su curso sigue una dirección general de oeste al

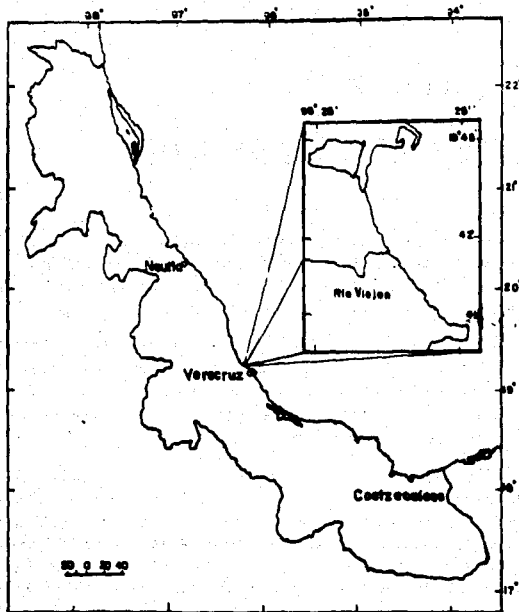


Figura 2.1: Ubicación del área de estudio

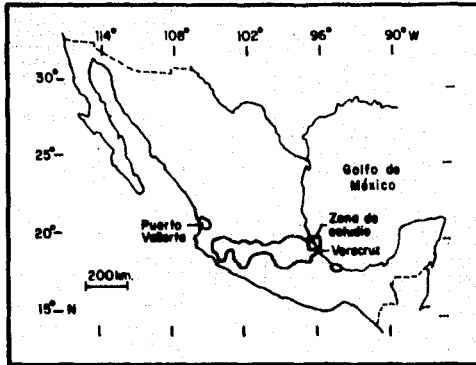


Figura 2.2: Ubicación del área de estudio en el Eje Neo Volcánico

este, su pendiente en la parte alta es de 1/17. El Río Barranca Hernández escurre preferentemente sobre basaltos de olivino (alcalinos), lavas de intermedias a ácidas, con numerosos diques de diorita de la formación del grupo de Volcanes Viejos con una edad de 12.3 a 12.9 m. a.

El Río Barranca Hernández disecta a la formación basáltica del Chiconquiaco Superior (3.0 m. a.) de rocas basálticas y lavas intermedias. En la porción sur del valle fluvial este río disecta lavas y brechas con alto contenido de sílice, pertenecientes a la Formación de El Oro (4.0 m. a.), y en la parte más baja de su cauce, con pendiente de 1/83 escurre sobre sedimentos aluviales.

El área del valle fluvial del Río Barranca Hernández es de 9.1 km² aproximadamente. La desembocadura de este río en la costa del Golfo de México ocurre en la población de Palma Sola, Veracruz. El Río Barranca Hernández aporta en la temporada de lluvias 19.4 m³/s llegando a ser

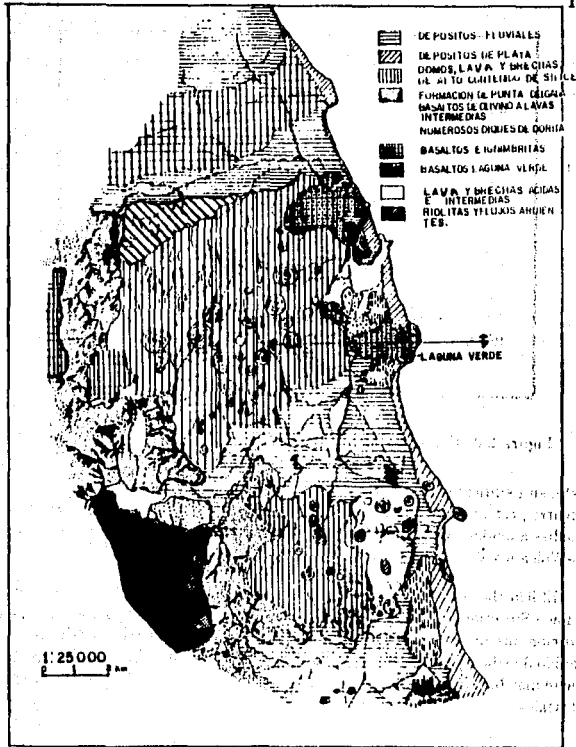


Figura 2.3: Geología circundante al Sitio Laguna Verde, Veracruz

despreciable su gasto entre los meses de enero a abril. El gasto máximo calculado es de $51.98 \text{ m}^3/\text{s}$ (CFE, 1980; CFE, 1979).

La configuración costera de la zona de estudio está formada por las lagunas costeras Verde y Salada, la desembocadura del Río El Viejón y por playas extensas entre las puntas (Fig. 2.3). Las lagunas costeras de la zona datan del Reciente y fueron formadas por procesos de progradación costera y aislamiento de los cuerpos de agua salobre en cuencas anteriores a los derrames basálticos.

Las playas de esta zona se desarrollaron entre las salientes rocosas que, a su vez, constituyen pequeñas bahías. Los sedimentos que se acumulan en las playas presentan gran variedad granulométrica, producto de la erosión de acantilados y la dinámica de las corrientes litorales. La playa y la plataforma continental adyacente a la zona de estudio presentan un gradiente casi constante de 1/112 sin elevaciones ni depresiones pronunciadas (Fig. 2.4). La batimetría es prácticamente paralela a la línea de costa (CFE 1980).

2.1 Geología Regional del Sitio Laguna Verde

El Sitio Laguna Verde, Veracruz se localiza en la parte terminal del extremo oriental del Eje Neo-volcánico, en la costa centro del Estado de Veracruz. El marco geológico regional circundante al Sitio Laguna Verde que se consideró en el presente trabajo comprende el cuadrángulo definido por los paralelos $19^\circ 35'$, $19^\circ 55'$ de latitud norte y los meridianos $96^\circ 25'$, $96^\circ 35'$ de longitud oeste (Fig. 2.5). El área del marco geológico es de aproximadamente $1,375 \text{ km}^2$, e incluye las cuencas fluviales de los ríos Viejón y Barranca Hernández.

Las dos columnas estratigráficas postuladas para el marco geológico regional son propuestas por Mooser y Soto (1980) y Negendank y colaboradores (1985), las columnas estratigráficas se muestran en las tablas 1 y 2. La serie el "Abra inferior", que Mooser y Soto (1980) consideran que

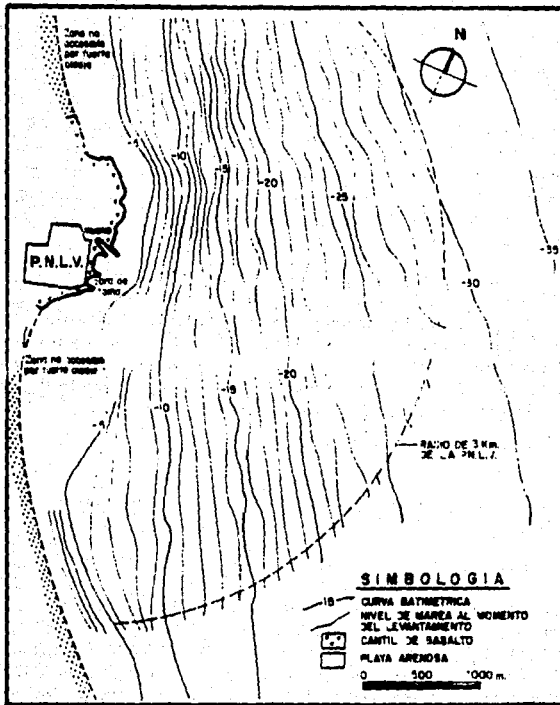
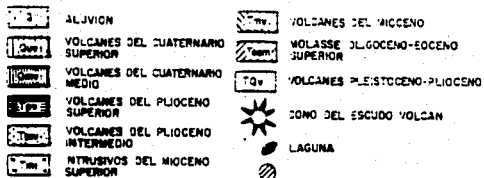
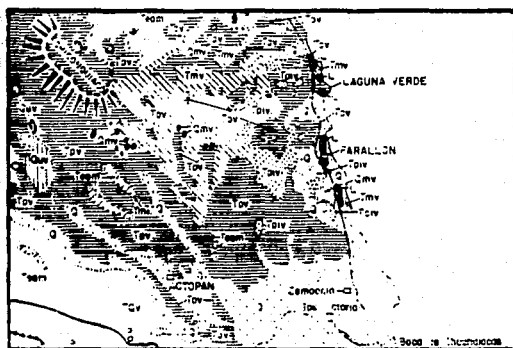


Figura 2.4: Configuración isobatimétrica de la zona de rompiente adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz



FUENTES:

VOLCANES CONTINENTALES: F. MOOSER H. AND S. SOTO P
 SEDIMENTOS MARINOS, PALEOZOICO Y PRECAMBRICO: PEMEX

Figura 2.5: Marco Geológico Regional del Sitio Laguna Verde, Veracruz según Mooser y Soto (1980)

dominan el Pleistoceno, Negendank y colaboradores (1985) no lo pueden asegurar. El trabajo de Cantagrel y Robin (1979) refuerza el ordenamiento entre las formaciones antes presentadas haciendo énfasis en las series del Mioceno y Plioceno.

TABLA 1 Tabla estratigráfica de la Geología Regional del Sitio Laguna Verde, Veracruz según Mooser y Soto, 1980.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA Y EDADES ABSOLUTAS DE LA GEOLOGIA CIRCUNDANTE DEL SITIO LAGUNA VERDE, VERACRUZ			CARTONARIO Cronológico	
GRUPO DE VOLCANES JOVENES	Formación Basáltica El Abra ^o	Serie El Abra Superior		Depositos de playas, flujos y olivitas
		Serie El Abra Inferior	Rosetas de Olivino El Abra, Coros cineríticos	
	Formación Basáltica Chiconquaco Superior	Escudo Volcan Chiconquaco	Criter del estrado volcan del Chiconquaco, basaltos principalmente, lavas intermedias e ignimbritas	
		Rosetas Laguna Verde	Rosetas de Laguna Verde	
	Formación Riolítica El Oro	Domas El Oro	Domas de lavas con alto contenido de Sílice	
		Domas de Cerro Azul Domas El Espinazo Volcan El Corral Flujos de Cenizas Volcan Quixhuistán	Volcan riolítico El Corral, correspondiente a flujos de cenizas Trinca Quixhuistán y domos Hierroquemá, flujos de cenizas lavas de acedra o intermedias y tobas	
Form Basáltica Chiconquaco Inf	Sierra Los Venados La Lumbre	Sierra de la Lumbre y Los Venados grandes abanicos volcanicos de lavas basalticas y lahajores		
Form Basáltica El Espinazo		Sierra El Espinazo, basaltos y olivitas		
GRUPO DE VOLCANES VIEJOS	Sin Subdivisiones	Volcanes Punta Delgado, basaltos de Olivino (alcalina) con riques de diorita	MIOCENO SUPERIOR	
Formaciones Marinas Molasse	Formación Palma Real Superior Inferior Chicontepec Superior	Sedimentos marinos, lutitas, arenaceas y conglomerados	MIOCENO INFERIOR	

tan en éstas son sedimentos marinos, lutitas, areniscas, y conglomerados plegados. Estas formaciones sobreyacen a granitos carboníferos que conforman la base de la columna estratigráfica de la región circundante del Sitio Laguna Verde Mooser y Soto (1980) ver figura 2.5.

El Grupo de Volcanes Viejos surgió hace 12.3 m. a. en el Mioceno medio según Mooser y Soto (1980), Cantagrel y Robin (1979) y Negendank y colaboradores (1985). La actividad volcánica generó basaltos alcalinos, gabros, algunas lavas de ácidas como dacitas a intermedias como dioritas y microdioritas, también se aportaron brechas y tobas (Fig. 2.5). El grupo presenta numerosos diques de dioritas y granodioritas con orientación este-oeste (Fig. 2.5).

El Grupo de Volcanes Jóvenes se presenta entre el Plioceno y el Holoceno. En estos períodos se presentó una importante actividad volcánica en la zona dando origen a las siguientes formaciones:

- Basáltica El Espinazo.
- Basáltica Chiconquiaco Viejo.
- Riolítica El Oro.
- Basáltica Chiconquiaco Joven.
- Basáltica El Abra.

Estas formaciones originaron los rasgos mórficos más importantes de la región geológica circundante al Sitio Laguna Verde. Los materiales volcánicos que caracterizan estos eventos según Mooser y Soto (1980), son basaltos de olivino con tendencia alcalina, secuencias de lavas intermedias, presencia de riolitas y lavas con alto contenido de sílice (Fig. 2.5). Negendank y colaboradores (1985) consideran como característicos de la zona los basaltos de tipo alcalino, basaltos de olivino, toleitas, silixitas y basalto-andesitas.

Según Mooser y Soto (1980) en el Cuaternario se presentaron dos eventos volcánicos que caracterizaron la parte norte del marco geológico regional considerado, a saber: En el Pleistoceno la Serie El Abra Inferior y en el Reciente la Serie El Abra Superior. La formación El Abra, integrada por las dos series mencionadas, presenta conos cineríticos y derrames de lava de basaltos de olivino con tendencia alcalina (Fig. 2.5). De acuerdo con Negendank y colaboradores (1985) la Serie El Abra Superior corresponde a toleítas y la Serie El Abra Inferior a gabros con alternancia de basaltos alcalinos.

A continuación se presentan las características más sobresalientes de las formaciones geológicas comprendidas en el marco geológico regional circundante al Sitio Laguna Verde.

2.1.1 Grupo de los Volcanes Viejos

La formación más importante de este grupo es Punta Delgada, su edad estimada es de 12.3 m. a. esta estimación es indirecta y está fundamentada en los sedimentos del Oligoceno y las granodioritas del Mioceno Superior que intrusieron a los sedimentos y Volcanes Viejos. La Formación Punta Delgada se localiza en la porción central y SW-NE del marco geológico regional. Afiora como localidad tipo en Punta Delgada al norte de Punta Limón. En la formación ocurren lavas, bombas, tobas y lahares de acumulación caótica hasta 600 m. de espesor. Los materiales volcánicos aportados en este período provinieron de fisuras y erupciones multicentrales consistentes de basaltos alcalinos, fenobasaltos de olivino. Interpuestos a los fenobasaltos se encuentran volcanes ácidos con pumicitas, flujos de cenizas e ignimbritas. La formación Punta Delgada está cortada por diques de dioritas y granodioritas oscuras, afaníticas y algunos porfidos feldespáticos. Las granodioritas intrusionan a los sedimentos marinos del Oligoceno y a la formación Punta Delgada (Mooser y Soto, 1980). El grupo de Viejos Volcanes y sus intrusiones fueron nivelados por erosión marina del Mioceno tardío (Mooser y Soto, 1980; Malpica-Cruz, 1987; Malpica-Cruz y Silva-Mora, en prensa). Negendank y colaboradores (1985) incorporan en este grupo, para el Mioceno dacitas en el flanco este del Cerro Los Metates y hacia el oeste de Punta Mancha, dioritas al sur del Cerro EL Veinticuatro y

microdioritas en Laguna Verde y Macizo Palma Sola con una edad de 17.0 + o - 0.6 m.a. según Cantagrel y Robin (1979).

2.1.2 Grupo de los Volcanes Jóvenes

Formación Basáltica El Espinazo

La localidad tipo de esta formación es la Sierra del Espinazo, localizada en la porción sur del marco geológico regional circundante al Sitio Laguna Verde, tiene una altura de 2,000 m.s.n.m.m. con taludes abruptos en el corte noreste y pendientes suaves en el suroeste. La sierra está flanqueada en el Sur por los volcanes El Corral y La Caldera. Los materiales volcánicos que la conforman son basaltos, fenobasaltos y tobas de olivino, no presenta diques ni ignimbritas (Mooser y Soto, 1980). De acuerdo con Negendank y colaboradores (1985) se presentan tolefitas en la porción norte de la Sierra del Espinazo.

Formación Basáltica Chiconquiaco Viejo

La Formación Chiconquiaco Viejo es un gran escudo volcán y está integrado por dos series, La Lumbre y Los Venados, su edad es de aproximadamente 4.3 m. a. El área del cono del escudo volcán es de aproximadamente 2,500 km² y su altura de 800 m. El cerro de La Lumbre se localiza al noroeste del Sitio Laguna Verde y el cerro de Los Venados al suroeste. El Cerro de Los Castillos corresponde también a esta formación, se localiza en el flanco oeste del de Los Venados. Los materiales volcánicos de esta formación son: lavas, lahares, tobas y brechas volcánicas basálticas de olivino, fenobasaltos, algunas lavas andesíticas y tobas con abundantes olivinos (Mooser y Soto, 1980).

Formación Riolítica El Oro

La Formación Riolítica "El Oro" tiene seis secuencias volcánicas: El Volcán Quiahuixtlán, Flujos de ceniza Hierbabuena, El Volcán El Corral, Domo El Espinazo, y Domo El Oro. Esta formación surgió entre 7.2 y 3.1 m.

a. según Mooser y Soto (1980), 5 m. a. según Negendank y colaboradores (1985) y 6.5 m. a. según Cantagrel y Robin (1979). La formación El Oro se localiza en la porción centro-oriental del marco geológico regional del SLVV. Después de la erosión del escudo volcán Chiconquiaco Viejo surgió la Formación El Oro. Las series Doms del Espinazo y Cerro Azul se localizan en la porción sur del valle fluvial del Río Viejón. La formación riolítica "El Oro" presenta algunas manifestaciones en la costa y el océano adyacentes al Sitio Laguna Verde como son la Punta y Roca de Villa Rica. Las estructuras que conforman esta formación son: flujos de lava muy viscosa de riolacitas y lavas con alto contenido de sílice como el caso de los Cerros El Oro y Azul, Mooser y Soto (1980) ver figura 2.3. Estas estructuras son consideradas por Negendank y colaboradores (1985) como silixitas con una edad aproximada de 3.5 m. a..

Formación Basáltica Chiconquiaco Joven

Presenta dos eventos volcánicos; Basalto Laguna Verde y el Escudo Volcán Chiconquiaco. Radiométricamente la edad de esta formación es de 3.2 a 3.0 m. a. según Mooser y Soto (1980), 3.5 a 3.0 m. a. según Negendank y colaboradores (1985) y de 4.1 m. a. en la base del Chiconquiaco a 3.1 m. a. en los basaltos de Laguna Verde según Cantagrel y Robin (1979).

