

0/X.12
C 22 e
IV

44450

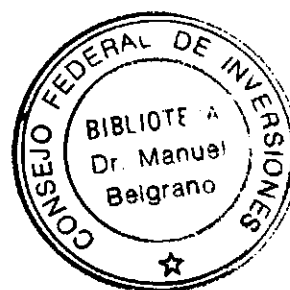
PROVINCIA DE CHUBUT

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

"ESTUDIO DE RIESGO GEOLÓGICO Y SUS POSIBLES
CONSECUENCIAS - AREA PENÍNSULA DE VALDÉS"

INFORME FINAL

DICIEMBRE DE 2003



Lic. Gerardo Cladera

INDICE

BASE DE DATOS	3
Base de Datos - Punta Norte	4
Base de Datos - Punta Cantor	5
Base de Datos - Ruta Punta Norte – Caleta Valdés.....	6
Base de Datos – Sendero Puerto Pirámides Punta Pardelas	7
Base de Datos – Punta Delgada.....	8
Base de Datos – Punta Pirámides	9
Base de Datos – Isla de Los Pájaros	10
CAPACITACIÓN DEL PERSONAL	11
BIBLIOGRAFÍA	12

BASE DE DATOS

Informe de Riesgo Geológico
Recomendaciones para el manejo de la Infraestructura Turística

Localidad	Infraestructura	Ubicación	Peligrosidad	Causas de Riesgo	Ficha	Recomendación
Informe Parcial 1Punta Norte	Casa Principal	S42°04'47,2"- W63°45'33,4"	Baja	Erosión hídrica	-	-
	Casa 2	S42°04'48,4"- W63°45'26,0"	Baja	Erosión hídrica	-	-
	Casa Mástil	-	Baja	Erosión hídrica	-	-
	Confitería	-	Baja	Erosión hídrica	-	-
	Museo	S42°04'45"- W63°45'30,7"	Baja	Erosión hídrica	-	-
	Estacionamiento	S42°04'45,1"- W63°45'29,9"	Baja	Inundación y erosión hídrica	Ficha 7	Retirar el estacionamiento y el resto de los caminos, fuera del predio de la reserva
	Sendero Estacionamiento - Mirador, Sección E-W	Desde S42°04'45,4"- W63°45'28,5" hasta S42°04'45,2"- W63°45'25,4"	Baja	Fuerte Erosión Hídrica y Antrópica	Ficha 7	Evitar la acción antrópica e hídrica mediante paltaforma aéreas
	Sendero Estacionamiento - Mirador, Sección N-S	Desde S42°04'45,2"- W63°45'25,4" hasta Mirador	Baja	Erosión Hídrica y Retroceso del Acantillado	Ficha 1, 6	Evitar la acción antrópica e hídrica mediante paltaforma aéreas
	Mirador y Binoculares (Figura 4)	S42°04'42,3"- W63°45'28,4"	Moderada	Erosión antrópica e hídrica, Retroceso del Acantillado	Fichas 1, 2, 4, 8	Evitar la acción antrópica e hídrica mediante paltaforma aéreas
	Antiguo Sendero	-	Moderada	Erosión Marina	Ficha 3	Dejarlo en las condiciones actuales para proteger el acantillado
	Futura plataforma discapacitados	S42°04'42,3"- W63°45'28,4"	Alta	Erosión hídrica y eólica	Ficha 5	Desactivar el proyecto

Los datos complementarios y fichas se encuentran en el INFORME PARCIAL 1

Informe de Riesgo Geológico
Recomendaciones para el manejo de la Infraestructura Turística

Localidad	Infraestructura	Ubicación	Peligrosidad	Causas de Riesgo	Ficha	Recomendación
Punta Cantor	Casa Guardafauna	S42°30'47,1" - W63°36'1,8"	Baja	Erosión antrópica e hídrica	-	-
	Mangrullo y Binoculares	Al borde del Acantilado	Baja	Fuerte Erosión antrópica e hídrica	-	Monitoreo de la erosión en sus bases
	Primera Escalera de Sendero Principal	S42°30'47,1" - W63°36'1,8"	Baja	Fuerte Erosión Hídrica	17	Cierre del Sendero
	Sendero Principal, Sección entre Primera y Segunda Escaleras	Base Acantilado	Alta	Caída de Bloques y Deslizamientos	22	Cierre del Sendero
	Segunda Escalera de Sendero Principal	Base Acantilado	Alta	Caída de Bloques y Fuerte Erosión Hídrica	16	Cierre del Sendero
	Sendero Principal, Sector Norte	S42°30'46,1" - W63°35'57,3" , Base Acantilado	Alta	Caída de Bloques y Deslizamientos	13, 15, 16	Cierre del Sendero
	Sendero Principal, Sector Sur	Base Acantilado	Alta	Caída de Bloques y Deslizamientos	14, 20	Cierre del Sendero
	Sendero Lolita	Al Norte del Centro de Interpretación	Baja	Probable Derrumbe del Acantilado	-	Modificación del trazado
	Mirador Lolita	S42°30'28,7" - W63°36'3,8"	Alta	Erosión Marina y Derrumbe del Acantilado	21	Cierre y traslado al "Mirador Alternativo Lolita"
	Mirador Alternativo Lolita	-	Baja	-	12	-

Los datos complementarios y fichas se encuentran en el INFORME PARCIAL 1

Informe de Riesgo Geológico
Recomendaciones para el manejo de la Infraestructura Turística

Localidad	Infraestructura	Ubicación	Peligrosidad	Causas de Riesgo	Ficha	Recomendación
Ruta Punta Norte - Caleta Valdés	Ruta	S42°22'26,8"- W63°37'05,3"	baja	Erosión Hídrica	Ficha 9	Rellenar a una cota superior a la del suelo lindante o cambiar el trazado del camino a una cota superior
	Ruta	S42°21'53,4"- W63°37'22,9"	baja	Erosión Hídrica	Ficha 10	Rellenar a una cota superior a la del suelo lindante o cambiar el trazado del camino a una cota superior
	Ruta	S42°23'03"- W63°36'58"	baja	Erosión Hídrica	Ficha 11	Rellenar a una cota superior a la del suelo lindante o cambiar el trazado del camino a una cota superior

Los datos complementarios y fichas se encuentran en el INFORME PARCIAL 1

Informe de Riesgo Geológico
Recomendaciones para el manejo de la Infraestructura Turística

Localidad	Infraestructura	Ubicación	Peligrosidad	Causas de Riesgo	Ficha	Recomendación
Sendero Puerto Pirámides - Punta Pardelas	Puerto Pirámides	-	Baja a Moderada	Remoción de los Depósitos Eólicos de Arena	35, 36	No extrear ni modificar los médanos. Monitorear las cárcavas al pie del acantilado
	Camino Puerto Pirámides a Punta Pardelas	-	Baja	Erosión Antrópica e Hídrica	23, 26	-
	Límite Norte de Playa Las Cuevas	S42°34'37,2"- W64°16'36,2"	Alta	Erosión de Plataforma, Desprendimientos de Bloques y Cierre de Sendero durante la Pleamar	24	Utilización de cartelera que indique el peligro de los cambio de la marea y cierre del sendero
	Límite Sur de Playa Las Cuevas	S42°37'6,3"- W64°15'40,7"	Alta	Erosión Marina del Sendero y Desprendimientos de Bloques	34	Utilización de cartelera que indique el peligro de los cambio de la marea y cierre del sendero
	Sección Punta Pardelas del Sendero	S42°37'35,5"- W64°16'1"	Alta	Erosión Marina del Sendero y Caída de Bloques	29, 30	Utilización de cartelera que indique el peligro de derrumbes o modificación del trazado
	Sección Punta Pardelas del Sendero	S42°37'6,3"- W64°15'40,7"	Alta	Erosión Marina del Sendero y Caída de Bloques	32, 33	Utilización de cartelera que indique el peligro de derrumbes o modificación del trazado
	Campamento Punta Pardelas	-	Baja	Erosión Hídrica	31	Utilización de cartelera que indique el peligro de canalización del agua como consecuencia de lluvias torrenciales

Los datos complementarios y fichas se encuentran en el INFORME PARCIAL 2

Informe de Riesgo Geológico
Recomendaciones para el manejo de la Infraestructura Turística

Localidad	Infraestructura	Ubicación	Peligrosidad	Causas de Riesgo	Ficha	Recomendación
Punta Delgada	Mirador Norte	S42°42'52,8"- W63°38'29,2"	Alta	Derumbes del Acantilado	Fichas 38, 42	Cierre definitivo del Mirador
	Mirador Centro	S42°43'6,4"- W63°38'18"	Alta	Derumbes del Acantilado	Fichas 37, 40	Cierre definitivo del Mirador
	Mirador Centro, Sendero y Estacionamiento	S42°43'6,4"- W63°38'18"	Baja	Erosión Hídrica	Ficha 40	Cierre definitivo del Mirador
	Mirador S	S42°43'20,5"- W63°38'17,1"	Alta	Derumbes del Acantilado	-	Cierre definitivo del Mirador
	Casa	S42°43'5,3"- W63°38'23,5"	Muy Baja	-	-	-
	Mirador (4,4 Km al N de Punta Delgada, a 50 mts de Ruta Prov. 2)	S42°40'45,9"- W63°37'44,5"	Alta	Erosión Hídrica y Retroceso del Acantilado	Ficha 44	Cierre definitivo del Mirador
	Mirador (8,38 Km al N de Punta Delgada, a 200 mts de Ruta Prov. 2)	S42°38'44,5"- W63°36'40,3"	Alta	Erosión Hídrica y Retroceso del Acantilado	Ficha 45	Cierre definitivo del Mirador

Los datos complementarios y fichas se encuentran en el INFORME PARCIAL 2

Informe de Riesgo Geológico
Recomendaciones para el manejo de la Infraestructura Turística

Localidad	Infraestructura	Ubicación	Peligrosidad	Causas de Riesgo	Ficha	Recomendación
Punta Pirámides	Camino de Acceso	S42°34'23,6"- W64°18'0,7"	Baja	Erosión Hídrica Retrocedente	61, 62, 63	Monitoreo de la acción hídrica sobre el camino
	Camino de Acceso	S42°34'30,6"- W64°18'7,1"	Baja	Erosión Hídrica Retrocedente	60	Monitoreo de la acción hídrica sobre el camino
	Mirador Camino de Acceso	S42°42'52,8"- W63°38'29,2"	Baja	-	-	Restaurar el camino a su cota original
	Casa Guardafauna	S42°34'58"- W64°18'9,7"	Baja	Erosión antrópica e hídrica	-	Evitar la profundización del camino por la acción de las máquinas viales
	Galpón	-	Baja	Erosión antrópica e hídrica	-	Evitar la profundización del camino por la acción de las máquinas viales
	Instalaciones Sanitarias	-	Baja	Erosión antrópica e hídrica	-	-
	Mirador De Las Ballenas	S42°34'59,1"- W64°18'0,7"	Muy Alta	Derrumbe del Acanalado	-	Cierre del Mirador
	Caseta de Informes	S42°35'4,7"- W64°18'30,2"	Baja	Erosión Hídrica	51	Monitoreo de la acción hídrica en las bases de la construcción
	Mirador Lobería	S42°35'5,4"- W64°18'34,6"	Muy Alta	Derrumbe del Acanalado	50, 55, 56, 57, 58, 59	Cierre del Mirador y desplazamiento del mismo a 8m del acantilado actual

Los datos complementarios y fichas se encuentran en el INFORME PARCIAL 3

Informe de Riesgo Geológico
Recomendaciones para el manejo de la Infraestructura Turística

Localidad	Infraestructura	Ubicación	Peligrosidad	Causas de Riesgo	Ficha	Recomendación
Isla de los Pájaros	Casa Guardaparque	S42°25'42,7"- W64°31'1,3"	Baja	-	68	-
	Estacionamiento	-	Baja	-	-	-
	Capilla	-	Baja	-	-	-
	Instalaciones Sanitarias	-	Baja	-	-	-
	Camino de Acceso	S42°27'12"- W64°30'9"	Baja	Erosión Antrópica	69	Evitar profundizar el camino actual
	Camino de Acceso	S42°25'44,8"- W64°31'5,5"	Baja	Erosión Hídrica. Cauces que cortan el camino	64	Evitar profundizar el camino actual
	Camino de Acceso	S42°26'3,3"- W64°30'49,5"	Baja	Erosión Hídrica. Cauces que cortan el camino	65	Evitar profundizar el camino actual
	Camino de Acceso	S42°26'33,3"- W64°30'11,1"	Baja	Erosión Hídrica. Cauces que cortan el camino	66	Evitar profundizar el camino actual

Los datos complementarios y fichas se encuentran en el INFORME PARCIAL 3

CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

Uno de los puntos importantes en este proyecto, estaba referido a la capacitación del personal afectado a las reservas turísticas de Península Valdés.

La actividad del personal afectado a las reservas se incrementa notablemente durante los meses de primavera - verano, esto generó una gran dificultad para lograr una reunión conjunta de dicho personal con los miembros del proyecto, resultando finalmente imposible la organización de las reuniones necesarias para llevar a cabo un curso de capacitación, teniendo en cuenta que al habitual aumento estacional de la actividad se sumó el hecho de una enorme afluencia de turistas en esta temporada. Por tal razón, la Secretaría de Turismo de la Provincia de Chubut decidió que la capacitación y discusión de los trabajos de riesgos geológicos se realizaran en cada una de las reservas individualmente en lugar de desarrollar un curso general para todo el personal implicado perteneciente al conjunto de las reservas del área.

Cabe destacar, que la capacitación de personal no se limitó sólo al personal afectado a las reservas, si no que implicó a los sucesivos directores del Area de Conservación de la Secretaría de Turismo. Así, durante el transcurso del proyecto se capacitó sobre el método utilizado a los directores N. García, G. Punta y F. Defelice que fueron asumiendo con el correr del año.

Complementando la entrega de cada informe parcial, se realizó una sesión de discusión con los directores del Area de Conservación con el objetivo de analizar las perspectivas derivadas de las recomendaciones a seguir planteadas en dichos informes. De esta manera, los puntos de discusión mas importantes que surgieron, a partir de lo expuesto en los informes, durante estas sesiones de discusión fueron: 1) las actuales condiciones de riesgo geológico de las reservas de Caleta Valdés (Punta Cantor) y Punta Pirámides y 2) las posibles alternativas para la resolución de las situaciones de riesgo informadas. En la primera de estas reservas (Caleta Valdés), el informe aconseja el cierre del sendero actual y la apertura de otro nuevo. El cumplimiento de esta sugerencia plantea el inconveniente de que la provincia tenía planeado realizar una nueva construcción del sendero principal original, obra esta que ya estaba licitada y otorgada. Durante las discusiones realizadas sobre el tema, se aconsejó suspender esta obra y replantear la

posibilidad de realizar dicha infraestructura en el sendero secundario Lolita, sitio recomendado en el Informe Parcial 1.

En relación con la situación de Punta Pirámides, se planteó la necesidad de tirar un bloque que esta debajo del mirador (Informe Parcial 3). En esta discusión intervinieron en forma conjunta los guardafaunas, el director de la Administradora de Península Valdés (Sr. Goity) y los miembros del equipo. La posición tomada en este trabajo fue la que prevaleció. Además, se desestimó la posibilidad del uso de explosivos para llevar a cabo esta tarea, debido al impacto que produciría en el área una onda expansiva no controlada podría ser perjudicial para la infraestructura existente. Otra de las discusiones que se mantuvo con las autoridades en la localidad de Punta Pirámides, verso sobre la necesidad de desplazar la ubicación actual del mirador hacia un área de menor riesgo, ya que actualmente se encuentra emplazado sobre una zona que, como resultado del presente estudio, ha sido categorizada como de riesgo alto (ver Informe Parcial 3). Dicha discusión se refirió a la forma de mitigar y prevenir la fuerte acción antrópica que se puede generar en los senderos que guían a los turistas hasta el nuevo mirador. Del intercambio surgió la necesidad de que la obra contemple evitar las acciones erosivas tanto del agua como de origen antrópico. Como resultado de esta discusión se planteó la posibilidad de realizar plataformas flotantes de madera sostenidas por pilares y de esta manera evitar el pisoteo del suelo y su posterior erosión. Se sugirió además, que la base de dichos pilares debería tener una especie de cuenco para que allí se almacene el agua de lluvia que escurra de la plataforma. De esta manera, se evitaría la erosión hídrica al pie de los pilares.

