



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**CANTILES EN LA ZONA DE EL SAUZAL DE RODRIGUEZ:
PERFILES, PROCESOS Y PROBLEMAS.**

TESIS

Que para obtener el título de

OCEANOLOGO

presenta

ROSANA RAMOS OLVERA

RESUMEN

Los cantiles de El Sauzal de Rodríguez se encuentran en un estado de inestabilidad debido a varios factores, en el presente trabajo no se precisa cual de ellos es más importante ni su intensidad, sin embargo se clasificaron como activos, en las categorías de mediano a muy alto riesgo, dominados por procesos marinos y/o sub-aéreos, su homogeneidad litológica y los factores inducidos por la presencia de los residentes en la zona. Los datos y observaciones utilizados fueron tomados en el campo y se realizó el análisis granulométrico en el laboratorio de las muestras tomadas; a partir de esto, se elaboraron tablas de descripción de las características y condiciones de los cantiles y muros evaluados, y mapas de ubicación de los factores que representan riesgo para los residentes. En cuanto a la consulta pública para conocer la actitud de los residentes, se aplicó un cuestionario a 17 de ellos; se encontró que las opiniones están divididas en dos grupos, quienes están interesados en proteger y conservar los cantiles y los que no están interesados en involucrarse en ningún método o programa. En general los residentes están dispuestos a cooperar siempre y cuando no tengan que invertir dinero y no piensan que exista relación entre la erosión por procesos marinos, sub-aéreos, la homogeneidad litológica y los factores inducidos.

CANTILES EN LA ZONA DE EL SAUZAL DE
RODRIGUEZ:
PERFILES, PROCESOS Y PROBLEMAS

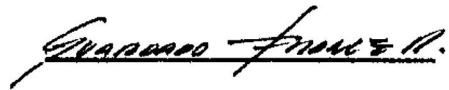
TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

ROSANA RAMOS OLVERA

APROBADA POR



PRESIDENTE DEL JURADO
OC. RIGOBERTO GUARDADO FRANCE



SINODAL PROPIETARIO
OC. RAFAEL BLANCO BETANCOURT



SINODAL PROPIETARIO
OC. RAFAEL GARCIA KRASOVSKI

ENSENADA, B.C., A 26 DE NOVIEMBRE DE 1993

AGRADECIMIENTOS

**A DIOS: POR SER LA FORTALEZA DE MI VIDA Y LA FUERZA DE MI SALVACION,
"NO TEMAS, PORQUE YO ESTOY CONTIGO; NO DESMAYES, PORQUE YO SOY TU DIOS QUE TE ESFUERZO; SIEMPRE TE AYUDARE, SIEMPRE TE SUSTENTARE CON LA DIESTRA DE MI JUSTICIA". ISAIAS 40:10**

A RIGOBERTO GUARDADO FRANCE, mi amigo y asesor, gracias por la idea de este trabajo, el tiempo que me dedicaste y tu apoyo

AL LOS OC. RAFAEL BLANCO BETANCOURT Y RAFAEL GARCIA KRASOVSKI, por compartir su experiencia conmigo

AL ING. JORGE LEDEZMA V. Y AL OC. OSCAR GONZALEZ Y., por todas la veces que hicieron obedecer a la computadora, su amistad y estos meses de gran pachanga!!

A MIS TIOS ROBERTO Y CUQUITA, por su gran cariño sincero y desinteresado

A MARCOS PAULO GONZALEZ OTERO en verdad: gracias! por brindarme tu apoyo, sigue siendo así, eso recompensa lo que el dinero no puede pagar. Que Dios te bendiga y prospere siempre.

A LAS FAMILIAS LUGO YURIAR, NAVARRO VALDES, ENCINAS CAMARENA, por ser parte de la aventura y mi familia, A MI HERMANA JACK Y A MIS AMIGAS ARMIDA, EUNICE, NORA, LETY

A MIS AMIGOS DE LA ESCUELA: Rafaela, Karina, Manolo, Esther, Martha, Vidal, Conal, Coco; Juan Antonio Delgado y Luis Guzmán los fotógrafos. AL GRUPO DE LOS OCHO: Dejo aquí un recuerdo de cada uno de ellos con gran afecto y extrañándolos; Karina, Martín, Mario, Paco, Gustavo, Ramón, Crisanto

Y A TODOS LOS QUE DIOS PUSO EN MI VIDA PARA LLEGAR HASTA AQUI Y HACERME RECONOCER UNA VEZ MAS QUE SU PRESENCIA INUNDA MI VIDA Y QUE POR EL HE LOGRADO TODO.

OH JEHOVÁ. TÚ ME HAS EXAMINADO Y CONOCIDO... HAS ESCUDRIÑADO MI ANDAR Y MI REPOSO. Y TODOS MIS CAMINOS TE SON CONOCIDOS. PUES AÚN NO ESTÁ LA PALABRA EN MI LENGUA. Y HE AQUÍ. OH JEHOVÁ TÚ LA SABES TODA...SI TOMARE LA ALAS DEL ALBA Y HABITARE EN EL EXTREMO DEL MAR. AUN ALLÍ ME GUIARÁ TU MANO. Y ME ASIRÁ TU DIESTRA...PORQUE TÚ FORMASTE MIS ENTRAÑAS. TÚ ME HICISTE EN EL VIENTRE DE MI MADRE. TE ALABARÉ PORQUE FORMIDABLES. MARAVILLOSAS SON TUS OBRAS, ESTOY MARAVILLADO Y MI ALMA LO SABE MUY BIEN... MI EMBRION VIERON TUS OJOS. Y EN TU LIBRO ESTABAN TODAS AQUELLAS COSAS QUE FUERON LUEGO FORMADAS. SIN FALTAR UNA DE ELLAS. ¡CUÁN PRECIOSOS ME SON. OH DIOS. TUS PENSAMIENTOS! ¡CUÁN GRANDE ES LA SUMA DE ELLOS! SI LOS ENUMERO. SE MULTIPLICAN MÁS QUE LA ARENA, DESPIERTO. Y AÚN ESTOY CONTIGO. SALMO 139:1-18

DEDICATORIA

A OLGA Y MARCELINO: Por compartir conmigo el plan de amor y de paz que Dios ofrece a través de su Hijo Jesucristo, mi Señor y Salvador; y ser el ejemplo claro de que con sólo depositar mi confianza en El, esta verdad incomparable puede ser una realidad cotidiana en mi vida y llevarme de victoria en victoria hasta el día en que pueda reunirme con El y ver su gloriosa presencia por la eternidad.

... JESUS LE DIJO. YO SOY LA RESURRECCION Y LA VIDA, EL QUE CREE EN MI, AUNQUE ESTE MUERTO, VIVIRA.

JUAN 11:25

A FEBE, CALEB OTONIEL, EUNICE, JAIME.

...Y A AQUEL QUE ES PODEROSO PARA HACER TODAS LAS COSAS MUCHO MAS ABUNDANTEMENTE DE LOS QUE PEDIMOS O ENTENDEMOS. SEGUN EL PODER QUE ACTUA EN NOSOTROS.

A EL SEA LA GLORIA EN LA IGLESIA EN CRISTO JESUS POR TODAS LAS EDADES, POR LOS SIGLOS DE LOS SIGLOS. AMEN.

EFESIOS 3:20/21

INDICE

RESUMEN	I
APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDECATORIA	IV
INDICE	V
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABLAS	VII
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES GENERALES	5
ANTECEDENTES PARTICULARES	6
OBJETIVO	8
LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	9
METODOLOGIA	10
RESULTADOS	16
DISCUSIONES	24
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFIA	32
RECOMENDACIONES	34

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.- Mapa de localización de la zona de estudio
- Figura 2.- Mapa de ubicación de los cantiles
- Figura 3.- Mapa de ubicación de muros
- Figura 4.- Mapa de porcentajes de arenisca en los cantiles
- Figura 5.- Mapa de porcentajes de lutita en los cantiles
- Figura 6.- Mapa de porcentajes de conglomerado en los cantiles
- Figura 7.- Mapa de porcentajes de terrígenos en los cantiles
- Figura 8.- Mapa de la resistencia de los cantiles
- Figura 9.- Mapa de la clasificación de los cantiles
- Figura10.- Mapa de presencia / ausencia de los factores que representan riesgos en los cantiles y muros
- Figura11.- Mapa de los factores totales presentes en la zona de estudio
- Figura12.- Mapa de los intervalos utilizados para establecer zonas de riesgo
- Figura 13.-Mapa de las categorías de riesgo para la zona de estudio
- Figura14.-Mapa de ubicación de los procesos erosivos dominantes, comportamiento de la erosión y retroceso de la línea de costa

Figura 15.-Clasificación de los cantiles de acuerdo a Emery y Kuhn,
1982

Figura 16.- Clasificación de los cantiles activos de la zona de estudio

LISTA DE TABLAS

Tabla I.- Granulometría de los cantiles muestreados

Tabla II.- Descripción de los cantiles de la zona de estudio

Tabla III.- Descripción de los muros de la zona de estudio

Tabla IV.- Porcentajes de las zonas de riesgo

Tabla V.- Resultados de las encuestas aplicadas a los residentes
de la zona de estudio

INTRODUCCION

Los cantiles marinos son pendientes abruptas que bordean las costas, su inclinación los hace parecer muy angostos vistos de planta; se encuentran en aproximadamente el 80% de las costas del mundo y en todas latitudes (Emery, K. O. y Kuhn, G.G., 1982).

Debido a que la mayoría de las ciudades cercanas a la costa se establecieron en planicies costeras o deltas, los cantiles rara vez se contemplan en los desarrollos urbanos o industriales. Aún cuando estén rodeados por zonas urbanas, su abrupta topografía no permite el desarrollo de zonas habitacionales. Durante las últimas décadas se ha incrementado la construcción de casas en zonas de cantiles, con los respectivos riesgos que trae esta acción. A pesar de esto, y debido al bajo valor de las propiedades en esta zona, los cantiles no habían sido objeto de estudios geológicos intensivos como sucede con los procesos de acreción y erosión en las playas. Muchos de los estudios, en el caso de los cantiles, sólo están enfocados al desarrollo y clasificación de los estadios morfológicos de las costas, como los de Johnson en 1919 y 1925 (Emery, K.O. y Khun, G.G., 1982).

En las últimas décadas, los cantiles han recibido una creciente atención desde el punto de vista ingenieril, enfocados a reducir el daño por movimientos de masa asociados a la construcción de carreteras y zonas habitacionales. De cualquier modo, los estudios son locales e intentan aclarar algún aspecto en particular, casi siempre relacionado con la erosión marina. Uno de los primeros estudios que se realizan cuando se

trabaja con cantiles, es su descripción local y después su clasificación, tomando en cuenta las características dadas en las descripciones; de acuerdo a Emery, K.O. y Khun, G.G., 1982, los cantiles pueden estar en uno de los siguientes estadios de actividad: a) Activos, presentan una base rocosa expuesta por el continuo retroceso bajo la influencia de los agentes y procesos marinos y subaéreos; b) Inactivos, están cubiertos, sobre todo en la base por un depósito de sedimento cuya pendiente varía entre 25° y 30° y comunmente tienen vegetación, inclusive árboles; c) Antiguos, son cantiles que ya no están influenciados por agentes marinos y la erosión sub-aérea redondea su superficie depositando el material en la base.

Los perfiles activos parecen estar controlados principalmente por dos agentes y tres características de los materiales que los componen. Los dos agentes son la erosión marina y la sub-aérea. La erosión marina esta acompañada en la base del cantil por abrasión (incrementada principalmente, por el efecto abrasivo de arenas y gravas que son transportadas en suspensión), actividad biológica, disolución por el agua de mar y la extracción de bloques. La erosión sub-aérea, se da en forma de pequeñas cuencas de drenaje por las que escurre el agua de las lluvias y provoca desplomes y otros movimientos de masa inducidos (Sharpe, 1938): el agua que se percola aumenta el peso del suelo y provoca un aumento de la presión, que a su vez, expande minerales arcillosos que actúan como lubricantes (Emery, K.O. y Khun, G.G., 1982).

Además de los procesos anteriores, los asentamientos humanos también forman parte de la problemática, pues representan un sobrepeso

en la zona, desestabilizando no sólo el terreno cuando se urbaniza el lugar, sino también su vegetación, cuyas raíces le dan consistencia al depósito; quizá el problema más importante, sean las descargas de aguas residuales que mantienen ^{constantemente} húmedo el suelo. Por otra parte, las características de las rocas que controlan la actividad de los cantiles son: la homogeneidad litológica, la actitud de las capas y la topografía que los circunda (Emery, K.O. y Khun, G.G., 1982).

Debido a lo expuesto anteriormente, ha aumentado la necesidad de proteger los desarrollos urbanos, turísticos e industriales que están en zonas de riesgo y se han desarrollado diferentes métodos de protección.

Actualmente, existen tres alternativas para solucionar el problema de la erosión costera: 1) Estabilización rígida; 2) Estabilización suave y 3) Reubicación de construcciones. La estabilización rígida se refiere a la construcción de estructuras permanentes y rígidas en un lugar fijo, por definición pueden ser perpendiculares a la línea de costa como los espigones, y paralelas y construidas en la playa como las paredes o revestimientos. La estabilización suave se refiere a la realimentación de playas, es decir, restaurar la playa. La reubicación se refiere al movimiento de las estructuras construidas a la par del retroceso de la línea de costa. La respuesta tradicional a los problemas de erosión costera ha sido la estabilización rígida; su objetivo, es preservar las propiedades y estructuras que se encuentren atrás de la línea de costa. La utilidad de una estructura de protección radica en su habilidad para reducir el efecto del oleaje y minimizar o detener el retroceso de la línea de costa (Pilkey, O.H. y Wright III, H.L., 1990).

Las estructuras de protección varían considerablemente en costo, tamaño, efectividad, y tiempo de vida útil, existen ejemplos de estructuras que no han resistido el impacto del oleaje, que han sido ineficientes o con vida útil muy corta, pero también hay estructuras que han vivido más de 60 años. De cualquier manera, todas las estructuras de protección, ante un rápido proceso de erosión, fallarán eventualmente bajo el impacto del oleaje; aún hasta la mejor diseñada, especialmente si no ha recibido el mantenimiento adecuado, una vez que su tiempo de vida se ha cumplido; aunque los inversionistas no logran comprenderlo. La inversión de mucho dinero no es garantía de protección duradera y ni a corto plazo. La frecuencia de exposición a marea alta y oleaje de tormentas, la presencia o ausencia de una playa protectora, la resistencia del cantil a la erosión, la profundidad de la roca debajo de la playa, así como el diseño específico y criterios de construcción son factores que influirán en la efectividad de una estructura (Griggs, G.B. y Fulton-Bennett, K., 1988); como es el caso de las obras de protección que se encuentran en la zona de El Sauzal de Rodríguez, un centro urbano e industrial, cuya densidad de construcción ha aumentado con la construcción de nuevos edificios, de manera que algunos de ellos están en zonas donde pueden sufrir daños o pérdidas debido a factores que están afectando no sólo las construcciones sino los terrenos vacíos; la intensidad con que afectan cada uno de ellos no se analiza en este trabajo, sin embargo el hecho de que en la misma área se encuentren presentes más de uno de ellos significan problemas, que ya se están apreciando en algunos lugares. Aunque muchos de sus habitantes se muestran indiferentes al retroceso de la línea de costa y los

factores de riesgo sobre los que tienen sus propiedades, otros están tomando conciencia de la necesidad de protección, y ya construyeron muros, que atenúan los efectos de los procesos erosivos marinos y sub-aéreos que los afectan, sin embargo, no son eficientes o no han tenido el mantenimiento necesario y empiezan a presentar problemas, algunos ya se han derrumbado y otros tienen serios problemas, una parte de la población ha empleado otros métodos de protección y están buscando la manera de construir su propio muro aunque las opiniones sobre quién debe pagar los gastos derivados de la conservación y protección de esta zona se encuentran divididas.