Serie Basáltica Laguna Verde Se determinó radiométricamente que la edad de esta formación es de 3.2 a 3.1 m. a. Se localiza en el SLVV hacia el norte de la Planta Nuclear Laguna Verde en la barra de Palma Sola formando la Punta de Boca Andrea. Esta formación se localiza también en algunos puntos aislados, en el valle fluvial del Río El Viejón y entre las Puntas Limón y Villa Rica. La serie Laguna Verde se presenta en forma de pequeños conos en el flanco este del Cerro El Oro. Uno de los conos es llamado Masa de Basalto Laguna Verde y el otro, a 4 km hacia el norte del SLVV, forma la punta denominada como Palma Sola. Por perforaciones que se han realizado en el SLVV se sabe que la masa de basalto tiene un espesor de 40 m; subyaciendo a los basaltos se encontraron depósitos de aluvión volcánico más antiguo. El control tectónico de estas erupciones presenta fallamientos transcurrentes de características visibles (Fig. 2.3).

Las emisiones de las dos series consisten en lavas de basalto de olivino afanítico oscuro según Mooser y Soto (1980). Negendank y colaboradores (1985) consideran esta serie como basaltos alcalinos que presentan frentes de lava y acantilados entrando al Golfo de México en Punta Limón, en la Barra de Palma Sola, y en Punta Boca Andrea donde Malpica-Cruz (1987, 1988), Malpica-Cruz y Silva-Mora, (en prensa). han encontrado terrazas de nivelación marina en estructuras botridales, así como vegetación de manglar.

Serie Chiconquiaco Joven Después de la gran erupción que dió origen a la Masa de Basalto Laguna Verde, se formó hace 3.0 m. a. el escudo volcán del Chiconquiaco Joven. Este se localiza a 30 km al oeste del Sitio Laguna Verde (Fig. 2.5), tiene una altura de 1800 m. y es una triple caldera bordeada al sur y oeste por paredes espigadas y erosionadas por el norte. Las lavas del volcán se extienden hacia el este, llegando hasta el Golfo de México en Punta Loma entre la Barra de Palma Sola y la Barra del Platanar (Fig. 2.3). Las lavas, tobas, brechas e ignimbritas que aporta esta serie son principalmente, andesitas, aunque las lavas más recientes fueron basaltos de olivino (Mooser y Soto, 1980). Negendank y colaboradores (1985) consideran los derrames del Chiconquiaco como basaltos alcalinos. En la caldera del volcán se presentan dacitas; los flujos de lava podrían tratarse de basanitas (Mooser y Soto, 1980). Los derrames volcánicos presentan frentes que llegan al Golfo de México donde Malpica-Cruz (1987) reporta terrazas de nivelación en Punta Loma.

"Formación Basáltica El Abra"

Presenta dos series, a saber: El Abra Inferior y El Abra Superior. La primera surgió en el Pleistoceno y la segunda en el Reciente. La serie El Abra se localizan al norte y noroeste del marco geológico regional del Sitio Laguna Verde. El Picacho y el Cerro de la Palma, en la Laguna de la Mancha pertenece a esta formación. El Picacho, de la serie El Abra Superior hizo erupción muy probablemente hace miles de años en el Reciente. Las manifestaciones volcánicas de estas series presentan conos cineríticos actualmente erosionados en los flancos sur y este. Las dos series consis-

ten de basaltos de olivino. El análisis químico de *norma* de las muestras de estas series, denotó la presencia de nefelina. Los conos de los volcanes Los Atlixcos y El Abra están rodeados de grandes bloques de lava. Las lavas del volcán El Abra se extienden al este llegando hasta el Golfo de México, donde desaparecen gradualmente. Esta transición ocurre suavemente en ausencia de cualquier formación de playas. Desde el punto de vista petrográfico están bien definidas como andesitas-basálticas con suave tendencia alcalina. El control tectónico de esta erupción está relacionado con el sistema de fracturas El Abra (Mooser y Soto, 1980). Negendank y colaboradores (1985) consideran los derrames de la Serie El Abra Superior como toleítas, y la Serie El Abra Inferior como basaltos.

2.2 Origen de la Porción Oriental del Eje-Neovolcánico

Las dos principales hipótesis concerniente al origen de la porción oriental del Eje Neovolcánico establecen su principio en la relación con:

- La subducción de la Placa de Cocos en las costas de Guerrero, Michoacan y Chiapas en el Pacífico.
- La formación y evolución del Golfo de México.

Verma (1985) resume en 9 hipótesis las variaciones de las hipótesis antes mencionadas.

La relación del origen de la porción oriental del Eje Neovolcánico con la zona de subducción en el Océano Pacífico es apoyada por Mooser en 1972, Mooser y Soto (1980) y Negendank y colaboradores (1985) entre otros. Mientras que la hipótesis relacionada con la formación y evolución del Golfo de México es apoyada por Moore y Del Castillo (1974) con variantes en su forma de desplazamiento rotatorio de la proto Península de Yucatan por Anderson y Schmidt (1983), Padilla y Sanchez (1986) y Shurbet y Cebull (1984), este último en una derivación de antiguos postulados referentes al desarrollo de una micro-placa (Mooser y colaboradores, 1974; Stewart, 1971;

Le Pichon y Fox, 1971; Gastil y Jency, 1973 en Negendank y colaboradores, 1985). Según Moore y Del Castillo (1974) los volcanes submarinos que se emplazan en el talud continental del sur del Golfo de México no observan una secuencia con el Eje Neovolcánico en el Golfo de México (perpendicular, a la línea de costa) y si se observa una relación con el vulcanismo de la costa oriental de México. Una tercera hipótesis sobre la morfo y petrogénesis de la porción oriental del Eje Neovolcánico es concebida como una zona de transición entre el vulcanismo calcalcalino calcoalcalino y en algunos casos alcalino según Luhr y Carmichael (1985) y la provincia alcalina que en ciertas formaciones presenta características calcalalina y calcoalalina según observamos en los mapas geológicos que presentan Mooser y Soto (1980) y que hacen notar Negendank y colaboradores (1985) en las formaciones El Oro Series Quiahuixtlan, La Lumbre y Los Venados con productos volcánicos calcoalcalinos. Esta fase de actividad volcánica Demant y Robin (1975) la relacionan con la actividad volcánica de Eje Neovolcánico del Mioceno (Fig. 2.6).

De acuerdo con lo anterior es sencillo pensar ahora que la porción oriental del Eje Neovolcánico involucra cuando menos dos eventos muy distintos que se sobreponen el tiempo y espacio desde el Mioceno y que denotan una alta complejidad para su estudio. Los primeros investigadores que entienden la porción oriental del Eje Neovolcánico como una zona de transición son Robin y Nicolas (1978), simultáneamente Demant (1978), si interpretamos los importantes cambios geodinámicos que dan origen y diferencian a las provincias volcánicas del Altiplano Mexicano y de la costa del Golfo de México. Robin (1982) también destaca la zona de transición entre el área afectada por la subducción de la Placa de Cocos y las áreas afectadas por un fallamiento intracontinental.

Recientemente Torres-Rodríguez y colaboradores (1988; 1989) arriban a estas mismas conclusiones después de reinterpretar los datos de Negendank y colaboradores (1985) y concluyen que la zona de transición entre estas dos provincias se localiza entre Jalapa y Actopan.

Negendank y colaboradores (1989) acepta que el Eje Neovolcánico en la porción oriental es una zona de carácter transicional donde queda incluida la cuenca oriental baja del Macizo de Palma Sola.

Para concluir este apartado se mencionan algunos elementos referentes a la petrogénesis de las rocas que se presentan en la zona de estudio. Según

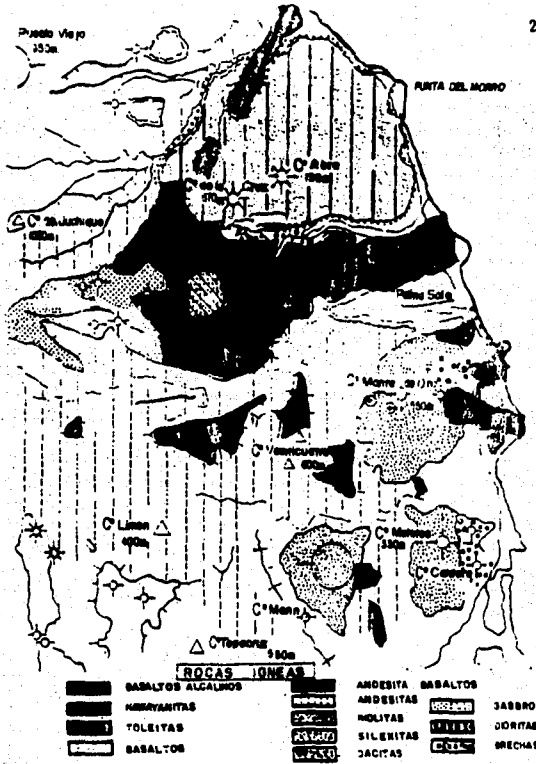


Figura 2.6: Geología Regional del Sitio Laguna Verde, Veracruz según Nengendank y colaboradores (1985)

Yoder y Tiller (1962) existen dos importantes líneas descendientes térmicas primarias de rocas ígneas: Basaltos alcalinos y Toleitas. Mohan y Sood (1981) encuentran que la profundidad de la separación y el grado de fusión parcial de los magmas ejercen un control dominante sobre la composición de los mismos. De acuerdo con estos autores las Toleitas son considerados como magmas de separación cercanos a la superficie y los basaltos de olivino alcalinos son de separación cercana a los 50 km. Ahora bien, las seis Hipótesis sobre el origen de los magmas alcalinos que son revisados por Sorensen (1974 en: Sorensen, 1974) observamos que la mayoría de éstas sugiere una gran profundidad de formación para este tipo de magmas. Tal es el caso de los magmas alcalinos producidos por anatéxis profunda; por consolidación de líquidos residuales como producto de la diferenciación magmática; los originados por la inmiscibilidad de los líquidos en la diferenciación magmática de magmas basálticos primarios durante el período de precristalización o los originados por metasomatismo. Las toleitas y su descendencia de productos calcalinos y los basaltos de olivino alcalinos sugieren una profundidad de separación menor a 50 km.

De acuerdo con lo anterior y considerando que representantes de los basaltos de olivino alcalinos, toleitas y basaltos alcalinos están presentes en la porción oriental de Eje Neovolcánico concluimos que los elementos morfoodinámicos y morfotectónicos que acontecen en la zona son de diferentes orígenes y que se manifiestan petrográficamente en esta zona como una mezcla de procesos entre el vulcanismo ocasionado por la subducción del Pacífico y el fallamiento continental asociado al origen y evolución del Golfo de México.

Capítulo 3

METODO

3.1 Red de Muestreo

La red de muestreo comprende 38 estaciones (Fig. 3.1; Tab. 3), localizadas en tres zonas: a) Desde la playa y hasta los 5 metros de profundidad en la costa de Laguna Verde, Veracruz. b) La playa Villa Rica. c) La plataforma continental adyacente al SLVV.

La elección de los sitios de muestreo se sustenta en los resultados de las modelaciones numéricas hidrodinámicas, realizadas por el GEO-IEE, las cuales describen la distribución probable que tendrá el efluente de la central Laguna Verde. La profundidad de influencia del efluente alcanzará un máximo de 5 metros, y se concentrará fundamentalmente en la costa del Sitio Laguna Verde (Fig. 3.2; Tab. 3). La profundidad de colecta de los sedimentos de las zonas b y c se basa en el establecimiento de correlaciones espaciales entre éstos y los sedimentos del SLVV. La colecta de sedimentos de la plataforma continental se realizó a bordo del B/O Justo Sierra, UNAM, en la campaña oceanográfica Argos 85-2, el día 4 de agosto de 1985 (Rodríguez Espinoza, 1985; fig. 3.1).

Los sedimentos costeros fueron colectados los días 28 y 31 de enero de 1986, utilizando equipo autónomo de buceo. La localización, profundidad y distancia a la costa de los sedimentos se detallan en la tabla 3.

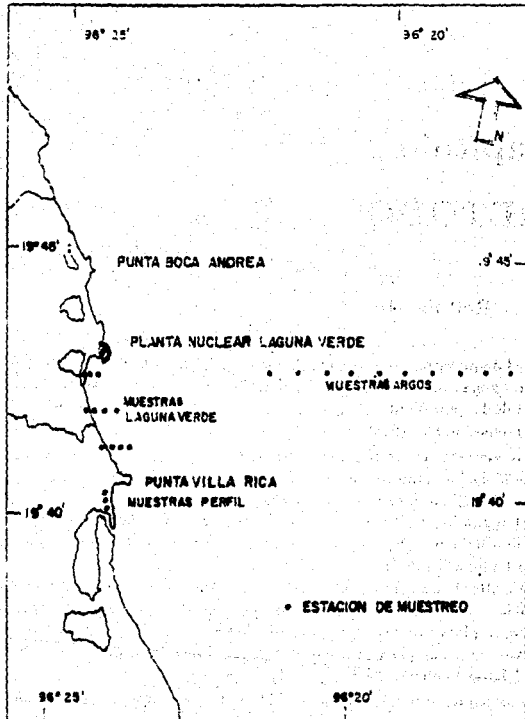


Figura 3.1: Red de estaciones de muestreo circundante al Sitio Laguna Verde, Veracruz

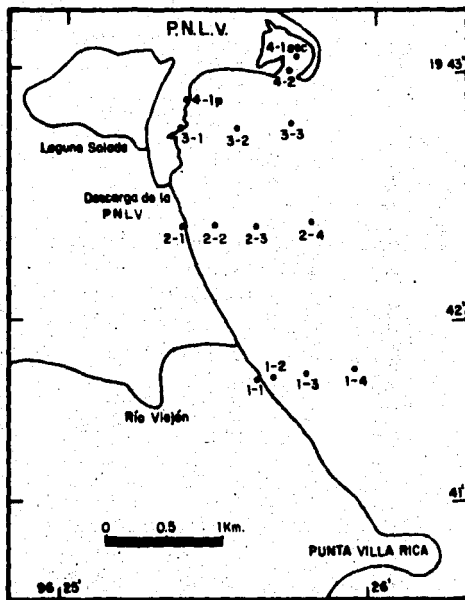


Figura 3.2: Estaciones de muestreo en el Sitio Laguna Verde, Veracruz

Tabla 3. LOCALIZACION DE LAS MUESTRAS COLECTADAS

CLAVE	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD
LV 1-1	19° 41' 32"	96° 24' 10"	0 m
LV 1-2	19° 41' 32"	96° 23' 58"	2.5 m
LV 1-3	19° 41' 32"	96° 23' 49"	3.5 m
LV 1-4	19° 41' 32"	96° 23' 41"	5.0 m
LV 2-1	19° 42' 18"	96° 24' 29"	0 m
LV 2-2	19° 42' 18"	96° 24' 13"	2.5 m
LV 2-3	19° 42' 18"	96° 23' 58"	3.5 m
LV 2-4	19° 42' 18"	96° 23' 44"	5.0 m
LV 3-1	19° 42' 44"	96° 24' 25"	0 m
LV 3-2	19° 42' 44"	96° 24' 10"	2.0 m
LV 3-3	19° 42' 44"	96° 23' 54"	3.5 m
LV 4-1	19° 43' 04"	96° 24' 03"	4.0 m
LV 4-2	19° 42' 59"	96° 24' 01"	4.0 m
P4-92	19° 40' 24"	96° 23' 54"	playa
P4-91	19° 40' 24"	96° 23' 53"	playa
P4-90	19° 40' 24"	96° 23' 52"	playa
P1-A	19° 40' 15"	96° 24' 00"	playa
P1-B	19° 40' 15"	96° 23' 57"	playa
P1-C	19° 40' 15"	96° 23' 54"	frente playa
P1-D	19° 40' 15"	96° 23' 51"	berma
P2-A	19° 40' 08"	96° 24' 00"	playa
P2-B	19° 40' 08"	96° 23' 57"	playa
P2-C	19° 40' 08"	96° 23' 54"	frente playa
P2-D	19° 40' 08"	96° 23' 51"	berma
P3-A	19° 40' 00"	96° 23' 57"	playa
P3-B	19° 40' 00"	96° 23' 54"	playa
P3-C	19° 40' 00"	96° 23' 52"	frente playa
P3-D	19° 40' 00"	96° 23' 50"	berma
ARGOS-1	19° 43' 36"	96° 21' 08"	49.7 m
ARGOS-2	19° 43' 42"	96° 20' 08"	51.4 m
ARGOS-3	19° 43' 48"	96° 19' 24"	60.2 m
ARGOS-4	19° 42' 30"	96° 18' 08"	61.7 m
ARGOS-5	19° 42' 36"	96° 17' 08"	67.7 m
ARGOS-6	19° 43' 00"	96° 16' 08"	90.6 m
ARGOS-7	19° 43' 00"	96° 15' 06"	90.6 m
ARGOS-8	19° 43' 00"	96° 14' 12"	95.0 m
ARGOS-9	19° 42' 54"	96° 13' 00"	104.3 m
ARGOS-10	19° 42' 54"	96° 11' 54"	111.5 m

3.2 Técnicas analíticas para la determinación de parámetros en los sedimentos del SLVV

3.2.1 Determinación del tamaño de los sedimentos

La determinación del tamaño de los sedimentos costeros y de plataforma, se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. La técnica utilizada para la determinación de tamaño de los sedimentos fueron: Separación mecánica (tamices) de la fracción arenosa (Folk, 1969; Royle, 1970; Ingram, 1971; Shackley, 1975; Buller y Mc Manus, 1979; Allen, 1981). El tamaño de los limos y arcillas (fracción fina), se determinó con la técnica basada en el principio de Ley de Stokes, 1851 (en: Galenhouse, 1971), que relaciona la velocidad de caída terminal de una partícula esférica en función de su tamaño (Ingram, 1971; Shackley, 1975; Buller y Mc Manus, 1979; Galenhouse, 1971). Para el análisis de la fracción fina de los sedimentos del área de estudio se preparó una tabla de profundidad de muestreo donde se calcularon las velocidades de caída terminal de los sedimentos en función del tiempo y profundidad.

3.2.2 Determinación de Materia Orgánica

La determinación de materia orgánica de los sedimentos costeros se realizó 8 horas después de haber sido colectados los sedimentos. El análisis se llevó a cabo en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la PNLV en Veracruz. El análisis se basó en el principio de oxidación de la materia orgánica por pérdida de peso, una vez incinerada la muestra a 550°C (Okuda, 1964; Ingram, 1971; Grant Gross, 1971; Dean, 1974; Paez-Osuna y colaboradores, 1984). Se llevaron a cabo tres réplicas en cada una de las determinaciones.