La capacitación de riesgo geológico brindada en cada una de las reservas y la discusión de los problemas particulares de cada sitio se realizó con los siguientes Guardafaunas: Roberto Bubas (encargado de Península Valdés), Patricio Lezama (Punta Norte); Axel Bos (Caleta Valdés), Diego Conchillo, Rosana Verón, Jorge Depasquali (Puerto Pirámides Punta Pardelas) (Punta Pirámides) y Jorge Vera (Isla de los Pájaros).

El proceso de capacitación se realizó a través de charlas, las cuales se iniciaron con la enseñanza del método a utilizar para determinar el riesgo geológico del área (informe parcial 1). En segundo término, se mostró como

se diseñaban los diferentes mapas y se capacitó al personal en el uso de instrumental específico (por ejemplo, GPS, Teodolito, Brújula y Estereoscopio). En tercer lugar, se hizo hincapié en la utilización y manejo de la cartografía (incluyendo utilización de imágenes satelitales, fotos aéreas y mapas topográficos). Además de las charlas, los guardafuneros fueron invitados a acompañar a los miembros del equipo durante la realización de tareas de campo. Esto permitió abrir con ellos un debate sobre sus observaciones pasadas y actuales de la evolución del paisaje. Como resultado de este tipo de trabajo se concluyó por ejemplo que en la localidad de Punta Norte era necesario evitar el acceso de vehículos a la reserva y de esta manera minimizar la acción antrópica erosiva (ver Informe parcial 1). Otro de los puntos importantes en esta localidad, fue la discusión de un futuro frente erosivo del mar sobre el acantilado donde se encuentra actualmente el mirador y la plataforma para discapacitados que se pensaba construir. Sobre esta última las autoridades desestimaron la conclusión de la obra. En cuanto a Caleta Valdés, los aportes que realizaron los guardafauna fueron importantes, ya que de sus observaciones se pudo establecer de forma más precisa, la cronología de los deslizamientos ocurridos sobre la costa.

Con respecto a la capacitación del personal de la reserva Caleta Valdés se hizo notar que en esta zona en particular los agentes erosivos principales son el mar y la acción hídrica y, en menor medida, la acción eólica. Este punto resulta de fundamental importancia debido a que la costa en esta zona ha sufrido importantes transformaciones en los últimos 30 años (ver Informe parcial 2). El método utilizado para explicar esta situación fue el uso de la cartografía y las fotos aéreas de diferentes décadas. A través de este material pudo inferirse y, luego transmitir a los guardafaunas, la evolución del paisaje.

En la localidad de Punta Pirámides se plantearon varios puntos que para los guardafauna son de suma importancia. Ellos son: 1) el bloque debajo del mirador, 2) la evolución del mismo y 3) el lugar de ubicación del futuro mirador.

Como se presentó en el Informe Parcial 3 los guardafaunas de Punta Pirámides fueron los primeros en detectar la fisura responsable de la avalancha de roca que se produjo en mayo de 2003. Los datos aportados en

este caso por los guardafaunas de esta reserva fueron de suma importancia ya que se pudo establecer con precisión la duración del período de fractura – desprendimiento, información que fue volcada en el Informe Parcial 3. A su vez, se pudo tener una idea más exacta de la rapidez de los eventos erosivos de las costas Patagónicas.

Con respecto a la reubicación del mirador, ésta se analizó en forma conjunta con el encargado de la reserva (Diego Conchillo) y se definió el área donde debería asentarse el nuevo mirador. En este punto fue muy importante la experiencia de dicho guardafauna, ya que en forma precisa demarcó el área de mayor asentamiento de la población de lobos marinos.

La evaluación de la capacitación del personal fue muy positiva, ya que existió un intercambio de opinión y sobre todas las cosas se logró una concientización de los peligros de riesgos geológicos de cada una de las áreas estudiadas durante el transcurso de este proyecto.

Por otra parte, merece destacarse el hecho de que el personal afectado a las reservas se mostró interesado en el aprendizaje de los conocimientos brindados durante la capacitación, y al mismo tiempo este personal realizó un aporte muy significativo para el desarrollo favorable del proyecto. Esta colaboración del personal de las reservas de Península Valdés permitió obtener datos muy precisos que enriquecieron sustancialmente este proyecto y que no hubiese sido posible establecer de no contar con la observación directa de personal residente en el área.

BIBLIOGRAFÍA



**GEOLOGY AND COASTAL HAZARDS OF THE NORTHERN MONTEREY
BAY, CALIFORNIA**
FIELD TRIP GUIDEBOOK
November 4, 2000

Field Trip in conjunction with:
"Preserving Coastal Environments"
California Shore and Beach Preservation Association Conference
Monterey, CA
November 2-4, 2000

By

Cheryl Hapke¹

Open-File Report 00-438

2000

This report is preliminary and has not been reviewed for conformity with U.S. Geological Survey editorial standards or with the North American Stratigraphic Code. Any use of trade, product, or firm names is for descriptive purposes only and does not imply endorsement by the U.S. Government.

¹U.S. Geological Survey, Menlo Park, California 94024

**Geology and Coastal Hazards of Northern Monterey Bay
Field Trip Guidebook
November 4, 2000**

Cheryl J. Hapke (Editor)¹

Introduction.....	1
Acknowledgements.....	2
Field Trip Itinerary.....	3
Location Map.....	4
Field Trip Guide.....	5-17
Related Reading.....	18

¹USGS Pacific Science Center, 1156 High St., Santa Cruz, CA 95064 chapke@usgs.gov

INTRODUCTION

This field trip will explore the relationships between geology and coastal hazards, and human influences in the northern Monterey Bay, which is a tectonically active high wave energy environment. Seacliffs, shore platforms, pocket beaches and a headland/embayment morphology characterize this rocky coastline. Many studies of the onshore and offshore geology and geophysics, the local wave climate, and the effects of large storm events and earthquakes on the coastline have been conducted in this region (see *Related Reading*). This field trip will summarize the many findings of these research investigations, as well as consider the relationship between the rates and styles of short- and long-term seacliff erosion and the variations in the local geology.

During the field trip we will investigate seacliff sites of different geological lithologies, geographic orientations, and varying protection from wave attack, and consider how these variables affect not only the rate or magnitude of seacliff retreat but also the styles of retreat. In general the two primary forcing factors in the retreat of seacliffs are marine and terrestrial processes. At the various field trip stops we will consider the relative importance of these processes in shaping the coastline at that particular location. Where beaches have developed, whether naturally or by emplacement of man-made structures, we will look at the occurrence of the beaches (why they exist where they do) and the response of the beaches to large storm events. Finally, this trip will focus on the various coastline protection structures that have been built, and their effectiveness in protecting development on the beaches or at the tops of the seacliffs.

The first stop of the trip will be at the Long Marine Lab facility where we will begin by looking at the most resistant geological unit, the Miocene Santa Cruz Mudstone, and some of the geological features associated with this part of the Bay. We will continue through the morning to make our way east and south into the inner Bay, as well as into the less resistant lithologies of the Pliocene Purisima Formation and finally the Pleistocene Aromas Sand. The route will follow the coast wherever possible so participants can get a full perspective of the northern Monterey Bay, even where stops have not been planned.

ACKNOWLEDGEMENTS

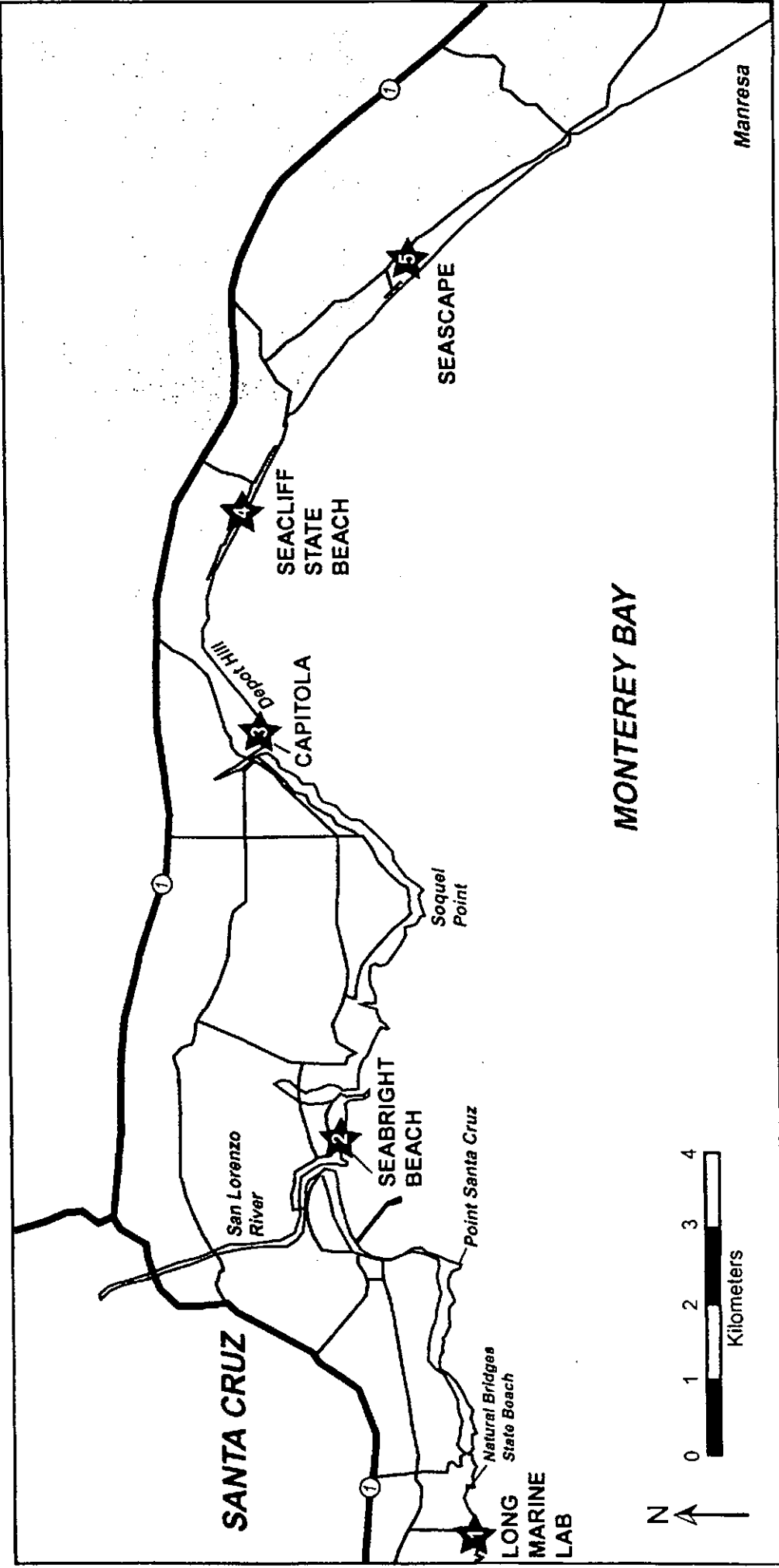
I wish to thank Gary Griggs for generously providing many of the accompanying photos used in this guidebook. This trip would not have been possible without the continual support

and numerous suggestions of Lesley Ewing. I would also like to thank Bruce Richmond, Ann Gibbs, Scott Calhoun and Amy Foxgrover for valuable input.

The U.S. Geological Survey Coastal and Marine Geology Program provided financial support to cover transportation and publication expenses for this field trip.

CSBPA2000 Field Trip Itinerary
Geology and Erosion Hazards of Northern Monterey Bay
November 4, 2000

- 8:00am:** Meet in lobby of Monterey Beach Hotel
8:05am: Bus leaves Monterey Beach Hotel
- 8:45am:** Arrive **Stop 1: Long Marine Lab Facility, Santa Cruz**
Stop includes brief tour of facility by the director of the Institute of Marine Sciences, Dr. Gary Griggs, and a walk to the cliff edge to observe the geologic setting of the location.
- 9:15am:** Leave Long Marine Lab; head east along West Cliff Drive, past the Santa Cruz Lighthouse, Wharf and Boardwalk. Cross over the San Lorenzo River on San Lorenzo Blvd. Take East Cliff Dr. to the San Lorenzo Point/Seabright Beach overlook.
- 9:30am:** Arrive **Stop 2: San Lorenzo Point/Seabright Beach Overlook**
Walk out along San Lorenzo Point. This stop includes a discussion of the erosion hazards at Seabright Beach in terms of the history of the Santa Cruz Harbor Jetty, and an overview of the local geology.
- 10:00am** Leave Seabright Beach Overlook; head east along East Cliff Dr., past Twin Lakes, Corcoran, and Moran Beaches to the Village of Capitola.
- 10:15am** Arrive **Stop 3: Esplanade at Capitola**
Walk to end of Esplanade at pumping station. Discussion of Capitola Beach, the groins and their relation to the Santa Cruz Harbor, and the geology and erosion hazards of the seacliffs along Depot Hill.
- 10:45am** Leave Capitola; head east on Park Ave. Take Highway 1 south to State Park Dr. and State Park Dr. to Seacliff State Beach.
- 11:00am** Arrive **Stop 4: Seacliff State Beach**
Walk along state park road to houses at Las Olas Dr. Discussion of beach and history of seawalls, geology and erosion hazards of the cliffs, and the problems associated with both cliff-top and base-of-cliff structures. History of the cement ship (the Palo Alto).
- 11:20am** Leave Seacliff State Beach; head south on Highway 1 to San Andreas Rd. San Andreas south to Seascape Blvd. Seascape Blvd to Seascape Village.
- 11:35am** Arrive **Stop 5: "Beercan" Beach**
Discussion of seawall at La Gaviota, geology and erosion history of Seascape area, summary/conclusion of field trip.
- 12:00pm** Leave Seascape. Take Highway 1 south to Monterey Beach Hotel.
12:30pm Arrive at Monterey Beach Hotel



Map shows locations of field trip stops in relation to major geographic locations in the greater Santa Cruz area.

Institute of Marine Sciences

an Equal Opportunity Institution
at UC Santa Cruz

Long Marine Lab

Over 130 UC Santa Cruz scientists, researchers, visiting scientists, graduate students and undergraduate students utilize the facilities at Long Marine Laboratory each year. Long Marine lab is known throughout the world for the innovative marine mammal research in areas such as diving physiology, physiological ecology, bioacoustics, and cognition. Active research at the lab is also underway in the areas of environmental toxicology, and in nearshore invertebrate marine biology.



General marine science research facilities located at Long Marine Laboratory include seawater laboratories for plankton and marine invertebrate research, radioisotope labs, environmental analytical labs for extraction and precise measurements of the trace levels of organic pollutants (DDT and derivatives, PCB's, PAH's, etc.) in water and tissue, a high volume seawater diluter for exposure experiments, a culture lab for marine invertebrate larvae and juveniles, controlled photoperiod labs, plankton culture lab, small-boat operation and research SCUBA diving facility, meteorological station, and a remote sensing surface current station (CODAR) operated in cooperation with NOAA.

Researchers and staff at Long Marine Lab have developed specially designed tanks and equipment that are used for diving physiology, bioacoustics, and cognition research of marine mammals. Facilities include a 17,000 sq. ft. enclosed yard with five large pools and five smaller pools. The largest tank is designed to be acoustically quiet, and has an underwater viewing lab with large windows for visual access. Opening into the marine mammal research yard in a nearby building are a marine mammal food preparation and storage lab, a veterinary/pathology lab, and general access research/procedure labs. Marine mammal support equipment includes high speed video cameras, hydrophones for underwater acoustic work and an acoustic analysis system, expanded frequency tape recorders, oxygen analyzer, blood gas analyzer, ultrasound sensor as well as specialized transport cages for moving pinnipeds and cetaceans to and from the field. The population of marine mammals present at the laboratory during the last several years has included two Atlantic Bottlenose dolphins, four California sea lions, an elephant seal and a harbor seal, as well as occasional or short-term residents (normally young elephant seals used for research projects) or stranded animals who are taken care of at the lab for short periods of time before relocated to other facilities.



Long Marine Lab provides an exceptional opportunity to develop marine programs and facilities that cannot be developed on campus because of space or funding constraints or because of the need for large volumes of running seawater and large outdoor tanks and pool needs. The close proximity of the lab, which is only a ten minute drive from campus, permits ease of integration of activities there with the campus' instructional and research activities.

At present, LML is primarily a marine biology (both marine vertebrate/mammal and invertebrate biology) and environmental toxicology support facility. In the future it is envisioned as supporting a broader disciplinary cross section of marine sciences research activities. With the exception of some funds from the State Department of Fish and Game which assisted in the construction of the Trace Organics Facility at the lab, all of the present LML facilities were constructed with non-state funds, primarily private donations.