ANTECEDENTES GENERALES

En 1979, Dolan et-al., describen el método gráfico para establecer la razón de retroceso promedio a partir de fotografías aéreas, aplicado a la costa media del Atlántico en Estados Unidos.

En 1982, Emery, K.O. y Kuhn, G.G., elaboran una clasificación para cantiles tomando en cuenta los agentes erosivos y las características de los materiales que los componen, concluyendo que pueden ser activos, inactivos o antiguos.

En 1988, Griggs, G.B., y Fulton-Bennett, K., analizaron las ventajas y problemas comunes en los muros y muros con rip-rap; y concluyeron que los muros cóncavos en su parte superior son los más eficientes para minimizar el rebase de las olas en la costa central de California, Estados Unidos.

En 1988, Ives, S.M., y Furuseth, O.J., en su trabajo sobre la respuesta de dos comunidades de Carolina del Norte en Estados Unidos, desarrollaron un cuestionario para conocer el punto de vista de la población con respecto a la participación del gobierno y los problemas que tienen por los procesos erosivos que sufren.

En 1990, Dilley, R., y Rasid, H., encontraron que dos tercios de los propietarios de las costas del Lago Superior en Canadá, sufren los efectos de la erosión, y que su reacción ha sido tolerar el problema o confiarse de las medidas de protección de muy bajo presupuesto.

En 1990, Pilkey, O., y Wright III, H., realizaron un estudio sobre el efecto erosivo o pasivo de la construcción de muros para las costas de Estados Unidos.

En 1990, Terchunian, A.V., en su trabajo sobre la coexistencia de muros y playas, hace un análisis cualitativo de las características de los muros y su impacto en la costa.

En 1991, Alveirinho, J.M., y Neal, W.J., clasifican los cantiles de la zona de Algarvae, Portugal; de acuerdo a su estado de actividad y concluyen que la razón de retroceso no sólo depende de los procesos naturales, sino de los inducidos por las personas que visitan la zona.

ANTECEDENTES PARTICULARES

En 1968, Duffet, N.W., propone que el arroyo El Sauzal es el principal abastecedor de arena a las playas ya que es el único que presenta clastos

En 1971, Alvarez Sánchez, G., en su estudio sobre medición de corrientes superficiales en la Bahía de Todos Santos, encontró que, en general, el agua entra por el Norte de la Bahía y propone que la corriente de deriva viaja hacia el interior de la misma en forma paralela a la costa; y en 1977, estudiando los vientos en la misma zona, encontró que su dirección predominante es NW, su velocidad de 8 nudos y que durante la noche invierten su sentido.

En 1979, Pavía, en su trabajo sobre Brisas en la Bahía de Todos Santos, demostró la existencia de una brisa marina bien definida de dirección SW.

En 1981, Baca, Chacón., al hacer un estudio sobre procedencia de minerales pesados encontrados en la Bahía de Todos Santos, concluye que sus fuentes, son los arroyos que drenan en época de lluvias la cuenca de drenaje de Ensenada y sus alrededores.

En 1983, Aranda Manteca, determina la dirección del transporte litoral en la Bahía de todos Santos por medio del estudio de minerales pesados como trazadores de la corriente, concluyendo que existe una corriente de Norte a Sur en el extremo Norte de la Bahía, y Sur a Norte en el extremo Sur.

En 1983, Avila Serrano, Determina el volumen de sedimento aportado por los arroyos El Carmen, Ensenada, El Gallo, San Carlos y Las Animas, el cual es mayor en las cuencas San Carlos y Las Animas.

En 1988, El Instituto de Investigaciones Oceanográficas, presenta un reporte mensual de la estadística mensual de oleaje, como parte de los proyectos de investigación sobre "El comportamiento del oleaje en

las costas de Baja California y Mar de Cortéz" y "Climatología del oleaje y dinámica de las costas de Baja California".

OBJETIVO

Establecer la situación que presentan los cantiles de la zona costera de el Sauzal de Rodríguez, en función de su composición litológica, obras de protección, y la actitud que mantienen sus residentes ante esta problemática.

LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Sauzal de Rodríguez es un poblado que se encuentra localizado entre los $31^{\circ} 53' 25''$ y $31^{\circ} 53' 4''$ de latitud Norte y $116^{\circ} 32' 39''$ y $116^{\circ} 41' 27''$ de longitud Oeste; en la Península de Baja California, aproximadamente a 4 km al norte del Puerto de Ensenada, entre el poblado San Miguel y Punta Morro (Fig. 1).

Esta asentada sobre terrazas de origen marino, constituidas por depósitos sedimentarios Post-Batolíticos del Cuaternario (Gastil, 1971). Presenta playas angostas (entre 2.0 y 4.0 m en marea baja), su material pueden ser clastos desde 0.1m hasta 1.2 m, aunque se encuentran zonados, bien clasificados según sea el caso y bien redondeados en general; en algunas localidades la playa tiene berma pero en general no existe.

De acuerdo a su composición litológica, la zona de estudio puede

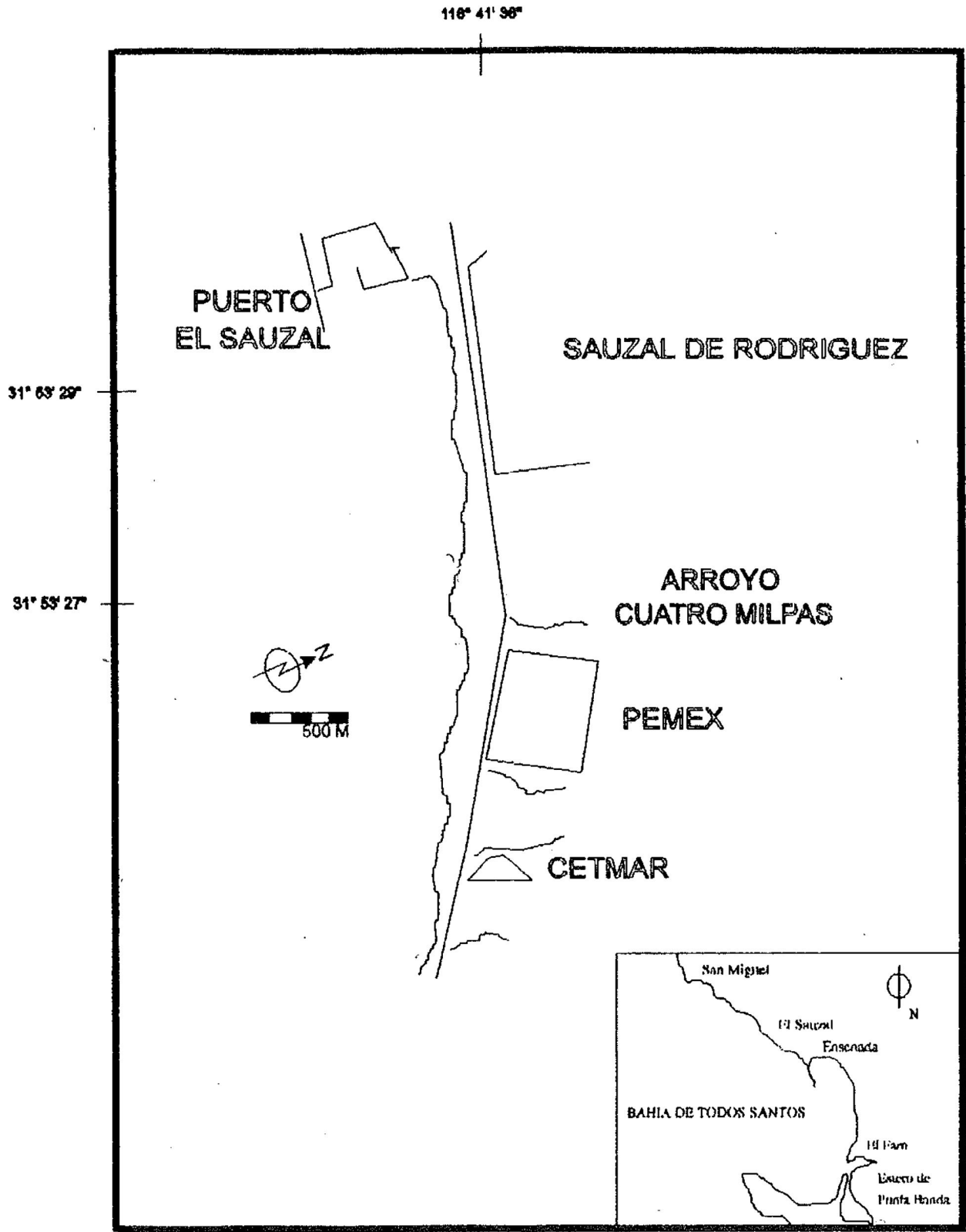


Figura 1.- Mapa de localización de la zona de estudio

dividirse en 3 secciones; del espigón del Puerto El Sauzal hasta el Hotel Km 103, se caracteriza por tener en la base: secuencias de lutitas con intercalaciones de arenisca, sobre ellas se encuentran depósitos de aluvión; conglomerados mal clasificados, con gradaciones normales o inversas, algunos con lentes de arenisca, los clastos van de 0.1 m a 0.9 m; sobre estos depósitos se encuentran terrígenos recientes, sólo los cantiles junto al espigón tienen talud y vegetación en la base, los demás están socavados y la vegetación sólo se encuentra en la superficie; todos presentan derrumbes, escurrimientos, drenajes pluviales, residuales y grietas; sólo en algunos lugares hay planos de deslizamiento. La altura de estos cantiles varía de 3.0 m a 8.0 m. Después del Arroyo Cuatro Milpas, hasta el Trailer Park Ramona Beach, los cantiles están constituidos por depósitos de aluvión, en la base se encuentran conglomerados mal clasificados, bien redondeados y sobre ellos terrígenos recientes, su altura varía entre 2.0 y 6.0 m, todos tienen vegetación en la base y superficie y están húmedos, en general presentan drenajes residual y pluvial, grietas y derrumbes. Después del Trailer Park Ramona Beach hasta antes del Hotel Villa de las Rosas, esta formada por sedimentos terrígenos, presentan vegetación en la base y superficie, drenajes pluvial y residual, grietas, derrumbes y escurrimientos, su altura varía entre 3.5 m y 6.0 m.

Dentro de la zona de estudio, se encuentra el arroyo El Sauzal, que tiene una longitud aproximada de 12 km, su cause principal tiene una orientación NE-SW y erosiona roca pre-batolítica volcánica, rocas sedimentarias marinas de la Formación Rosario y aluvión del Cuaternario

(Gastil, 1971).¹⁷

Los procesos erosivos marinos que predominan en la zona son, la abrasión de la base y los derrumbes producto de ello.

Los procesos sub-aéreos predominantes son los deslaves y derrumbes por las lluvias, la humedad, la humedad inducida y el sobre peso por las construcciones.

Las características de tipo litológico que afectan la forma de los perfiles son la homogeneidad, la topografía circundante y la geología estructural de la zona.

Los métodos utilizados para la protección de algunas construcciones sobre los cantiles son generalmente muros, que presentan fallas por sus materiales de construcción, inestabilidad del cantil, combinación de ambos o por los procesos erosivos sub-aéreos que no han sido controlados; en menor escala, se han utilizado solos, o en combinación, rellenos y canales para evitar los deslaves por la lluvia y vegetación.

METODOLOGIA

UBICACION DE LOS CANTILES Y OBRAS DE PROTECCION.

Para ubicar los cantiles y obras de protección en la zona de estudio, se utilizaron fotografías aéreas de la zona escala 1:13,924 de 1990 publicadas por Carlos Ceceña y se elaboró un mapa con la ubicación de los cantiles y otro de los muros.

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS Y CONDICIONES DE LOS CANTILES

Se realizó la descripción en el campo incluyendo características relacionadas a su homogeneidad litológica(tipo de sedimento, grado de consolidación, resistencia); las condiciones intrínsecas a su naturaleza y las relacionadas con la presencia de los residentes (altura, derrumbes, grietas, deslizamientos, vegetación en la cara del cantil, escurrimientos, drenajes pluvial y residual, humedad en la base, construcciones sobre ellos).

COMPOSICION LITOLOGICA Y ANALISIS TEXTURAL

Para determinar el tipo de material que compone los cantiles de la zona de estudio; se describió la litología de cada uno de ellos en el campo. Se tomaron muestras de sedimento, y se realizó su análisis de acuerdo a las técnicas descritas por Folk y Ward en 1957, y Royce en 1970; en el caso de los tamaños mayores a gravas se tomaron sus medidas en el campo.

PERFILES.

Para la descripción de los perfiles de los cantiles y estructuras de protección se tomaron fotografías de cada uno de ellos.

ESTADO ACTUAL DE LOS CANTILES

De acuerdo a Emery, K.O y Kuhn, G.G., en 1982; se clasificaron como activos e inactivos, en función del perfil que presentaron, y los

procesos erosivos dominantes (análisis de las características que se evaluaron en el campo).

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS Y CONDICIONES DE LAS ESTRUCTURAS DE PROTECCION

Para la evaluación cualitativa de las obras de protección que existen en la zona de estudio se hizo una visita de campo y se analizaron de acuerdo a los criterios de Terchunian, A., V., en 1990; y Griggs, G., B., y Fulton-Bennett, K., en 1988; a través del siguiente cuestionario modificado para la zona:

- 1.-Tiene cimientos? si/no
- 2.-Tiene cimientos con la profundidad adecuada?
- 3.-Existe pérdida de la cimentación? si / no / inicia
- 4.-Es vulnerable a ~~sufrir~~ daños en eventos de tormenta? alta / media / baja
- 5.-Existen otras estructuras cercanas?
- 6.-Existen alternativas? a) puede moverse hacia tierra. si / no
b) puede elevarse su altura. si / no
- 7.-Existe un impacto potencial negativo en los cantiles? bajo / medio / alto
- 8.-Sufre erosión en la base?
- 9.-Tiene erosión a los lados?
- 10.-Tiene altura inadecuada?

CONSULTA PUBLICA.

Para conocer las inquietudes y respuesta de la población de la zona a su problemática, se hicieron visitas al campo, se realizó y aplicó el

siguiente cuestionario, descrito por Dilley, R., S., y Rasid, H., en 1990 y por Ives, S., M., y Furuseth, K., en 1988; y modificado para esta zona. Los resultados se presentan en la Tabla de respuestas a la encuestas aplicadas a los residentes de la zona.

"El problema de la erosión de los cantiles de El Sauzal de Rodríguez no se ha estudiado de manera integral, la Facultad de Ciencias Marinas ha iniciado estudios de la zona a través de sus estudiantes y le agradeceríamos que nos contestara unas preguntas, sus respuestas nos ayudarán a comprender mejor el comportamiento de la erosión y qué se han hecho los residentes.