3.2.3 Determinación de Carbonato de Calcio

La determinación de carbonato de calcio de los sedimentos costeros se realizó 8 horas después de haber sido colectados los sedimentos. El análisis se

llevó a cabo en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la PNLV en Veracruz. La determinación de carbonato de calcio está basada en el principio de pérdida de peso del sedimento por incineración del carbonato de calcio a 1000°C (Okuda, 1964; Ingram, 1971; Grant Gross, 1971; Dean, 1974; Paéz-Osuna y colaboradores, 1984). Se llevaron a cabo tres réplicas en cada una de las determinaciones.

3.3.4 Determinación de la Composición Mineral

La composición mineral de los sedimentos se determinó por dos técnicas: Difracción de rayos X (DRX), con un difractor Siemens D500. La determinación de DRX se llevó a cabo en el IIE. La segunda técnica consistió en hacer 3 láminas delgadas de las muestras de cada estación, en cada una de las cuales se analizaron las propiedades ópticas de los minerales que constituyen los sedimentos. Los análisis se llevaron a cabo en las fracciones representativas de los cuartos de clases de tamaño correspondientes a las modas. Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Petrología de la División de Postgrado de Ingeniería, UNAM.

3.3 Tratamiento Estadístico de los Resultados

3.3.1 Tamaño de los Sedimentos

Las variables consideradas en este análisis fueron las clases de tamaño de los sedimentos. El rango utilizado fue de -1.75 a ≥ 9.00 unidades ϕ , los intervalos del análisis fueron de 0.25ϕ entre -1.75 y 4.00ϕ y de 1.00ϕ entre 4.00 y $\geq 9.00 \phi$. Los datos de tamaño de los sedimentos fueron procesados con dos tratamientos estadísticos: por el método tradicional en trabajos de sedimentología que aplica los criterios de tendencia central, y calcula los parámetros estadísticos y granulométricos de Inman (1952); Folk y Ward (1957); Mc Cammon (1962,) trabajos discutidos en Folk (1966) y Mc Bride (1971). Los resultados de esta técnica se presentan en gráficas por transectos y en mapas de distribución de los diferentes parámetros granulométricos (capítulo de resultados). El segundo método se basa en un análisis multiva-

riado conocido como análisis de componentes principales (ACP) el análisis se basó en los criterios de Davis (1970, 1973 y 1986) y Le Maitre (1982). El ACP ha sido usado en geología debido a que el análisis tradicional de medidas tendencia provee menos información de la que contiene su fuente de información (Davis 1970). El ACP da como resultado funciones asociadas (valores y vectores *eigen*) que representan propiedades geométricas de los arreglos de los puntos en el espacio (Davis 1973). Los componentes principales son combinaciones lineales de variables estadísticas o aleatorias las cuales tienen propiedades especiales en términos de la varianza (Anderson, 1958). Los productos del ACP deben interpretarse como expresiones geométricas de los datos en arreglos matriciales (matrices simétricas). Otra interpretación del ACP es entender la técnica como una redistribución de la varianza en un nuevo espacio de nuevas variables a partir de los datos originales (Le Maitre, 1982). El primero de los componentes es la normalización de la combinación lineal con un máximo de la varianza (Anderson, 1958). Davis (1973, 1986) desarrolla, para la solución de las funciones principales de una matriz, un sistema hipotético de ecuaciones simultáneas, a saber:

$$[a] \times [X] = \lambda [X]$$

donde: $[a]$ es la matriz simétrica de coeficientes, $[X]$ es un vector desconocido, λ es una constante desconocida que multiplica al vector desconocido $[X]$. La resolución del ACP con la subsecuente producción de valores y vectores principales es presentada en Davis (1973; 1986), Gorsuch (1983) y Cooley y Cohnes (1971) entre otros. El ACP requiere de una matriz de tipo simétrica para generar expresiones geométricas de sus funciones asociadas en el campo de los números reales. Si los arreglos de datos originales no necesariamente dan como resultado matrices simétricas, si los arreglos de las variables contra variables. Las matrices simétricas se construyen apartir de los datos de varianza y covarianza de cada una de las variables que se deseen considerar. Los resultados se presentan en gráficas y en mapas de distribución de cada uno de los componentes correspondientes (capítulo de resultados).

Los resultados del ACP practicado a los sedimentos costeros y de plataforma continental adyacentes al Sitio Laguna Verde, Veracruz se presentarán de manera gráfica y en mapas de distribución de los parámetros calculados. Se expondrá la carga (*loading*) de los componentes principales

sobre las variables (tamaño del sedimento en unidades ϕ), consideradas para cada población de datos analizados. Se presentarán los valores individuales y acumulados de los tres principales (valores principales) y se mapeará la distribución de los componentes principales cargados en cada una de las estaciones de muestreo (*score*).

La comparación metodológica se realizó con una base de datos y fue apoyada con diferentes programas computarizados (software) disponibles.

3.3.2 Materia Orgánica y Carbonato de Calcio

A los datos de porcentaje de materia orgánica y carbonato de calcio de cada una de las muestras, se les promedió y calculó la media aritmética y la desviación normal; los resultados se presentan en gráficas por transectos y en mapas de distribución de porcentaje de materia orgánica y carbonato de calcio (capítulo de resultados).

3.3.3 Composición Mineral

Los porcentajes estimados de la composición mineral de los sedimentos mediante el análisis de difracción por rayos X, se calcularon en función de la altura de los picos representativos de cada mineral en el difractograma. Obtenidos los porcentajes de composición mineral mediante el análisis de mineralogía óptica se calculó la media aritmética, y se ordenaron en forma matricial para realizar un análisis de conglomerados ("cluster"). El análisis de conglomerados al igual que el ACP es otra técnica de estadística multivariada y su función es asociar variables de acuerdo con su índice de similaridad. El análisis de conglomerado de segmentación o taxonómico consta de una serie de técnicas para realizar tareas donde se segmenta una serie de objetos en subsecuentes series homogéneas relativas basadas en similitudes inter-objetivos (Kachigan, 1986). El análisis de conglomerados también requiere de una matriz de tipo simétrica con datos de variables de las muestras o bien de muestras en el espacio de las variables. Los resultados de este análisis se presentan a manera de dendrogramas de coeficientes de correlación y coeficientes de distancia (Davis, 1973; 1986). Los coeficientes de correlación aluden a la similaridad que existe entre dos

objetos medidos entre dos o más variables, mientras que los coeficientes de distancia representan la similitud entre dos objetos, donde se relaciona la *Distancia Euclidiana* basada en los valores de los objetos en cada una de las variables estudiadas (Kachigan, 1986).

3.4 Presentación de Resultados

Primeramente se expondrán los resultados obtenidos en la determinación de tamaño y parámetros estadísticos asociados, materia orgánica, carbonato de calcio y composición mineral de los sedimentos recolectados entre Punta Villa Rica y Punta Limón; a continuación los resultados de la playa de Villa Rica y por último los resultados de la plataforma continental adyacente al SLVV. Los resultados se presentarán de las siguientes maneras: en tablas de los valores obtenidos; en gráficas por transectos para los resultados del tamaño de los sedimentos tratado estadísticamente bajo criterio de Folk y Ward (1957); en gráficas de los componentes principales de la población de los datos del tamaño de los sedimentos tratados por análisis multivariado, en dendrogramas de coeficientes de correlación y coeficientes de distancia para los resultados de la composición mineral; y en mapas que muestran la distribución espacial de los parámetros granulométricos, concentraciones porcentuales de materia orgánica, carbonato de calcio en los sedimentos y de los componentes principales.

Los resultados se presentarán en el siguiente orden: resultados del tamaño de los sedimentos costeros del SLVV tratados con los criterios propuestos por Folk y Ward (1957); resultados del tamaño de los sedimentos costeros del SLVV, de la Playa Villa Rica, y de la plataforma continental adyacente al SLVV, tratados con los criterios de análisis multivariado de componentes principales (Davis, 1973; 1986); los resultados de la composición mineral de los sedimentos tratados con el criterio multivariado de análisis de conglomerados (Davis, 1973; 1986), serán a su vez presentados de la siguiente manera: resultados de los análisis de difracción de rayos X (DRX) de los grupos minerales, para las versiones del análisis de conglomerados de coeficientes de correlación y coeficientes de distancia; resultados de los análisis de DRX de los minerales por separado, para las versiones

del análisis de conglomerados de coeficientes de correlación y coeficientes de distancia; resultados de las determinaciones de mineralogía óptica de los sedimentos, donde las columnas de la matriz de entrada representan a los minerales y los renglones de esta matriz representan las estaciones de muestreo. Primeramente se presentarán los dendrogramas referentes a la versión de coeficientes de correlación del análisis de conglomerados y a continuación se presentarán los dendrogramas de los coeficientes de distancia. Para concluir con la presentación de resultados de la composición mineral se mostrarán los dendrogramas correspondientes, de correlación y distancia, resultado del análisis de conglomerados practicado a la matriz transpuesta de los datos de la composición mineral.

Capítulo 4

RESULTADOS

4.1 Tamaño Gráfico promedio de los detritos

4.1.1 Tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde

El diámetro de los sedimentos recolectados fluctuó entre 0.00049 mm (arcillas medias) y 16 mm (gravas de tamaño matatenas medianas). Si bien estos materiales marcan el rango de tamaño en la zona de estudio, los tamaños de sedimento más frecuentes fueron de 1 a 0.063 mm correspondientes a arenas de muy gruesas a muy finas. Las clases texturales más frecuentes en el Sitio Laguna Verde fueron de 0.35 y 0.125 mm (1.50 ϕ y 3.00 ϕ); mientras que para la zona de las escolleras fue de 0.177 y 0.012 mm (2.50 ϕ y 6.5 ϕ), es decir de arenas medias a arenas finas en la zona costera, y de arenas finas a limos medios en el recinto de las escolleras de la PNLV.

La media de los tamaños de sedimentos encontrados en la zona de estudio fue muy parecida a la moda, salvo en el recinto de las escolleras de la PNLV, donde el rango encontrado fue de 3.50 ϕ a 5.0 ϕ . La desviación normal o grado de clasificación de los sedimentos (de acuerdo con Folk y Ward 1957), no fluctuó más allá de 0.25 ϕ y 0.50 ϕ para la zona costera, y de 0.50 ϕ a 2.50 ϕ para el recinto de las escolleras. El grado de asimetría fluctuó entre -0.4 y 0.1 (unidades adimensionales); mientras que, para la

curtosis, la variación fue de 1.0 a 1.8 en toda el área de estudio (Tab. No. 4).

Tabla 4. PARAMETROS ESTADISTICOS GRANULOMETRICOS DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS DEL SITIO LAGUNA VERDE, VERACRUZ

CLAVE	MODA ϕ	MEDIA ϕ	DESVIACION ESTANDAR	GRADO DE ASIMETRIA	CURTOSIS
LV 1-1	1.75	1.58	0.54	0.03	0.98
LV 1-2	2.25	1.97	0.60	-0.17	1.01
LV 1-3	2.25 2.75	2.28	0.62	-0.19	0.93
LV 1-4	3.00	2.99	0.28	-0.03	1.36
LV 2-1	2.25 2.75	2.13	0.60	-0.08	1.06
LV 2-2	2.25 2.75	2.28	0.65	-0.40	0.95
LV 2-3	3.00	2.80	0.42	-0.29	1.66
LV 2-4	3.00	2.88	0.39	-0.17	1.51
LV 3-1	1.50	1.36	0.61	0.04	1.00
LV 3-2	3.00	2.61	0.37	-0.33	1.17
LV 3-3	2.50 3.25	2.65	0.39	-0.28	1.42
LV 4-1	3.00 6.00	5.19	2.48	0.29	1.01
LV 4-2	3.00 5.00	2.82	0.43	0.01	1.57

Distribución espacial del tamaño de los sedimentos

Moda, media y desviación estandar EL tamaño de los sedimentos está distribuido en función de la profundidad. Conforme la distancia es mayor hacia la costa disminuye el tamaño de los sedimentos (aumenta el valor de ϕ), tanto en los valores de la moda como en la media de las muestras colectadas (Figs. 4.1 a 4.4). El valor del grado de clasificación del tamaño de los sedimentos (desviación estandar) en el transecto 1 (Fig. 4.1) es

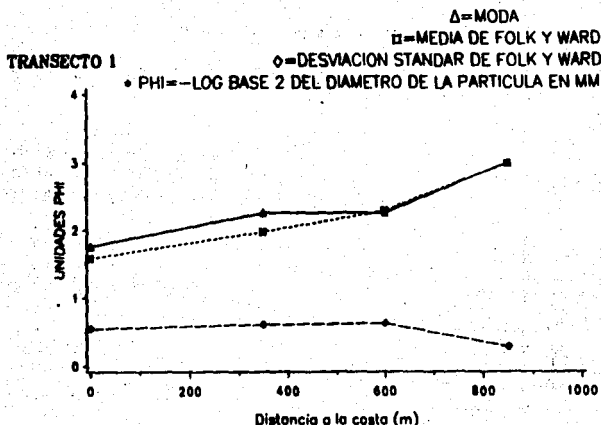


Figura 4.1: Moda, media y grado de clasificación de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 1.

inverso al que observó la media y moda: 0.50ϕ para los primeros 600 metros y 0.25ϕ para las muestras más alejadas de la costa, lo cual sugiere una mejor clasificación del sedimento, cuando es mayor la distancia hacia la costa (Fig. 4.1).

Esta observación es extensiva a los demás transectos (figs. 4.2 y 4.3) a excepción del transecto 4, el cual forma una línea paralela a la costa a partir de la boca del recinto de las escolleras de la PNLV. El tamaño de los sedimentos en este transecto presentó dos modas: una para la fracción gruesa (arenas) y otra para la fracción fina (limos-arcillas). Los valores promedio de los tamaños finos se localizaron en el interior del recinto de las escolleras de la PNLV y los tamaños gruesos en la boca del recinto (Fig. 4.4). La desviación estandar del tamaño de los sedimentos indica una mejor clasificación conforme la distancia es mayor entre el centro del recinto de

las escolleras y la obra de toma de la PNLV (Fig. 4.4).

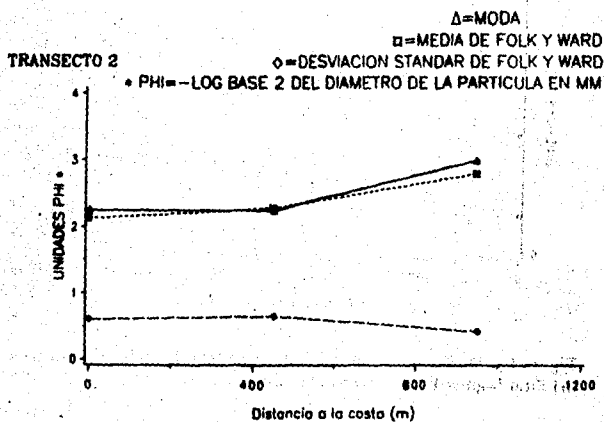


Figura 4.2: Moda, media y grado de clasificación de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 2.

Los valores de la media, moda, y desviación estándar para el transecto 4 se reportan en la tabla No 4 (Fig. 4.4).

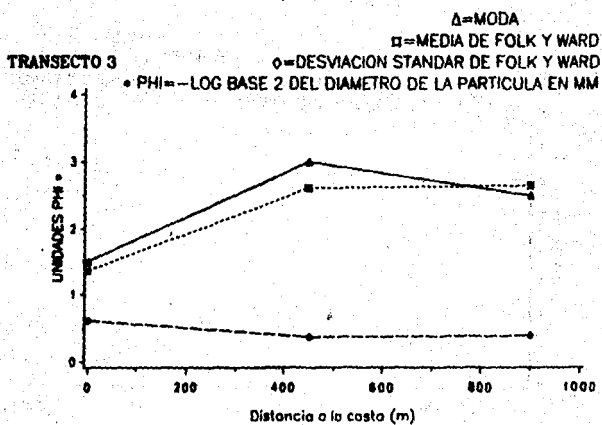


Figura 4.3: Moda, media y grado de clasificación de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 3.

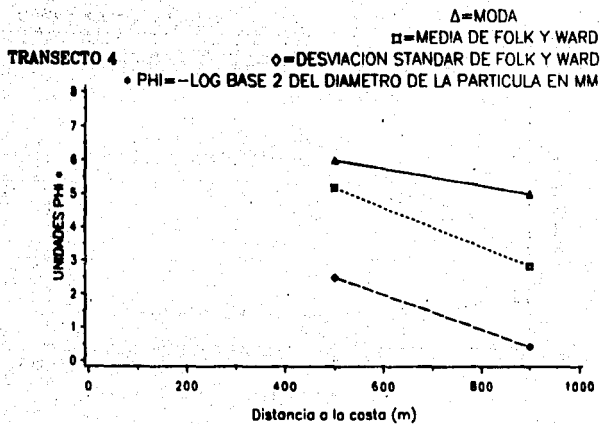


Figura 4.4: Moda, media y grado de clasificación de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 4.

A continuación se describe la distribución espacial del tamaño de los sedimentos en el Sitio Laguna Verde. Como observamos en la figura 4.5 el tamaño de los sedimentos disminuye (los valores de ϕ aumentan), conforme la distancia es mayor hacia el centro del recinto de las escolleras de la PNLV. La distribución del tamaño de los sedimentos no es totalmente paralela a la

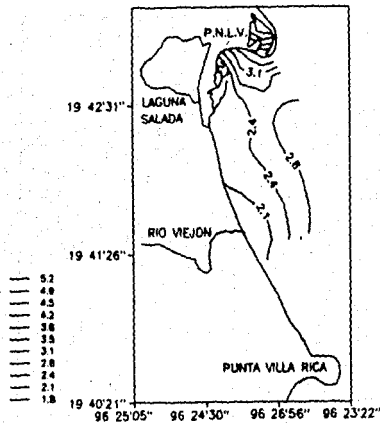


Figura 4.5: Distribución espacial de la moda (unidades ϕ) de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

costa en el caso de la moda, mientras que para la media sí lo es (Fig. 4.5), ésto se debe a que solamente se mapeó la primera de las modas de cada muestra, presentando así los datos con el fin de hacer notar que, tanto para la moda como para la media, la región adyacente a la desembocadura del Río Viejón presentó los valores más bajos de ϕ mientras que en el recinto de las escolleras de la obra de toma se presentaron los valores más altos de

ϕ (Fig. 4.5) y 4.6)).

Lo anterior sugiere 2 áreas que caracterizan para la época invernal el tamaño del sedimento de la zona de estudio: una de arenas entre medias y finas en la porción centro y sur, y otra de sedimentos finos tipo limo-arenosos al norte de la zona de estudio (recinto de las escolleras de la PNLV).