Long Marine Lab is located on the open coast immediately north of Monterey Bay. The seawater quality is excellent with no nearby sources of contamination. The water temperature ranges between 11 and 17 degrees centigrade. During upwelling events, nutrient-rich water is brought to the surface. The El Niño current periodically brings warmer seawater from the south. The flowing seawater temperature in the tanks and wet labs is within one degree of the seawater at the lab's ocean intake.

Through an agreement with the U.S. Geological Survey, the institute operates the 43-foot research vessel David Johnston, which is berthed at the Santa Cruz Small Craft Harbor. The institute also maintains many smaller trailerable boats, inflatable boats, and kayaks.

The major components of the lab facilities are 12,000 square feet of permanent research buildings, 8,500 square feet of temporary office buildings, 2,000 square feet of facility support space in temporary buildings, and a seawater system capable of delivering 650 gallons per minute of high-quality filtered seawater. Basic support facilities include a computer room and administrative and academic offices.

Stop 1: Evidence for Low Erosion Rates in the Santa Cruz Mudstone

La Feliz: October 2, 1924



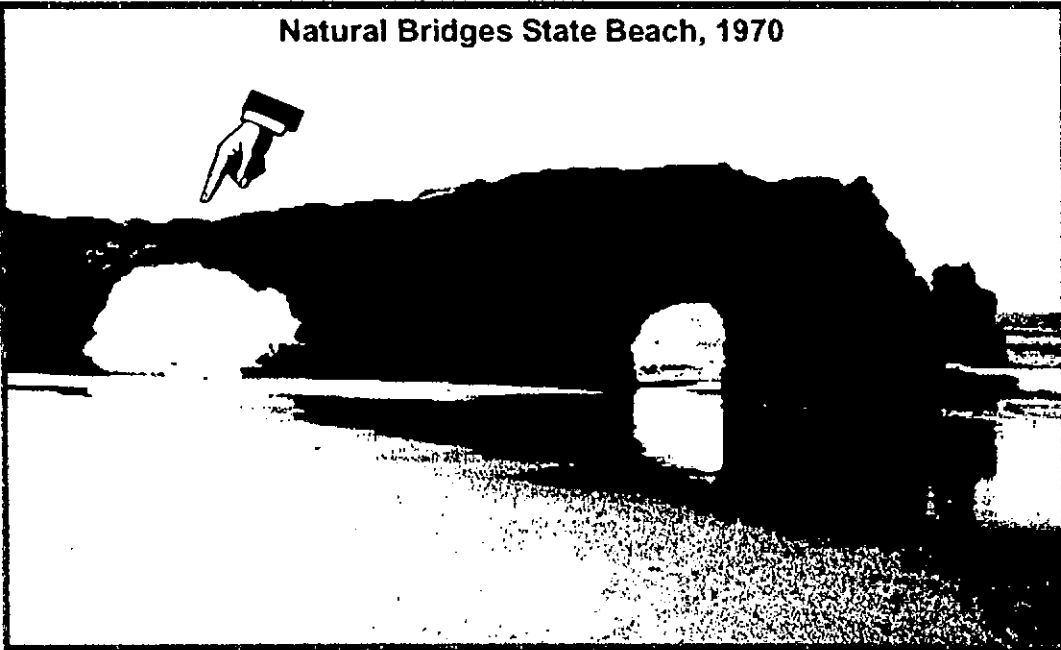
View today from the Long Marine Lab



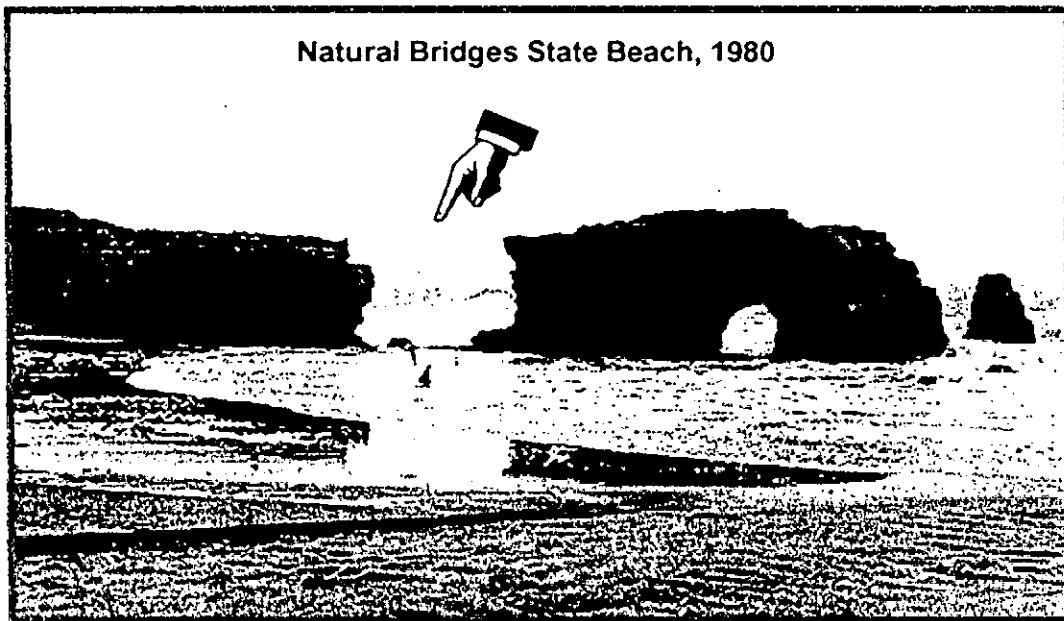
These photos show the wreck of the La Feliz (top) on October 2, 1924, and the mast of the La Feliz (bottom) which still stands today against the cliffs of the Santa Cruz Mudstone near the Long Marine Lab facility. Photos are both looking east towards Natural Bridges State Beach. The cliffs here are protected by a resistant shore platform which is quite visible in the lower photo. The arrows show the seaward extents of several small headlands which have not changed in the 76 years that span these photos.

Stop 1: Coastal Features within the Santa Cruz Mudstone

Natural Bridges State Beach, 1970

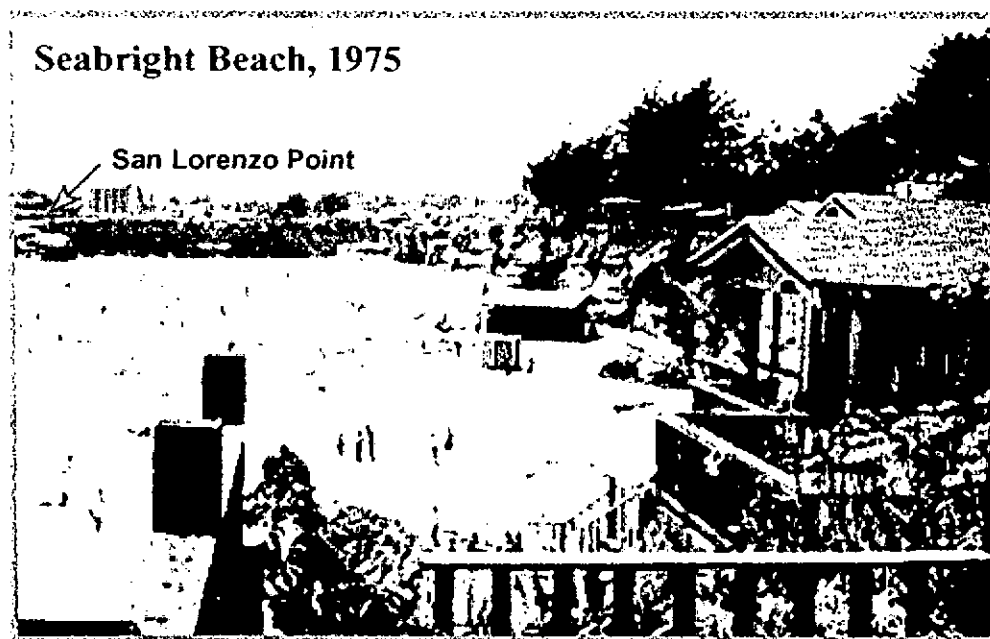
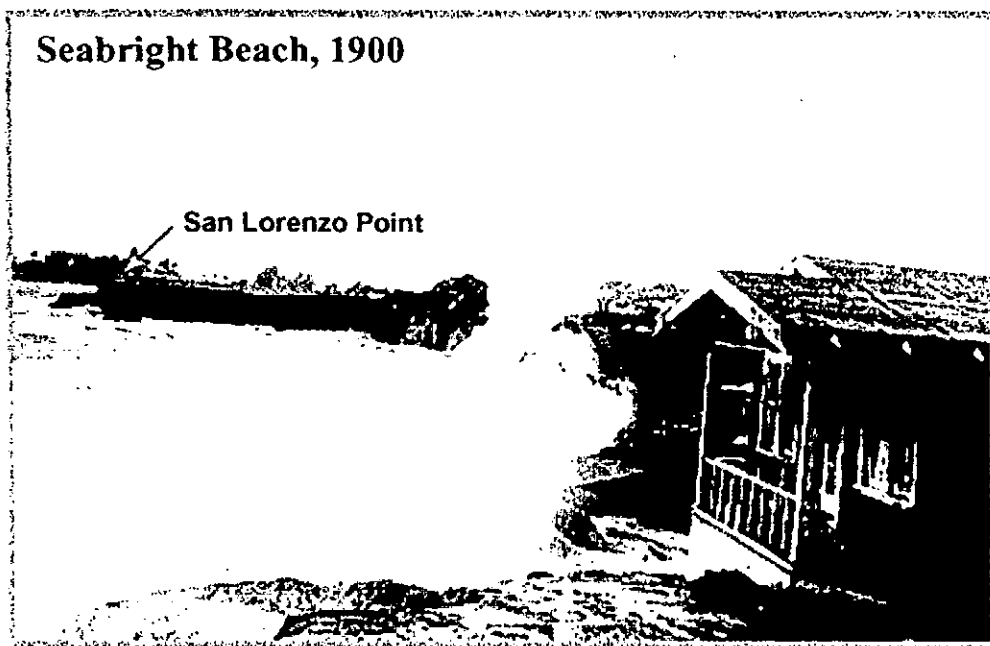


Natural Bridges State Beach, 1980



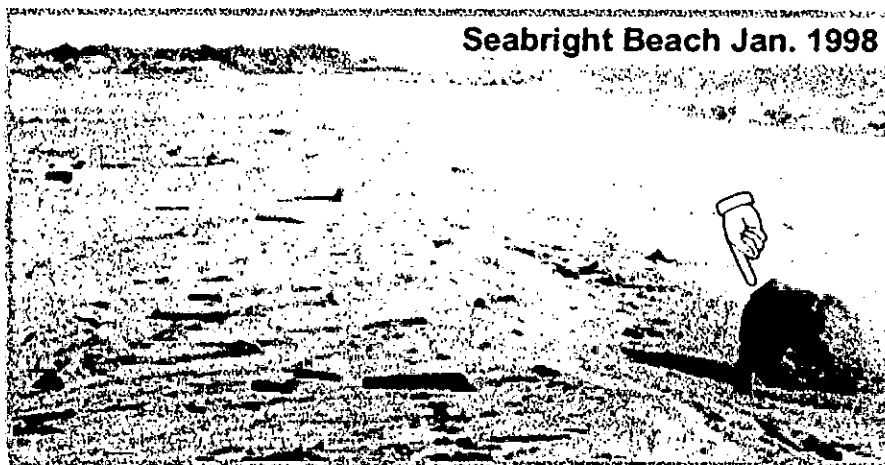
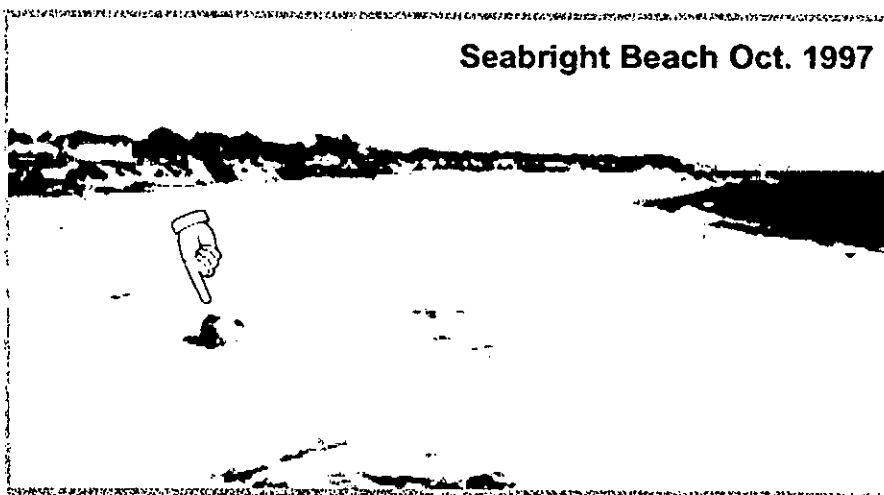
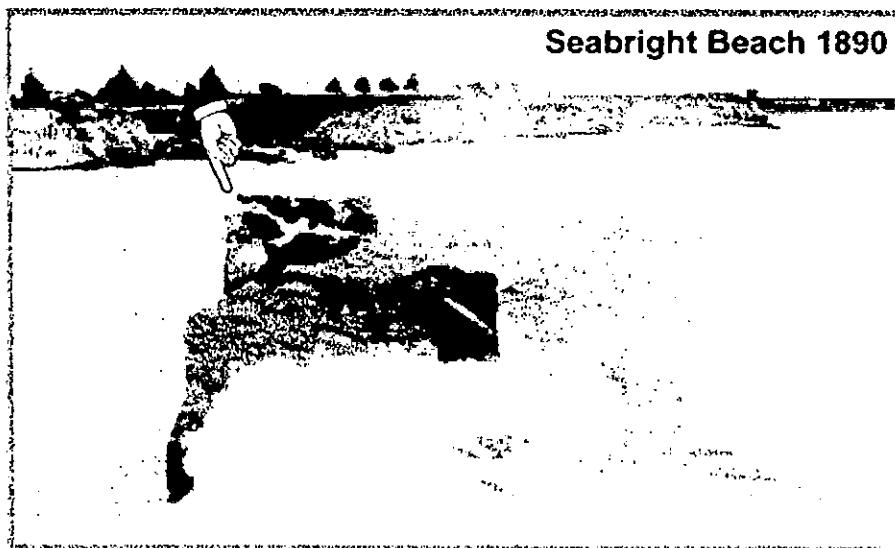
The cliffs and arches of Natural Bridges State Beach, just east of the Long Marine Lab, are formed within the Santa Cruz Mudstone. Although this geologic unit is more resistant than other lithologies in the northern Monterey Bay, zones of weakness within the mudstone lead to the formation and ultimate collapse of features such as the one shown above at Natural Bridges State Beach.