- 1.-Tiene Ud. una propiedad frente a la costa?
- 2.-Sabe Ud. que existe un problema de erosión en esta zona?
- 3.-Diga cuál es su propiedad.
- 4.-Esta habitada todo el año, sólo en temporadas o no esta habitada?
- 5.-Su propiedad ha sufrido erosión en los últimos cinco años? si no, pase a la pregunta 17.
- 6.-Cuántos metros calcula que ha perdido en este tiempo, (cinco años)?
- 7.-En los últimos cinco años , la erosión: ha aumentado, disminuido o se ha mantenido igual?
- 8.-Se ha involucrado personalmente o junto con otros propietarios para buscar apoyo de las autoridades o de algún político? si no, pase a la pregunta 17.
- 9.-Qué método usaría para lograr obtener esa atención? por ejemplo: esperaría la visita de alguno de ellos, escribiría y llamaría al gobierno federal, estatal o municipal?, tiene otras opciones?

10.-Cree que ese método: funcione, tenga algún resultado positivo, aumente el interés del gobierno hacia este problema, no sirva de nada o no sabe que sucederá?

11.-Tiene Ud. algún apoyo económico por parte del gobierno (durante los últimos cinco años), para ayudar a reparar o prevenir el problema?

12.-Conoce a alguien que tenga este apoyo?

13.-Ha establecido su propio método para prevenir o tratar de disminuir la erosión de su terreno?

14.-Qué ha hecho?, especifique por favor.

15.-Cuánto dinero cree que ha invertido para prevenir o tratar de disminuir la erosión de su terreno?

16.-Qué método cree que sería el mejor para detener la erosión de los cantiles: construir un muro, un revestimiento de rocas, rompeolas desconectado de la costa, espigones, realimentar las playas o rellenarlas, plantar vegetación, reubicar las construcciones?, si tiene otra idea por favor especifíquela.

17.-Quién cree Ud. que debería pagar los gastos de la protección y prevención de la línea de costa: el gobierno federal, estatal, municipal o los propietarios?.

18.-La erosión de la playa es una parte importante en los procesos naturales a lo largo de la costa?

19.-Le preocupa la erosión costera cuando se pronostica una tormenta?

20.-El efecto de la erosión sería menos intenso si las rocas fuera más grandes?

21.-La erosión ocurre únicamente cuando hay tormentas?

- 22.-Abandonaría su propiedad si aumentaran los problemas de erosión?
- 23.-La erosión de la playa y cantiles siempre será un problema grave en esta zona?
- 24.-Se requieren leyes para prevenir la destrucción de la zona?
- 25.-La realimentación de sus playas sería un remedio temporal?
- 26.-Estabilizar los cantiles con vegetación es la mejor manera para la prevención de la erosión?
- 27.-La mejor opción a largo plazo para salvar los cantiles es construir muros y paredes?
- 28.-Actualmente existe la tecnología para frenar la erosión de los cantiles?
- 29.-Los muros destruyen los cantiles en vez de salvarlos?
- 30.-El gobierno debería de apoyar más a la investigación para resolver la erosión en los cantiles?
- 31.- Consultaría a un Oceanólogo o a la Facultad de Ciencias Marinas para solucionar sus problemas?

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el trabajo de campo para determinar las condiciones y características de los cantiles de la zona de estudio y su clasificación, de los muros que se encuentran, y los resultados de las encuestas aplicadas a sus residentes.

I.- MAPAS DE UBICACION DE LOS CANTILES Y OBRAS DE PROTECCION

A partir de las fotografías aéreas se obtuvo un mapa base en el que se ubicaron los cantiles y las obras de protección que se encuentran en la zona (Figs. 2 y 3).

II.- GRANULOMETRIA

Los resultados granulométricos se presentan en la Tabla 1 y en los mapas de distribución de los porcentajes de arenisca, lutita, conglomerado, y terrígenos para los cantiles que fueron muestreados, (Figs. 4, 5, 6, y 7).

III.-TABLAS DE DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS CANTILES DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se realizó la Tabla II, de descripción de los cantiles, sus características y condiciones (resistencia, humedad, grietas, derrumbes, etc.). El número total de cantiles evaluados fue de 25 y

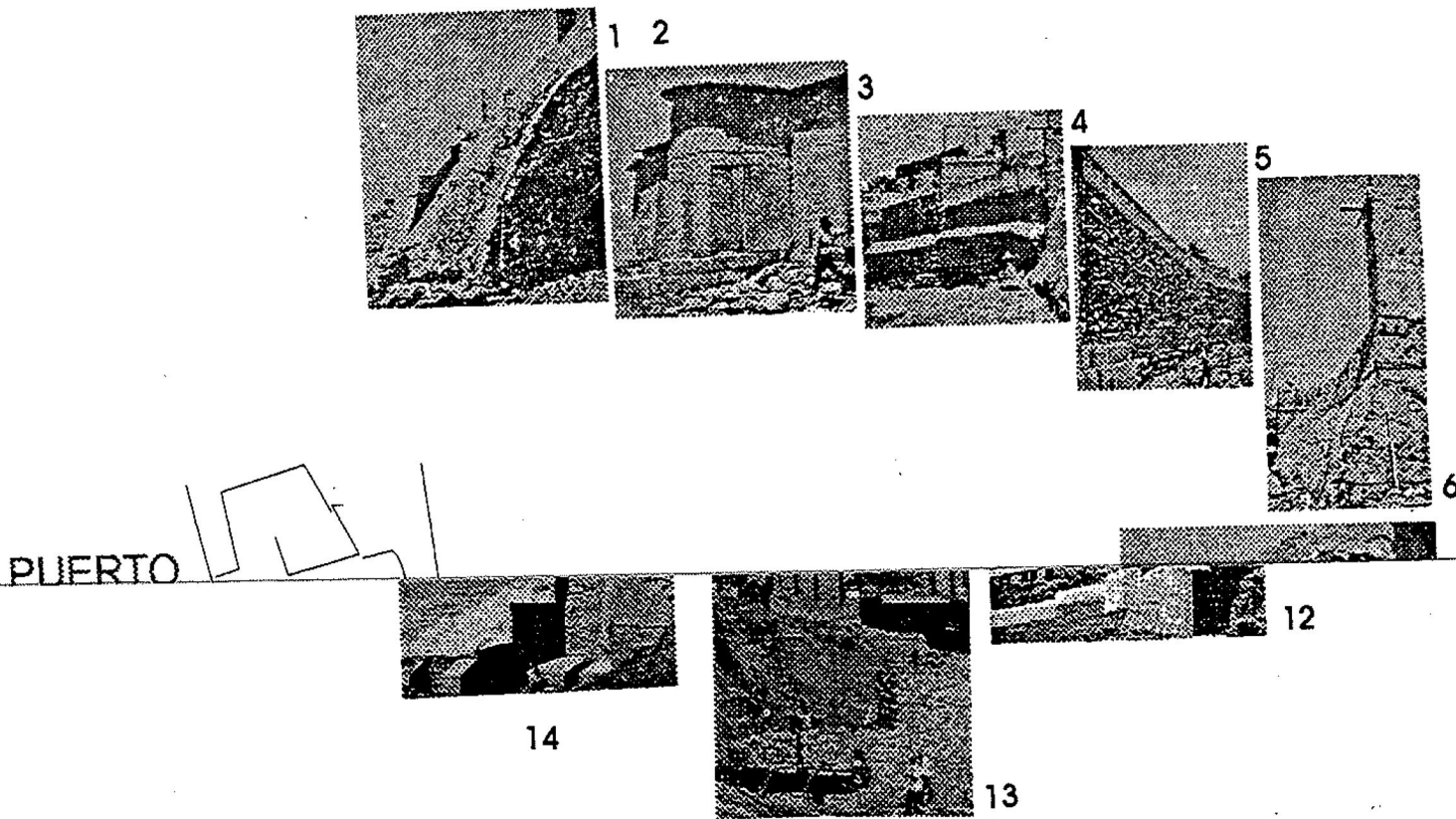


Fig. 3.- Mapa de ubicación de las estructuras de protección

CLAVE DE EL CANTIL	CLAVE DE LA MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	ASIMETRIA	CURTOSIS
C1	1A	1.503	0.878	0.2771	2.8486
C2	2A	1.5137	0.7204	0.0909	2.567
C3	3A	3.33	0.9235	-0.1565	1.9916
	3L	4.04	0.55	2.58	12.02
C4	4-Jan	2.164	1.4067	-0.2735	2.0466
C7	Ar2	1.77	1.08	0.67	3.14
	Ar3	2.077	1.0767	0.7128	3.0696
C8	K1	2.1596	0.9704	0.5418	2.987
	K3	2.957	0.7661	0.7224	2.7107
C9	9	2.886	0.8703	0.237	2.6527
C10	10	1.0932	1.051	1.4018	4.5877
C12	12	2.4644	0.9083	0.6018	3.2144
C13	13	2.9293	0.845	0.6468	2.5641
C18	18	0.3784	0.4067	2.2738	6.1428