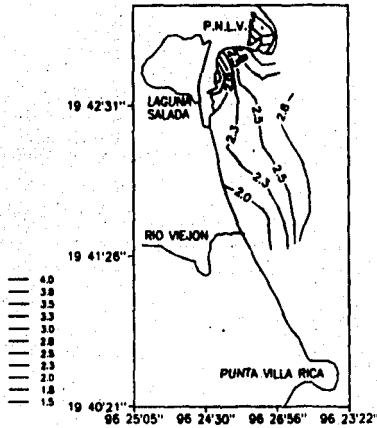


Figura 4.6: Distribución espacial de la media (unidades ϕ) de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

La distribución espacial de la desviación estándar de los sedimentos disminuye conforme la distancia es mayor hacia la costa, ya sea en la zona norte o centro-sur. Las zonas donde se localizan los valores más altos de desviación estándar son la zona adyacente a la obra de descarga y el recinto

de las escolleras de la PNLV (Fig. 4.7).

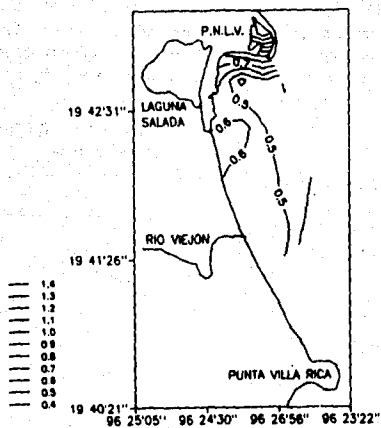


Figura 4.7: Distribución espacial del grado de clasificación (unidades ϕ) de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

Grado de asimetría y curtosis Los valores de grado de asimetría de los sedimentos del transecto 1 fueron: 0.0 en la playa; -0.1 a 400 y 600 metros de la costa, y 0.03 en la estación más extrema hacia el mar (LV 1-4). Esto sugiere sedimentos con una distribución de tamaño casi simétrica en la muestra LV 1-1, mientras que las muestras LV 1-2 y LV 1-3 presentan un grado de asimetría con tendencia a los tamaños gruesos. Las muestras colectadas en los puntos más extremos de la zona de estudio presentaron valores de casi simétrico a asimétrico a los tamaños finos 0.03 (Fig. 4.8).

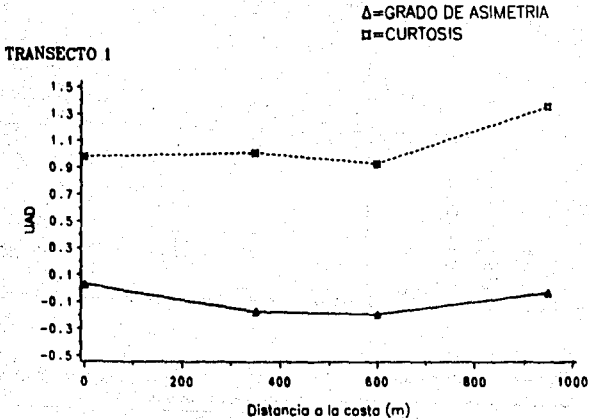


Figura 4.8: Grado de asimetría y curtosis de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 1.

Los valores de curtosis aumentan conforme la distancia es mayor hacia la costa, con valores de 0.97 a 1.36 (uad), lo que sugiere una distribución de frecuencias de mesocúrticas a leptocúrticas. Para el transecto 1 la curva de distribución de frecuencias presentó un gradiente de mesocúrtico a platocúrtico de la playa hacia el mar (Fig. 4.8)). El patrón descrito para el grado de asimetría así como para la curtosis es muy parecido al que se observa en los transectos 2, 3, y 4 (Fig. 4.9, 4.10 y 4.11), los valores que se encontraron en el análisis se reportan en la tabla 4.

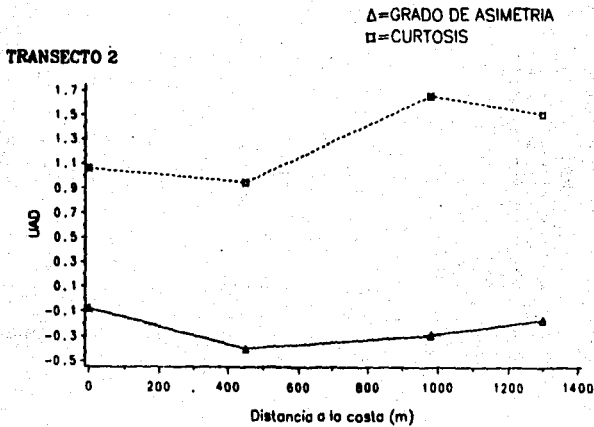


Figura 4.9: Grado de asimetría y curtosis de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 2.

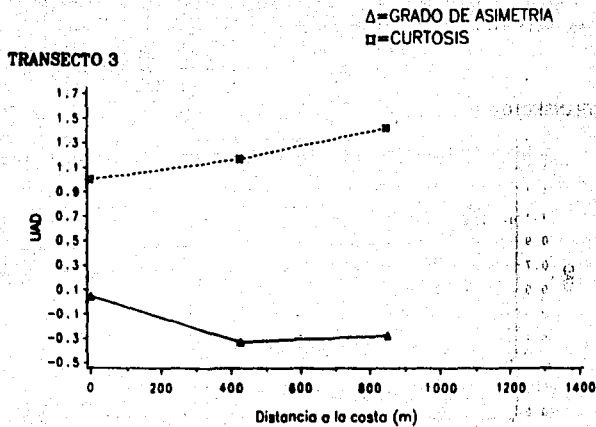


Figura 4.10: Grado de asimetría y curtosis de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 3.

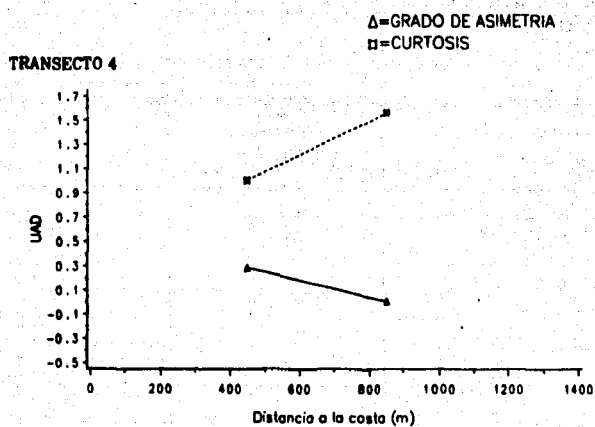


Figura 4.11: Grado de asimetría y curtosis de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 4.

A continuación se presenta la distribución del grado de asimetría y curtosis en el área de estudio. En términos generales se observa que son dos las zonas que caracterizan la distribución del grado de asimetría de los sedimentos en el área de estudio: una adyacente a la desembocadura del Río Viejón y otra adyacente al canal de la obra de descarga de la PNLV, el grado de asimetría se incrementa en la costa y en la desembocadura del Río Viejón lo cual indica una tendencia hacia los tamaños gruesos en la playa y un sesgo hacia los tamaños finos en las estaciones más alejadas de la costa, de igual forma para el recinto de las escolleras de la PNLV (Fig. 4.12).

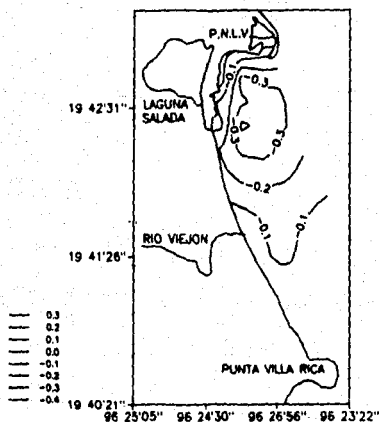


Figura 4.12: Distribución espacial del grado de asimetría de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

Los valores de curtosis de los sedimentos indican una tendencia hacia las formas leptocúrticas y muy leptocúrticas conforme la distancia es mayor hacia la costa (Fig. 4.13). Las formas mesocúrticas se localizaron en 2 zonas: una próxima a la desembocadura del Río Viejón y otra adyacente al canal de descarga de la central nuclear (Fig. 4.13 y Tab. 4).

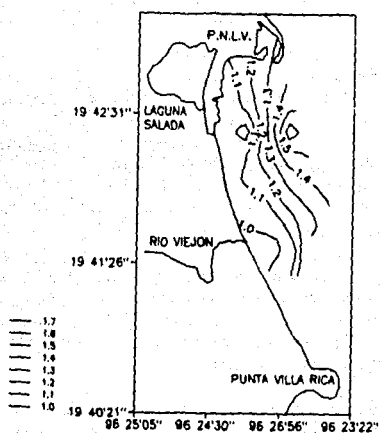


Figura 4.13: Distribución espacial de la curtosis de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

4.1.2 Análisis de componentes principales de los sedimentos costeros y de plataforma continental del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

Sedimentos de la playa del Sitio Laguna Verde, Veracruz

A continuación se presentan los resultados de los 3 componentes principales que representan el 95.61 % del total de la varianza del estudio, a saber:

- El primer componente (*eigenvalor*) tiene un valor de 402.43 que representa el 64.49 % del total de la varianza. La representación gráfica del primer componente de las variables (tamaño de los sedimentos) se presenta en la figura 4.14, y muestra una clara dominancia de las variables del 3.00, 3.25 y 2.75 ϕ correspondientes a 0.66, 0.41 y 0.23 upc (unidades del primer componente), en esta gráfica se representa la proporción relativa existente de las arenas finas y arenas medias de 3.00 y 1.75 ϕ respectivamente.

La distribución espacial del primer componente (figura 4.15) es paralela a la línea de costa presentando valores de -11.00 upc cerca a la desembocadura del Río Viejón hasta 27.5 en la zona oriental del área de estudio. Demostrando con ésto el gradiente de tamaño entre la playa y 5 metros de profundidad.

- El segundo componente tiene un valor de 121.04 que representa el 19.40 % del total de la varianza. La representación gráfica del segundo componente de las variables (tamaño de los sedimentos) se presenta en la figura 4.16, en esta representación se observa una clara dominancia de las arenas finas sesgadas hacia el campo de las arenas muy finas.

La proporción relativa de arenas finas con arenas medias y limos se ve influenciada por la presencia, aún dominante de las arenas finas en la playa las cuales se exponen a la acción sub-aérea. El análisis destaca en proporción la presencia de sedimentos finos que se alojan en el recinto de las escolleras de la PNLV. Los limos que se presentan

de los sedimentos tienen un tamaño de 6.00ϕ con valor de -0.26 usc (unidades de segundo componente) que representa por sí misma una subpoblación de sedimentos que obedece a diferentes niveles de energía en los procesos costeros que se suceden en el recinto de las escolleras de la PNLV.

La distribución espacial del segundo componente (Fig. 4.17) es perpendicular a la línea de costa denotando una tendencia a incrementar los valores del segundo componente conforme la distancia es menor hacia el recinto de las escolleras de la PNLV, y a invertirse con sentido hacia las escolleras y hacia el sur del área de estudio. Esto es explicable ya que la presencia de los sedimentos finos está en proporción con las arenas finas. De acuerdo con esta distribución observamos que existe una franja central con valores de 20 a 22.5 usc, que disminuye para el sur y norte del área de estudio.

- El tercer componente tiene un valor de 73.17 que representa el 11.73 % del total de la varianza. La representación gráfica del tercer componente de las variables se presenta en la figura 4.18, en la cual observamos una clara dominancia de los limos presentes en el recinto de las escolleras. El tamaño dominante en esta área es el 6.00ϕ correspondiente a los limos medianos, también se representa la población de las arenas finas en proporción con las arenas medias y las muy finas.

La distribución espacial del tercer componente (Fig. 4.19) está caracterizada por una clara orientación norte sur del recinto de las escolleras al Río Viejón.

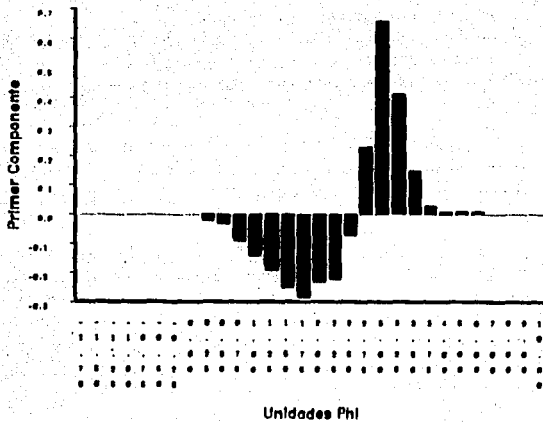


Figura 4.14: Representación gráfica del primer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

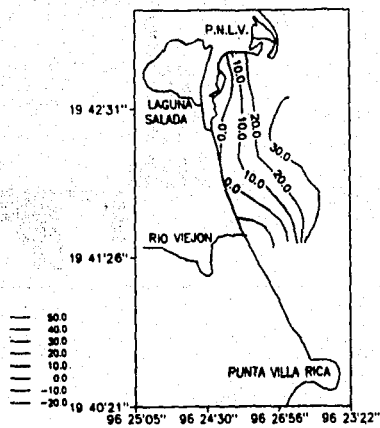


Figura 4.15: Distribución espacial del primer componente del tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

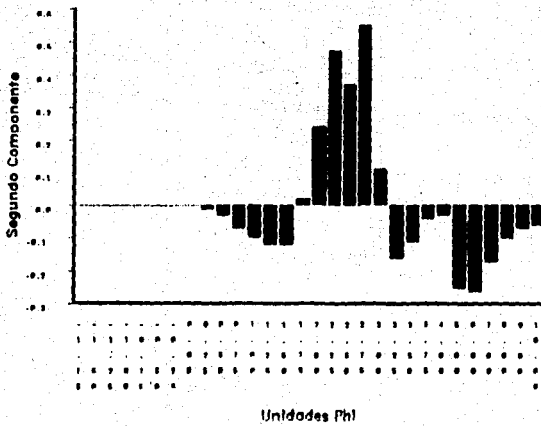


Figura 4.16: Representación gráfica del segundo componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

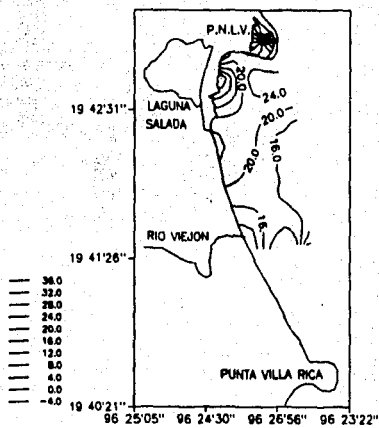


Figura 4.17: Distribución espacial del segundo componente del tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

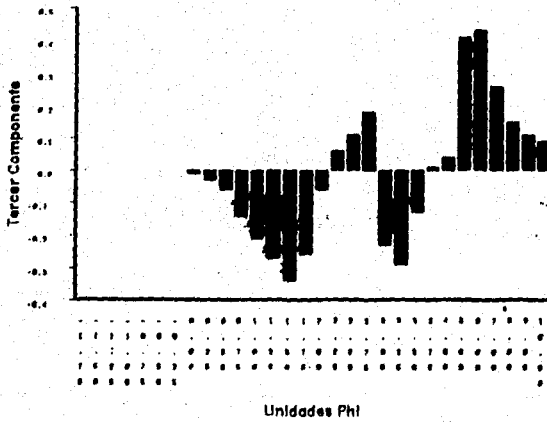


Figura 4.18: Representación gráfica del tercer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

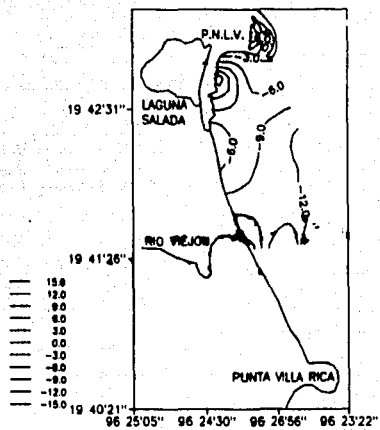


Figura 4.10: Distribución espacial del tercer componente del tamaño de los de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

4.1.3 Sedimentos de la playa Villa Rica, Veracruz

La variable considerada en este análisis fue las diferentes clases texturales de tamaño de los sedimentos expresados en unidades ϕ . El rango utilizado fue de -0.25 a 4.00ϕ , el intervalo del análisis fue de 0.25ϕ . A continuación se presentan los resultados de los 3 componentes principales que representan el 98.73 % del total de la varianza de la población:

- El primer componente tiene un valor de 210.10 y representa el 72.22 % del total de la varianza. La representación gráfica del primer componente de las variables se presenta en la figura 4.20, y muestra una clara dominancia de las arenas medias (1.75 , 2.25 y 1.50ϕ) en proporción importante con las arenas finas (2.75ϕ) y muy finas (3.00 , 3.25 y 3.50ϕ).
- El segundo componente tiene un valor de 57.50 que representa el 19.76 % del total de la varianza. La representación gráfica del segundo componente de las variables se presenta en la figura 4.21, muestra una clara dominancia de las arenas finas del 2.50 , 2.25 y 2.75ϕ en proporción relativa con la población de los sedimentos del 3.50 , 3.25 y 3.75ϕ y en menor proporción con las arenas medias de 1.50 , 1.75 y 1.25ϕ .
- El tercer componente tiene un valor de 19.65 que representa el 6.75 % del total de la varianza. La representación gráfica del tercer componente de las variables se presenta en la figura 4.22, en esta gráfica observamos que sobresalen dos clases de tamaños de sedimentos: el de las arenas finas y el de las arenas muy finas 2.50 , 2.00 y 2.25 y 3.50 ; 3.25 y 3.75ϕ respectivamente. En las dos poblaciones mencionadas se observa una proporción relativa con las arenas medias y arenas finas respectivamente.

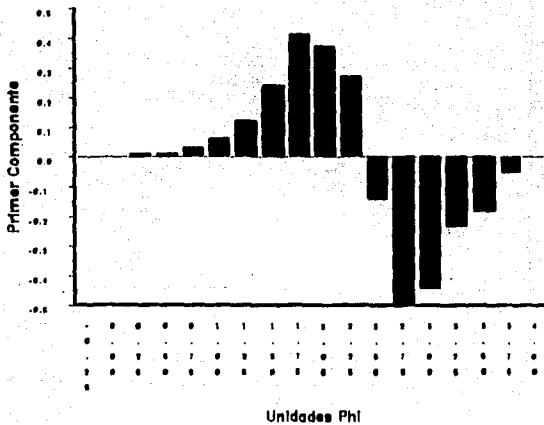


Figura 4.20: Representación gráfica del primer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros de la Playa Villa Rica, Veracruz.