Stop 2: Seabright Beach and the effects of the Santa Cruz Yacht Harbor Jetty

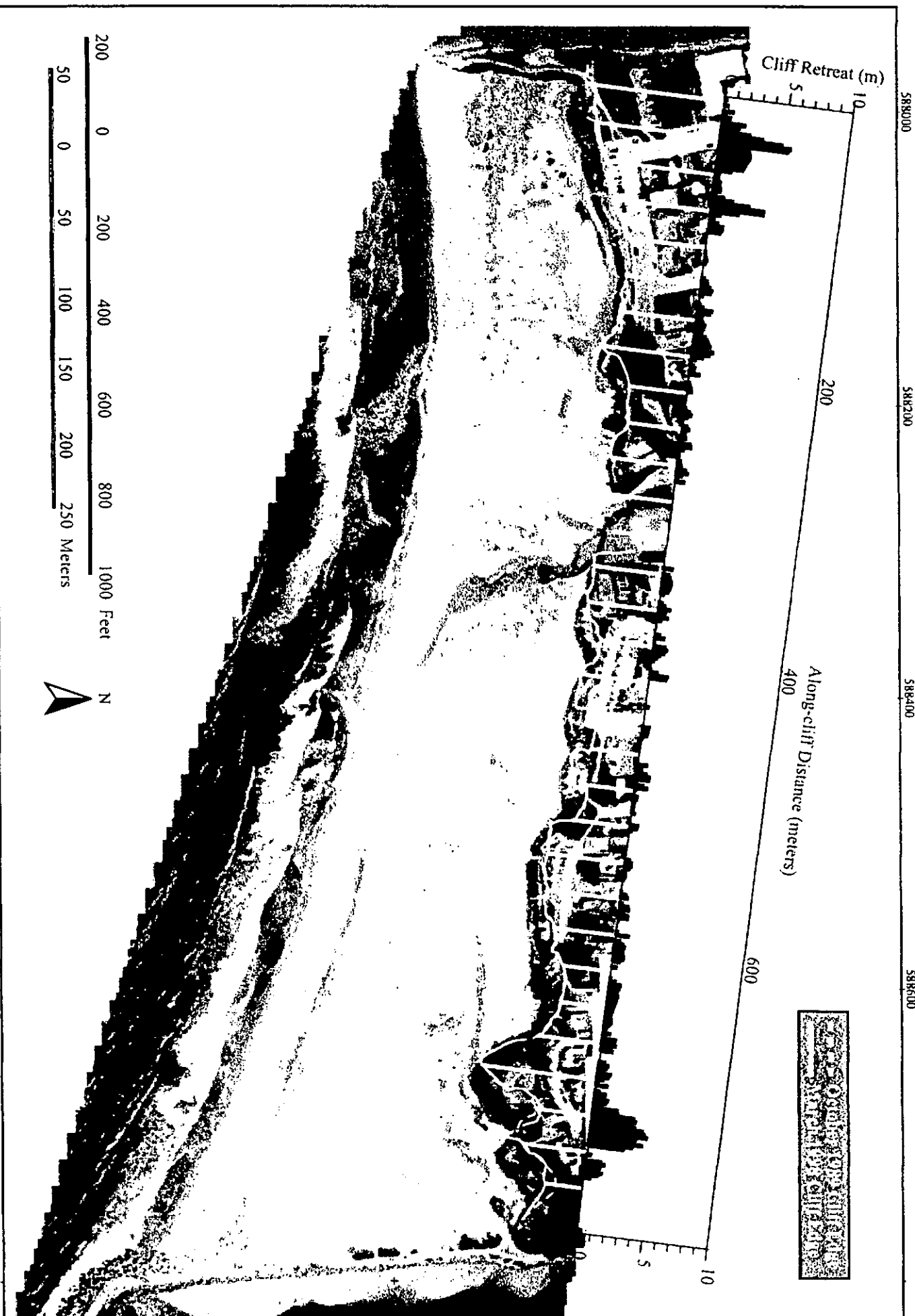


The photos above, taken from approximately the same location (the house on the right is the same house), show the Seabright Beach area, looking west towards San Lorenzo Point. The cliffs here were once subjected to regular wave action (top), with little or no fronting beach. Since the emplacement of the Yacht harbor jetty in the early 1960's the beach has progressively widened to be one of the widest beaches in the northern Monterey Bay.

Stop 2: Seabright Beach and the effects of the Santa Cruz Yacht Harbor Jetty

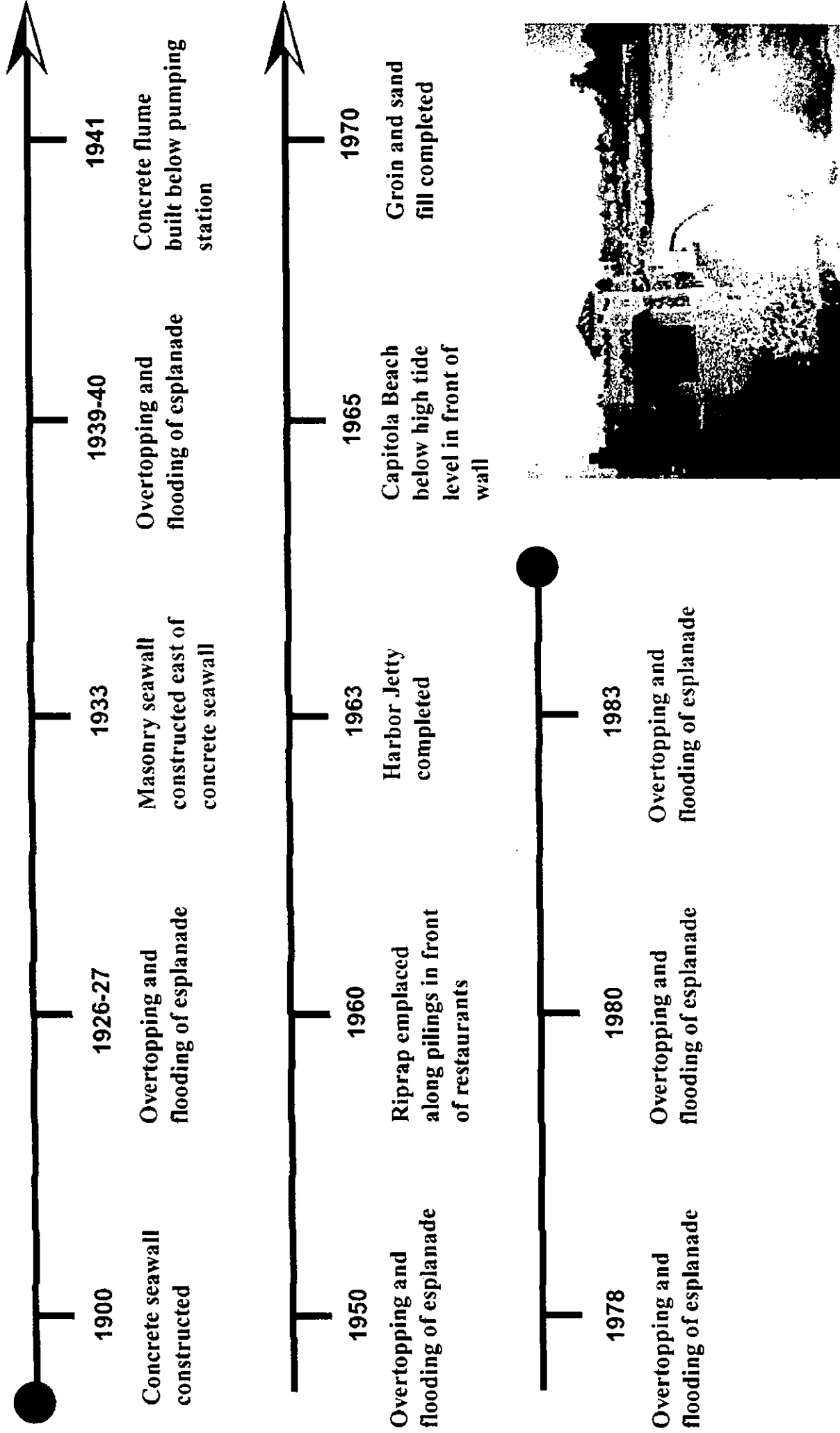


These 3 photos, shown looking east towards the Yacht Harbor, show the remains of a seawall at Seabright Beach (shown by arrows). The beach has increased significantly in volume since the construction of the jetty, nearly burying the seawall. Barely exposed above the sand during the summer months (center photo), the rock is occasionally exposed as storm waves remove sand from the beach (bottom photo), such as during the 1997-98 El Nino winter.



Orthophotomosaic of Seabright Beach from 3/6/98 Coastal Aerial Mapping System (CAMS) data. Retreat magnitudes are shown for the decade between October 1989, immediately after the Loma Prieta earthquake, and March 1998.

Timeline of Coastal Protection, Capitola (1900-1984)



Stop 3: Erosion Hazards along the Depot Hill Cliffs, Capitola

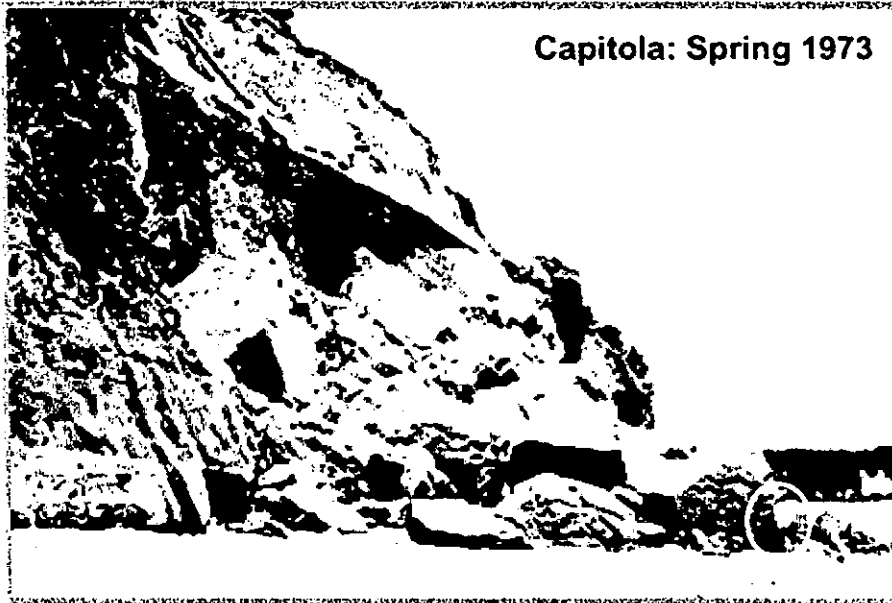
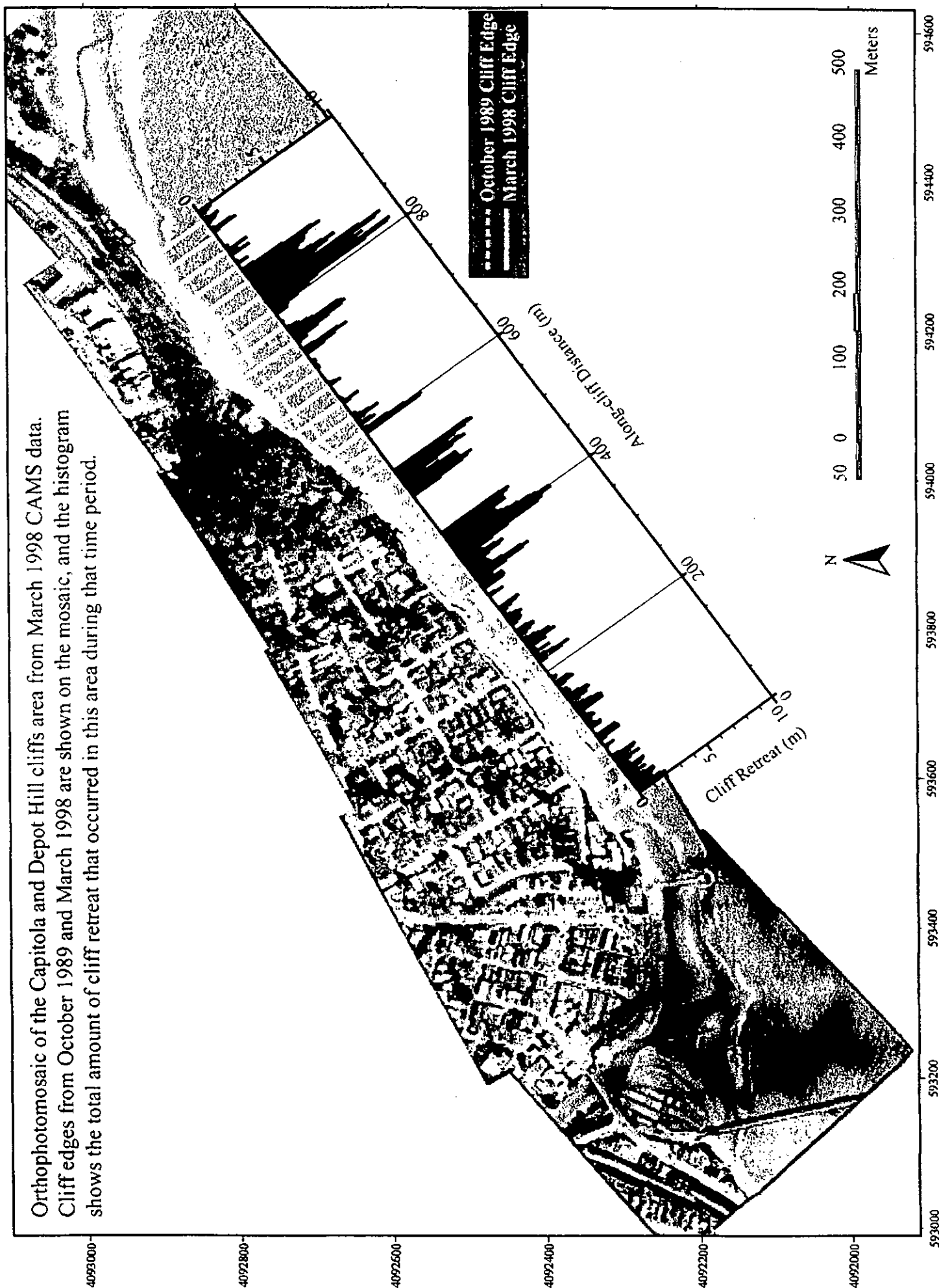
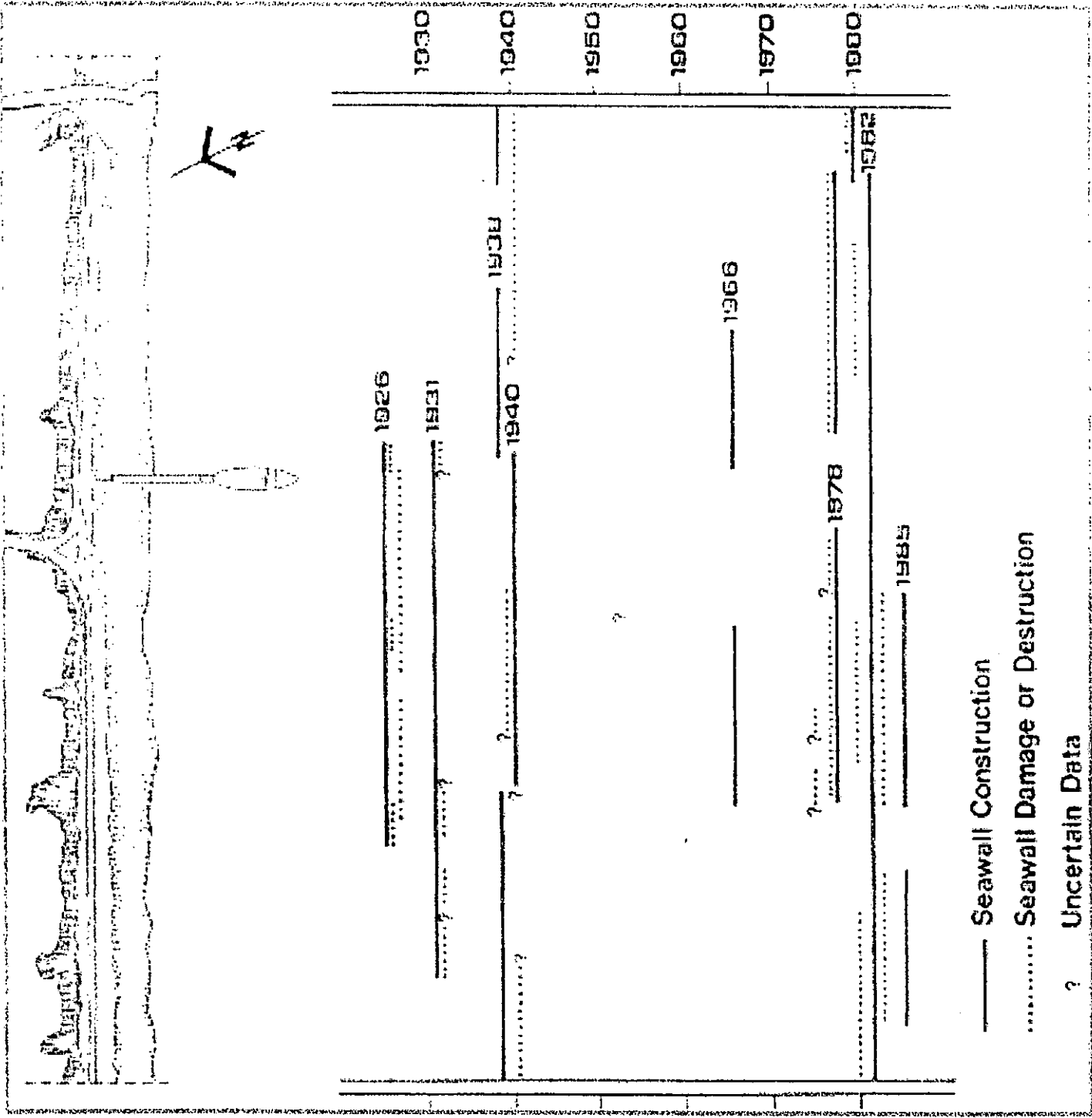


Photo at top shows a large blockfall, a common style of failure along the Depot Hill cliffs. A person (circled) gives an indication of scale. The lower photo shows the undercutting of the Crest Apartments from cliff failures associated with the Loma Prieta earthquake.