Tabla I.- Granulometría de las muestras tomadas en la zona de estudio

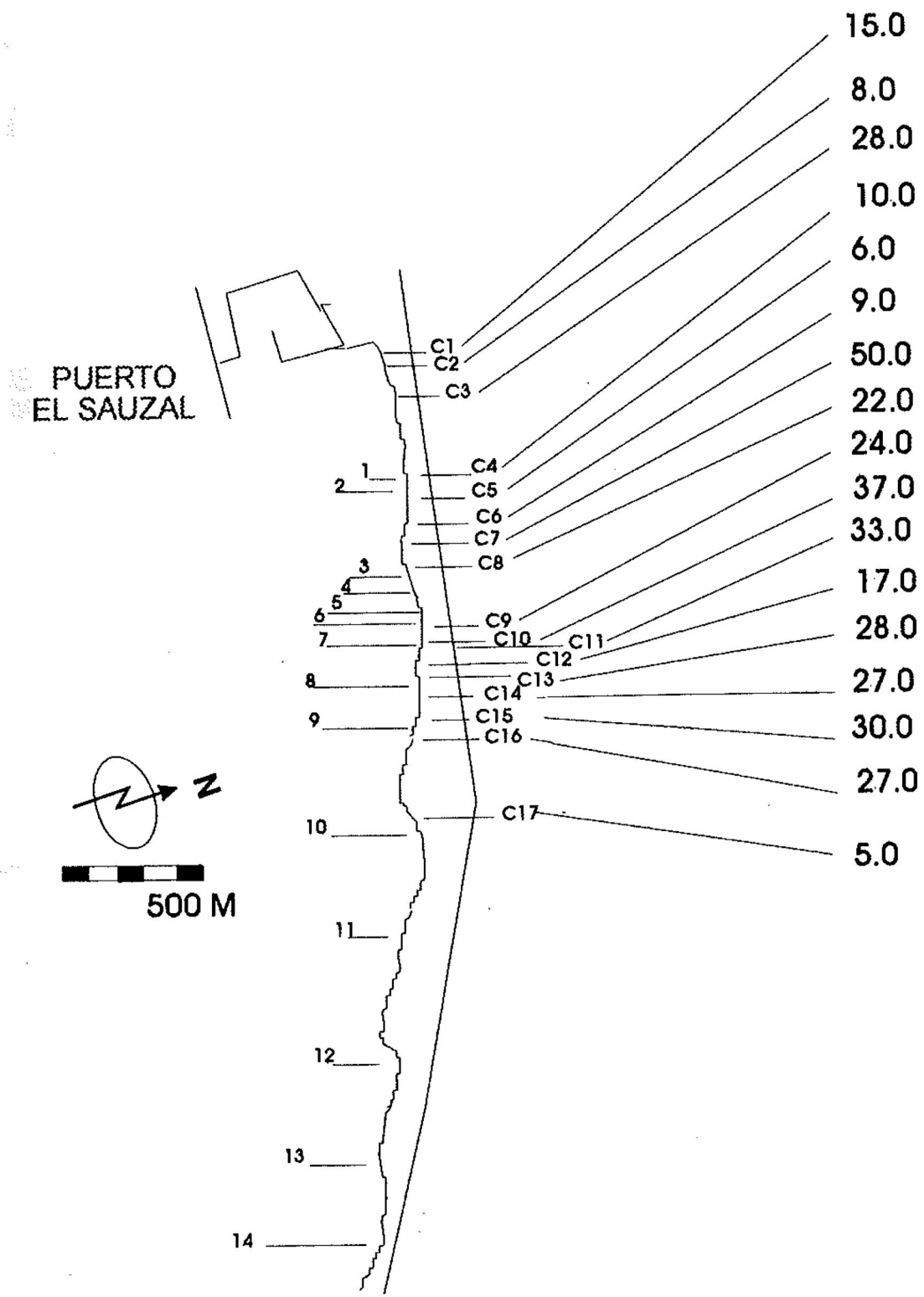


Fig. 4.- Mapa de la distribución de arenisca en los cantiles muestreados

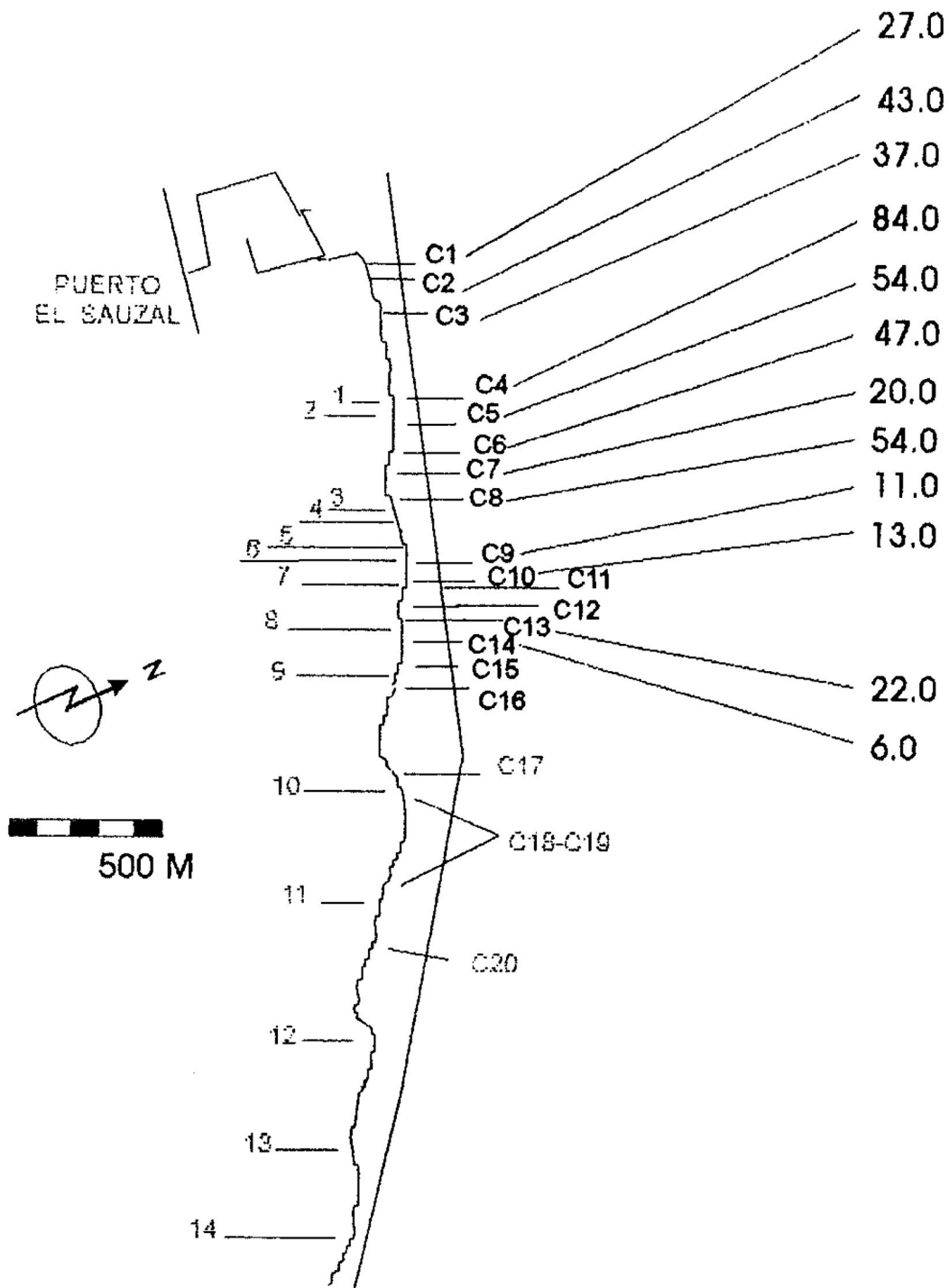


Fig. 5.- Distribución de los porcentajes de lutita en los cantiles muestreados

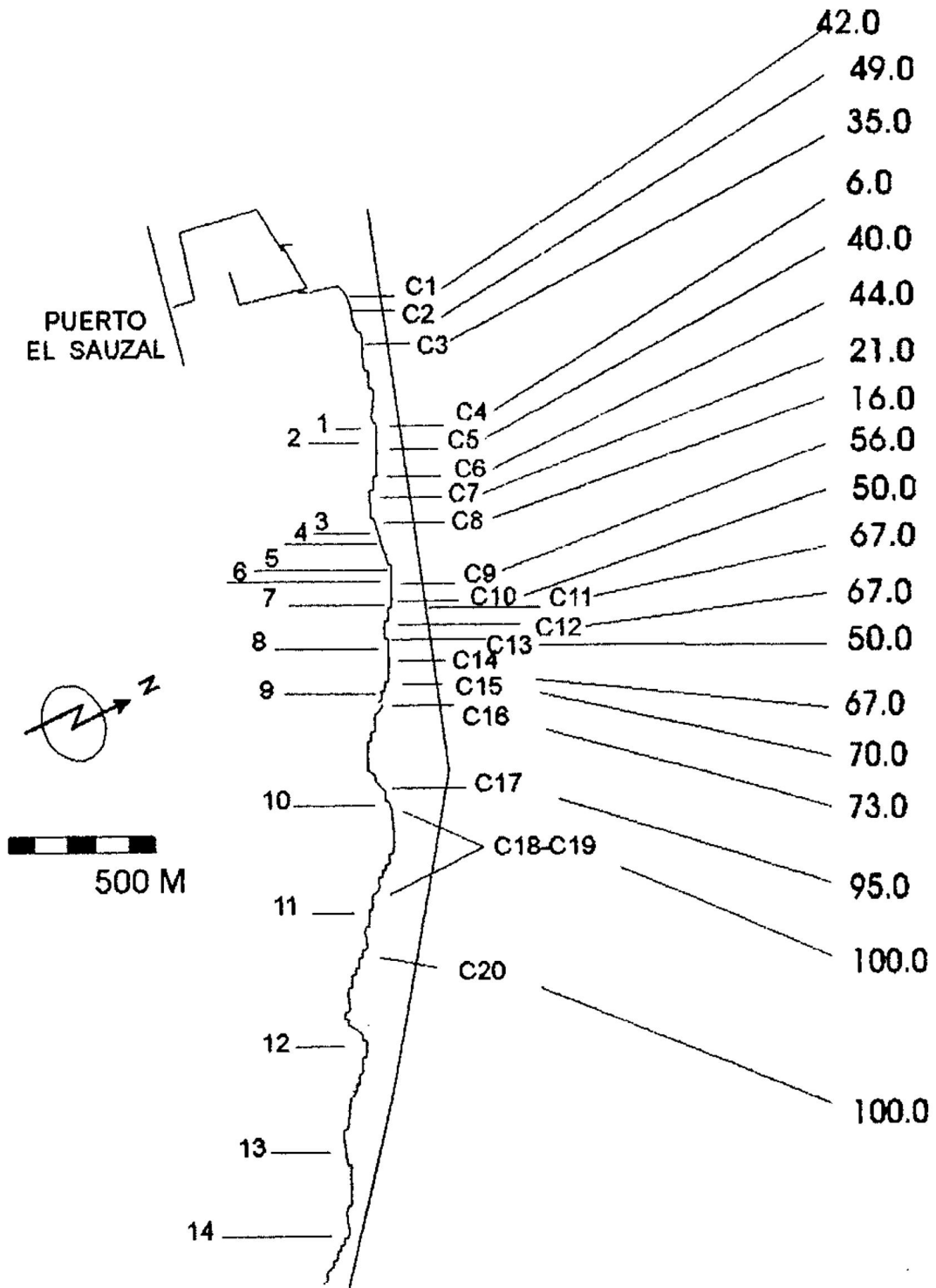


Fig. 6.- Distribución de los porcentajes de conglomerado en los cantiles muestreados

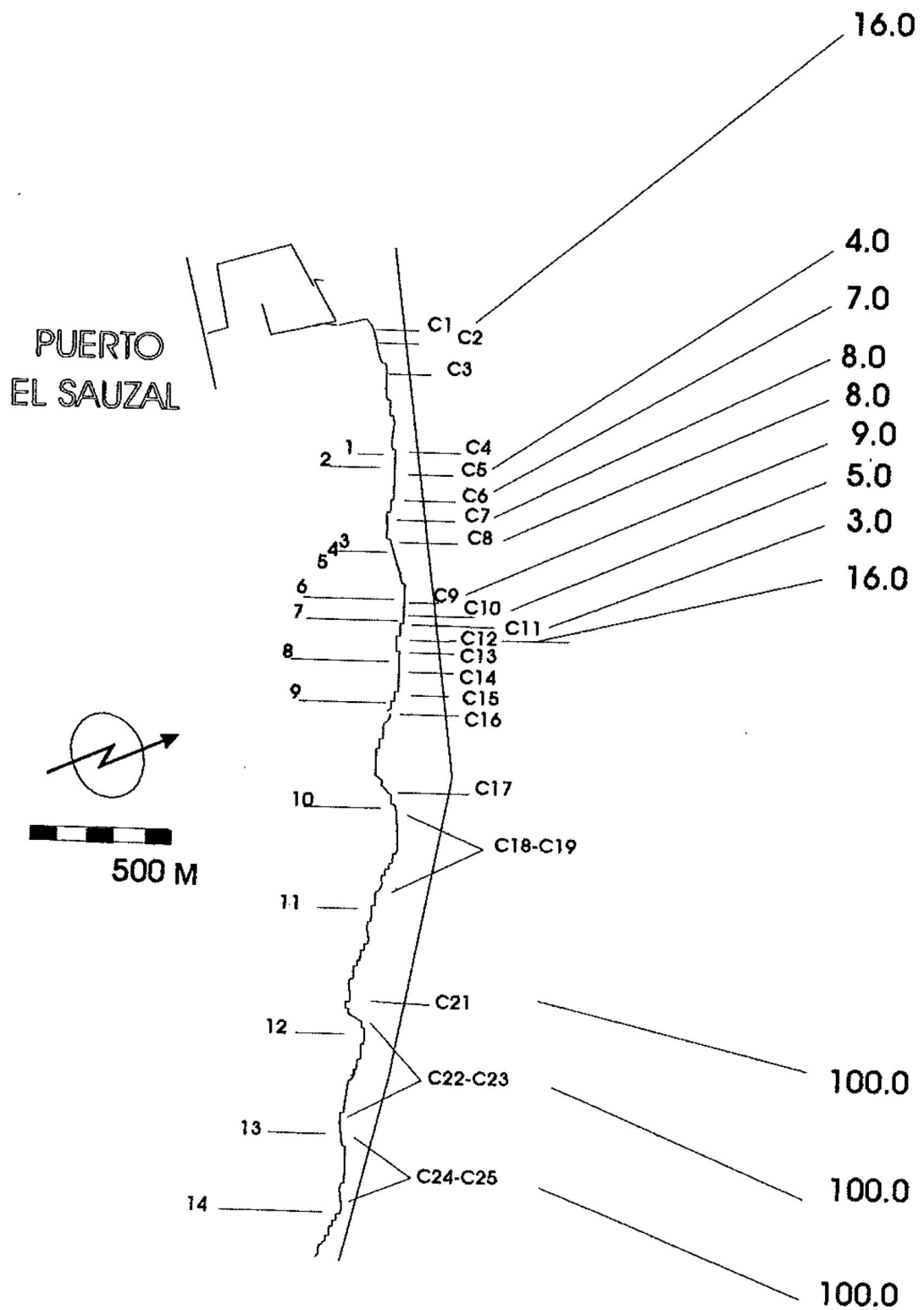


Fig. 7.- Mapa de la distribución de terrígenos recientes en los cantiles muestreados

CLAVE

FIGURA

C1

C2

C3

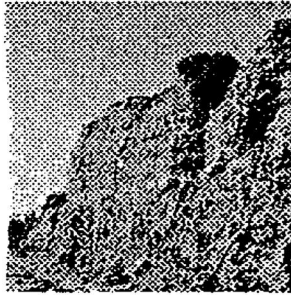
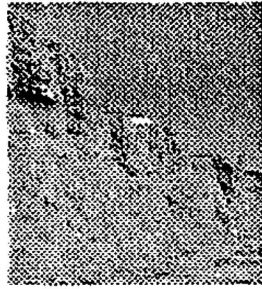
C4

C5

C6

C7

C8



DRENAJE VEGETACION
SCURRIMIENTOS PLUVIAL RESIDUAL BASE SUPERFICIE

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*

*






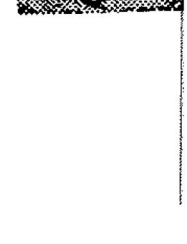

*

*

*

*

*

CLAVE	FIGURA	DRENAJE			VEGETACION	
		WMIENTOS	ESCURRIMIENTOS PLUMIAL	RESIDUAL	BASE	SUPERFICIE
C9		*	*	*		*
C10			*	*		
C11		*	*			
C12		*	*			*
C13		*	*			*
C14		*	*	*		*
C15		*	*	*		
C16		*	*	*	*	*

CLAVE

FIGURA

DRENAJE VEGETACION
CURRIMENTOS PLUVIAL RESIDUAL BASE SUPERFICIE

C17



* * * * *

C18



* * * *

C19



* * * *

C20



* * *

C21



* * * *

C22



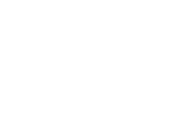
* * * * *

C23



* * * * *

C24



* * * * *

C25

* * * * *

se consideraron 14 factores para determinar sus condiciones, a continuación, se enlistan los factores involucrados y los criterios utilizados.

MATERIAL QUE CONSTITUYE EL CANTIL: Los materiales que constituyen a los cantiles son sedimentos mal consolidados: areniscas, lutitas, y depósitos de aluvión. En general la zona puede dividirse en tres sub-zonas de acuerdo a la distribución de los materiales, a) en los cantiles C1 hasta C17, la sección inferior presenta secuencias de areniscas y lutitas, y en la sección superior depósitos de aluvión (conglomerado y terrígenos), b) entre los cantiles C18 y C19 se encontraron conglomerados en la sección inferior, cuyos clastos de acuerdo a la escala establecida por la National Research Council, son guijarros medianos hasta cantos rodados grandes, (1.0 cm a 90.0 cm), bien redondeados, bien clasificados a mal clasificados, con intercalaciones de arenisca o de terrígenos; y c) de C20 a C25 están constituidos solamente por terrígenos (Tabla II).

GRADO DE CONSOLIDACION: Se encontró que los cantiles están formados por material sedimentario, en general mal clasificado, de acuerdo a esto se establecieron tres categorías: a) consolidado, en el caso de que el material se encuentra cementado y compactado, aunque no completamente litificado, b) semiconsolidado, si el sedimento esta compactado pero es deleznable, y c) no consolidado

cuando el material no está cementado ni compactado y es deleznable (Tabla II).

RESISTENCIA DEL MATERIAL QUE FORMA EL CANTIL: De acuerdo al grado de consolidación del material, se establecieron dos categorías: Alta resistencia si el material está consolidado, y Baja resistencia si el material está semiconsolidado o no consolidado (Tabla II).

Con los resultados obtenidos, se elaboró un mapa de ubicación de zonas de alta o baja resistencia de los cantiles (Fig. 8).

HUMEDAD EN EL CANTIL: Se consideraron los cantiles que se observaron húmedos, ya sea por la inundación de la marea o por los drenajes de las construcciones (Tabla II).

ESCURRIMIENTOS: Se detectaron escurrimientos de agua que no coinciden con los drenajes pluviales ni residuales, pero están asociados a las construcciones sobre los cantiles (Tabla II).

DRENAJE PLUVIAL: Se incluyeron los cantiles que presentan pequeñas cuencas por donde corre el agua de las lluvias (Tabla II).

DRENAJE RESIDUAL: Se incluyeron los cantiles donde se encontraron escurrimientos de aguas residuales (Tabla II).