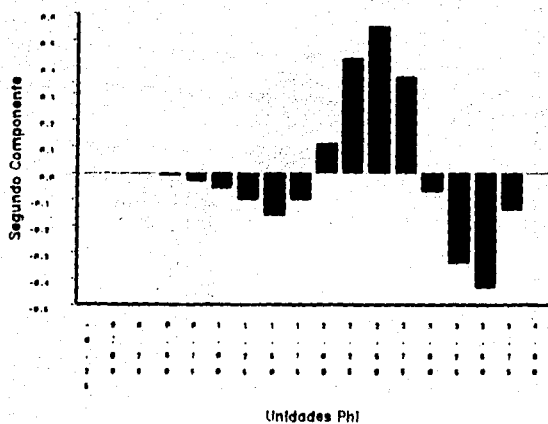


Figura 4.21: Representación gráfica del segundo componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros de la Playa Villa Rica, Veracruz.

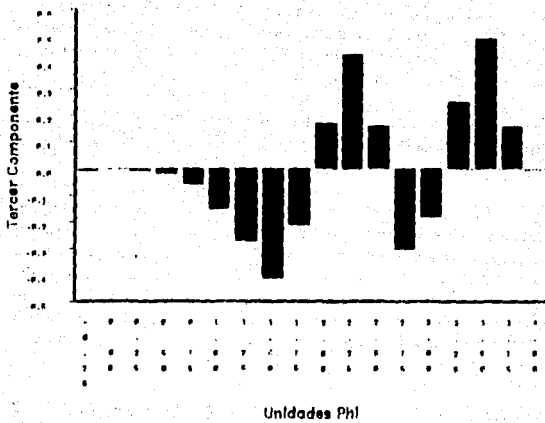


Figura 4.22: Representación gráfica del tercer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos costeros de la Playa Villa Rica, Veracruz.

4.1.4 Sedimentos de la plataforma continental frente al Sitio Laguna Verde

Las variables consideradas en este análisis fueron las clases de tamaño de los sedimentos expresados en unidades ϕ . El rango utilizado fue de 0.00 a ≥ 9.00 unidades ϕ , el intervalo del análisis fue de 0.25 entre 0.00 y 5.00 y 1.00 entre 5.00 y ≥ 9.00 ϕ . A continuación se presentan los resultados de los 3 componentes principales que representan el 97.46 % del total de la varianza del estudio, a saber:

- El primer componente tiene un valor de 181.37 y representa el 76.40 % del total de la varianza. La representación gráfica del primer componente de las variables se presenta en la figura 4.23, y muestra una clara dominancia de los sedimentos finos de tamaño ≥ 9.00 ϕ y una población de sedimentos con tamaño 6.00 ϕ presentando una paulatina disminución del tamaño de los sedimentos conforme la distancia es mayor hacia la costa. La variable ≥ 9.00 ϕ está en proporción con los sedimentos del tamaño de arenas y limos. La gráfica del *score* del primer componente (carga de las variables del primer componente sobre las estaciones de muestreo), aparece en la figura 4.24 muestra una clara tendencia a incrementarse el *score* de las estaciones de muestreo conforme la distancia es mayor hacia la costa.
- El segundo componente tiene un valor de 33.05 que representa el 13.92 % del total de la varianza. La representación gráfica del segundo componente, de las variables se presenta en la figura 4.25, en esta se muestra una clara dominancia de los limos del 4.75 en marcada proporción con los limos del 6.00 ϕ . La gráfica del *score* (carga de las variables del segundo componente sobre las estaciones de muestreo) que aparece en la figura 4.26 muestra una clara tendencia a disminuir el *score* de las estaciones de muestreo conforme la distancia es mayor hacia la costa.
- El tercer componente tiene un valor de 16.93 que representa el 7.13 % del total de la varianza. La representación gráfica del tercer componente de las variables se presenta en la figura 4.27, en esta gráfica

observamos que sobresalen dos clases de tamaños de sedimentos el 7.00, 8.00 y $\geq 9.00 \phi$, con una marcada proporción de nueva cuenta con los limos del 6.00 ϕ . La gráfica del *score* (carga de las variables del tercer componente sobre las estaciones de muestreo) que aparece en la figura 4.28 muestra una tendencia a aumentar el *score* hasta la estación 9, para disminuir en la estación 10.

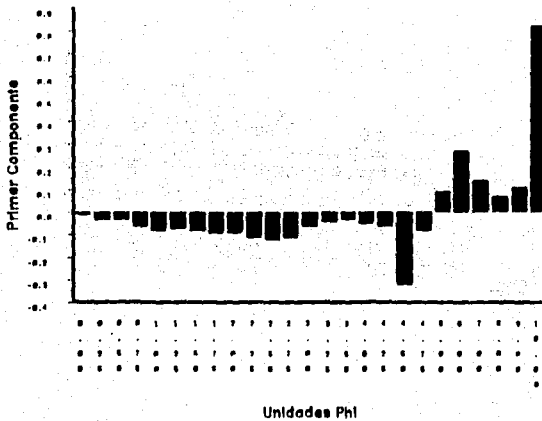


Figura 4.23: Representación gráfica del primer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz.

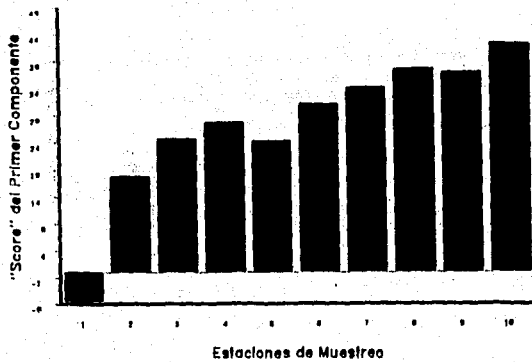


Figura 4.24: Representación gráfica de los valores del primer componente cargados en las estaciones de muestreo de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz.

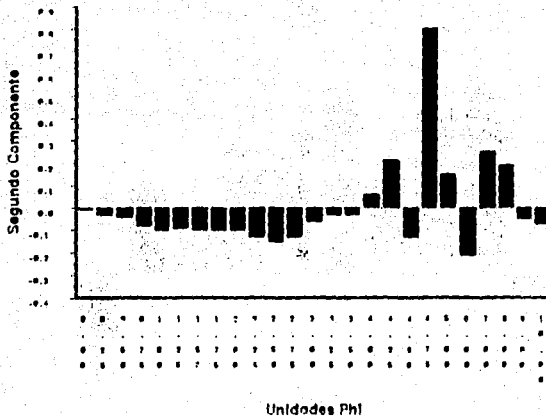


Figura 4.25: Representación gráfica del segundo componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz.

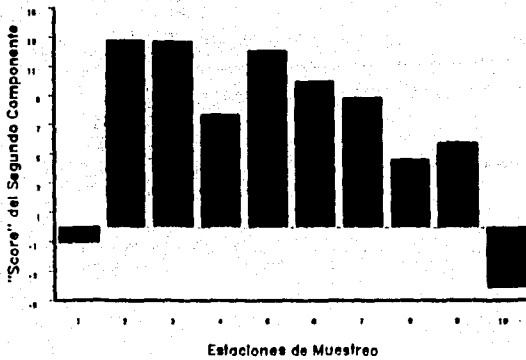


Figura 4.26: Representación gráfica de los valores del segundo componente cargados en las estaciones de muestreo de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz.

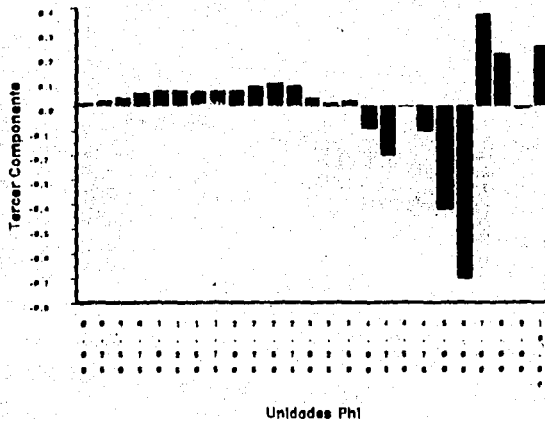


Figura 4.27: Representación gráfica del tercer componente de la carga de la variable de tamaño de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz

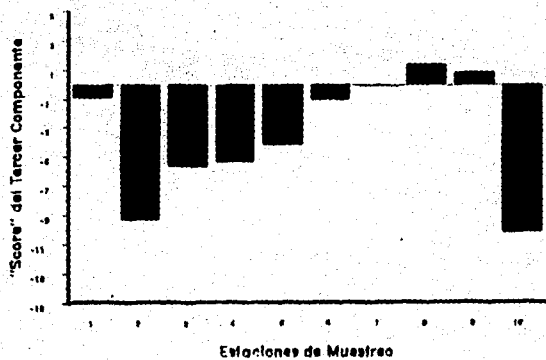


Figura 4.28: Representación gráfica de los valores del tercer componente cargados en las estaciones de muestreo de los sedimentos de la plataforma continental adyacente al Sitio Laguna Verde, Veracruz.

4.2 Materia Orgánica y Carbonato de Calcio

Los análisis de cuantificación porcentual de materia orgánica en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz presentan valores de 1 a 2 % llegando a alcanzar hasta 10 % en la zona de las escolleras. El carbonato de calcio se distribuyó de forma inversa a la distribución de materia orgánica (tabla No 5).

Tabla 5. RESULTADOS DEL ANALISIS DE MATERIA ORGANICA Y CARBONATO DE CALCIO DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS DEL SITIO LAGUNA VERDE, VERACRUZ

CLAVE	% MATERIA ORGANICA	DESVIACION ESTANDAR	% CARBONATO DE CALCIO	DESVIACION ESTANDAR
LV 1-1	2.19	0.14	10.77	1.17
LV 1-2	1.38	0.25	19.43	0.89
LV 1-3	1.70	0.12	14.76	0.06
LV 1-4	1.36	0.33	11.61	1.32
LV 2-1	1.76	0.22	10.58	0.63
LV 2-2	1.25	0.13	17.79	0.20
LV 2-3	1.32	0.19	14.63	0.33
LV 2-4	1.37	0.07	13.83	0.38
LV 3-1	1.69	0.28	20.22	0.85
LV 3-2	1.15	0.11	16.73	0.30
LV 3-3	1.19	0.07	15.84	0.14
LV 4-1	9.14	0.33	7.79	1.86
LV 4-2	7.40	0.32	10.39	1.65

Los valores para el carbonato de calcio fueron de 10.77 % a 19.43 % este último para la zona de rompiente (LV-1-2) (ver figura 4.29). De acuerdo con lo antes mencionado observamos que los valores de la materia orgánica tienden a disminuir conforme la distancia es mayor hacia la costa, esta observación es válida para los transectos 1, 2, y 3 (Fig. 4.29, 4.30, y 4.31 y Tab. 5). El carbonato de calcio aumenta hasta la zona de rompiente localizada a 350 metros de la costa (LV 1-2) en el transecto I para después disminuir conforme la distancia es mayor hacia la costa (fig. 4.29).

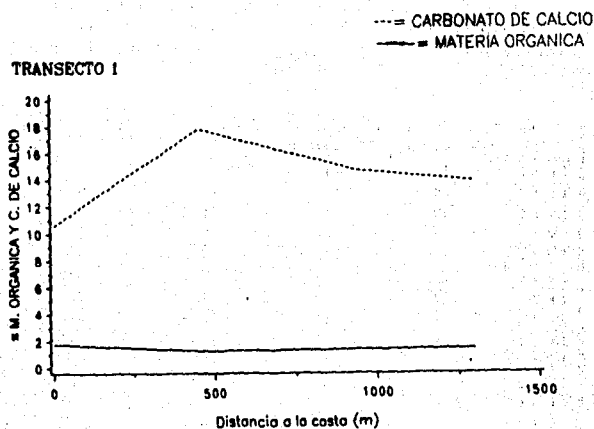


Figura 4.29: % de Materia orgánica y carbonato de calcio de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 1.

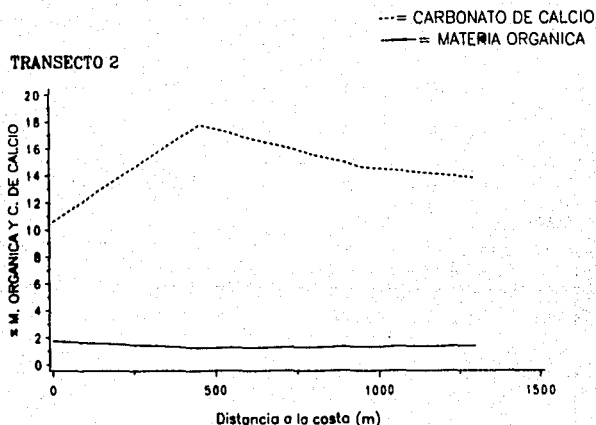


Figura 4.30: % de Materia orgánica y carbonato de calcio de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 2.

Las condiciones antes referidas son análogas a las encontradas en los transectos 2 y 3 (Fig. 4.30 y 4.31). En el transecto 3 las condiciones de rompiente se extendieron de la playa hasta 400 metros (LV 3-1 y LV 3-2) ver tabla 5. En los transectos 2 y 3 los valores de materia orgánica fueron constantes entre 1 y 2 % al igual que los del carbonato de calcio con valores de 14.63 y 20.22 % (Tab. 5 y Fig. 4.30 y 4.31). En el transecto 4 los valores de materia orgánica fueron de 9.14 % en el centro del recinto de las escolleras de la PNLV y 7.40 % en la boca de éste (Fig. 4.32). Los valores de carbonato de calcio fueron de 7.79 % en el centro del recinto de las escolleras y 10.39 % próximo a la boca del recinto.

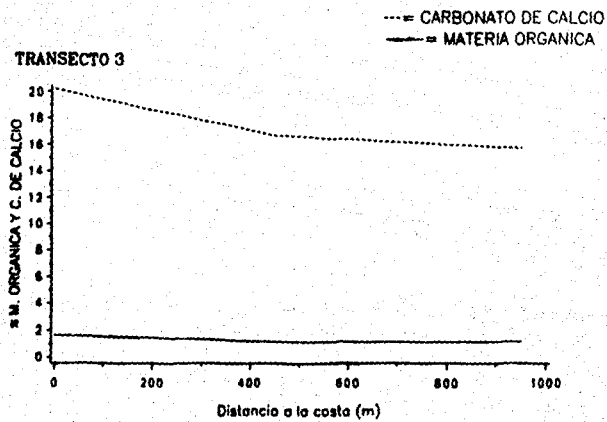


Figura 4.31: % de Materia orgánica y carbonato de calcio de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 3.

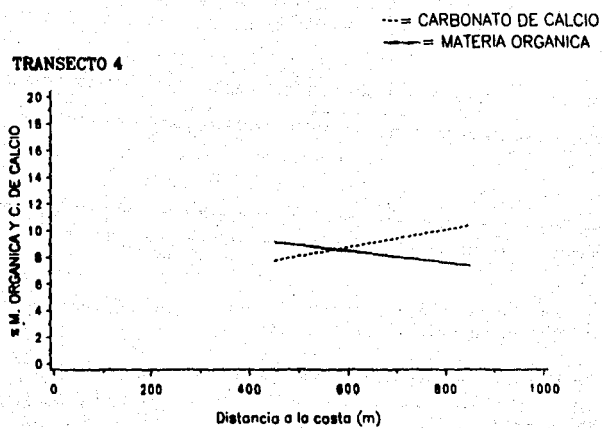


Figura 4.32: % de Materia orgánica y carbonato de calcio de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz en el transecto 4.

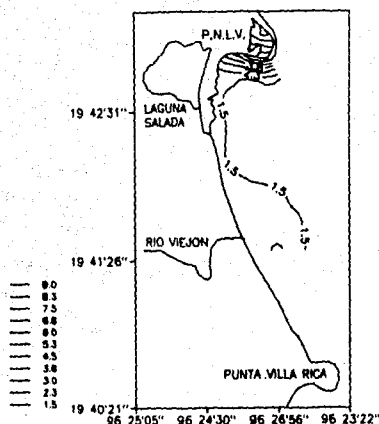


Figura 4.33: Distribución espacial del % de Materia orgánica de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

La distribución espacial de la concentración porcentual de materia orgánica en los sedimentos costeros fue constante en los transectos 1, 2 y 3, incrementándose considerablemente en el recinto de las escolleras de la PNLV (Fig. 4.33). Los valores de materia orgánica más elevados se localizan en las proximidades de la desembocadura del Río Viejon y en la zona de las escolleras con valores: 2.19 % en el primer caso y de 9.14 % en el segundo. Los valores de carbonato de calcio presentaron un gradiente de distribución simétrico con respecto a la línea de rompiente donde hacia los dos extremos de ésta línea disminuye la concentración hacia el norte (Fig. 4.34).

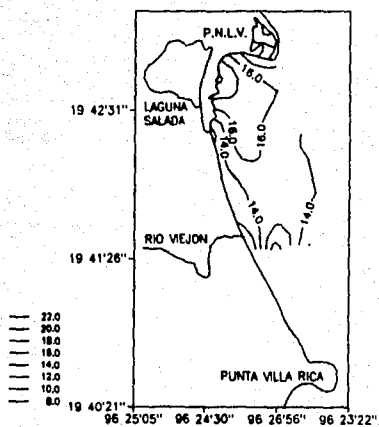


Figura 4.34: Distribución espacial del % de Carbonato de calcio de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

4.3 Composición Mineral de los Sedimentos

4.3.1 Difracción de rayos x

Los minerales determinados por difracción de Rayos X en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde son los siguientes:

- Cuarzo
- Plagioclasas de intermedias a sódicas
- Piroxenos
- Anfíboles
- Calcita
- Magnetita
- Micas

Ver difractogramas de las muestras LV 1-1, 2-1, 3-3 y 4-2 (Fig. 4.35, 4.36, 4.37 y 4.38).

Los resultados del análisis semi-cuantitativo de difracción de rayos X fueron utilizados como matriz de entrada en el análisis de conglomerados, mismo que nos permitió conocer las asociaciones que presentan los minerales en términos de coeficientes de correlación y coeficiente de distancia. Las asociaciones más importantes que se obtuvieron del análisis de conglomerados en coeficiente de correlación fueron el cuarzo, piroxenos, anfíboles (QPA) con un coeficiente de correlación de 0.93 y las plagioclasas de intermedias a sódicas, calcita y micas (PCM) con 0.93, mostraron afinidad únicamente con el grupo QPA con 0.26 (Fig. 4.39).