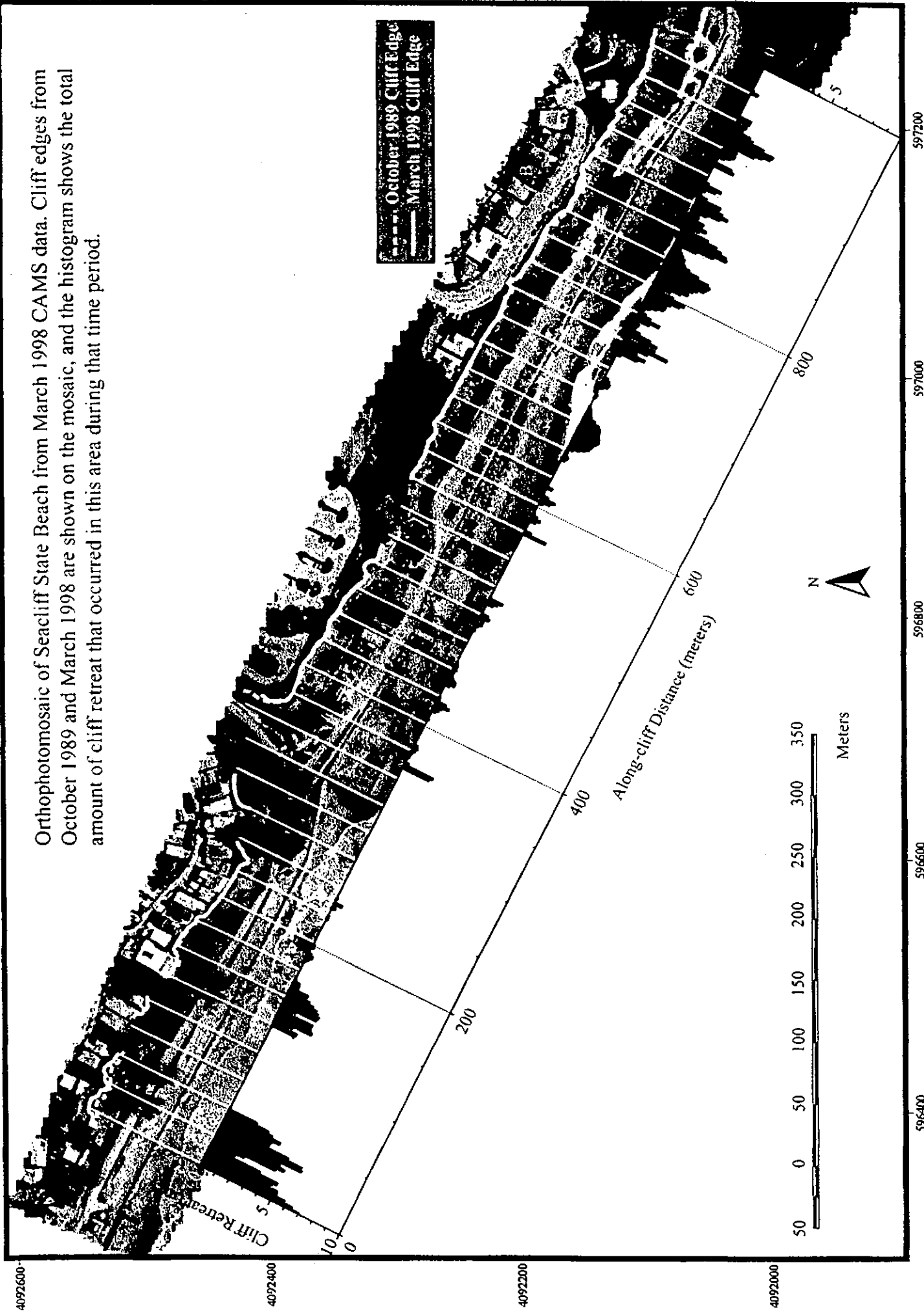
Orthophotomosaic of the Capitola and Depot Hill cliffs area from March 1998 CAMS data. Cliff edges from October 1989 and March 1998 are shown on the mosaic, and the histogram shows the total amount of cliff retreat that occurred in this area during that time period.





from: Griggs, G.B. and Kim Fulton-Bennett, 1987, Failure of Coastal Protection at Seacliff State Beach, Santa Cruz County, California, USA: Environmental Management, v.11, n.2, pp175-182.

Orthophotomosaic of Seacliff State Beach from March 1998 CAMS data. Cliff edges from October 1989 and March 1998 are shown on the mosaic, and the histogram shows the total amount of cliff retreat that occurred in this area during that time period.

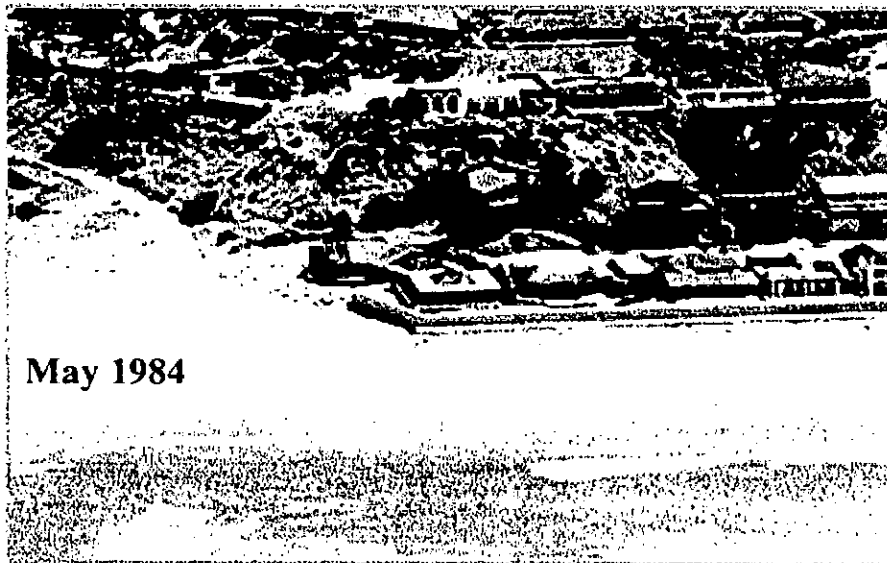


Why there is a ship at the end of the pier? Was it built there -- or did it sink there?

In 1910 a Norwegian civil engineer named Fougner thought of using concrete to build ships. It wasn't until 1917, when wartime steel shortages required the use of cement for construction that Fougner's idea was used. Three concrete ships were built at the U.S. Naval Shipyard in Oakland, California. These ships were the Faith, the Peralta, and the Palo Alto. The Peralta and the Palo Alto were built for wartime use as tankers, however World War One ended before ship construction was finished -- so they were never used.

The Palo Alto remained docked in Oakland until 1929, when the Cal-Nevada Company bought the ship with the idea of making her into an amusement and fishing ship. Her maiden voyage was made under tow to Seacliff State Beach. Once positioned at the beach, the sea cocks were opened and the Palo Alto settled to the ocean bottom. By the summer of 1930 a pier had been built leading to the ship, the ship was remodeled. A dance floor on the main deck was added, also a cafe in the superstructure was built, as was a fifty-four foot heated swimming pool, and a series of carnival type concessions were placed on the afterdeck. The Cal-Nevada Company went broke after two seasons -- then the Palo Alto's was stripped, leaving the ship and the pier used only for fishing.

Stop 5: Seawall at Via Gaviota, Seascape



A group of homes built on the beach in 1969 were initially protected by riprap. Waves associated with large southwesterly storms in early 1983 overtopped the riprap and caused major damage (top photo). In June of 1983, a 1000-foot concrete seawall was emplaced to protect the houses from further damage (bottom photo).

RELATED READING

Best, T.C., and Griggs, Gary B., 1991. "A Sediment Budget for the Santa Cruz Littoral Cell, California." *SEPM Special Publication No. 46: From Shoreline to Abyss*, p. 35-50.

Hapke, C. and Richmond, B., 1999. "Short-term Episodic Response of Seacliffs to Tectonic and Climatic Events: Rates, Failure Styles and Spatial Variability, Santa Cruz." *Proceedings of the International Geological Correlation Program #437-non-steady State of the Inner Shelf and Shoreline Conference, November 1999, Honolulu, Hawaii*, p.74-75.

Moore, L.J., Benumof, B., and Griggs, G.B. 1999. "Coastal Erosion in San Diego and Santa Cruz Counties, CA." *Journal of Coastal Research Special Issue no. 28*, p. 121-139.

Griggs, G.B. and Johnson, R.E., 1983. "The Impact of the 1983 Storms on the Coastline of Northern Monterey Bay." *California Geology*, v. 36, p. 163-174.

Griggs, G.B., Moore, L.J., Tait, J.F., Scott, K., Pembroke D., 1996. "The Effects of the Storm Waves of 1995 on Beaches Adjacent To a Long-term Seawall Monitoring Site in Northern Monterey Bay, California." *Shore and Beach*, v. 64, n. 1, p. 34-39.

Seymour, R.J., 1989. "Wave Observations in the Storm of 17-18 January, 1988." *Shore and Beach*, p. 10-13.

Griggs, G.B. and Brown, K., 1998. "Erosion and Shoreline Damage Along the Central California Coast: a comparison between the 1997-98 and 1982-83 ENSO Winters." *Shore and Beach*, v. 66, n. 3, p. 18-23.

Storlazzi, C.D. and Griggs, G.B., 1998. "The 1997-98 El Nino and Erosion Processes along the Central Coast of California." *Shore and Beach*, v. 66, n. 3, p. 12-17.

Sydnor, R.H., Griggs, G.B., Weber, G.E., McCarthy, R.J., Plant, N., 1990. "Coastal Bluff Landslides in Santa Cruz County Resulting From the Loma Prieta Earthquake of 17 October 1989." *The Loma Prieta (Santa Cruz Mountains, California) Earthquake of 17 October 1989, Special Publication 104, California Department of Conservation, Division of Mines and Geology*, p. 67-82.

QUANTITATIVE CONSTRAINTS ON THE ORIGIN OF STRATIGRAPHIC
ARCHITECTURE AT PASSIVE CONTINENTAL MARGINS: OLIGOCENE
SEDIMENTATION IN NEW JERSEY, U.S.A.

STEPHEN F. PEKAR¹, NICHOLAS CHRISTIE-BLICK², KENNETH G. MILLER³, AND
MICHELLE A. KOMINZ⁴

¹*Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Palisades, New York 10964-8000,
U.S.A.*

e-mail: pekar@ldeo.columbia.edu

²*Department of Earth and Environmental Sciences and Lamont-Doherty Earth Observatory of
Columbia University, Palisades, New York 10964-8000, U.S.A.*

³*Department of Geological Sciences, Wright Labs, Rutgers University, Piscataway, New Jersey
08854, U.S.A.*

⁴*Department of Geosciences, Western Michigan University, Kalamazoo, Michigan 49008, U.S.A.*

ABSTRACT: The Oligocene of the New Jersey continental margin is divisible into as many as eight sequences and 23 lithofacies associations, documented in a series of seven boreholes across the modern coastal plain. This paper summarizes the sequence architecture of these deposits, interpreted from high-resolution biostratigraphy and Sr-isotope chemostratigraphy, and evaluates the factors that governed patterns of sedimentation, making use of previously published quantitative estimates of water-depth changes and eustasy from 2-D foraminiferal paleoslope modeling and flexural backstripping.

Each sequence is markedly wedge-shaped, thinning both landward of the rollover in the underlying sequence boundary (the point at which the surface steepens into a clinoform), and seaward of the rollover in the overlying boundary. Each bounding surface is associated with evidence for offlap--onlap geometry and at least locally with benthic foraminiferal evidence for abrupt upward shoaling. Most unconformities merge up dip into a single surface marking the Oligocene--Miocene boundary. Earliest Oligocene unconformities (33.5--31.6 Ma) merge downdip as a result of sediment starvation on the deep shelf. Conventional lithostratigraphic units within the New Jersey Oligocene are highly diachronous. For example, the base of Atlantic City Formation at Cape May (a downdip borehole) is at least 6.6 Myr younger than the top of the same formation at ACGS#4 (an updip borehole).

Factors controlling patterns of sedimentation include: (1) a terraced physiography, with gradients ranging from 1:1,000 (0.06°) on the coastal plain and shallow shelf and 1:500 (0.11°) on the deep shelf to < 1:100 (1.0°) on an intermediate slope; (2) generally low siliciclastic sediment flux, with *in situ* production of authigenic glauconite, especially during times of transgression; (3) a location landward of the hinge zone of the passive margin, with slow tectonic subsidence augmented by compaction and sediment loading; (4) low to moderate amplitudes and rates of eustatic change (10--50 m over spans of ~ 1--2 Myr); and (5) an active wave climate that permitted efficient lateral transport and complete bypass of sediment at paleodepths of at least 20 ± 10 m.

Sequence architecture in the New Jersey Oligocene differs from that of the standard "Exxon model." Sequences are highstand-dominated, in spite of deposition and preservation largely seaward of the rollover in each underlying sequence boundary. Transgressive systems tracts are thin. Recognizable lowstand units did not form because efficient transfer of sediment across the

shallow shelf, combined with the absence of major river systems in the area of study, prevented the reorganization of sedimentation patterns commonly associated with point-source development, in spite of rates of eustatic fall considerably greater than the local rate of tectonic subsidence. Repeated eustatic rises and falls are expressed primarily by variations in paleo-water depth. *Although ~ 65--80% of the shallow shelf that had been flooded during each rise became subaerially exposed during the subsequent fall, well developed offlap at each sequence boundary is due primarily to marine bypassing and degradation rather than to "forced regression."* Sequence boundaries correspond in time at their correlative conformities not with the onset of falling "relative" sea level, but with the start of eustatic rise.

PARQUE NATURAL DE MAJONA (ISLAS CANARIAS)

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

1. EQUIPO REDACTOR

2. METODOLOGÍA

2.1. Estudios Básicos

2.2. Documento Informativo

2.3. Documento Normativo

2.4. Documento Financiero y Anexo Cartográfico

3.CONDICIONANTES DE LA PLANIFICACIÓN

3.1. En relación con los riesgos geológicos

3.2. En relación con los suelos

3.3. En relación con la vegetación

3.4. En relación con la fauna.

3.5. En relación con las actividades humanas

1. EQUIPO REDACTOR

La redacción del Plan rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Majona se realizó bajo la coordinación y supervisión de Inocente Carralero Jaime, técnico de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias. En el equipo redactor participaron además las siguientes personas:

Técnicos:

Jesús Aboal Viñas (Biólogo, GESPLAN S.A.)

Víctor M. García Díaz (Biólogo, GESPLAN S.A.)

Isabel García Fernández (Geógrafa, GESPLAN S.A.)

Pedro Romero Manrique (Biólogo, Viceconsejería de Medio Ambiente)

Jesús Villodre Cordero (Abogado, GESPLAN S.A.)

Informática y delineación:

Raquel Navarro Medina (Digitalizadora, GESPLAN S.A.)

Miguel Sánchez Campos (Delineante, GESPLAN S.A.)

Jose Andrés Sevilla Hernández (Informático, GESPLAN S.A.)

2. METODOLOGÍA

2.1. ESTUDIOS BÁSICOS

Para la elaboración del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Majona, el primer paso fue la contratación, por parte de la Viceconsejería de Medio Ambiente, de unos estudios básicos que recopilaran toda la información existente sobre el parque, tanto la ya publicada como la inédita (tesis doctorales, tesinas, informes, datos obtenidos durante la propia elaboración de los estudios, etc.). De este trabajo preliminar se encargó la empresa "Javier Domínguez Anadón y Asociados", que además entregó a la Viceconsejería una primera aproximación al diagnóstico del área protegida.

Durante esta fase de los trabajos, el principal problema encontrado fue que la mayoría de los estudios existentes tenían carácter insular, lo que junto a la escala utilizada, generalmente demasiado pequeña, dificultó su extrapolación a la zona en estudio. Debido a ello, esta primera información tuvo que ser utilizada como referencia base, a modo de aproximación inicial. Tan sólo mediante el trabajo de campo y la fotointerpretación (basada en fotos aéreas a escala 1:18.000), se hizo posible la adecuación de la información existente y la de nueva creación, a la escala de estudio necesaria, que se decidió fuera la 1:25.000.

2.2. DOCUMENTO INFORMATIVO

Posteriormente, mediante el trabajo combinado de técnicos de la Viceconsejería de Medio Ambiente y de GESPLAN, S.A., y utilizando como información de base los trabajos entregados por la mencionada empresa consultora, se hizo posible la redacción del Documento Informativo. Éste consta de tres partes: un inventario -tanto del medio natural como del sistema socioeconómico y territorial-, un diagnóstico y el diseño de la estrategia de gestión del espacio.