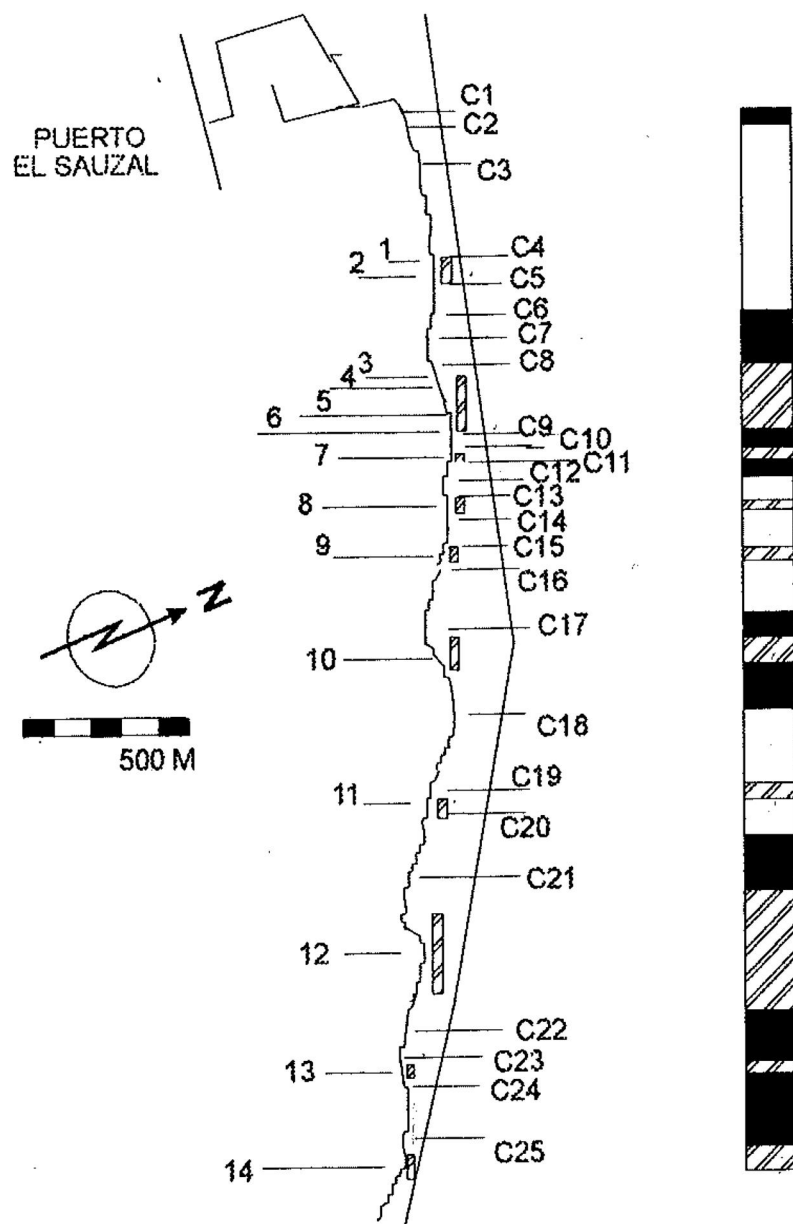
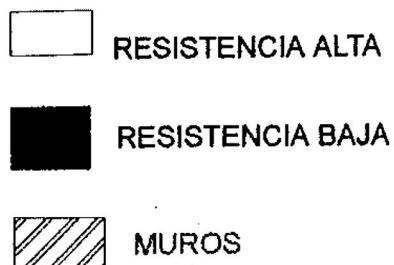


Fig. 8.- Mapa de la resistencia relativa de los cantiles de la zona de estudio



GRIETAS EN EL CANTIL: En el caso de que el cantil presente planos donde estén desprendiéndose bloques del material que lo forma (Tabla II).

DERRUMBES: En los casos de encontrar un talud en la base del cantil o bloques en la cara de los mismos que están a punto de derrumbarse (Tabla II).

DESLIZAMIENTOS: En los cantiles donde se encontraron planos de deslizamiento (Tabla II).

VEGETACION EN LA CARA DE LOS CANTILES: Se realizó un registro de la presencia o ausencia de vegetación en la cara de los cantiles. (Tabla II).

EROSION EN LA BASE: Se encontraron dos tendencias en este análisis, cantiles con o sin erosión en la base (Tabla II).

CONSTRUCCIONES SOBRE EL CANTIL: Durante las visitas al campo se realizó un registro de las construcciones sobre los cantiles, de los cantiles C1 a C5 hay casas, de C7 a C8, no hay construcciones, sobre los muros 3 al 6 hay casas y jardines, sobre C9 hay un algibe lleno de agua, de C10 a C13 no hay construcciones, de C14 hasta C23 hay jardines y casas (Tabla II).

IV.-TABLA DE DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS DE PROTECCION DE LA ZONA DE ESTUDIO:

Con los datos observados en el campo se realizó la Tabla III, de descripción de las características y condiciones (humedad, derrumbes, etc.) de las estructuras de protección, en esta zona se encuentran solamente muros, 14 en total y se consideraron 10 factores para determinar dichas condiciones, a continuación, se enlistan los factores involucrados y los criterios utilizados.

MATERIALES DE CONSTRUCCION: Uno de los factores que determinan la resistencia de las estructuras es el tipo de material con que los construyeron, se encontró que los materiales predominantes son concreto, block de concreto, cantos rodados, y rocas ígneas, en menor cantidad se encuentra madera y varillas.(Tabla III).

CONSTRUCCIONES SOBRE LOS MUROS: Se tomaron en cuenta cualquier tipo de construcción que exista sobre los muros, predominan las casas y jardines, también se encontró un aljibe lleno de agua que esta tirándola constantemente (Tabla III).

FALLAS GEOLOGICAS, ESTRUCTURALES Y DE CIMENTACION: Factores que se consideran como motivo por el o los cuales las estructuras pueden fallar.

CIMIENTOS: Se evaluó si los muros presentan o no cimientos, en

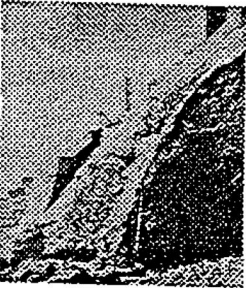
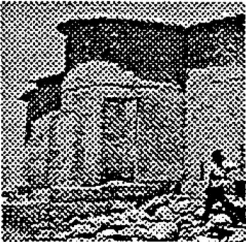
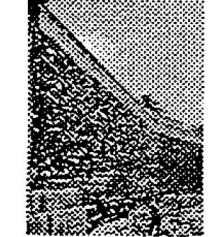
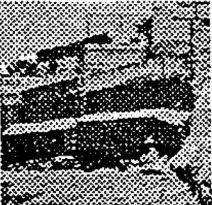
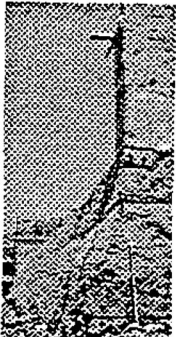
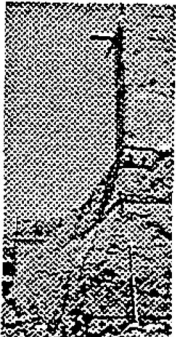

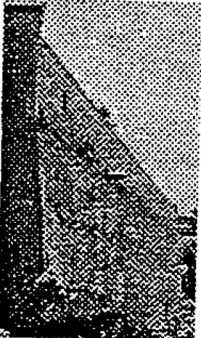

NUMERO DE MURO		MATERIALES DE CONSTRUCCION					FALLAS							CONSTRUCCIONES SOBRE EL MURO
		CONCRETO	BLOCK	CANTOS RODADOS	ROCA IGNEA	SIN CIMENTO	EROSION LATERAL	EROSION EN LA BASE	GRIETAS	HOYOS	ESCURRIMIENTOS	DRENAJE	METAL OXIDADO	
1		*	*	*		*		*	*	*	*	*	*	JARDIN
2			*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	CASA
3		*		*	*			*	*	*	*	*		JARDIN
4		*		*	*		*			*		*		JARDIN
5		*		*	*		*	*	*	*	*	*		JARDIN

Tabla III.- Descripción de los muros de la zona de estudio

NUMERO DE MURO		CONCRETO	BLOCK	CANTOS RODADOS	ROCA IGNEA	SIN CIMENTO	EROSION LATERAL	EROSION EN LA BASE	GRIETAS	HOYOS	ESCURRIMIENTOS	DRENAJE	METAL OXIDADO	DERRUMBES	CONSTRUCCIONES SOBRE EL MURO
6		*					*	*		*		*	*	*	
7		*		*			*	*	*	*		*			CASA
8		*	*		*	*	*	*	*			*	*		JARDIN
9		*		*								*			

NUMERO DE MURO	CONCRETO	BLOCK	CANTOS RODADOS	ROCA IGNEA	SIN CIMENTO	EROSION LATERAL	EROSION EN LA BASE	GRIETAS	HOYOS	ESCURRIMENTOS	DRENAJE	METAL OXIDADO	DERRUMBES	CONSTRUCCIONES
														SOBRE EL MURO
10	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*		CASAS Y JARDINES
11	*			*		*	*	*				*	*	CASA
12	*	*	*			*		*		*	*			HOTEL
13	*		*		*	*					*		*	CASA
14	*		*								*	*	*	CARRETERA

Continuación, Tabla III

su mayoría ya lo perdieron o nunca han tenido. Puede verse el contacto entre el muro y el estrato sedimentario sobre el cual se construyó (Tabla III).

EROSION LATERAL: Si el muro ha perdido material en cualquiera de sus extremos laterales o el cantil sobre el cual fué construido esta siendo erosionado (Tabla III).

EROSION EN LA BASE: Cuando el muro ha perdido un fragmento de su estructura o el estrato sedimentario sobre el que fué construido esta erosionado, pueden verse el contacto entre ellos, grietas hoyos o derrumbes (Tabla III).

GRIETAS: En la estructura del muro, su tamaño y posición es variable (Tabla III).

HOYOS: A el muro le falta un fragmento del material con el que fue construido (concreto, canto rodado o cementante), puede encontrarse en cualquier parte de su estructura (Tabla III).

ESCURRIMIENTOS: Existen escurrimientos de agua, que brotan de los muros sin una aparente razón, no coinciden con los drenajes residuales ni los pluviales pero sí con las construcciones sobre los muros y según los residentes son de las fosas sépticas (Tabla III).

DRENAJE RESIDUAL: Se refiere a las drenajes por donde escurre el agua de la lluvia o de los desechos (Tabla III).

METAL OXIDADO: Uno de los materiales que se utilizaron en la construcción de los muros es la varilla, en casi todos los muros quedaron pedazos fuera del concreto y están oxidadas, así que cuando se destruyan completamente, los huecos que dejen serán zonas de debilidad del muro (Tabla III).

DERRUMBES: Se consideraron derrumbes cuando a la estructura se le desprendieron bloques o están por colapsarse, en algunos casos pueden observarse todavía los pedazos en la playa, sean del muro actual o del anterior (Tabla III).

V.-CLASIFICACION DE LOS CANTILES: De el análisis de las Tablas de descripción de las características y condiciones de los cantiles y muros y de el mapa de resistencia de los cantiles, éstos se clasificaron en activos e inactivos, Fig. 9; considerando como criterios la presencia o ausencia de vegetación en la base del cantil, su perfil, y los procesos erosivos dominantes. Posteriormente se utilizó esta clasificación para la determinación de las zonas de riesgo y sus categorías.

VI.-ZONAS DE RIESGOS: Se clasificaron los factores antes descritos como riesgos naturales e inducidos, incluyendo la resistencia y la clasificación; y se realizó un mapa donde se ubicaron y sumaron los

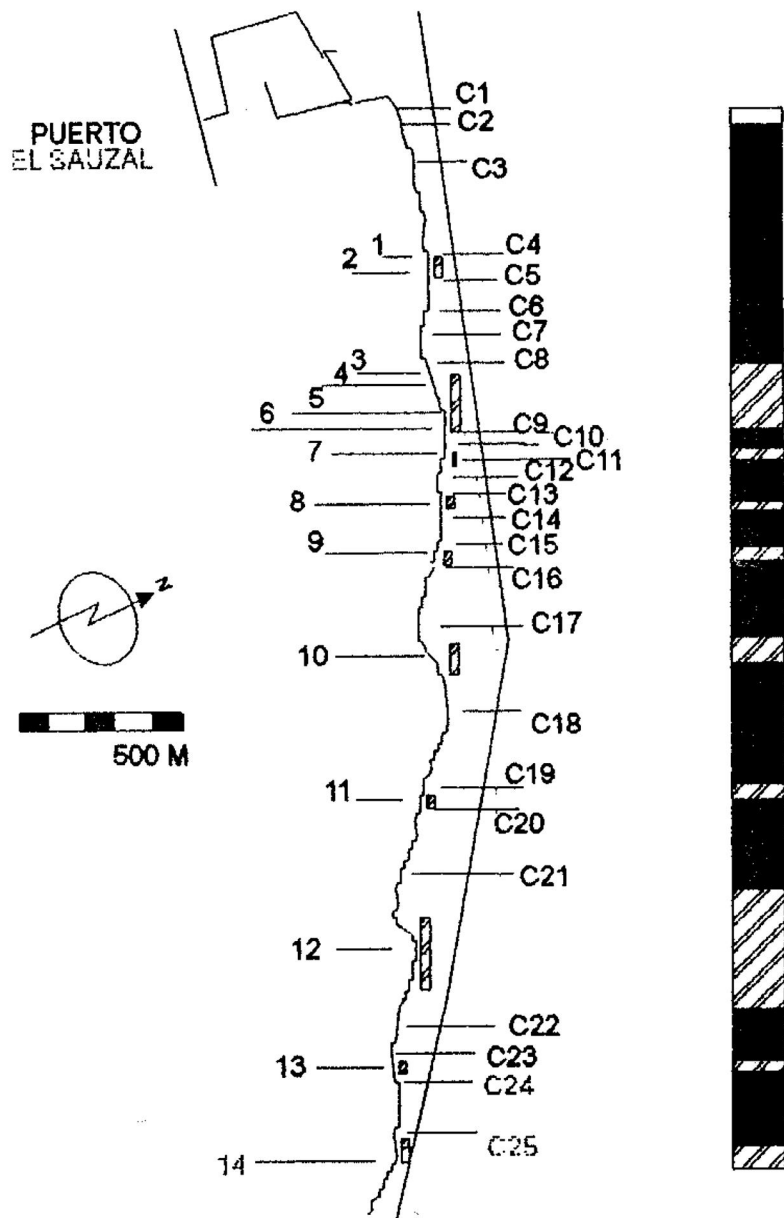





Fig. 9.- Mapa de la ubicación y clasificación de los cantiles de acuerdo a Emery, K.O. y Kuhn, G.G., 1982

-  CANTILES INACTIVOS
-  CANTILES ACTIVOS
-  MUROS

factores presentes en cada cantil y en cada muro ver Figs. 10 y 11. Con los valores obtenidos en el mapa anterior se establecieron 5 niveles o intervalos de riesgo para los habitantes o quienes desean construir en la zona (Figs. 12 y 13). Se graficaron las distancias totales para cada nivel (Tabla IV), con la finalidad de establecer el porcentaje de terreno que se encuentra en cada categoría de riesgo.

VII.-RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A LOS RESIDENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO

Las respuestas a los cuestionarios aplicados se resumen en la Tabla V, y se elaborará la Fig. 14; en la que se combinan el retroceso de la línea de costa en los últimos cinco años; el aumento, disminución o igualdad de la intensidad de los procesos erosivos en el mismo periodo, y los procesos erosivos dominantes (marinos o sub- aéreos), en la que se observa que existe una relación directa entre ellos. En las zonas donde la erosión ha aumentado, y los procesos erosivos dominantes son los marinos o actúan combinados con los sub-aéreos; son las zonas que más terreno han perdido.