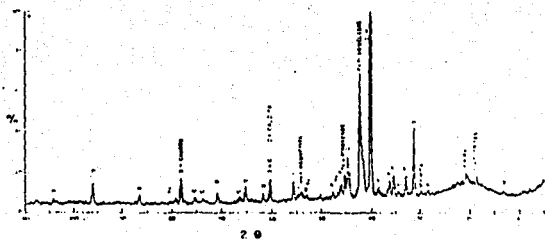


Figura 4.35: Difractograma de la muestra LV 1-1 de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

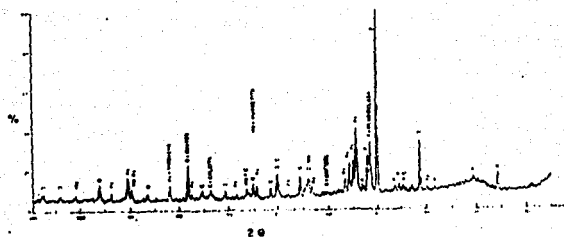


Figura 4.36: Difractograma de la muestra LV 2-1 de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

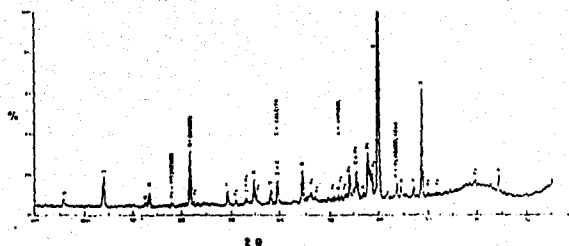


Figura 4.37: Difractograma de la muestra LV 3-3 de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

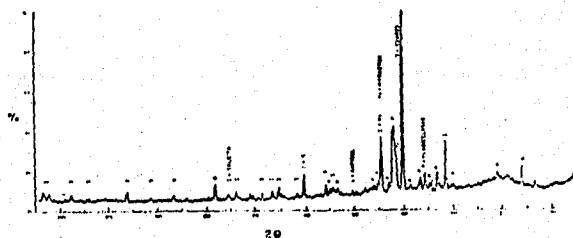


Figura 4.38: Difractograma de la muestra LV 4-2 de los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

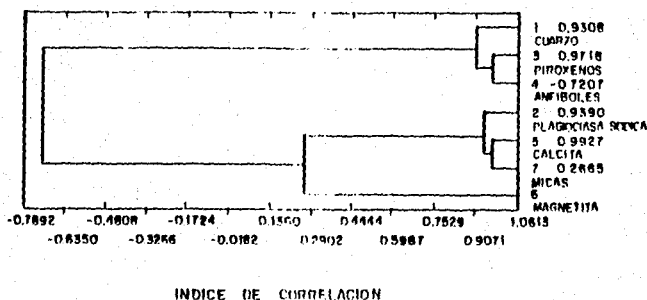


Figura 4.39: Dendrograma de coeficientes de correlación de los minerales determinados por análisis de difracción de rayos X. Presentados por grupos minerales determinados en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

Las asociaciones con alto coeficiente de correlación (≥ 0.90), indican que los minerales representados en las muestras poseen proporciones cualitativas semejantes de ocurrencia. Los minerales contenidos en los grupos QPA y PCM denotan que el origen de los sedimentos proviene de las rocas volcánicas básicas y dioríticas primordialmente, ya que en la muestra se encontraron representantes minerales de este tipo de rocas. La asociación del segundo grupo permite reforzar la idea del carácter alcalino de los basaltos y diorítico de las fuentes de origen. Otro argumento para pensar en el carácter alcalino de las fuentes de origen de los sedimentos es la casi total ausencia de plagioclasa cálcica, además de considerar la asociación con micas. La calcita representa el componente orgánico.

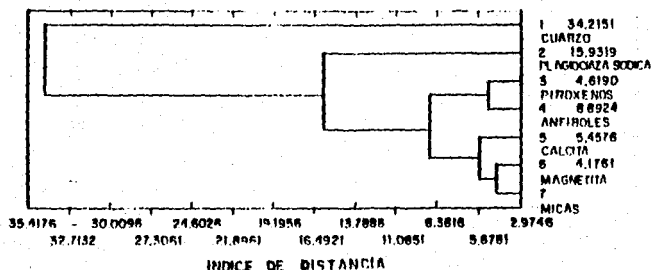


Figura 4.40: Dendrograma de distancia de los minerales determinados por análisis de difracción de rayos X. Presentados por grupos minerales determinados en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

La magnetita no forma asociaciones de importancia y podríamos considerarlo como un mineral accesorio de ocurrencia común en rocas volcánicas. Después de practicar el análisis de conglomerados para la determinación de los coeficientes de distancia las asociaciones más importantes que se observaron fueron: Piroxenos, anfíboles (PA) con un índice de distancia de 4.61; Calcita, Magnetita y Micas (CMM) con 5.45; las plagioclasas con 15.93 y el cuarzo se asocian con los grupos anteriores con un coeficiente de distancia de 34.21 (Fig. 4.40). Las asociaciones en términos de coeficientes de distancia resaltan la concentración proporcional de la ocurrencia de los minerales representados en cada grupo, por lo tanto, las proporciones asociadas de CMM denotan concentraciones semejantes a las de los PA y considerablemente menores a las plagioclasas y cuarzos.

Es claro que la magnetita y las micas representan minerales traza, mientras que los piroxenos y anfíboles minerales accesorios, y las plagioclasas y el cuarzo los constituyentes principales de los sedimentos en el Sitio Laguna Verde.

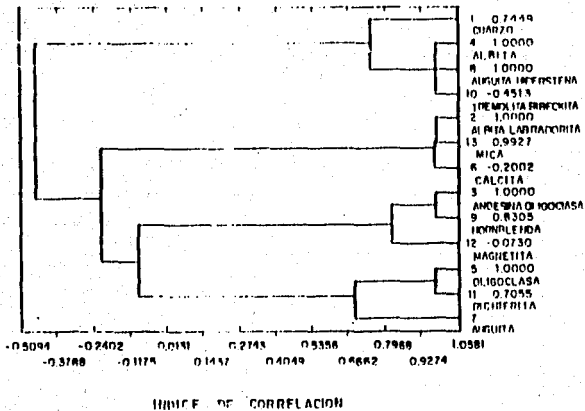


Figura 4.41: Dendrograma de coeficientes de correlación de los minerales determinados por análisis de difracción de rayos X. Presentados por especies minerales determinadas en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

El análisis semi-cuantitativo de difracción por rayos X permitió diferenciar los tipos de plagioclasas, anfíboles y piroxenos que se presentan en las muestras de sedimentos. Con el resultado de este análisis se conformó la segunda matriz de entrada, que contiene los datos antes mencionados. Con esos datos se practicó el análisis de conglomerados en la opción de coeficientes de correlación, obteniéndose las siguientes asociaciones: albita, augita, hiperstena, tremolita, y riebeckita (AAHTR), con un coeficiente de correlación de 1.00; albita, labradorita, mica y calcita (ALMC) con 0.99; andesina, oligoclasa, hornblenda y magnetita (AOHM), con 0.83; y oligoclasa, richterita y augita (ORA) con 0.70; el cuarzo se asocia con 0.74 al grupo AAHTR (Fig. 4.41).

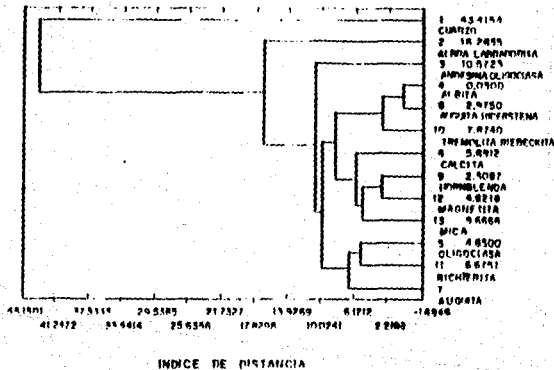


Figura 4.42: Dendrograma de coeficientes de distancia de los minerales determinados por análisis de difracción de rayos X. Presentados por especies minerales determinadas en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

Las asociaciones definen con más claridad un carácter basáltico alcalino y diorítico intrusivo en las fuentes de procedencia de los minerales, ya que en la conformación de los grupos minerales aparecen reiteradamente las plagioclasas sódicas y los minerales ferromagnesianos. Es importante hacer notar que los coeficientes de correlación en los grupos minerales son altos y están relacionados a un tipo de asociación espacial, como lo podremos observar más adelante. El análisis de conglomerados de coeficiente de distancia practicado a la matriz 2 asocia prácticamente los mismos grupos minerales que el análisis de coeficientes de correlación (Fig. 4.42), en donde se observaron las concentraciones proporcionales siguientes: el grupo albita, augita, hiperstena, tremolita, y riebeckita (AAHTR); calcita, hornblenda, magnetita y mica (CHMM); oligoclasa, richeterita y augita (ORA), con 2.97, 5.89 Y 6.6 respectivamente. Las asociaciones de los minerales en estos grupos son considerablemente menores a las que presentaron las plagioclasas andesia, oligoclasa, albita, labradorita con 16.28 y mucho menores a las de cuarzo con 43.41. De acuerdo a lo anterior es claro el carácter traza de las micas y la magnetita, mientras que, los anfíboles y piroxenos son minerales accesorios y el cuarzo y las plagioclasas son los minerales principales de los sedimentos.

4.3.2 Mineralogía óptica

Las muestras analizadas por mineralogía óptica fueron selectivas en los intervalos del tamaño de los sedimentos que caracterizan cada estación de muestreo. La selección de tamaño del sedimento se realizó con el fin de detectar subpoblaciones de grupos minerales en las muestras de sedimentos. Las muestras consideradas en este estudio incluyen la totalidad de las estaciones de muestreo del SLVV.

Los principales minerales determinados por propiedades ópticas de los minerales en lámina delgada que constituyen los sedimentos del SLVV son los siguientes:

- Cuarzo
- Plagioclasas
- Epidota
- Oxidos
- Olivinos
- Micrita
- Feldespato potásico
- Piroxenos
- Fragmentos de roca
- Minerales opacos
- Vidrio volcánico

- Anfíboles
- Biogénicos
- Calcita
- Apatita
- Micas
- Otros

Los datos que conformaron la matriz de entrada del análisis de conglomerados para determinar los coeficientes de correlación y el dendrograma correspondiente se muestran en la figura 4.43. Las asociaciones más importantes en este análisis fueron las siguientes: calcita, apatita y micas (CAM) con 0.88; plagioclasa y epidota (EP) con 0.77; fragmentos de roca y minerales opacos (FGRMO) con 0.68. Hasta aquí consideramos los grupos minerales con un coeficiente de correlación significativo, los grupos de asociaciones con bajo coeficiente de correlación son: micrita, feldespato potásico y piroxenos (MFPP) con 0.25, cuarzo y óxidos que se asocian al grupo PE conformando el grupo CPEO con 0.27, y los anfíboles y biogénicos que se asocian al grupo CAM conformando el grupo ABCAM con coeficiente de correlación 0.00. El análisis de conglomerados practicado sobre estos datos denota una gran dispersión de los minerales presentes en los sedimentos, la asociación más significativa representa la poca ocurrencia de los minerales contenidos en el grupo CAM. Notamos que a diferencia del análisis DRX, aquí aparecen asociados de diferente forma los grupos: minerales traza importantes para caracterizar las probables fuentes de origen, como son el apatita, el feldespato potásico, el vidrio volcánico y la epidota. Los resultados de este análisis resaltan la ocurrencia de las asociaciones minerales que podrían no estar relacionadas a la población general de sedimentos, sino que, al no haber correlación importante en los minerales accesorios las asociaciones están clasificadas por condiciones espaciales como la cercanía o lejanía a la fuente de origen.

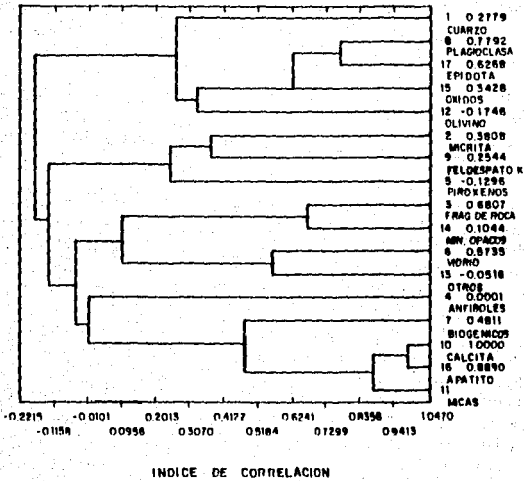


Figura 4.43: Dendrograma de coeficientes de correlación de los minerales determinados por mineralogía óptica. Presentados por especies minerales determinadas en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

El análisis de conglomerados practicado a la matriz 3, de manera transpuesta, dará como observaremos adelante una mejor comprensión de esta idea. Los resultados del análisis de conglomerados en la opción coeficientes de distancia practicado a los datos de la matriz 3, resumen la concentración proporcional de los minerales que ocurren en los diferentes grupos minerales (Fig. 4.44), aquí observamos las asociaciones de vidrio volcánico y plagioclasa, de calcita, biotita, biogénicos y otros minerales, todos con coeficiente de distancia menores a 4.88, mientras que el grupo de anfíboles, fragmento de roca, micrita y cuarzo sobresalen por abundancia proporcional con los coeficientes de distancia siguientes: 4.05, 6.48; 31.5 y 41.67 respectivamente.

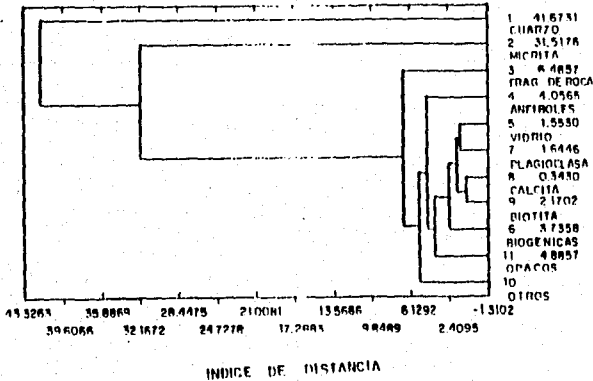


Figura 4.44: Dendrograma de coeficientes de distancia de los minerales determinados por mineralogía óptica. Presentados por especies minerales determinadas en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

Estos coeficientes han de interpretarse como los principales minerales asociados que ocurren en las muestras de sedimentos, mientras que el resto de las asociaciones que ocurren con menos frecuencia caracterizan las fuentes de procedencia de los sedimentos. Los resultados del análisis de conglomerados a la matriz 3 una vez que es transpuesta (datos del resultado del análisis de mineralogía óptica, donde las columnas son las estaciones de muestreo y los renglones los minerales), se exponen en el dendrograma de la figura 4.45.

El objeto de transponer la matriz 3 es poder observar las asociaciones espaciales que presentan los datos de las muestras de los sedimentos en función de su composición mineral. El análisis destacó asociaciones con coeficientes de correlación altos (0.82 el más bajo) para todos los datos de las muestras. Esto es claro desde los dendrogramas de coeficiente de distancia donde se destacan los minerales como el cuarzo, plagioclasa y micrita entre otros como los constituyentes minerales principales de los sedimentos. Ahora bien, las asociaciones más importantes las observamos en los minerales accesorios como los anfíboles, piroxenos y algunas plagioclasas.

Las asociaciones más importantes clasifican a 3 subpoblaciones de contenido mineral en función de la distribución espacial, a subpoblaciones del tamaño de los sedimentos v.gr el 3.00 ϕ con coeficiente de correlación de 0.98 donde quedan contenidas las muestras LV 2-3, 2-4, 3-3, 4-1 y 4-2, preferentemente estaciones que se localizan en la zona de rompiente y en el recinto de las escolleras. Otra asociación que presenta un alto valor en el coeficiente de correlación es la subpoblación del 2.75 ϕ , que coexiste con la subpoblación del 3.00 ϕ (ya que existen muestras de la misma estación pero con diferente ϕ) asociándose preferencialmente a las muestras que representan el 2.5 ϕ con valor de 0.99, para después asociarse a la subpoblación del 3.00 ϕ con 0.97, esta asociación también resalta la afinidad con las muestras de la zona de rompiente.

La tercera asociación importante se refiere a la del 2.25 ϕ , de las muestras LV 2-1 y 2-2 con un índice de correlación de 0.99. Esta asociación minimal diferencia la afinidad de los ϕ de menor valor con las muestras cercanas a la costa, como en la correlación de 0.82 que establece con la muestra LV 1-2. Una cuarta asociación que merece mención es la que se

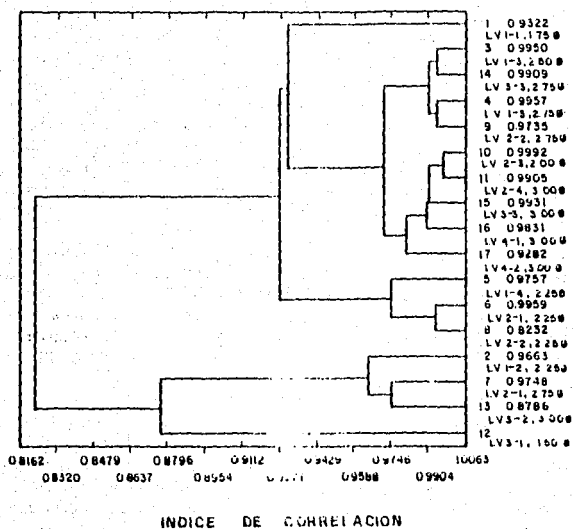
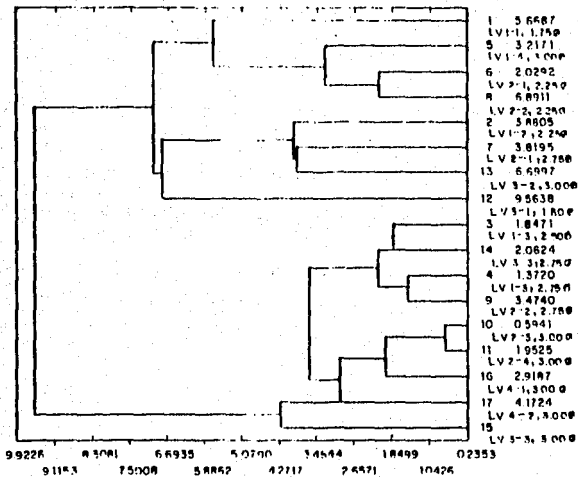


Figura 4.45: Dendrograma de coeficientes de correlación de las estaciones de muestreo en función de los minerales determinados por mineralogía óptica en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

presenta entre las muestras LV 2-1 y 3-2 y posteriormente con la muestra LV 1-2, los valores de correlación de estas asociaciones son de 0.97 y 0.96. De acuerdo con la tercera y cuarta asociaciones minerales de las muestras, observamos claramente dos tendencias espaciales de compatibilidad mineral: una referente a la tendencia de formar grupos minerales como LV 2-3, 2-4, 3-3, 4-1, y 4-2 en las muestras que se encuentran distantes a la costa, otra tendencia a formar grupos minerales similares en grupos de muestras que se distribuyen paralelamente a la costa como los que contienen las subpoblaciones del 2.75 y 3.00 ϕ y una tercera a formar grupos de afinidad mineral en las muestras conforme éstas se localizan cerca del recinto de las escolleras, ya que la tercera asociación comprende muestras que representan el 2.25, 2.75 y 3.00 ϕ , y consideran el total de los transectos costeros (Fig. 4.45).