El inventario consiste en un breve resumen de las características naturales y humanas del territorio. En el mismo, el apartado dedicado al medio natural se desglosa a su vez en dos subapartados, referido uno al medio físico y el otro al medio biótico, e incluyendo cada uno de ellos la información correspondiente, bajo alguno de los siguientes epígrafes: clima, geología, geomorfología, edafología, hidrología, flora y vegetación, fauna y paisaje. De modo análogo se ha examinado el sistema socioeconómico y territorial, para el cual se han incluido epígrafes referidos a: población, actividades económicas y aprovechamiento de recursos, infraestructuras y equipamientos, planeamiento urbanístico, estructura de la propiedad y recursos culturales. Para el análisis de cada uno de estos apartados se utilizó una metodología específica, adecuada a la naturaleza del mismo.

El diagnóstico constituye la parte sintética del documento. Para la realización del mismo se procedió, en primer lugar, a valorar la incidencia que, sobre el territorio y sus recursos naturales, tienen la totalidad de los usos y aprovechamientos inventariados en el apartado precedente. Como resultado, se han podido identificar los diferentes problemas ambientales presentes en el parque, y que han resultado ser: la fragilidad de los suelos y su escasa potencialidad agraria; la sustitución en una parte importante de la superficie del parque de las formaciones vegetales autóctonas por

re poblaciones de especies exóticas y matorrales de degradación; y la existencia de una cabaña ganadera relativamente importante, que está afectando decisivamente a la vegetación de Majona. Se ha incluido en el plan una previsión de la evolución futura de Majona, caso de mantenerse la dinámica, y por lo tanto la problemática, actual.

Una parte importante del diagnóstico, a la que se pudo llegar ya en esta fase del trabajo, es la enumeración de las potencialidades del territorio, así como de los condicionantes con que se ha encontrado la planificación del mismo. En resumen, se han detectado importantes potencialidades en los campos del uso recreativo y didáctico del espacio (por sus valores geológicos y culturales), de conservación (por el valor de su vegetación y de su fauna) y de investigación (por la presencia de endemismos locales, algunos de ellos aún no descritos por la ciencia). Existen, por el contrario, importantes condicionantes debido a actividades humanas de gran arraigo que se mantienen en el parque, a la precariedad con que se mantienen los suelos en determinados lugares y, en menor medida, a la existencia de un cierto riesgo geológico.

Sin embargo, los resultados más importantes de la fase de diagnóstico se obtuvieron al contrastar la información procedente de todos los campos analizados, con vistas a identificar áreas con características homogéneas dentro del espacio protegido. Para ello fue necesario un largo e intenso proceso de debate y discusión entre la totalidad del equipo técnico participante en el plan, que dio como consecuencia la diferenciación y cartografiado de diez diferentes unidades de paisaje. Al incorporar a estas unidades la valoración de los usos y aprovechamientos, ha sido posible la distinción de hasta dieciséis diferentes unidades de diagnóstico, que pueden definirse como áreas con características homogéneas y que presentan, además, una problemática común. Estas áreas son, por lo tanto, susceptibles de recibir un tratamiento similar, mediante la previsión normativa y la futura gestión del espacio, y sirven de base, en consecuencia, para la zonificación del parque.

Para culminar la redacción del Documento Informativo, y gracias a toda la información recopilada hasta ese momento, pudo diseñarse una estrategia de gestión para el Parque Natural de Majona, estrategia que es consecuencia tanto de los valores intrínsecos del parque como de la problemática existente, de las potencialidades del territorio y de los condicionantes de la planificación. El diseño estratégico que en conclusión se diseñó para el Parque Natural de Majona se basa en tres aspectos fundamentales: la conservación de los recursos naturales del parque, incluyendo en este concepto su restauración en aquellas zonas en que sea posible, así como la investigación de los mismos; la puesta en práctica de las condiciones mínimas que permitan desarrollar una oferta de uso público; y la necesaria compatibilización o, en caso de que esto no sea posible, la eliminación de las actividades humanas presentes en Majona. Finalmente se decidió, dado que en el interior del parque natural las actividades humanas están subordinadas a la conservación de sus recursos naturales, integrar formalmente la regulación de aquellas en el apartado dedicado a conservación e investigación.

2.3. DOCUMENTO NORMATIVO

Esta estrategia de gestión ha sido la inspiradora de los objetivos a conseguir en el Parque Natural de Majona, y que figuran en el tercero de los documentos que

constituyen el Plan Rector de Uso y Gestión, tras la Introducción y el Documento Informativo: el Documento Normativo. Los tres objetivos generales a cumplir son los siguientes: Conservar y restaurar los recursos naturales y paisajísticos del área protegida; fomentar acciones que posibiliten el uso público del parque natural; y ordenar las actividades humanas presentes en el parque, de acuerdo con los fundamentos de protección.

Para la consecución de estos objetivos resultaba necesario completar el Documento Normativo mediante una reglamentación de actividades en el parque, una enumeración de directrices orientadoras, tanto para la gestión del espacio protegido como para la redacción de los Programas de Actuación que desarrollarán el plan, y un inventario de actuaciones básicas para el desarrollo del plan, que debían ser presupuestadas.

Todo esto se incluye en el mencionado Documento Normativo. Éste comienza enumerando una serie de cuestiones generales de interés, como la ubicación del espacio natural protegido, sus accesos y límites, los efectos del plan, etc.

Pero la parte principal y más importante de este documento es la zonificación, o división del parque en diferentes áreas, con vistas a diferenciar sectores que tendrán diferente destino y utilización, mediante la futura gestión del área protegida. En la zonificación del Parque Natural de Majona se han distinguido dos áreas con la consideración de Zonas de Uso Restringido; una parte de la superficie protegida ha quedado definida como Zona de Uso Moderado; y tres sectores se han delimitado como Zonas de Uso General. Los límites de todas estas zonas se han trazado a escala 1:5.000, atendiendo al estado de conservación y fragilidad de cada zona y, muy especialmente, a las unidades de diagnóstico definidas en el Documento Informativo, y en atención a la estrategia de gestión allí diseñada. Así, la zona con más restricciones de uso incluye las principales masas de monte verde de las cumbres del parque, si bien algunos enclaves de monte verde con una mala accesibilidad han quedado englobados en la Zona de Uso Moderado. Ésta incluye la mayor parte de la superficie protegida, al ser la categoría de zonificación que debe servir de escenario a las preceptivas actividades de uso público, que se pretende fomentar. Además, aquellos ecosistemas cuya restauración se ha juzgado necesaria, han quedado igualmente incluidos en la Zona de Uso Moderado. Finalmente, las tres Zonas de Uso General son lugares donde se prevé la instalación futura de equipamientos necesarios para la gestión del parque y para el mantenimiento de ciertas actividades humanas cuya continuidad se ha considerado precisa.

A continuación, se procedió a la redacción de la normativa, que podemos considerar dividida en tres grandes apartados: uno de normas de protección, otro con normas de gestión y administración y, finalmente, un tercer apartado en el que se dictan una serie de directrices para las futuras actuaciones que puedan tener lugar en el parque.

Respecto a las normas de protección hay que decir que, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 25 de la Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias, éstas distinguen entre usos permitidos, autorizables y prohibidos. Parte de esta normativa es de aplicación a la totalidad de la superficie del parque, mientras que otra parte es dictada específicamente para cada una de las categorías de clasificación en que se ha zonificado el espacio.

Las normas de gestión y administración, en cambio, establecen un marco de competencias para el futuro Director Conservador del Parque Natural de Majona.

Las directrices para la elaboración de los programas de actuación establecen una cierta orientación para el momento en que éstos sean elaborados por el futuro Órgano de Gestión y Administración del Parque Natural de Majona, aunque se establece ya desde el propio plan la necesidad de redactar tres programas de actuación: uno dedicado a la conservación y restauración, otro dedicado a la investigación, y un tercero dedicado al uso público e información.

Finalmente, las directrices para la gestión son criterios orientadores para las futuras decisiones a tomar por el futuro Director Conservador o por el mencionado Órgano de gestión y Administración.

El Documento Normativo finaliza con una serie de disposiciones en torno a la vigencia y revisión del plan rector.

2.4. DOCUMENTO FINANCIERO Y ANEXO CARTOGRAFICO

Una vez finalizada la redacción del Documento Normativo, se procedió a valorar individualizadamente cada una de las actuaciones básicas previstas en aquel, mediante la delimitación de unidades de actuación, a las que se dio contenido económico, con el resultado de que se consiguió una previsión de gasto mínimo para la ejecución del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Majona.

Para la realización del Anexo Cartográfico, consistente en un mapa de zonificación trazado a escala 1:5.000, junto con un plano de referencia a escala 1:25.000, con el propósito de tener un instrumento cartográfico de la máxima precisión, se procedió a digitalizar la zonificación a la mencionada escala, para proceder a su impresión, con lo cual quedaba concluido el Plan Rector.

3. CONDICIONANTES DE LA PLANIFICACIÓN

3.1. EN RELACIÓN CON LOS RIESGOS GEOLÓGICOS

En el parque existe un cierto riesgo geológico, asociado a los fenómenos de avalanchas masivas. El último gran fenómeno de este tipo que se ha dado en el parque se produjo en 1949, al desplomarse parte del acantilado marino de Punta Majona, probablemente en relación con los intensos y frecuentes temblores de tierra asociados con la erupción del volcán de San Juan, en la vecina isla de La Palma. Los desplomes duraron varios días, haciendo retroceder el borde del acantilado muchos metros tierra adentro y generando grandes olas, que llegaron a alcanzar las costas de Teno, en Tenerife. Se estima que el volumen total de material desplomado sería de unos 8,7 Hm³ (casi 9 millones de metros cúbicos), cantidad de cierta magnitud si se compara con la gran avalancha prehistórica de Casas de El Palmar, parcialmente en el interior del parque, y que movilizó 15,6 Hm³ de materiales.

La peligrosidad de estos fenómenos se encuentra minimizada por la casi nula presencia de obras de infraestructura y núcleos de población importantes dentro del área protegida. En cualquier caso, las zonas con mayor probabilidad de producirse estos procesos son las de pendiente máxima, tanto en la línea de costa, donde la erosión marina actúa socavando la base del acantilado, como en el límite occidental del parque, donde la existencia de terrenos de la Serie I, fácilmente deleznable y sobre los que se apoyan los basaltos de la Serie II, propicia la posibilidad de que se produzcan grandes desplomes, especialmente tras la época de lluvias. De hecho, los derrumbamientos puntuales de material rocoso sobre las vías de comunicación que atraviesan el parque son generalizados debido a las fuertes pendientes, aunque son especialmente frecuentes en los tramos de vía que atraviesan los terrenos de la Serie I, en la subida a El Rejo y en El Morality.

Otros fenómenos geológicos catastróficos, como las grandes avenidas o las erupciones volcánicas, tienen una probabilidad de ocurrencia mínima, y sus efectos además se verían minimizados por los factores ya comentados.

3.2. EN RELACIÓN CON LOS SUELOS

La elevada pendiente introduce un elevado riesgo de degradación de los suelos por erosión hídrica. El riesgo de erosión, no sólo impide la intensificación en el uso de estos suelos, sino que motiva la necesidad de poner en marcha medidas encaminadas a la conservación edáfica en este parque natural, medidas que deberían centrarse en la protección de los bancales existentes, la repoblación de las unidades aptas para ello y la regulación de la actividad ganadera.

Para las clases agrológicas descritas en el apartado correspondiente a suelos, se imponen las siguientes consideraciones: En la Clase IV se podría cultivar ocasionalmente, aunque presenta limitaciones que requieren un manejo adecuado, por lo que el mantenimiento de bancales supone una medida imprescindible para el control de la erosión hídrica. En la Clase VI, no es factible el cultivo, si bien es adecuada para mantener una vegetación permanente, pudiendo ser utilizados sus suelos para pastos o bosques; su mal uso puede conducir rápidamente al agotamiento de la vegetación, por lo que es necesario un control en el manejo de los pastos como la división racional de los rebaños, exclusión del ganado en algunas épocas del año, elaboración de un plan de pastoreo, etc. En la Clase VII, los suelos tienen limitaciones muy severas que los hacen totalmente inadecuados para el cultivo, debiendo restringirse su uso a un aprovechamiento ganadero restringido, al forestal o al mantenimiento de la vida silvestre. El uso ganadero debe implicar en estas zonas una regulación muy cuidadosa del mismo. Finalmente, para los suelos de la Clase VIII, el único uso apropiado es el mantenimiento de la vida silvestre.

3.3. EN RELACIÓN CON LA VEGETACIÓN

Aunque la presencia de pinares de repoblación impide el desarrollo normal de las especies vegetales autóctonas, no parece oportuno plantearse su erradicación, debido al papel que juegan en la protección del suelo contra la erosión. Deberían estudiarse, en cambio, estrategias alternativas que permitan la sustitución paulatina de los pinos por especies autóctonas plantadas bajo los mismos, para lo cual ya se han realizado algunas experiencias.

Las zonas libres de pinares y monteverde han sido tradicionalmente áreas de pastoreo, lo que ha provocado la existencia de una vegetación alterada, con laderas en las que abundan las especies poco apetecibles para el ganado, o aquéllas cuyo crecimiento se ve incluso favorecido por el mismo, como las especies ruderales y nitrófilas, gramíneas, etc. En estas zonas deberían emprenderse acciones que permitan conocer la evolución natural de la vegetación en condiciones de ausencia de ganado, con parcelas piloto, cercados o cualquier otra actuación que permita valorar la afección real del ganado sobre la vegetación, y la potencialidad regenerativa de ésta, con vistas a emprender en el futuro las acciones necesarias para gestionar la necesaria convivencia entre la vegetación y la ganadería en el espacio protegido.

La presencia de comunidades higrófilas ligadas a los cauces de los barrancos, con cursos de agua temporales, merece que se emprendan las acciones necesarias para garantizar el mantenimiento de un caudal mínimo, caso de que comiencen a explotarse los recursos hidrológicos del parque.

3.4. EN RELACIÓN CON LA FAUNA

Entre los hábitats singulares en buen estado de conservación y que se deberían proteger con carácter prioritario está, en primer lugar, el monteverde de crestería que ocupa desde la zona alta del túnel de Hermigua hasta la cabecera del valle de Taguluche (Roque de Las Puertas), incluyendo los altos de Enchereda y Juel y la ladera oriental del Bco. de Hermigua, así como las zonas de El Rejo y La Carbonera. Además, hay que citar los acantilados marinos comprendidos entre el Risco de Cuevas Blancas y los Riscos de Taguluche, y la zona escarpada situada en la cabecera del Bco. de Aguajilva. En un estado de conservación inferior están los barrancos de Majona y Juel.

Otra consideración a tener en cuenta es la existencia entre los elementos faunísticos de siete especies de aves amenazadas, en aplicación de las categorías de amenaza de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Dos especies se hallan en situación de "en peligro", el Águila pescadora o Guincho (*Pandion haliaëtus*) y el charrán común (*Sterna hirundo*), si bien para ninguna de ellas se ha confirmado su nidificación en la actualidad en el espacio protegido; una especie ha sido dada como "vulnerable", la Paloma Rabiche (*Columba junoniae*); y cuatro se consideran "raras", el Gavilán o Falcón (*Accipiter nisus*), el Ratonero Común o Aguililla (*Buteo buteo*), la Paloma Turqué (*Columba bollii*) y el Cuervo (*Corvus corax*).

No hay que olvidar en lo que a elementos frágiles respecta, la existencia de invertebrados endémicos, y en especial las especies de moluscos *Hemicycla efferata* y *Napaeus* s.n., este último aún por describir.

3.5. EN RELACIÓN CON LAS ACTIVIDADES HUMANAS

Teniendo en cuenta la situación socioeconómica general de la isla de La Gomera, parece fuera de lugar plantearse a corto plazo la eliminación de la actividad ganadera, que ha estado presente en este espacio desde hace, como mínimo, más de quinientos años, y cuya afección sobre los ecosistemas del parque natural aún está por objetivar. En cualquier caso, merecería la pena optimizar los rendimientos de la ganadería y a la

vez minimizar su impacto mediante planes de pastoreo, limitación del mismo a las zonas con mayores potencialidades en pastos, o investigando la posibilidad de introducir plantas autóctonas de interés ganadero.

Asimismo, debería procurarse el mantenimiento de los bancales en zonas como Taguluche y otros lugares de fuertes pendientes donde estos existan, como estrategia de conservación de los suelos y lucha contra la erosión, para lo cual deberían buscarse maneras alternativas de viabilizar económicamente las actividades primarias ligadas a los mismos, mediante un etiquetado específico o iniciativas de turismo rural vinculadas al mantenimiento de los bancales.