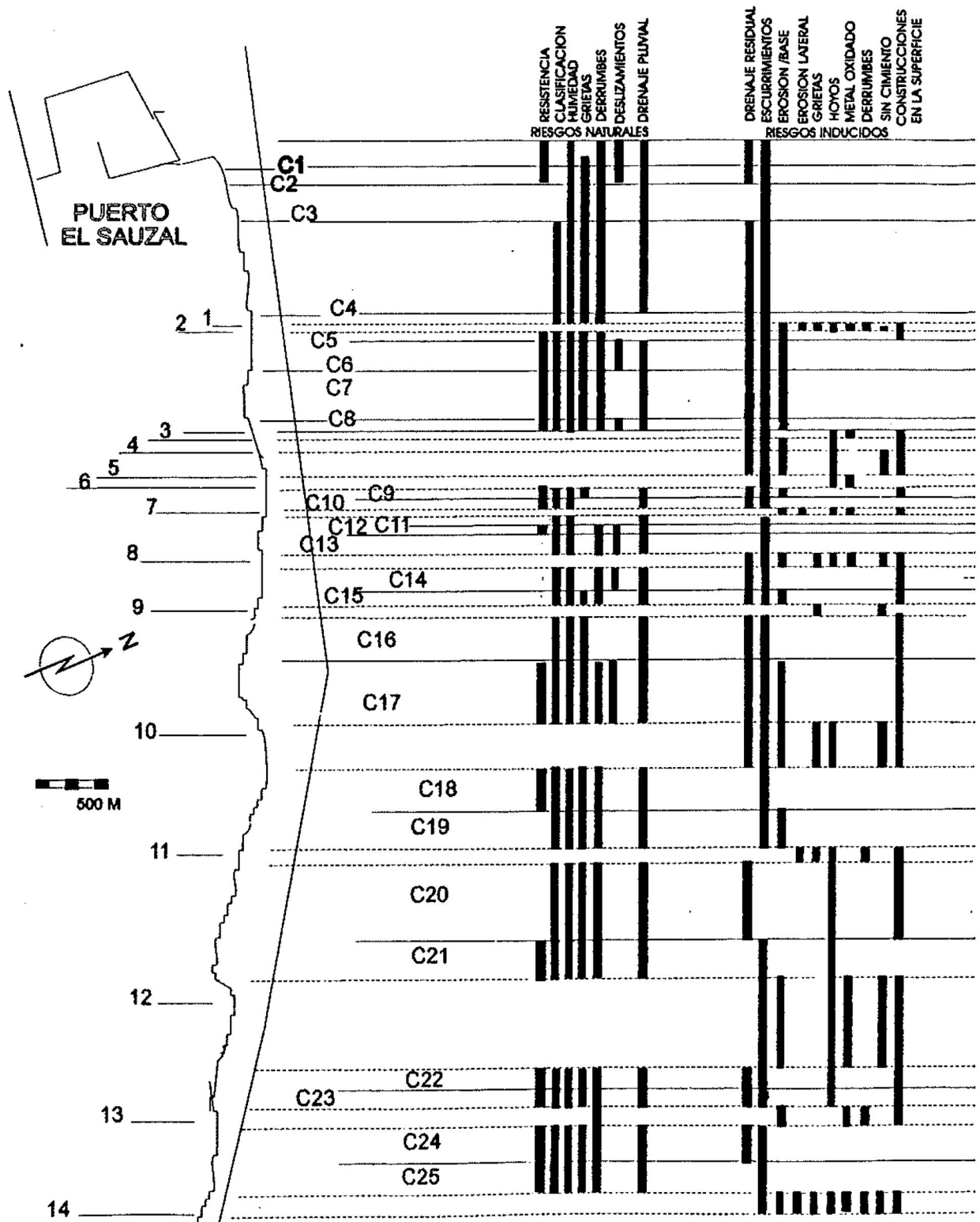


Fig. 10.- Mapa de ubicación de los riesgos encontrados en cada cantil y muro evaluado en la zona de estudio

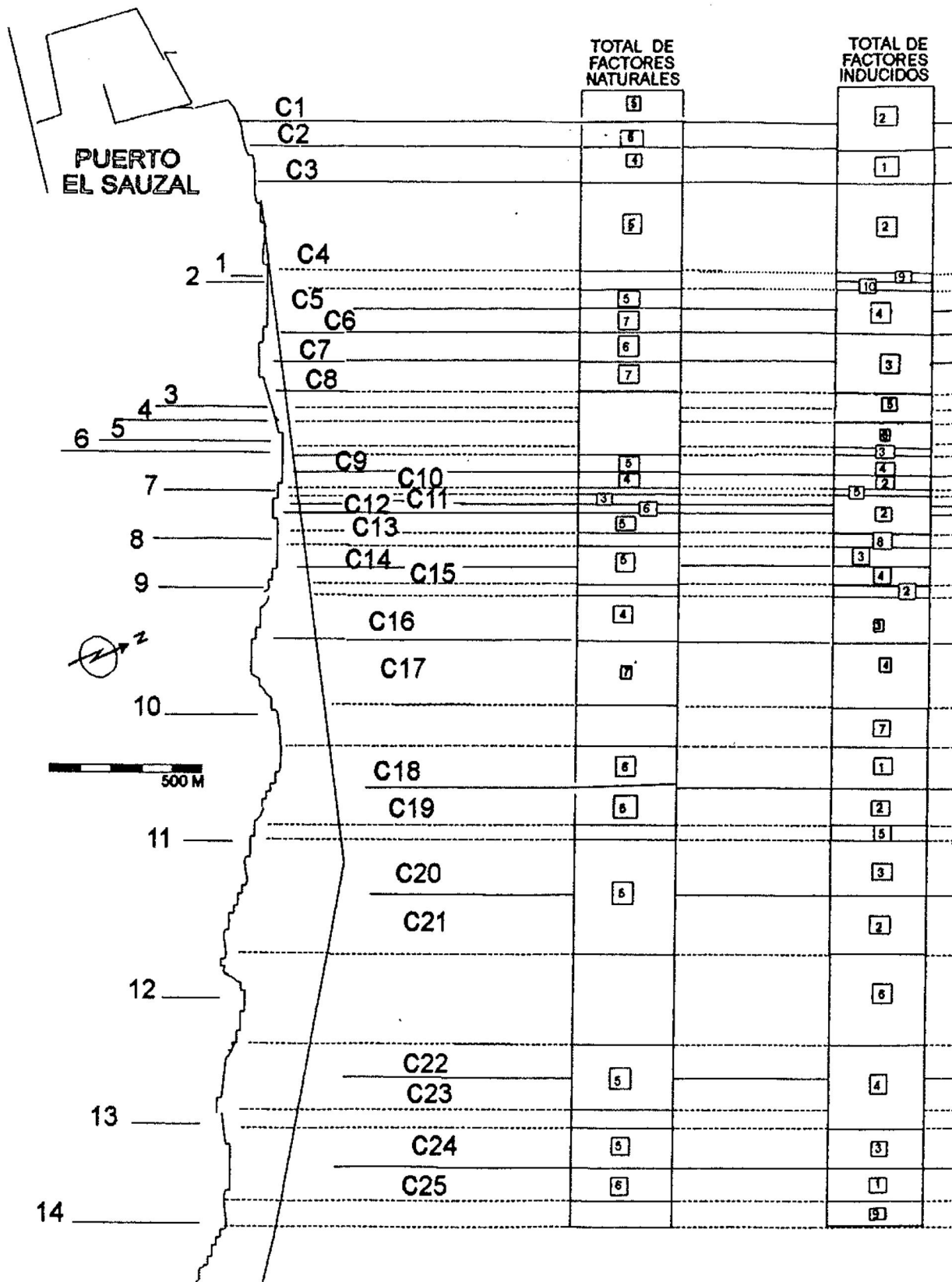


Fig. 11.- Mapa del total de factores naturales e inducidos observados en cada cantil y muro evaluado, realizado a partir de los datos de la Fig. 10 y empleados en la Fig. 12

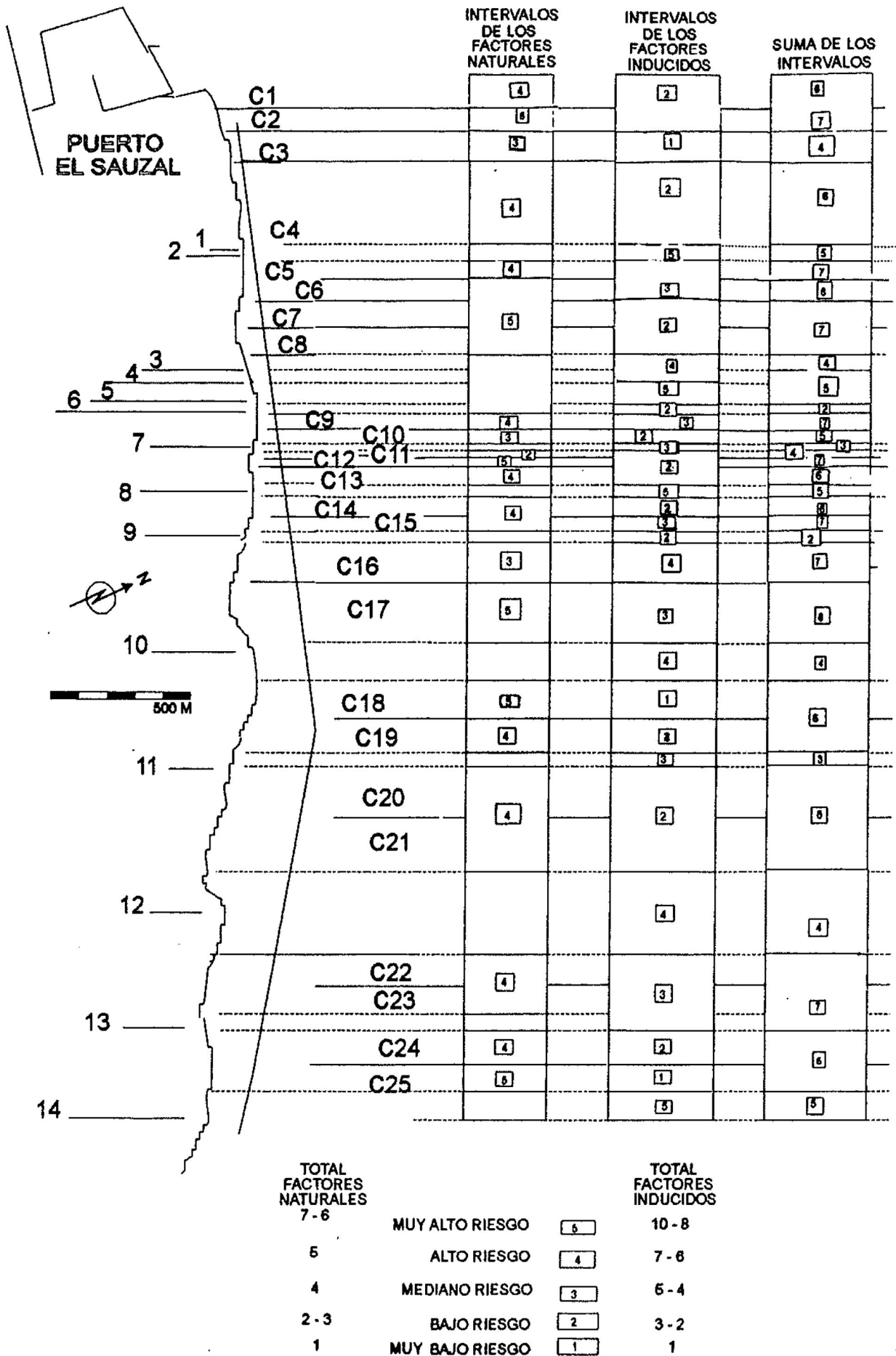


Fig. 12.- Mapa de los intervalos de los factores naturales e inducidos y la suma de ambos, para cada cantil y muro evaluado; basado en el número de factores encontrados (Fig. 11), la suma de los intervalos se utilizó para establecer las zonas de riesgo (Fig. 13).

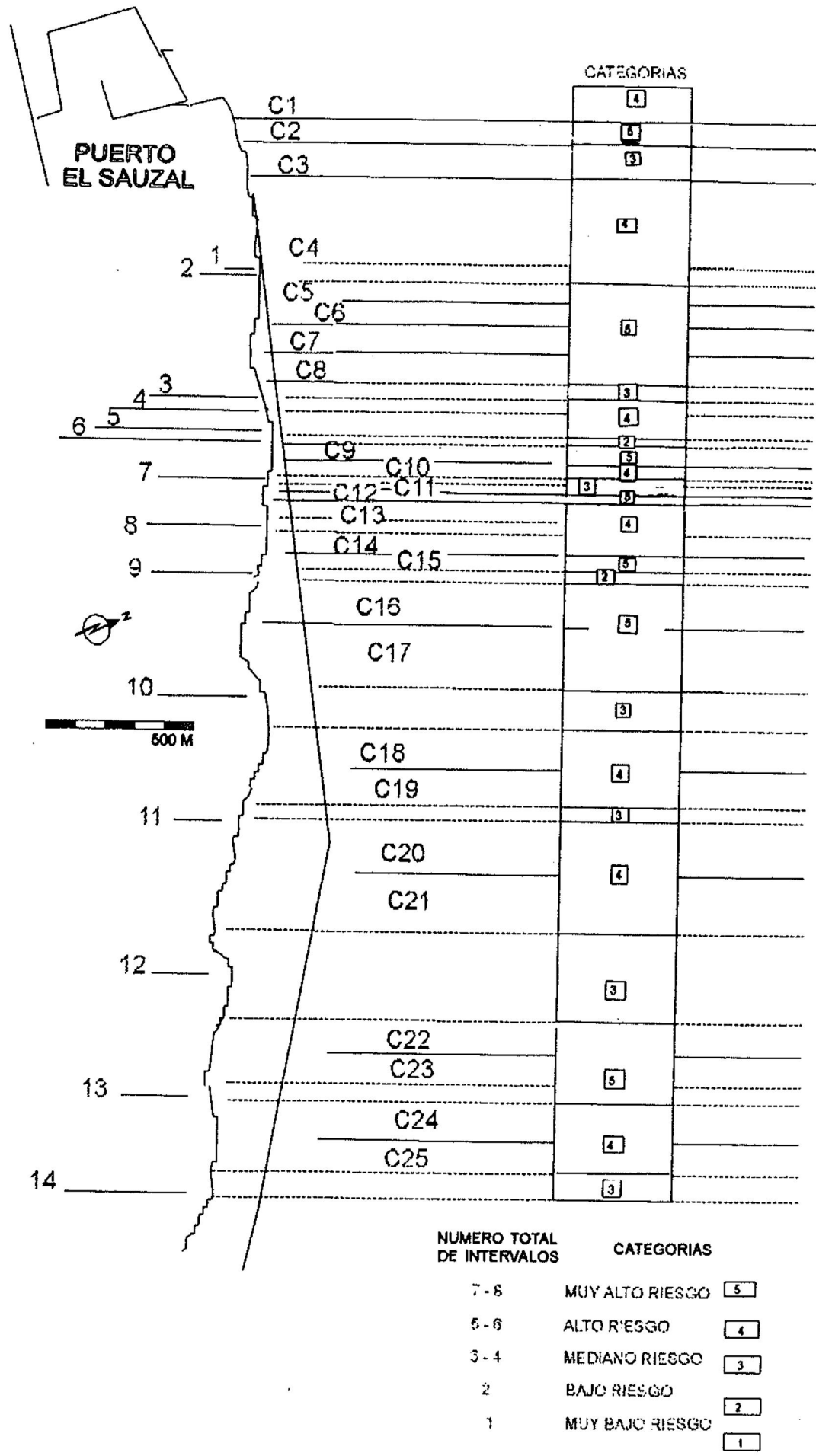
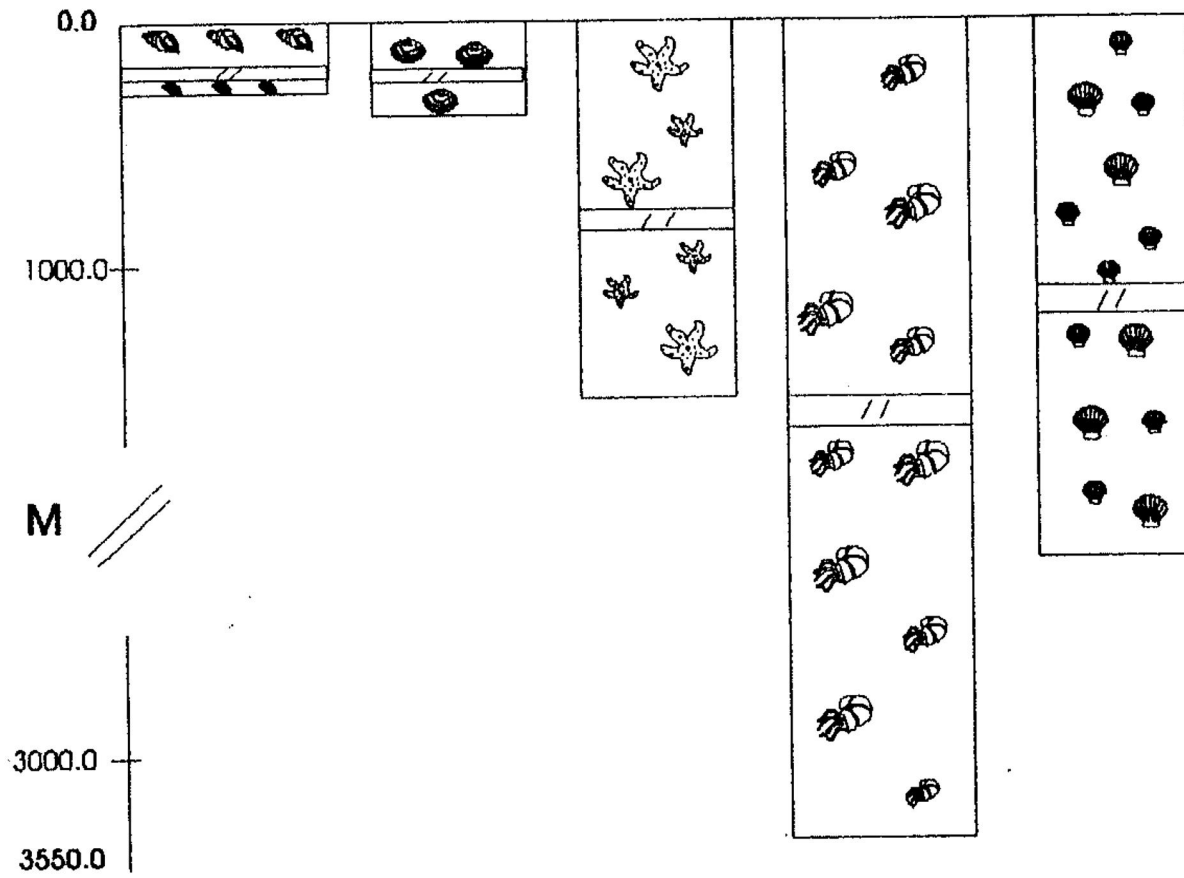