La asociación de los tamaños de sedimento equivalente a 1.50 y 1.75 ϕ de las muestras LV 3-1 y 1-1 se relacionan espacialmente con los grupos minerales de estaciones cercanas, con índices de correlación de 0.87 y 0.93 respectivamente. Esto anterior refuerza la idea de la clasificación mineral de los minerales conforme aumenta la distancia de la costa, pudiéndose deducir también una tendencia hacia el recinto de las escolleras de la PNLV (Fig. 4.45).

El dendrograma de coeficientes de distancia para la matriz 4 se muestra en la figura 4.46. El resultado de este análisis destaca principalmente las asociaciones proporcionales de la ocurrencia de los minerales que se destacan en la matriz de correlación correspondiente, y resalta de nueva cuenta la asociación de los grupos de muestras que representan el tamaño del 3.0, 2.75, y 2.25 ϕ . Es importante destacar la tendencia de asociación que presenta el tamaño del 3.0 ϕ conforme disminuye la distancia al recinto de las escolleras de la PNLV, ya que los minerales que caracterizan la asociación espacial aumentan conforme disminuye la distancia a la costa, con los siguientes intervalos de asociación: 0.59, 1.95, 2.91 y 4.17 (Fig. 4.46).



INDICE DE DISTANCIA.

Figura 4.46: Dendrograma de coeficientes de distancia de las estaciones de muestreo en función de los minerales determinados por mineralogía óptica en los sedimentos costeros del Sitio Laguna Verde, Veracruz.

Capítulo 5

DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Sedimentos Costeros del Sitio Laguna Verde

5.1.1 Tamaño

De acuerdo con los resultados del tamaño de los sedimentos se observa que su variación espacial guarda paralelismo a la costa, y el tamaño de los sedimentos decrece conforme la distancia es mayor hacia la costa y hacia fuera de las escolleras de la PNLV. Si bien el tipo de distribución y gradiente de tamaño de los sedimentos es común para los dos resultados de los análisis estadísticos practicados, los valores son diferentes. De los resultados obtenidos del tratamiento estadístico de acuerdo con Folk y Ward (1957) se observa que, la distribución espacial de la media y la moda (Figs. 4.5 y 4.6) del tamaño de los sedimentos comprende valores de 2.25 a 2.75 ϕ . Mientras que la distribución espacial del *score* del primer componente presenta un gradiente de -11.0 a 35 upc, lo cual indica que el tamaño de la población de los sedimentos se distribuye espacialmente entre este rango de acuerdo con los valores del primer componente de la población de sedimentos del SLVV. El tamaño del sedimento y su representación proporcional relativa del gradiente del primer componente es de 6.00 y 0.5 ϕ , destacándose la proporción relativa de 3.00 ϕ con 1.75 ϕ por 0.3 ϕ upc. De acuerdo con ésto y considerando que el primer componente representa el 64.49 % del

total de la varianza, se observa que en el caso de la media y la moda sólo se distribuyen espacialmente estas clases texturales de los sedimentos que probablemente no sean representativos de la distribución de tamaños de los sedimentos de la población en el SLVV (las medias son producto de un cálculo aritmético y no la representación de la determinación del tamaño en el laboratorio).

La clasificación de los sedimentos o desviación normal calculada de acuerdo con el criterio de Folk y Ward (1957), se distribuyó espacialmente con una tendencia a decrecer de acuerdo a la lejanía de la costa y a la cercanía a las escolleras de la PNLV. La clasificación de los sedimentos esta dada por agentes dinámicos como en el caso de la zona de rompientes y el efecto de calma en las escolleras, permitiendo con esto, la incorporación de diferentes tamaños en esta zona.

El segundo de los componentes se distribuye espacialmente con un gradiente creciente de la zona de los espigones y recinto de las escolleras con tendencia hacia el suroeste de la zona de estudio, decreciente entre los transectos 2 y 3. Este componente contiene el 19.40 % del total de la varianza y representa la proporción relativa de arenas finas y limos. Por esta razón los valores del *score* son bajos en la zona de los espigones y recinto de las escolleras de la PNLV donde el grado de clasificación de los sedimentos es alto.

El tercer componente representa el 6.75 % de la proporción relativa de las arenas finas con arenas medias y limos-arcillas con arenas muy finas, sobresaliendo los limos medios de 6.00 ϕ y limos gruesos de 5.00 ϕ . La distribución espacial del *score* del tercer componente es norte sur presentando un gradiente creciente en un semicírculo al rededor de la zona de los espigones. Esta distribución obedece a la participación de los limos y arcillas del recinto de la escolleras y a la modificación que generan de los espigones en la distribución de los sedimentos costeros. Un tipo de distribución semejante a la que presenta el tercer componente se encontró en el grado de asimetría donde los valores decrecen conforme la distancia es mayor entre la zona de los espigones y el recinto de la escolleras de la PNLV.

La SEMAR (Secretaría de Marina) (1985) reportó datos de 13 muestras

de sedimentos costeros del SLVV las cuales se localizan en la parte norte del área de muestreo del presente trabajo. (la base de datos de esta información nos fue proporcionada por el personal del Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la PNLV), mismos que se trataron estadísticamente con ACP. El propósito de lo anterior fue comparar, y con esto discutir la distribución de tamaños en el SLVV bajo una visión multivariada.

- El primer componente de estos resultados tiene un valor de 595.65 que representa el 77.93 % del total de la varianza, su representación gráfica de las variables observó una clara dominancia de las variables del 3.00ϕ con 0.77 upc , La clase textural de las arenas muy finas presenta una proporción importante con las arenas finas y medias como de observo en la figura (Fig. 4.14).

La distribución espacial del primer componente es paralela a la línea de costa, presentando valores de -13.59, -6.00 a 56.98 en el extremo oriental, la distribución es muy parecida a la presentada en la figura 4.15, donde se exhibe la distribución del primer eigenvalor de las muestras recolectadas y analizadas en el presente reporte.

- El segundo componente de estos resultados tiene un valor de 105.17 que representa el 13.76 % del total de la varianza, su representación gráfica de las variables presentó una clara dominancia de la variable 3.5ϕ disminuyendo a 4.00 y $\geq 4.00 \phi$ en proporción relativa con la población de los sedimentos del 2.50 y 3.00ϕ (arenas finas).

La distribución espacial del segundo componente presentó una orientación perpendicular a la línea de costa donde los valores más bajos del segundo componente se localizan en las cercanías al recinto de las escolleras, aumentando conforme la distancia es menor a la desembocadura del Río Viejón. Esta distribución es muy parecida a la del segundo componente de los sedimentos analizados en este reporte (Fig. 4.17).

- El tercer componente tiene un valor de 35.70 que representa el 4.67%

del total de la varianza. La representación gráfica del tercer componente de las variables presentó una clara dominancia de los sedimentos con tamaño de 2.00ϕ y la presencia de arenas finas y muy finas en proporción con arenas medias y arenas muy gruesas. Esta representación es parecida a la del tercer componente de los sedimentos analizados en el presente trabajo (figura 4.18), sólo que no contempla la población de limos y se presenta sensiblemente sesgado, en casi 0.50ϕ , hacia las arenas gruesas.

La distribución espacial del tercer componente está caracterizada por una clara orientación SW-NE, los valores más bajos se encuentran en las proximidades de la descarga de la PNLV, incrementándose hacia el recinto de las escolleras. La distribución presentada difiere del tercer componente de los sedimentos aquí reportados, ya que en el análisis no se incorporaron los datos del recinto de las escolleras.

En el caso del segundo componente en las muestras de la SEMAR el análisis de componentes principales practicado no distingue más subpoblación de tamaños de los sedimentos refiriendo las variables del 3.50 y 4.00ϕ en proporción las arenas del 2.50 y 3.0ϕ . En el caso de las muestras estudiadas en el presente trabajo se distinguió una subpoblación importante de arenas finas, debido a que en los análisis de las muestras reportadas en el presente trabajo se separó mecánicamente con un tamizado cada cuarto de clase (0.25ϕ), por lo que el análisis de componentes principales pudo distinguir ésta y otras subpoblaciones. La distribución de los componentes cargados a las estaciones de muestreo son parecidos en los resultados de la SEMAR y del presente proyecto, en el caso de las muestras de la SEMAR no se distinguió el tamaño de los sedimentos 2.00ϕ pero sí la proporción relativa con arenas medias, cabe mencionar que la orientación de la distribución de este componente es parecida a la del presente trabajo. La diferencia fundamental entre las muestras de la SEMAR y del presente trabajo es que, en estas últimas se incluyeron los datos de los sedimentos del recinto de las escolleras. Los resultados obtenidos en los datos recolectados para el presente proyecto y los recolectados y analizados por la SEMAR muestran claramente que las arenas que tipifican el área de la Playa del Sitio Laguna Verde y hasta 5 metros de profundidad son las arenas del 3.00ϕ (arenas muy finas). La población de arenas observó una proporción

importante con las arenas muy finas y arenas medias del 2.00 y 1.75 ϕ respectivamente para los 2 análisis.

5.1.2 Materia orgánica

Los datos del porcentaje de materia orgánica obtenidos en el presente proyecto son parecidos a los que se reportaron en 1985 (Vidal, 1985a) para las muestras recolectadas y analizadas en el área de estudio donde se determinaron concentraciones 1.9 % en la boca del recinto de las escolleras, donde esta concentración se asocia a arenas muy finas de 3.75 ϕ , arenas de 2.50 ϕ y limos $\geq 4.00 \phi$; otros valores reportados son 2.5 % en el canal de descarga de la PNLV, 4.2 % en la desembocadura del Río Viejón y 3.6 % en la playa sumergida frente a la desembocadura del Río Viejón. Las distribuciones de materia orgánica antes mencionada y la presentada en el presente proyecto coinciden, no siendo mayor a 1.5 ó 1.75 % de materia orgánica entre la punta Villa Rica y el recinto de las escolleras; la concentración en el recinto de las escolleras es de 9.14 y 7.4 % (Fig. 4.33).

5.1.3 Carbonato de Calcio en los Sedimentos Costeros

Los resultados porcentuales del carbonato de calcio en los sedimentos costeros del SLVV reportados en el presente proyecto son concordantes con los datos de residuos insolubles (carbonato de calcio), analizados bajo la técnica de Ireland (1970) que reporta la Secretaría de Marina para las muestras de sedimentos del SLVV. Los resultados de estos valores son de 17.17 a 22.93 % de residuos insolubles en las estaciones próximas a la costa. Comparando estos resultados con los obtenidos en el presente proyecto de 17.79 a 19.43 % de carbonato de calcio para las proximidades de las estaciones cercanas a la costa.

5.2 Sedimentos de la Playa Villa Rica

En la Playa de Villa Rica se determinó que el tamaño de los sedimentos típicos en 1.75 ϕ , este tamaño de sedimento lo encontramos probablemente

debido a la morfología abierta que presenta la playa en comparación con la playa del SLVV. El ACP distinguió en proporción relativa las arenas medias de 2.75 ϕ , donde la proporción es casi uno, lo cual denota la coexistencia de las dos subpoblaciones de arenas mencionadas. En el ACP del segundo componente de los sedimentos de la Playa Villa Rica observamos que existe una proporción cercana a uno con las poblaciones de arenas finas y muy finas, y que reiteradamente aparece en el tercer componente, solo que en este caso marcando la presencia de arenas finas y muy finas en proporción con las arenas media y arenas finas.

5.3 Sedimentos de la Plataforma Continental del SLVV

La presencia del alto porcentaje de los sedimentos finos que aparecen en los resultados del ACP, se debe a que el análisis de pipeteo se limitó a muestrear el 9.00 ϕ , de tal forma que la información contenida en el 0.82 upc del primer componente comprende del 9.00 ϕ en adelante. El ACP practicado a estas muestras denota una población importante de limos de 6.00 ϕ que puede estar relacionada con la población de limos del recinto de las escolleras y con la subpoblación de 4.00 ϕ que resalta el segundo y tercer componente, así como con el de las vecindades del área de estudio, ya que, también se presenta en la muestra E-3 de los sedimento recolectados y analizados en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (Lecuanda y Ramos, 1985b). De acuerdo con el criterio de regionalización de Lecuanda y Ramos (1985b) nuestra área de estudio quedaría comprendida en los "tipos de sedimento" limos arenosos terrígenos (I.1), y lodos (III.4).

5.4 Composición Mineral de los Sedimentos

Los resultados obtenidos en este proyecto son comparables a los obtenidos en el área de estudio por Vidal en junio de 1985, donde se reportan los siguientes minerales: cuarzo, calcita, albita y magnetita para las muestras recolectadas en el área del SLVV. El carácter alcalino queda claro en las muestras recolectadas, tanto en el SLVV como al sur y norte de este, donde

un análisis cuantitativo de los sedimentos resulta en la muestra del SLVV la presencia de NaO (óxido de sodio) y ausencia de K_2O (óxido de potasio), en comparación con las muestras del norte y sur del SLVV.

Capítulo 6

CONCLUSIONES

6.1 Tamaño del sedimento

El tamaño de los sedimentos reportados corresponde a las arenas del tipo medio y fino de 2.00 ϕ a 3.00 ϕ , y sedimentos limo arenosos en el recinto de las escolleras. Los tamaños antes mencionados pueden considerarse como representativos del SLVV. El recinto de las escolleras es una zona de baja energía, dada la restricción que se presenta al oleaje y a la circulación costera, en ella encontramos un gradiente de tamaños que va de arenas a limo y arcillas. Esta gradación de tamaños se presenta desde la boca hasta la zona centro del recinto. La zona adyacente a la desembocadura del río Viejón presenta una clara influencia como aportador de sedimentos con tamaño superior al 2.00 ϕ .

6.2 Desviación estándar

El grado de clasificación de los sedimentos aumenta en dos sentidos: conforme la distancia es mayor hacia la costa y hacia la zona centro-norte, debido a los efectos de transporte derivados del oleaje. En la zona de las escolleras el grado de clasificación disminuye considerablemente. El grado de clasificación de los sedimentos en el recinto de las escolleras es menor debido al ingreso de partículas finas y gruesas en épocas de depósito, de tormenta

y de nortes. El bajo nivel de energía de transporte en esta zona permite el asentamiento de estas partículas, formando un gradiente de tamaños de finos a gruesos. El gradiente es positivo entre el centro y la boca del recinto de las escolleras.

6.3 Grado de Asimetría

En las muestras cercanas a la costa se presentó una tendencia creciente hacia los tamaños gruesos, mientras que en las estaciones alejadas de la misma la tendencia se perfiló hacia los tamaños finos, formando un gradiente positivo con el cual se denota la capacidad de carga de los agentes de transporte (oleaje).

6.4 Curtosis

La forma mesocúrtica así como una tendencia a las formas leptocúrticas se presentan en un gradiente positivo en los sedimentos conforme la distancia es mayor hacia la costa, lo cual sugiere que los procesos de selección de éstos son más eficientes conforme nos alejamos de la costa.

6.5 Materia orgánica

Los valores de materia orgánica son de 1.0 a 2.0 % para la zona costera del SLVV aumentando considerablemente en dos puntos: la desembocadura del río Viejón y en la zona de las escolleras. Los valores que se reportan son de 2.19 % en el primer caso y 9.14 % en el segundo. La materia orgánica es transportada vía ríos y corriente litoral, (así como la que es aportada por el drenaje de la Planta Nuclear Laguna Verde al recinto de las escolleras).

6.6 Carbonato de calcio

Se reportaron valores de 19.43 y 17.79 % que tipifican la línea de carbonato de calcio, a partir de este límite se presenta un gradiente negativo en la concentración de carbonato de calcio en dirección a la costa y mar adentro, la línea antes descrita caracteriza la zona de rompiente, la cual esta localizada parte sur y centro-norte del área de estudio, extendiéndose desde la playa hasta aproximadamente 450 metros mar adentro; el porcentaje de carbonato de calcio es de 7.79 % en la zona centro del recinto de las escolleras y de 10.39 % hacia la boca de éste.

6.7 Composición mineral

La procedencia de los sedimentos costeros del SLVV la encontramos en las rocas ígneas básicas y dioríticas que yacen en las proximidades de la zona costera. Su aporte lo realizan los ríos y corriente litoral, además de los minerales desintegrados *in situ* por acción de las olas en los acantilados adyacentes a la zona de estudio. Los grupos minerales que se identificaron son: cuarzo, plagioclasas alcalinas y calcoalcalinas, calcita, piroxenos, anfíboles, magnetita y mica.

Como resultado de estos análisis concluimos que las fuentes de procedencia de los sedimentos son de rocas basálticas de tendencia alcalina y dioritas, ya que en las principales asociaciones observadas aparecen siempre plagioclasas de intermedias a sódicas, con preferencia en las de tipo sódico, minerales como la riebeckita y apatita, que caracterizan la tendencia alcalina.

Otros elementos que nos permiten deducir la tendencia alcalina de las rocas fuente de los sedimentos es la baja asociación de la micrita y piroxenos y no con el cuarzo, la escasa presencia de la plagioclasa cálcica, la presencia de cuarzos de tipo volcánico angulosos con una cantidad considerable de inclusiones de óxido de hierro, además de la presencia de augita, hiperstenita y hornblenda como minerales accesorios de los sedimentos, presencia

de fragmentos de rocas volcánicas, de piroxenos y anfíboles que presentan formas de subhedrales a anedrales.

En el análisis mineral se detectó la tendencias de clasificación de los sedimentos de acuerdo con las asociaciones minerales y de acuerdo con el tamaño del sedimento. Los agrupamientos se refirieron con la lejanía de la costa y a la proximidad a las escolleras de la PNLV.