Respecto a la caza, existe una amplia zona de monte con la posibilidad de que se practique la caza furtiva de especies amenazadas, si bien la presencia del coto de caza de Los Perdigones puede ser un factor limitante para el acceso indiscriminado de cazadores de otras partes de la isla a parte de los terrenos del parque.

Paper No. 116-11

Presentation Time: 4:40 PM-4:55 PM

QUANTIFYING AND INTERPRETING LONG-TERM EROSION RATES ALONG HIGH RELIEF COASTLINES

HAPKE, Cheryl J. and GREEN, Krystal, Pacific Science Center, U.S. Geol Survey, 1156 High St, Santa Cruz, CA 95064, chapke@usgs.gov

As societal demands to live near coastlines continue to put pressure on coastal resources, areas that were once sparsely populated due to remoteness or rugged terrain are being developed at an accelerating rate. While numerous techniques have been developed and applied to measuring coastal erosion along sandy beach coasts and low-relief cliffed coastlines, little research has focused on the measurement and interpretation of erosion rates along high-relief coasts such as Big Sur, CA.

High-relief coasts are commonly found along tectonically active continental margins where rapid uplift of the terrain has produced mountain ranges *immediately adjacent to the ocean*. Along such coastlines, beaches are uncommon and generally confined to small pocket beaches formed where streams discharge. Marine terraces with well-defined cliff-edges may not be consistent or continuous along the coast. Erosion processes along high-relief coasts range from surficial mass movements such as slumps and blockfalls near the base of the slope to deep-seated rotational landslides that may extend from the base of the slope to the ridge top.

Along the Big Sur coastline, landslides regularly damage or block California Coastal Highway 1, the only paved transportation route along a 120 km stretch of the coast. The California Department of Transportation recently determined the need for long-term cliff retreat rates in order to develop a coastal management plan. In addition to defining the "cliff erosion feature" along the coast cliff retreat rates for nine approximately 5-km stretches of coast were calculated and compared to previously quantified slope retreat rates to assess which rate was more valid for identifying coastal hazard or vulnerability.

The retreat rates of the cliff erosion feature vary along coast and appear to be related primarily to the underlying geology. In all areas, the cliff retreat rates exceed the slope retreat rates, suggesting the entire coastline is becoming steeper and therefore is unstable and susceptible to continued landsliding. We also found that areas with the highest slope retreat rates are not the same as areas of highest cliff retreat. The highest cliff retreat rates are those with moderate to low slope retreat, suggesting that these areas are apparently experiencing faster steepening and are thus high-hazard areas.

2003 Seattle Annual Meeting (November 2–5, 2003)

Session No. 116

Coastal Processes and Hazards Along Active Margin and Low Latitude
Coasts

Washington State Convention and Trade Center: 4C-3

1:30 PM-5:30 PM, Monday, November 3, 2003

© Copyright 2003 The Geological Society of America (GSA), all rights reserved. Permission is hereby granted to the author(s) of this abstract to reproduce and distribute it freely, for noncommercial purposes. Permission is hereby granted to any individual scientist to download a single copy of this electronic file and reproduce up to 20 paper copies for noncommercial purposes advancing science and education, including classroom use, providing all reproductions include the complete content shown here, including the author information. All other forms of reproduction and/or transmittal are prohibited without written permission from GSA Copyright Permissions.

Trends in ocean and coastal tourism: the end of the last frontier?

C. Michael Hall¹, ,

Department of Tourism, Otago School of Business, University of Otago, P.O. Box 56, Dunedin, New Zealand

Available online 31 October 2001.

Abstract

Marine and coastal tourism is one of the fastest growing areas within the world's largest industry. Yet despite increased awareness of the economic and environmental significance of marine and coastal tourism it is only in recent years that a substantial body of research has emerged. This article provides a review of some of the coastal and marine tourism literature which focuses, in particular, on the environmental impacts of tourism. The article *then notes the manner within which tourism is a component of integrated approaches towards coastal and marine management and some of the strategies that are utilised to manage tourism in a sustainable fashion.*

Author Keywords: Coastal tourism; Marine tourism; Sustainability; Environmental impacts; Management strategies

¹ Professor Michael Hall is Head of the Department of Tourism, Otago School of Business, University of Otago. He is also chairperson of the International Geographical Union Study Group on the Geography of Tourism, Leisure and Global Change.

La Dinámica Costera Comodoro y las Marejadas

Informe de los lic. Néstor Hirtz y Nerina Iantanos

La acción marina modela la forma y evolución de la franja costera, mediante procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos. Las Zonas de Erosión presentan retroceso de acantilados escarpados con desprendimientos, deslizamientos y desgaste de las restingas. En las Zonas de Acumulación, el mar deposita gravas y arenas.

El principal motor de estas transformaciones dinámicas es la energía del mar, a través de mareas, olas y corrientes litorales. En nuestra zona, la amplitud de mareas es alta (macromareal), la energía involucrada es muy elevada y más aún durante las marejadas, donde la energía y erosión es máxima.

La forma de la costa es consecuencia del control geológico-geomorfológico y la acción del mar

La morfología costera ha sido diseñada por el mar respetando los condicionamientos geomorfológicos y geológicos. La costa, con orientación general noreste- suroeste, presenta una alternancia de áreas elevadas o puntas con acantilados y amplias restingas, y playas bajas con entrantes. Dichas playas son de norte a sur, las de Caleta Córdova, Caleta Olivares, Restinga Alí, del Barrio Presidente Ortiz, del Barrio Gral. Mosconi y del Infiernillo (ver ubicación en Figura 1).

En términos generales, el mar erosiona las salientes acantiladas (flechas negras en la Figura 1), motivando el retroceso de la línea de costa, y acumula las gravas y arenas en las playas con entrantes. No obstante, en las marejadas erosiona sectores de playas de acumulación, como en Caleta Córdova.

La erosión de los acantilados es mayor hacia el sur del muelle de Gral. Mosconi ya que las rocas arcillosas que los componen son muy débiles. Los deslizamientos han sido frecuentes entre ambos muelles destacándose el ocurrido sobre el Cerro Chenque, en 1995. Hacia el norte, los acantilados se componen de rocas más resistentes (tobas), como puede apreciarse en la gran altura y verticalidad de los mismos, al sur de Restinga Alí.

La causa de la erosión marina selectiva sobre las restingas y puntas

Al aproximarse a la costa, debido a la menor profundidad del fondo, las olas pierden velocidad y longitud pero aumentan su altura. En las restingas (áreas planas y poco profundas), el oleaje es más elevado. Asimismo, al acercarse a la orilla, los trenes de onda de las olas tienden a ponerse paralelos a la costa local por el fenómeno de refracción. Debido a ello, convergen en las salientes aumentando su poder erosivo sobre ellas, mientras que en las entrantes las direcciones son divergentes, y por efecto contrario, se atenúa el ataque sobre la costa.

Además, existen alteraciones locales, como las que plantean las obstrucciones de los muelles al avance del tren de olas. En este caso las olas

giran hacia la zona que está al abrigo de la obstrucción, propagándose detrás de ella por un fenómeno de difracción de olas.

Un ejemplo de ello, pudo apreciarse luego de la ampliación del muelle central que modificó la dinámica costera en el interior de la bahía del Infiernillo, generando un área de abrigo al resguardar el sector sur de la acción directa del oleaje y las marejadas. Como consecuencia de ello se produjeron fenómenos de refracción, difracción y deriva litoral (migración) de los cordones de gravas que se encontraban en la mitad norte de la bahía hacia la mitad sur, generando un depósito en proximidad al puerto, inducido por dicha obra. Sin la protección de las gravas, las rocas débiles del acantilado del sector del infiernillo sufrieron una mayor erosión, experimentando un retroceso local de varios metros en pocos años. Se evidenció la efectiva protección de las gravas y su capacidad de disipación de la energía del oleaje.

La Costa como espacio común para la proyección del desarrollo de la actividad comunitaria

El estudio de los procesos de erosión costera como el descrito y de inundación, como el de la avenida Ducós, deben profundizarse a fin de abordar las soluciones integrales y eficientes sobre los sectores problemáticos o con pronóstico de riesgo futuro. El muro de la avenida Ducós ha resistido las marejadas, pero su altura es superada por la rompiente de las olas que anegan el sector bajo de tierras ganadas al mar. En la construcción de una obra de protección mediante la continuación de la escollera de rocas del puerto, o de mitigación mediante obras de disipación de la energía, debe preverse el incremento del nivel del mar para el siglo en curso (de hasta 88 cm. según estudio) y el recrudecimiento en la intensidad de las marejadas excepcionales.

Se considera adecuado planificar el desarrollo estratégico de la actividad costera contemplando las situaciones de riesgo y el modo de manejo para cada sector, incluyendo obras duraderas y eficientes en función al objetivo previsto. Debido a la elevada confluencia de actividades actuales y futuras sobre la costa, además de la protección, se debe optimizar la gestión de descontaminación de las playas, evitando la incorporación y dispersión de residuos sólidos y el vertido de efluentes cloacales e industriales sin tratamiento previo.

La contaminación de las playas es elevada. Las soluciones que incluyen el cierre y saneamiento del actual basural y la construcción de plantas de tratamiento de efluentes están planteadas. Estas tareas son parte ineludible de un plan de gestión integral de rescate de las costas para el desarrollo saludable y seguro de las diversas actividades.

(*) Departamento de Geología- Fac. de Cs. Naturales. Universidad Nac. de la Patagonia.

Guidelines for coastal and marine site-planning and examples of planning and management intervention tools

Eric Gilman

National Audubon Society, 2718 Napua'a Place, Honolulu, HI 96822, USA

Available online 7 November 2002.

Abstract

Guidelines are presented for a process to plan for the sustainable management of coastal and marine ecosystems of discrete sites. The *guidelines provide an agreed starting point to initiate a site-planning effort*, help organize a complicated process into discrete components, incorporate principles of community-based and collaborative management, minimize the risk of conflict by directly involving representatives of all interest groups and identifying and addressing all issues at an incipient stage, promote development of a sense of ownership and support for resulting management initiatives by all stakeholders, address the cumulative effects of adverse impacts to coastal and marine environments, and implement an integrated approach by considering all interrelated elements that affect the site through the collaboration of all interest groups. Site-planning is a process of reviewing past progress and assessing current and future issues, threats, and needs to identify priority management intervention activities that will sustain ecological, economic, and cultural values; balance multiple and often incompatible objectives; address priority threats to natural ecosystem functioning; conserve ecological processes and biodiversity; achieve sustainable development; and fulfill institutional, policy, and legal needs. Examples of intervention tools for coastal and marine resources planning and management range from developing and implementing integrated site management plans, to identifying and promoting opportunities for alternative sustainable economic income generation.

Long-term cliff retreat and erosion hotspots along the central shores of the Monterey Bay National Marine Sanctuary

Laura J. Moore * lmoore@marine.usf.edu and **Gary B. Griggs**
Earth Science Department and Institute of Marine Sciences, University of
California Santa Cruz, Santa Cruz, CA 95064, USA

Received 19 November 1999; accepted 16 July 2001

Abstract

Quantification of cliff retreat rates for the southern half of Santa Cruz County, CA, USA, located within the Monterey Bay National Marine Sanctuary, using the softcopy/geographic information system (GIS) methodology results in average cliff retreat rates of 7-15 cm/yr between 1953 and 1994. The coastal dunes at the southern end of Santa Cruz County migrate seaward and landward through time and display net accretion between 1953 and 1994, which is partially due to development. In addition, three critically eroding segments of coastline with high average erosion rates ranging from 20 to 63 cm/yr are identified as erosion 'hotspots'. These locations include: Opal Cliffs, Depot Hill and Manresa. Although cliff retreat is episodic, spatially variable at the scale of meters, and the factors affecting cliff retreat vary along the Santa Cruz County coastline, there is a compensation between factors affecting retreat such that over the long-term the coastline maintains a relatively smooth configuration. The softcopy/GIS methodology significantly reduces errors inherent in the calculation of retreat rates in high-relief areas (e.g. erosion rates generated in this study are generally correct to within 10 cm) by removing errors due to relief displacement. Although the resulting root mean squared error for erosion rates is relatively small, simple projections of past erosion rates are inadequate to provide predictions of future cliff position. Improved predictions can be made for individual coastal segments by using a mean erosion rate and the standard deviation as guides to future cliff behavior in combination with an understanding of processes acting along the coastal segments in question. This methodology can be applied on any high-relief coast where retreat rates can be measured.

Keywords: Coastal geomorphology; Cliffs; Erosion rates; Monterey Bay; Geologic hazards; Aerial photography; Digital photogrammetry

*Corresponding author. Present address: U.S.G.S. Center for Coastal Geology, 600 4th Street South, St. Petersburg, FL 33704, USA. Tel.: +1-727-803-8747 x3123; Fax: +1-727-803-2032

MARINA

NOVO METODO CRONOESTRATIGRÁFICO APLICÁVEL NAS ACUMULAÇÕES QUATERNÁRIAS DE PRAIA

Jorge Osvaldo Codignotto

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Pabellón II
Departamento de Geología. (1428) Buenos Aires Argentina

ABSTRACT

In this work a new chronostratigraphical method is proposed for coastal forms. Analogy concept is used between seismogram scheme and the geomorphology map in coastal zones. This geometrical analogy involve too the base and top concept in sedimentary basins and proximal and distal concept in accretional deposition in coastal zones.

This method make sure: confiability in coastal chronostratigraphical study and geomorphological - stratigraphical descriptions are standarized. It makes possible to correlate and to compare several informations; isotopic age is not essential question.

In this method the aerial photography in scale 1:20.000 or 1:40.000 is essential.

INTRODUÇÃO

Este método foi desenvolvido por Codignotto e colaboradores (1986). A analogia utilizada, o seja o acima e o embaixo do recheio sedimentar, e o distal - proximal da deposição acrescional cordoniforme, consiste no emprego dos critérios de Mitchum et al (1977) e de Vail et al (1977).

Se as diferenças nas escalas não são consideradas, a similitude entre as configurações de os dois esquemas é notável (figura 1).

Por analogia, o acima e o embaixo da figura 1A e equiparável ao distal e proximal da parte B da mesma figura. De modo igual é possível equiparar o conceito de superposição com o conceito de progradação cordoniforme.

As relações geométricas e a interpretação de cada conjunto de linhas no esquema A tem sido estudados por Mitchum et al (1977).

Neste trabalho tenta-se analisar as configurações cordoniformes, estabelecendo analogias que, mediante a utilização de aerofotos, preferentemente nas escalas 1:20.000 ou 1:40.000, tornem possível aplicar no plano horizontal o que no plano vertical realiza-se por meio de sismogramas.

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS SIMPLES

Orientação: as linhas de cristas subparalelas são indicativas de condições hidrodinâmicas semelhantes. As ortogonais às linhas mencionadas indicam a direção de acrescentamento. A linha de máxima acrescentamento é a ortogonal no sector de máxima

separação entre as cristas.

Contatos tangenciais; são indicativos tanto da passagem de um trecho de acrescentamento a outro de equilíbrio, quanto da transição de um sector de acumulação a outro de erosão.

Angulares: São indicativos da ausência de deposição ou de erosão.

Pseudoangulares: as vezes na escala de trabalho tem-se contatos angulares aparentes os quais, na realidade, representam diminuições extremas das longitudes de onda da associação cordoniforme (figura 2, A e B).

ELEMENTOS GEOMETRICOS COMPOSTOS

Sobre a base de aerofotos correspondentes a uma área onde os depósitos cordoniformes não claramente identificados, podem-se estabelecer as seguintes linhas:

Linha de paleocosta mais antiga (LP). Corresponde ao traço da linha de costa mais antiga presente no sector baixo estudo. A dita paleocosta pode ser acantilada ou não, podendo também acontecer que os depósitos cordoniformes adjacentes fiquem a maior altura pelos efeitos de ação geomórfica posterior, originada por um fenómeno particular de inversão do relieve, muito comum nas costas patagónicas (figura 3A).

Linha de interfase (LI). Representa o contato mar - terra. Ela é simples de marcar, e fecha o contorno do sector em estudo (figura 2).

Os pontos de união entre LP e LI devem coincidir com sectores de erosão ou não deposição. Os ditos pontos serão os pontos de fecho (F). A área encerrada denomina-se domínio (D), (figura 2).

Dentro do domínio serão traçadas as linhas morfológicas coincidentes com cristas ou seios. Por razões práticas pode-se marcar todos os seios e todas as cristas, mais também pode-se marcar só uma determinada percentagem deles. A eleição depende da escala da fotografia aérea e do distanciamento das cristas.