Fig. 13.- Mapa de las categorías de riesgo aplicadas a las diferentes zonas establecidas en base al número de factores encontrados en cada centil y muro evaluado (Figs. 11 y 12)

Tabla IV.- Porcentajes de terreno afectado por las diferentes categorías riesgo



-  CATEGORIA 1 (MUY BAJO RIESGO) 0.5%, 15.0M.
-  CATEGORIA 2 (BAJO RIESGO) 1.5%, 49.0M
-  CATEGORIA 3 (MEDIANO RIESGO), 23.0%, 826.15M
-  CATEGORIA 4 (ALTO RIESGO) 47.0%, 1649.92M
-  CATEGORIA 5 (MUY ALTO RIESGO) 28.0%, 1009.93M

RESULTADO DE LAS ENCUESTAS

PREGUNTAS	SI	PORCENTAJES		
		NO	NO SABEN	NO CONTESTARON
1.- LOS HABITANTES SON PROPIETARIOS	71	29		
2.- LA PROPIEDAD ESTA HABITADA TODO EL AÑO	100			
3.- LOS HABITANTES SABEN QUE EXISTE EL PROBLEMA DE LA EROSION	88	6		6
4.- SU TERRENO SE HA EROSIONADO DURANTE LOS ULTIMOS CINCO AÑOS	71	18	6	6
5.- EN LOS ULTIMOS CINCO AÑOS :				
a) HAN PERDIDO CERCA DE MEDIO METRO	29			
b) HAN PERDIDO CERCA DE UN METRO	6			
c) HAN PERDIDO CERCA DE METRO Y MEDIO	24			
d) HAN PERDIDO MAS DE DOS METROS	6			
e) NO HAN PERDIDO TERRENO	18		12	6
6.- EN LOS ULTIMOS CINCO AÑOS HAN NOTADO QUE LA EROSION:				
a) HA AUMENTADO	35			
b) HA DISMINUIDO	6			
c) SE HA MANTENIDO IGUAL	41		6	12
7.- LOS PROPIETARIOS HAN BUSCADO AYUDA DEL GOBIERNO	0	88		12
8.- PIENSAN QUE SERVIRIA PEDIR AYUDA	24	42		36
9.- LOS PROPIETARIOS HARIAN VISITAS AL GOBIERNO PARA PEDIR SU AYUDA	18	30	18	24
10.- NINGUN PROPIETARIO TIENE AYUDA DEL GOBIERNO	100			
11.- CONOCEN A ALGUIEN QUE TIENE AYUDA DEL GOBIERNO	2			
12.- LOS PROPIETARIOS HAN IMPLEMENTADO SU PROPIO METODO DE PROTECCION	59	42		
13.- HAN CONSTRUIDO UN MURO	42			
14.- HAN CANALIZADO EL AGUA DE LA LLUVIA	12			
15.- HAN RELLENADO EL TERRENO PARA EVITAR EL DESLAVE	12			
16.- HAN SEMBRADO VEGETACION PARA PROTEGER DE LOS DESLAVES	24			
17.- HAN INVERTIDO, EN NUEVOS PESOS:				
a) CERCA DE VEINTE MIL	6			
b) ENTRE VEINTE Y CINCUENTA MIL	6			
c) MAS DE CINCUENTA MIL	6			
d) NADA	36		18	30

18 . - LOS PROPIETARIOS CREEN QUE EL GOBIER- NO DEBE PAGAR LOS GASTOS DERIVADOS DE LA PROTECCION Y CONSERVACION	48			
19 . - CREEN QUE ELLOS MISMOS DEBEN PAGAR	42		6	12
20 . - LOS PROPIETARIOS CREEN QUE LA EROSION ES UN PROCESO LOCAL IMPORTANTE	71		18	12
21 . - PIENSAN QUE EL EFECTO DE LA EROSION SERIA MENOR SI HUBIERA ROCAS MAS GRANDES	36	24	24	18
22 . - LES PREOCUPA LA EROSION CUANDO HAY TORMENTAS	36	59		18
23 . - HAN NOTADO QUE SOLO EN EPOCA DE TORMENTAS HAY EROSION	12	65		6
24 . - LA EROSION SIEMPRE SERA UN PROBLEMA GRAVE EN LA ZONA	53		12	36
25 . - ABANDONARIAN SU PROPIEDAD SI FUERA NECESARIO	53	36		12
26 . - PIENSAN QUE SE NECESITAN LEYES PARA REGULAR LA CONSERVACION DE LOS CANTILES	65	6		30
27 . - CREEN QUE EL MEJOR METODO PARA PROTEGER LOS CANTILES ES:				
A) CONSTRUIR UN MURO COMO LOS QUE HAY	76			
B) ALIMENTACION ARTIFICIAL				
C) ENROCAMIENTO				
D) VEGETACION				
E) REUBICACION				
F) ROMPEOLAS DESCONECTADO DE LA COSTA				
28 . - DE LAS ANTERIORES, CREEN QUE LA MEJOR OPCION A LARGO PLAZO ES:				
A) MURO	76			
B) ALIMENTACION ARTIFICIAL				
C) ENROCAMIENTO				
D) VEGETACION				
E) ROMPEOLAS DESCONECTADO DE LA COSTA				
F) REUBICACION DE LOS EFICIOS				
29 . - SABEN QUE EXISTE LA TECNOLOGIA ADECUADA PARA PROTEGER	65	6		
30 . - LOS MUROS DESTRUYEN SUS EXTREMOS	18	36	18	
31 . - PIENSAN QUE EL GOBIERNO DEBERIA APOYAR MAS LA INVESTIGACION SOBRE LA PROTECCION Y CONSERVACION DE LA ZONA COSTERA	71			
32 . - RECURRIRIAN A UN OCEANOLOGO O A LA FACULTAD PARA CONSULTAR SU PROBLEMA	6			

Tabla V.- Resultados de las encuestas aplicadas a los residentes de la zona de estudio

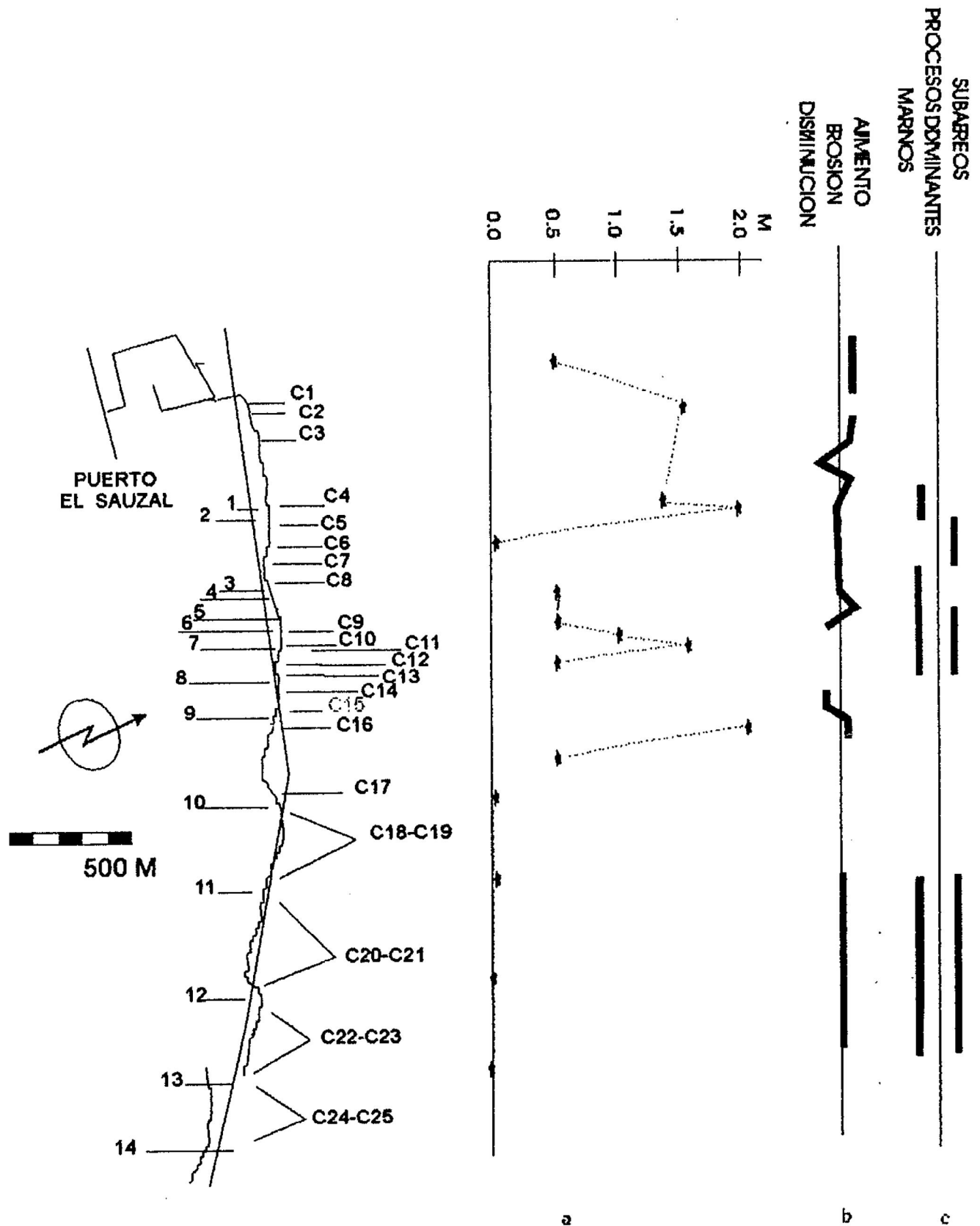


Fig. 14.- Mapa basado en los datos de las encuestas aplicadas a los residentes de la zona de estudio; a).- Retroceso de la línea de costa en los últimos cinco años, b).- Comportamiento de la erosión en el mismo periodo, c).- Procesos erosivos dominantes, para los mismos años

DISCUSIONES

Con la finalidad de facilitar la discusión de los resultados obtenidos, se procedió a realizarla en tres secciones; las relacionadas con las consideraciones y criterios en la Clasificación de los cantiles, las diferentes Zonas de Riesgo para quienes residen o desean hacerlo sobre estos cantiles, y finalmente a cerca de los Resultados de las Encuestas aplicadas a diecisiete de dichos residentes.

I.-CLASIFICACION

De acuerdo a los criterios establecidos por Emery y Khun en 1982 (Fig.15) se encontraron en la zona de estudio dos tipos de cantiles, activos e inactivos. Los cantiles inactivos fueron fácilmente identificables debido a que presentan características claras y evidentes de su estado actual de actividad, es decir, presencia de vegetación del tipo rastrera, material acumulado en la base (talud) y en algunas ocasiones arbustos e inclusive árboles. En el caso de la identificación de perfiles activos, se presentaron ciertas dificultades por las características y condiciones que presentan los cantiles en ciertas zonas como sucede después del Hotel California (muro 12) hasta antes del muro 14; donde se tiene presencia de vegetación y pequeños depósitos de material derrumbado en la base, además de las evidencias de los procesos erosivos (que no actúan con la misma intensidad en esta zona que en otras), sean marinos o sub aéreos, lo cual hace parecer, en una primera aproximación, que los cantiles son antiguos; sin embargo al analizar el perfil de éstos, y estableciendo la

dominancia de los procesos erosivos se pudo aclarar que los cantiles son activos, dominados por procesos marinos y/o sub aéreos (Fig.16). Dada esta situación, puede afirmarse que en la época de las visitas al campo, los cantiles efectivamente se encontraban en un periodo de inactividad, sin embargo son activos en otras épocas del año, esta afirmación se ve fuertemente apoyada por la influencia del oleaje en algunos lugares y el derrumbe del muro 14 (aproximadamente en Julio de este año, en condiciones de verano).

Las categorías establecidas en el grado de consolidación y la resistencia de los materiales que constituyen el cantil, se utilizaron bajo el criterio de comparación entre los resultados encontrados, por lo tanto son relativas y únicamente aplicables dentro de la zona de estudio, bajo las condiciones que ello implica.