Finalmente, la correlación entre la asociación mineral y el tamaño de los sedimentos pudiendo se distinguir entre 2 y 3 subpoblaciones importantes de 3.0, 2.75 y 2.25 ϕ .

6.8 Comparación de tratamientos estadísticos

Como es claro en el trabajo aquí desarrollado existe una ventaja considerable al usar técnicas multivariadas en los tratamientos estadísticos de los datos granulométricos para el análisis e interpretación de información sedimentológica. Algunas de las ventajas que sobresalen en el estudio bajo un enfoque de población es el caso de los tamaños 3.00 y 6.00 ϕ en la zona costera del SLVV, en el recinto de las escolleras de la PNLV y a 100 metros de profundidad en la plataforma continental frente al SLVV respectivamente. El tratamiento no multivariado no destacó estos tamaños pudiendo ser los tamaños que tipifican la zona de estudio. Cabe mencionar que los tratamientos multivariados representan aspectos abstractos que debemos analizar e interpretar con el fin de darle una significancia a los fenómenos y procesos que acontecen en la naturaleza.

Bibliografía

- AGUAYO CAMARGO J. Y S. MARIN-CORDOVA (1987) Origen y evolución de los rasgos morfotectónicos Post-cretácicos de México. *Bol. Soc. Geol. Mex.* 48 (2): 15-37
- ALLEN, T. (1981) *PARTICLE SIZE MEASUREMENT* Chapman and Hall N. Y. 678 p.
- ANDERSON, T. W. (1958) *AN INTRODUCTION TO MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS* J. W. and S. 374 p.
- ANDERSON, T. h. AND V. A. SCHMIDT(1983) The evolution of middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean sea region during Mesozoic time. *GEOL. SOC. OF AM. BULL.* 94: 941-966.
- ANCELLIN, J. P., P.GUEGUENIAT Y P. GERMAIN (1979) *RA-DIOECOLOGIE MARINE* Editions Eyrolles, Paris. 256 p.
- ASTON, S. R. AND E. K. DUURSMA (1973) Concentration effects on Cs-137, Zn-65, Co-60, and Ru-106 sorption by marine sediments, with geochemical implications *NETHERLANDS JOURNAL OF SEA RESEARCH* 6, 225-240.
- BULLER, A. T., AND J. Mc MANUS (1979) Sediment Sampling and Analysis In: DYER, K. R. (ED.) *ESTUARINE HYDROGRAPHY AND SEDIMENTATION*, A handbook, Cambridge University Press N. Y. pp 87-130.
- CANTAGREL J. M. AND C. ROBIN (1979) K-Ar dating easter Mexican volcanic rocks-relations between the andesitic and the alkaline provinces. *J. OF VOLCANOLOGY AND GEOTHERMAL RESEARCH* 5: 99-114.
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD (1979) *INFORME AMBIENTAL*, Ingeniería Ambiental PNVL, Capítulo I, Sección 1.4, Hidrología.

- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD (1980) *FINAL SAFETY ANALYSIS REPORT*. 2. Comisión Federal de Electricidad.
- COOLEY, W. W. AND P. R. LOHNES (1971) *MULTIVARIATE DATA ANALYSIS* John Wiley and Sons Inc. N. Y. 364 p.
- DAVIS, J.C. (1970) Information Contained in Sediment-size Analysis. *MATHEMATICAL GEOLOGY*. 2 (2): 105-112.
- DAVIS, J.C. (1973) *STATISTIC AND DATA ANALYSIS IN GEOLOGY*. 1ra edition John Wiley and Sons. N. Y., 550 p.
- DAVIS, J.C. (1986) *STATISTIC AND DATA ANALYSIS IN GEOLOGY*. John Wiley and Sons. N. Y., 646 p.
- DEAN, W E Jr. (1974) Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *J. of SEDIMENTARY PETROLOGY*. 44 (1): 242-248.
- DEMANT, A. (1978) Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. *REVISTA INST. GEOLOGIA UNAM* 2 (2): 172-178.
- DEMANT, A. Y C. ROBIN (1975) Las fases del vulcanismo en México; Una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico. *REVISTA INST. GEOLOGIA UNAM* 75 (1): 70-83.
- DUURSMA, E. K., Y M. G. GROSS (1971) Marine Sediments and Radioactivity In: *RADIOACTIVITY IN THE MARINE ENVIRONMENT*, Natl. Acad. Sci. Washington D.C., pp 147-160.
- EISENBUD, M. (1987) *ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY FROM NATURAL, INDUSTRIAL, AND MILITARY SOURCES*. Academic Press Inc. N. Y. 475 p.
- FOLK, R. L. (1966) A review of grain-size parameters. *SEDIMENTOLOGY* 6: 73-93.
- FOLK, R. L. (1969) *PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS*. UNAM, México, 405 p.

- FOLK, R. L. and W. C. WARD, (1957) Brazos river bar, a study in the significance of grain-size parameters, *J. SED. PETR.* 27: 3-27.
- GALEHOUSE, J. S., (1971) Sedimentation analysis. In: Carver, R. E. (ed.) *PROCEDURES IN SEDIMENTARY PETROLOGY*. Wiley Interscience. N. Y. pp 69-94.
- GRANT GROSS, M. (1971) Carbon determination. In: Carver, R. E. (ed.) *PROCEDURES IN SEDIMENTARY PETROLOGY*. Wiley Interscience. N. Y. pp 573-596
- GRANT GROSS, M. (1972) Waste removal and recycling by sedimentary processes. In: RUIVO, M. (ED.) *MARINE POLLUTION AND SEA LIFE*, FAO pp 152-158.
- GORSUCH, R. L. (1963) *FACTOR ANALYSIS* Lawrence Erlbaum Associates Publishers N. Y. 425 p.
- HANSEN, A. M. (1985) *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE ^{110}Agm y ^{60}Co EN AMBIENTES COSTEROS*. Informe de avance proyecto 301-K4-MEX-3491 OIEA.
- HANSEN, A. M. (1989) *ADSORCION DE COBALTO EN SEDIMENTOS COSTEROS MARINOS: EVALUACION EXPERIMENTAL Y SIMULACION NUMERICA*. Tesis de doctorado en Ciencias del Mar UACPYP DEL CCH UNAM. 132 p.
- HETHERINGTON, J. A. and B. R. HARVEY (1978) Uptake of radioactivity by marine sediments and implications for monitoring metal pollutants. *MARINE POLLUTION BULLETIN*. 9: 102-106.
- INGRAM, R. L. (1971) Size Analysis. In: Carver, R. E. (ed.) *PROCEDURES IN SEDIMENTARY PETROLOGY*. Wiley Interscience. N. Y. pp 49-68.
- INMAN, D. L. (1952) Measures for describing the size distribution of sediments, *JOURNAL OF SEDIMENTARY PETROLOGY*, 22: 125-145.

- JEFFERIES, D. F. (1968) Fission product radionuclides in sediments from the North-East Irish Sea. *HELGOLANDER WISS. MEERESUNTERS* 17; 280-290.
- KACHIGAN, S. K. (1986) *STATISTICAL ANALYSIS AN INTERDISCIPLINARY INTRODUCTION TO UNIVARIATE AND MULTIVARIATE METHODS* Radius Press N. Y 589 p.
- KILLEY, R. W. D., J. O. McHUGH, D. R. CHAMP. E. L. COOPER, AND J. L. YOUNG (1984) Subsurface Cobalt-60 migration from a low-level waste disposal site. *ENVIRON. SCI. TECHNOL.*, vol. 3, pp 148-157.
- LE MAITRE, R. W. (1982) *NUMERICAL PETROLOGY* Elsevier Publ. Co. Amsterdam 281 p.
- LECUANDA, C.R. y RAMOS, L.F. (1985a) Análisis en muestras de sedimentos: *REPORTE PROGMEX-1.03.83*, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología 147 p. (inédito).
- LECUANDA, C.R. y RAMOS, L.F. (1985b) Distribución de sedimentos en el Sur del Golfo de México. *INFORME TECNICO 2 LABORATORIO DE SEDIMENTOLOGIA ICML-UNAM.*
- LUHR, J. F. AND I. S. E. CARMICHAEL (1985) Contemporaneous eruptions of calc-alkaline and alkaline magmas along the volcanic front of the Mexican Volcanic Belt. *GEOFISICA INTERNACIONAL* 24 (1): 200-216.
- MALPICA-CRUZ, V. M. (1987) Los rasgos neotectónicos en la costa central del Estado de Veracruz: *INSTITUTO DE GEOLOGIA, SEGUNDO SIMPOSIO DE GEOLOGIA REGIONAL DE MEXICO UNAM*, México, D.. F. pp 38-40.
- MALPICA-CRUZ, V. M. (1988) Proceso de fosilización de manglares asociados a una zona neo tectónica en la costa central de Veracruz. *REV. DEL INSTITUTO DE GEOLOGIA* 7 (1): 123-124.
- MALPICA-CRUZ, V. M. Y L. SILVA-MORA (EN PRENSA) Dinámica litosférica en el extremo oriental de la Faja Volcánica Transmex-

icana. *MEMORIAS DE INOVACIONES TECNOLOGICAS DE LA ACADEMIA MEXICANA DE TECNOLOGIA* México, D.. F.

- Mc BRIDE, E. F. (1971) Mathematical treatment of size distribution data. In: Carver, R. E. (ed.) *PROCEDURES IN SEDIMENTARY PETROLOGY*. Wiley-Interscience. N. Y. pp 109-128.
- Mc CAMMON, R. B. (1962) Efficiencies of percentile measures for describing the mean size and sorting of sedimentary particles. *J. GEOL.* 70: 453-465.
- Mc KAY, W. A. AND M. S. BAXTER (1985) The partitioning of Sellafield-derived radiocaesium in Scottish coastal sediments. *JOURNAL ENVIRON. RADIOACTIVITY*. 2: 93-114.
- MOORBATH, S., R. S THORPE, I. L. GIBSON (1978) Strontium isotope for petrogenesis of Mexican andesites. *NATURE* 271: 437-439.
- MOORE, G. W. AND L. DEL CASTILLO (1974) Tectonic evolution of the Southern Gulf of Mexico. *GEOL. SOC. OF AM. BULL.* 85: 607-613.
- MOOSER, F. (1972) The Mexican Volcanic Belt: Structure and tectonics. *GEOFISICA INTERNACIONAL* 12 (2): 55-60.
- MOOSER, F. AND S. SOTO (1980) *GEOLOGY OF LAGUNA VERDE* Volumen 1-3. Comisión Federal de Electricidad, México D.. F.
- MOLERO, J.M., et. al. (1988) An investigation on the dynamic behaviour of a nuclear power plant coolant water discharge into the sea. *JOINT OCEANOGRAPHIC ASSEMBLY*. poster 0343.S1 agosto de 1988.
- MURRAY, C. N. AND L. MURRAY (1973) Adsorption-desorption equilibria of some radionuclides in sediment-fresh-water and sediment-seawater system. *PROCEEDINGS SERIES RADIOACTIVE CONTAMINATION OF THE MARINE ENVIRONMENT*, Proceedings of a symposium on the interaction of radioactive contaminants with the constituents of the marine environment held by IAEA USA 10-14 july 1972 pp 105-124. Vienna.

- NEGENDANK, J. F. W., R. EMMERMANN, R. KRAWCZYK, F. MOOSER, H. TOBSCHALL, D. WERLE (1985) Geological and geochemical Investigations on Eastern Transmexican Volcanic Belt. *GEOFISICA INTERNACIONAL* 24 (4): 477-575.
- NEGENDANK, J. F. W. et al. (1989) Subduction related magmatism in Southern Mexico since cretaceous times. *BOL. UNION GEOFISICA MEXICANA* Epoca 2, número extraordinario, UAEM: 184.
- O'CONNOR, D. J. AND J. P. CONNOLLY (1980) The effect of concentration of adsorbing solids on the partition coefficient. *JOURNAL WATER RESEARCH*, vol. 14, pp 1517-1523.
- OKUDA, T. (1964) Some problems for the determination of organic carbon in marine sediments. *BOL. INST. UNIV. ORIENTE* 3 (1/2): 106-117.
- PADILLA, R. J. Y SANCHEZ (1966) Post-Paleozoic tectonics of Northeast Mexico and its role in the evolution of the Gulf of Mexico. *GEOFISICA INTERNACIONAL* 25 (1): 157-206.
- PAEZ-OSUNA F., M. L. FONG-LEE Y H. FERNANDEZ-PEREZ (1984) Comparación de tres técnicas para analizar materia orgánica en sedimentos. *NOTA CIENTIFICA. AN. INST. CIENC. DEL MAR Y LIMN. UNAM* 11 (1): 257-264.
- PAL, S., M. LOPEZ M., J. PEREZ R., D. J. TERRELL (1978) Magma characterization of the Mexican Volcanic Belt (Mexico). *BULL. VOLCANOL.* 41 (4): 379-389.
- PILLAI (1978) Aquatic pollution by radioactive substances. In: *Lectures Fifth FAO/WORKSHOP ON AQUATIC POLLUTION IN RELATION TO PROTECTION OF LIVING RESOURCES*. Scientific and Administrative FAO.
- RICE, T. R., J. P. BAPTIST, F.A. CROSS AND T. W. DUKE (1972) Potential hazards from radioactive pollution of estuary. In: RUIVO, M. (ED.) *MARINE POLLUTION AND SEA LIFE*, FAO pp 272-276.

- ROBIN, C. (1982) MEXICO, IN: THORPE, R. I. (ed), *ANDESITES* John Wiley and Sons pp 137-147.
- ROBIN, C. ET E. NICOLAS (1978) Particularités géochimiques des suites andésitiques de la zone orientale de l'axe trans-Mexicain, dans leur contexte tectonique. *BULL. SOC. GEOL. FRANCE* 7 T-XX (2): 193-202.
- RODRIGUEZ ESPINOSA, P.F. (1985) *REPORTE CREDITOS DE CRUCERO DEL SEMESTRE 85-2 de 1985*, UACPyP del CCH UNAM (inédito).
- RODRIGUEZ ESPINOSA, P.F. (1986) *CARCTERIZACION DISTRIBUCION Y ORIGEN DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS DEL SITIO LAGUNA VERDE, VERACRUZ*. Reporte de Problemas de Investigacion de 1986 UACPyP del CCH UNAM (inédito).
- RODRIGUEZ ESPINOSA, P.F. et., al. (1988) A characterization of coastal sediments for kinetic adsorption studies of industrial waste water discharges into surface coastal waters in Veracruz, México. *JOA poster 0346.S1* agosto de 1988.
- ROYSE, Ch. F. (1970) *AN INTRODUCTION TO SEDIMENT ANALYSIS*. Evergreen College Olympia Washington.
- SHACLEY, M. L. (1975) *ARCHEOLOGICAL SEDIMENT A SURVEY OF ANALYTICAL METHODS*. Butter Worts. London and Boston. 159 p.
- SHURBET, D. H. AND S. E. CEBULL (1984) Tectonic interpretation of the Trans-Mexican Volcanic Belt *Tectonophysics* 101: 159-165.
- SILVA-MORA, L. (1986) Reflexiones sobre la evolución del Eje Neo Volcánico Transmexicano. *INSTITUTO DE GEOLOGIA, PRIMER SIMPOSIO DE GEOLOGIA REGIONAL DE MEXICO* UNAM, México, D., F. pp 42-43.
- SORENSEN, H. (1974) Origin of the alkaline rocks- A summary and retrospect. In: SORENSEN, H. (ed) *THE ALKALINE ROCKS* John Willey and Sons pp 535-539.

- THORPE, R. S. (1977) Tectonic significance of alkaline volcanism in Eastern México. *Tectonophysics* 40: 119-126.
- TORRES-RODRIGUEZ, V., R. MARTINEZ SERRANO Y L. SILVAMORA (1988) Interpretación de las características geoquímicas de la parte Oriental de la Faja Volcánica Transmexicana. *GEOTERMIA. REVISTA MEXICANA GEOENERGIA* 4 (3): 139-193.
- TORRES-RODRIGUEZ, V., R. MARTINEZ SERRANO, I. S. GONZALEZ-HUESCA Y H. MARTÍÑON-GARCIA (1989) El Límite Oriental de la Faja Volcánica Transmexicana. *LITOSFERA* 2 (1): 3-16.
- VIDAL, V.M. (1985a) Estudio del Comportamiento de Ag-110 y Co-57 en Ambientes Costeros. *INFORME DE AVANCE No 1. CONACYT.*
- VIDAL, V.M. (1985b) Estudio del Comportamiento de Ag-110 y Co-57 en Ambientes Costeros. *INFORME DE AVANCE No 2. CONACYT.*
- VIDAL, V.M. (1986) Estudio del Comportamiento de Ag-110 y Co-57 en Ambientes Costeros. *INFORME DE AVANCE No 3, CONACYT.*
- VIDAL, V.M., F. VIDAL, J.M. PEREZ-MOLERO Y L. ZAMBRANO (1985a) Modelación hidrodinámica de descargas de agua de enfriamiento al mar provenientes de centrales de potencia costera. *MEMORIAS DE LA XXV CONVENCION NACIONAL DEL INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUIMICOS- PROGRAMA GENERAL SECCION TECNICA 5 FENOMENOS DE TRANSPORTE*. p. 81 S.L.P., México.
- VIDAL, V.M., F. VIDAL, J.M. PEREZ-MOLERO, R. ANAYA Y L. ZAMBRANO (1985b) Distribución Espacial Costera de los Radionúclidos Contenidos en la Descarga del Agua de Enfriamiento de la Central Laguna Verde. *INFORME FINAL PROYECTO 1699-III*. Informe final, Dpto. Ing. Ambiental PNLV-CFE.
- VIDAL, V. M., F. VIDAL, J.M. PEREZ-MOLERO Y A. JACKMAN (1985c) modelaciones hidrodinámicas del comportamiento de las descargas superficiales y costeras al medio marino de la central de

potencia y del río Cazones, Veracruz, IIE/13/1925/01/F, 38 páginas
71 figuras.

- VIDAL, V.M. , F. VIDAL, J.M. PEREZ-MOLERO Y L. ZAMBRA-
NO (1984) Estudio de la Distribución Térmica y Dinámica Costanera
de la Descarga al Medio Marino del Agua de Enfriamiento de la Cen-
tral Nuclear Laguna Verde. *INFORME FINAL* proyecto 1699-IIE.
- YODER, H. S. Jr. AND C. E. TILLEY (1962) Origin of basalts mag-
mas: An experimental study of natural and synthetic rock systems.
J. OF PETROLOGY 3 PART 3: 342-532.