II.- ZONAS DE RIESGO

Puede decirse que la zona de El Sauzal de Rodríguez esta totalmente urbanizada incluyendo la zona de cantiles, donde se han construido desde casas habitación hasta hoteles que se encuentran ya dentro de Zona Federal debido al continuo retroceso de la línea de costa; por lo tanto la seguridad de las construcciones que existen sobre los cantiles, se encuentran condicionadas a la estabilidad de los mismos; durante las visitas al campo, se pudo observar que existen varios factores que estan des-estabilizando cada uno de los cantiles o muros evaluados y que representan un riesgo potencial para quienes viven sobre ellos, más allá de un simple derrumbe de terreno; aún cuando no se involucra la

intensidad de un factor sobre otro, resulta evidente que existen zonas de más alto riesgo o más bajo riesgo porque en ellas se encuentra una mayor o menor cantidad de factores que se encuentran des-estabilizando cada una de ellas. En base a este criterio, a la distancia que representa la zona, y tomando en cuenta lo peligroso que puede ser hablar de muy alto o muy bajo riesgo, se incluyeron éstas categorías para caracterizar la zona, evitando de esta manera generalizar; los intervalos alto, mediano y bajo riesgo encubrirían la importancia de encontrar en un sólo cantil o muro hasta 10 de los factores mencionados que en el peor de los casos se encuentran ocultos por la presencia de los muros que ofrecen una falsa protección.

El análisis de riesgos en esta zona puede ser todavía más específico, incluyendo además de los factores observados en este trabajo, la actitud de las capas cuya inclinación establece la dirección preferencial del material que constituye las capas a derrumbarse o deslizarse (en este caso hacia el mar), la topografía circundante, la vibración por el paso de vehículos en la carretera (asentada sobre sedimentos propiamente no consolidados y su efecto se presume aumentado en esta zona por las condiciones que se mencionan en los resultados, la homogeneidad y la falta de soporte que puede afectar en forma exagerada.

En el caso de los deslizamientos no se establece su origen ni si son o no activos, sin embargo lo importante es que dichos planos pueden en un momento dado facilitar el movimiento del sedimento en masa; lo mismo sucede en el caso de los derrumbes de los muros, no se precisa

si están motivados por la des-estabilización de los cantiles o por fallas en el diseño y construcción de las estructuras, lo importante es que se se encuentran presentes incrementando las pérdidas de terreno y la probabilidad de riesgo en la zona.

III.-ENCUESTAS

Como ya se mencionó anteriormente, la zona de El Sauzal de Rodríguez se encuentra completamente urbanizada; sin embargo se pudieron aplicar 17 encuestas, distribuidas a lo largo de toda la zona; existen casas que están habitadas sólo en ciertas épocas del año, otras unas semanas y no siempre en la misma época y algunos son lotes vacíos cuyos dueños viven en Estados Unidos, no se conoce quienes son o no pudieron localizarse solamente dos personas se negaron a responder el cuestionario, que en general fué resuelto con gran interés por los que fueron visitados. Los resultados obtenidos puede decirse que son confiables en vista de que coinciden con las observaciones hechas en el campo, además de ser una fuente de datos con cierta exactitud ya que los residentes pueden dar detalles de lo que ha sucedido, y en la mayoría de los casos saben cuánto terreno han perdido ya que tienen alguna estructura como referencia; en la en la Fig. 14 se observa que existe una relación directa entre el aumento, disminución o igualdad en la intensidad de los procesos erosivos en los últimos cinco años, el retroceso de la línea de costa en el mismo periodo, y los procesos erosivos dominantes (marinos o sub- aéreos), en las zonas donde la erosión ha aumentado, y los procesos erosivos dominantes son los marinos o actúan combinados

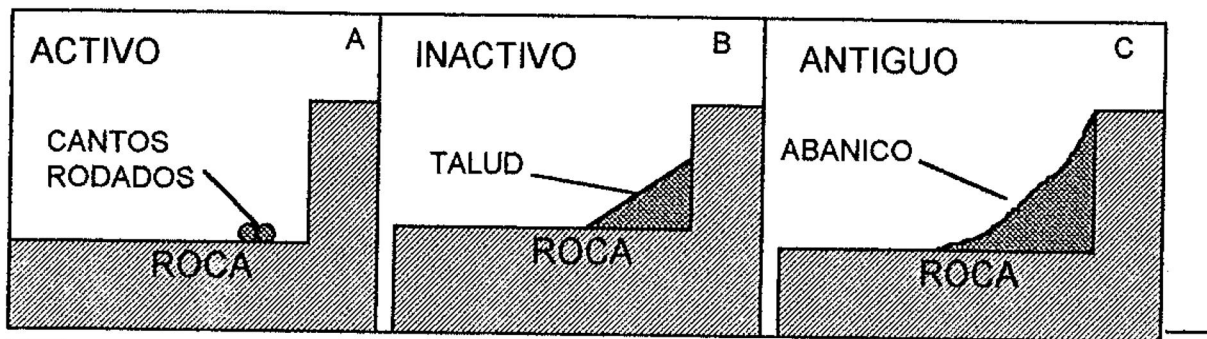


Fig. 15.- Clasificación de los cantiles de acuerdo a Emery, K.O., y Kuhn, G.G. (1982)

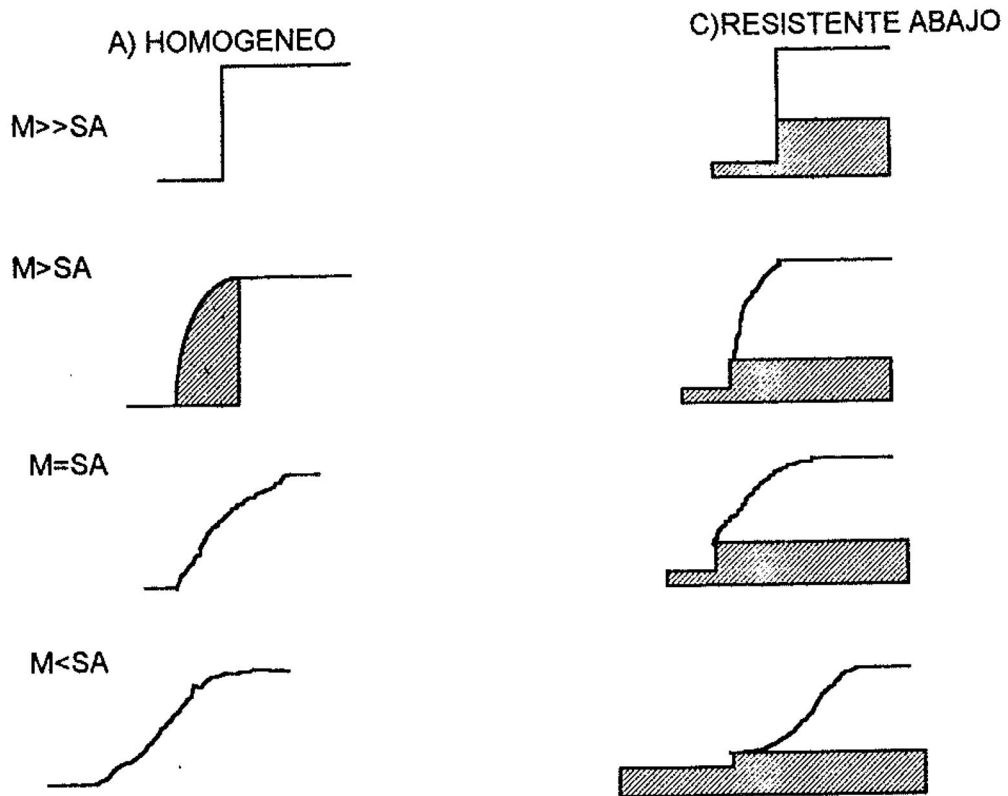


Fig. 16.- Clasificación de los cantiles activos de la zona, de acuerdo a Emery, K.O., y Kuhn, G.G., 1982

con los sub-aéreos; son las zonas que más terreno han perdido (en realidad saben más de lo que se espera).

En general los residentes están dispuestos a cooperar siempre y cuando no implique un costo económico y pueden dividirse en dos grupos, los que están interesados en la conservación y protección de la zona y los que no muestran interés; éstos últimos, son los que no están directamente afectados por el retroceso de los cantiles y no piensan involucrarse en ningún proyecto o método de protección, sobre todo cuando tienen idea de cuánto les costaría el hacerlo; el otro grupo de residentes son los que ya tienen problemas o empiezan a tenerlos por la pérdida de terreno y la inestabilidad de los cantiles, entre ellos existe un gran interés por conservarlos y protegerlos, sobre todo porque han asumido que aún cuando no tengan escrituras de propiedad de los terrenos, tampoco perderán la inversión que han hecho.

Las estructuras de protección más populares entre los residentes, son los muros, no importa de que estén contruidos y tampoco les importa mucho la forma que tengan, en segundo lugar se encuentran los rellenos, canales y vegetación para evitar los deslaves por las lluvias; de los residentes que están preocupados por el retroceso de los cantiles y tienen un método de protección obviamente han construido muros, o al menos han combinado los otros mencionados (que son la minoría); los que han construido muros no creen que necesiten mantenimiento al menos dentro de unos años más y piensan que a mayor cantidad de dinero invertido, mejor y más duradera protección tendrán; los que han combinado los otros métodos, desean construir un muro, saben que el

mantenimiento, la calidad, el diseño y la construcción adecuada son importantes para lograr una protección eficiente; en general los residentes piensan que no existe relación entre los procesos sub-aéreos, marinos, inducidos por su presencia ni las características litológicas.

CONCLUSIONES

1.- De acuerdo a los criterios establecidos por Emery, K.O., y Kuhn, G.G., en 1982, en la zona de estudio, se encuentran cantiles activos e inactivos, de los cuales predominan los primeros, ver Fig. 9.

2.- De acuerdo con el análisis de los factores que representan riesgos en la zona de estudio (Fig. 10), se proponen cinco categorías de riesgo (Fig. 13):

7-8-----	Muy alto riesgo-----	5
5-6-----	Alto riesgo-----	4
3-4-----	Mediano riesgo-----	3
2-----	Bajo riesgo-----	2
1-----	Muy bajo riesgo-----	1

a).- Se proponen las categorías de riesgo para los muros de la zona:

No. Muro	Categoría
1	Alto riesgo -----4
2	" " "
3	Mediano riesgo --- 3
4	" " "
5	" " "
6	" " "
7	Alto riesgo----4
8	" " "
9	Muy bajo riesgo----1
10	Mediano riesgo ----3
11	" " "
12	" " "
13	Muy alto riesgo ----5
14	Mediano riesgo-----4

3.- En base a la Tabla V, se resumen las respuestas de los residentes de la zona a las encuestas aplicadas, se concluye que:

a).- La razón de retroceso promedio en los últimos cinco años es de 0.218m/año.

b).- La zona de El Sauzal se encuentra influenciada principalmente por procesos marinos, sub-aéreos y la combinación de ambos, en segundo lugar por la homogeneidad litológica y la presencia de factores inducidos debidos a la presencia de los residentes (Fig.14).

c).- La erosión de los cantiles se ha mantenido igual en los últimos cinco años.

d).- Existen dos tendencias entre los residentes en cuanto a quién debe pagar los gastos derivados de la conservación y pretección de la zona de costera; los que tienen problemas por el retroceso de los cantiles piensan que son ellos quienes deben cubrir los gastos y estan interesados en involucrarse en programas y métodos de protección, y los que no tienen problemas, ni estan interesados en proteger y conservar los cantiles y desean que el gobierno comparta dichos gastos.

e).- Existe de un 6% a 12% de los residentes que no contestaron el cuestionario porque no tienen idea de lo que significa la pérdida de terreno por procesos marinos, sub-aéreos o inducidos, o porque no son los dueños de la propiedad.

f).- Sólo el 5% de las respuestas obtenidas no son confiables.

BIBLIOGRAFIA

- ARANDA MANTECA, F.J., 1983. Estudio de minerales pesados como trazadores de la corriente litoral en la Bahía De Todos Santos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., México.
- AVILA SERRANO, G.E., 1983. Volumen de sedimento aportado anualmente a la Bahía de Todos Santos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., México.
- ALVAREZ SANCHEZ, L., 1971. Medición de corrientes superficiales en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., México.
- ALVEIRINHO, D.J. Y NEAL, W.J., 1991. Sea cliff retreat in southern Portugal: profiles, processes and problems. *Journal Coastal Research*, V3, No.1.
- BACA CHACON, C., 1981. Procedencia de minerales pesados en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., México.
- DILLEY, R.S., Y RASID, H., 1990. Human response to coastal erosion: thunder bay, lake superior. *Journal Coastal Research*, V6, No.4.
- DOLAN, R., HAYDEN, B., REA, C., HEYWOOD, J., 1979. Shoreline erosion rates along the Middle Atlantic coast of the United States. *Geology*, V7, pp 602-606.

DUFFET, N.W., 1968. Arroyo shoreline relationships in Northwest, B.C. Unpublished Ph. Dissertation. Memoir 140.

GRIGGS, G.B. Y FULTON-BENNETT, K., 1988. Rip-rap revetments and seawalls and their effectiveness along the central coast of California. *Shore & Beach*, Abril 1988, p3-11.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS, UNIVERSIDAD DE BAJA CALIFORNIA, 1988. "El comportamiento del oleaje en las costas de Baja California y Mar de Cortéz"

1988b. "Climatología del oleaje y dinámica de las costas de Baja California".

IVES, S.M. Y FURUSETH, O.J., 1988. Community response to coastal erosion: the view from two North Carolina Beaches areas. *Ocean & Shoreline Management*, V11, No.3, p177-193.

JOHNSON, D.W., 1919. Shore processes and shoreline development. New York, John Wiley & Sons, 584p.

1925. The New England acadian shoreline. New York, John Wiley & Sons, 60p.

PAVIA LOPEZ, E., 1979. Brisas en la Bahía de Todos Santos durante los meses de Marzo - Agosto de 1978. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas. Universidad de Baja California, Ensenada, México.

PILKEY, O.H., Y WRIGHT III, H.L. 1990. Seawalls versus beaches. *Journal Coastal Research*, V3, No.19.

ROYCE, CHESTER, 1970. An introduction to sediment analysis.
Arizona State University Publications. 180p.

SHAPE, C.F.S., 1938. Land slides and related phenomena: New York.
Columbia University Press. 136p.

RECOMENDACIONES

El aumento de la densidad de población en zonas de inestabilidad geológica, implica el aumento de riesgo para quienes deciden vivir en esos terrenos; los cantiles de El Sauzal de Rodríguez se encuentran en estado activo y presentan varios factores que se encuentran desestabilizando los estratos sedimentarios que los constituyen y facilitan el retroceso de la línea de costa.

En el presente trabajo no se estudia la razón de retroceso de los cantiles, intensidad e importancia de un factor sobre otro, sin embargo, debido al constante crecimiento de la zona y a las propiedades que se encuentran en condiciones de alto y muy alto riesgo, será necesario analizar en investigaciones posteriores dichos aspectos si se desea establecer un método de protección y conservación adecuado para la zona; de la misma manera, será importante analizar: el efecto de la vibración por el paso de vehículos en la carretera (asentada sobre sedimentos no consolidados), el paso de transeúntes por la cara del cantil (que acaban con la débil cubierta de vegetación provocando derrumbes y deslaves por la lluvias), el origen de los deslizamientos y su estado de actividad, el origen de los derrumbes, la actitud de las capas cuya inclinación establece la dirección preferente de los derrumbes y deslizamientos (en este caso es hacia el mar), la topografía circundante, el diseño de muros(incluyendo un "tapete" para minimizar el efecto de la socavación en la base).