Linhas limitantes (LL). Correspondem às linhas de contato entre diferentes rasgos associados. Por exemplo, dentro da área compreendida entre linhas limitantes obterá-se um grupo (G), o qual está representado por um conjunto de cristas subparalelas depositadas em condições hidrodinâmicas similares (figura 2).

Um grupo ou vários grupos conformam um sistema (S) quando a acumulação tenha-se produzido em condições de estabilidade do nível do mar. Sobre esta base deve ficar claro que os sistemas estarão separados por desníveis, os quais são possíveis de identificar e determinar nos fotogramas a escala 1:20.000.

METODOLOGIA

Adjudicará-se um número de ordem crescente desde LP até LI. Isto surge de aplicar critérios geológicos de cronologia relativa no plano horizontal. Basicamente o fenómeno de crescimento é o equivalente horizontal da sedimentação vertical.

Quando tem-se obtido o plano estratigráfico (esquema geomorfológico), (figura 1B), o qual é equivalente à seção estratigráfica de Mitchum et al (1977), procede-se a realizar o plano cronoestratigráfico sobre a base da variável tempo.

Nos casos de falta de dados temporais é conveniente supor que o tempo é proporcional ao distanciamento entre cristas sucessivas considerando, para os efeitos práticos, que a velocidade de acrescentamento foi constante. Esta simplificação torna factível a aplicação do método. O distanciamento entre cristas poderá ser proporcional à distância média ou máxima entre cristas sucessivas segundo as conveniências de escala. No caso de existir dados de idades, no plano cronoestratigráfico será levada até ditos valores.

A intersecção de contatos transportados como absissas com o tempo como ordenadas darão os pontos para começar a desenvolver o diagrama. A união de pontos delimitará áreas dentro do diagrama. Os pontos que tenham o mesmo valor de tempo relativo deverão ser unidos mediante uma linha reta paralela à absissa.

EXEMPLO DE APLICACÃO NA COSTA PATAGONICA

Puerto Mazarredo - Puerto Pajarito (Santa Cruz, Argentina), (figura 3). Estas localidades do sul do golfo San Jorge foram estudadas por Feruglio (1950), quem descreveu quatro níveis de terraços, dos quais os dois últimos são de acumulação marinha. O mais alto deles encontra-se localizado entre os 18 os 25 m s.n.m., e o mais baixo entre os 5 e os 11 m s.n.m., Codignotto (1983) e Codignotto et al (1986), publicaram nove idades Carbono 14, das quais três são pleistocénicas e seis holocénicas (fotograma 1, publicação autorizada pelo Servicio de Hidrografía Naval).

Do fotograma em questão, escala original 1:20.000, obtém-se o plano estratigráfico (figura 3A), e dele o plano cronoestratigráfico (figura 3B), no qual utilizam-se as idades Carbono 14.

Finalmente procedeu-se a obter um plano cronoestratigráfico sem levar em conta as idades absolutas (figura 3C).

Da análise dos gráficos obtidos conclui-se o seguinte: a) as proporções das áreas do cronograma da figura 3B (tempo absoluto), e as áreas do cronograma de figura 3C (tempo arbitrário) mantêm-se com notável similitude. b) A discontinuidade horizontal que marca o limite entre os dois sistemas (variação do nível do mar), abrange um período de erosão e/ou não deposição.

CONCLUSÕES GERAIS

- 1) Conta-se com um método rápido e confiável para realizar morfocronologia em zonas costeiras com morfologia de habito cordoniforme.
- 2) Dispõe-se dum método que normaliza as descrições geomorfológicas - estratigráficas e consequentemente as torna comparáveis e correlacionáveis.
- 3) O método permite realizar diagramas cronoestratigráficos sem que sejam imprescindíveis idades absolutas.
- 4) Existe a possibilidade que o método possa ser aplicado em outros casos geológicos do Cuaternario, cuja geomorfologia responda à geometria tratada neste trabalho. Por exemplo em costas lacustres e fluviais sob determinadas condições.
- 5) Também é possível seu emprego na determinação de taxas de acrescentamento, ritmos de sedimentação e variações cíclicas na evolução das margens de bacias.

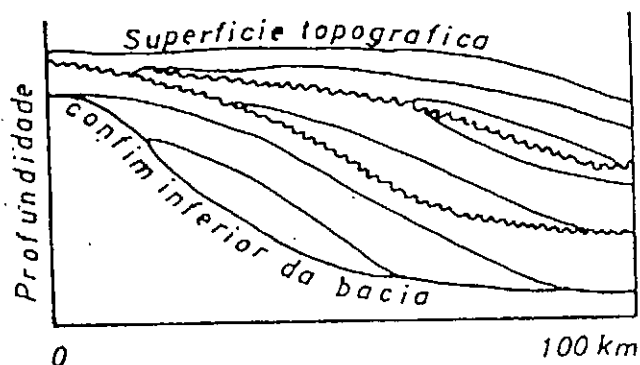
AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Magdalena Koukharsky a tradução do Português e as observações realizadas.

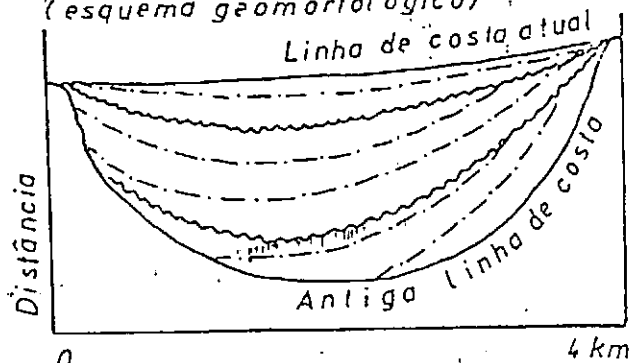
BIBLIOGRAFIA

- CODIGNOTTO, J.O. 1983. Depósitos elevados y/o de acreción Pleistoceno-Holoceno en la costa fueguina patagónica. Simposio Oscilaciones del Nivel del Mar Durante el Ultimo Hem ciclo Deglacial en la Argentina. CONICET, Actas, Mar del Plata, 12-26.
- CODIGNOTTO, J.O., MARCOMINI, S.C. y SANTILLANA, S.N. 1986. Edad de las terrazas marinas entre Puerto Desèado y Bahía Bustamante. Asoc. Geol. Arg. (en prensa).
- CODIGNOTTO, J.O., BEROS, C.A., TREBINO, L.G. 1986. Nuevo método cronoestratigráfico. Morfocronología en secuencia deposicional cordoniforme. Asoc. Geol. Arg. Rev. (en prensa).
- FERUGLIO, E. 1950. Descripción geológica de la patagonia. Y.P.F., T III: 74-196. Buenos Aires.
- MITCHUM Jr., R.M., VAIL, P.R. and THOMPSON, S. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. AAPG Mem. 26: 53-62.
- VAIL, P. R., MITCHUM Jr., R.M. and THOMPSON, S. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, in seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration. AAPG Mem. 26: 83-97.

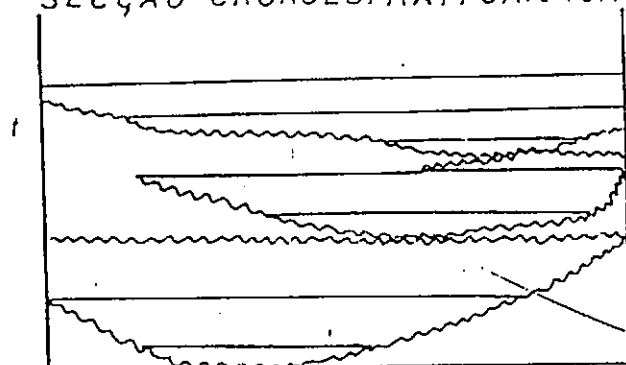
SECÇÃO ESTRATIGRAFICA



PLANO ESTRATIGRAFICO (esquema geomorfológico)

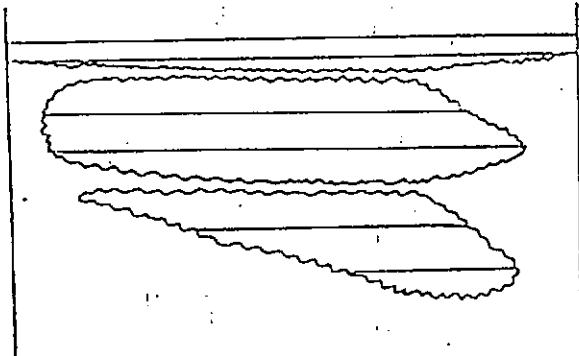


SECÇÃO CRONOESTRATIGRAFICA



Esquema conforme MITCHUM
e outros (1977)

PLANO CRONOESTRATIGRAFICO



Esquema presente Irabalhã

A

FIG.1

B

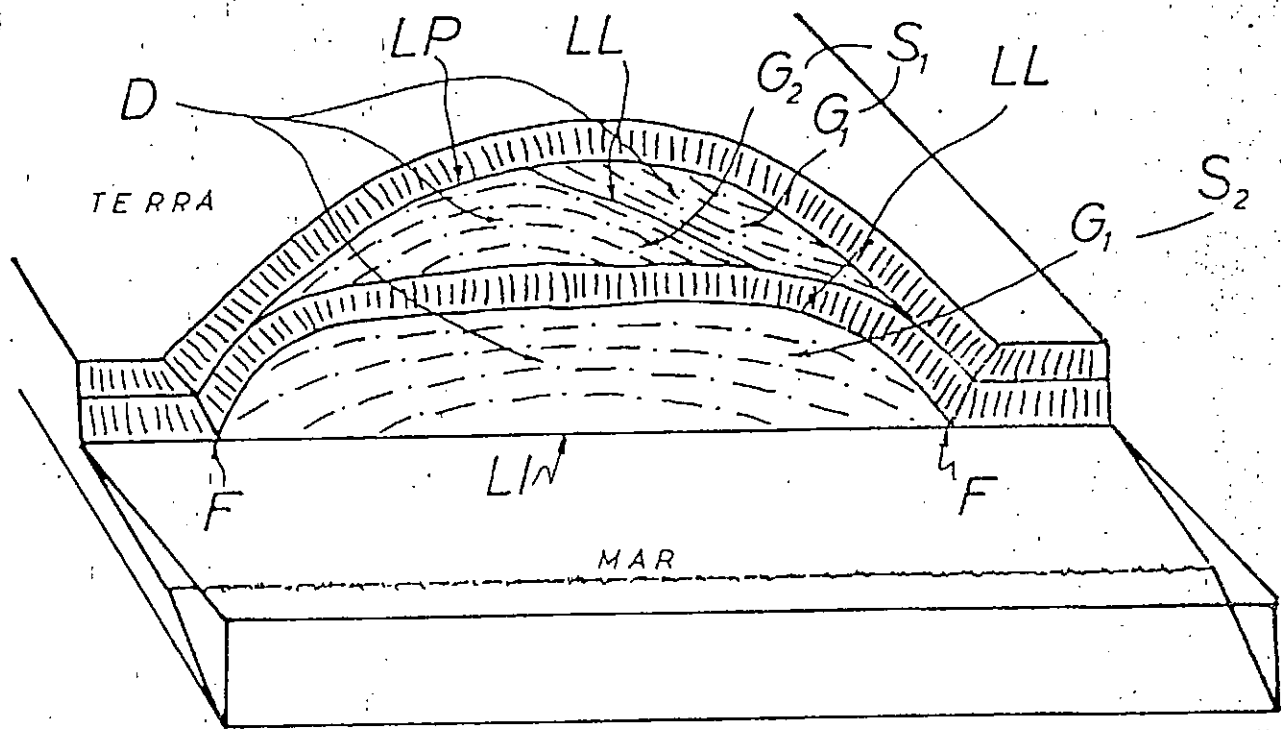


FIG. 2A

vista panorâmica

— — — — — Crista de praia

— — — — — linha de interface

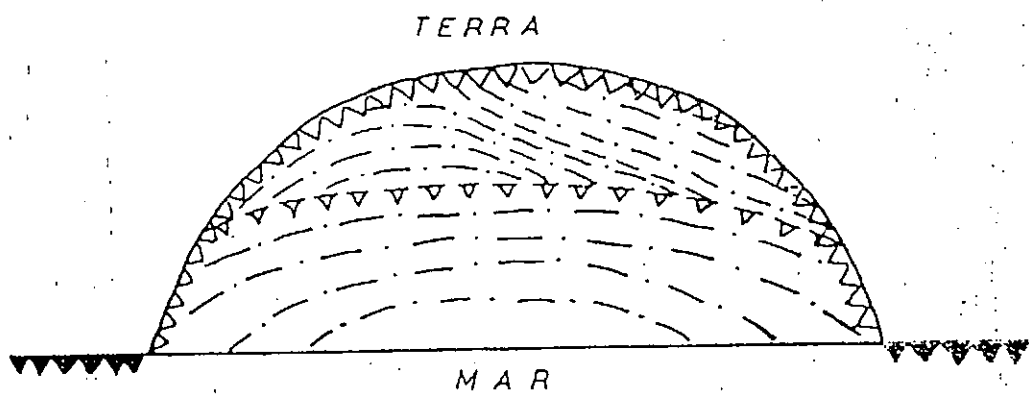


FIG. 2B

vista em planta

▲▲▲ escarpa activa

— — — — — linhas limitantes

▲▲▲ escarpa inactiva

— — — — — linhas de interfase

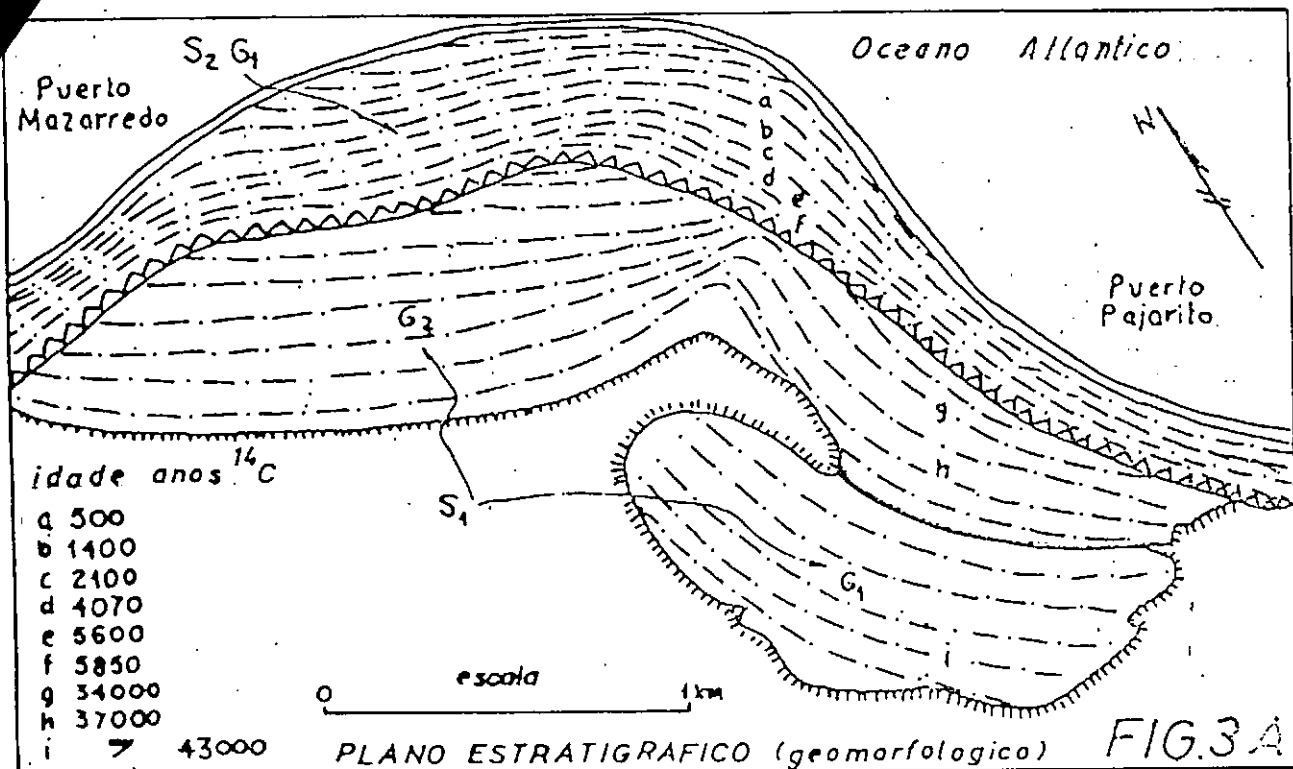
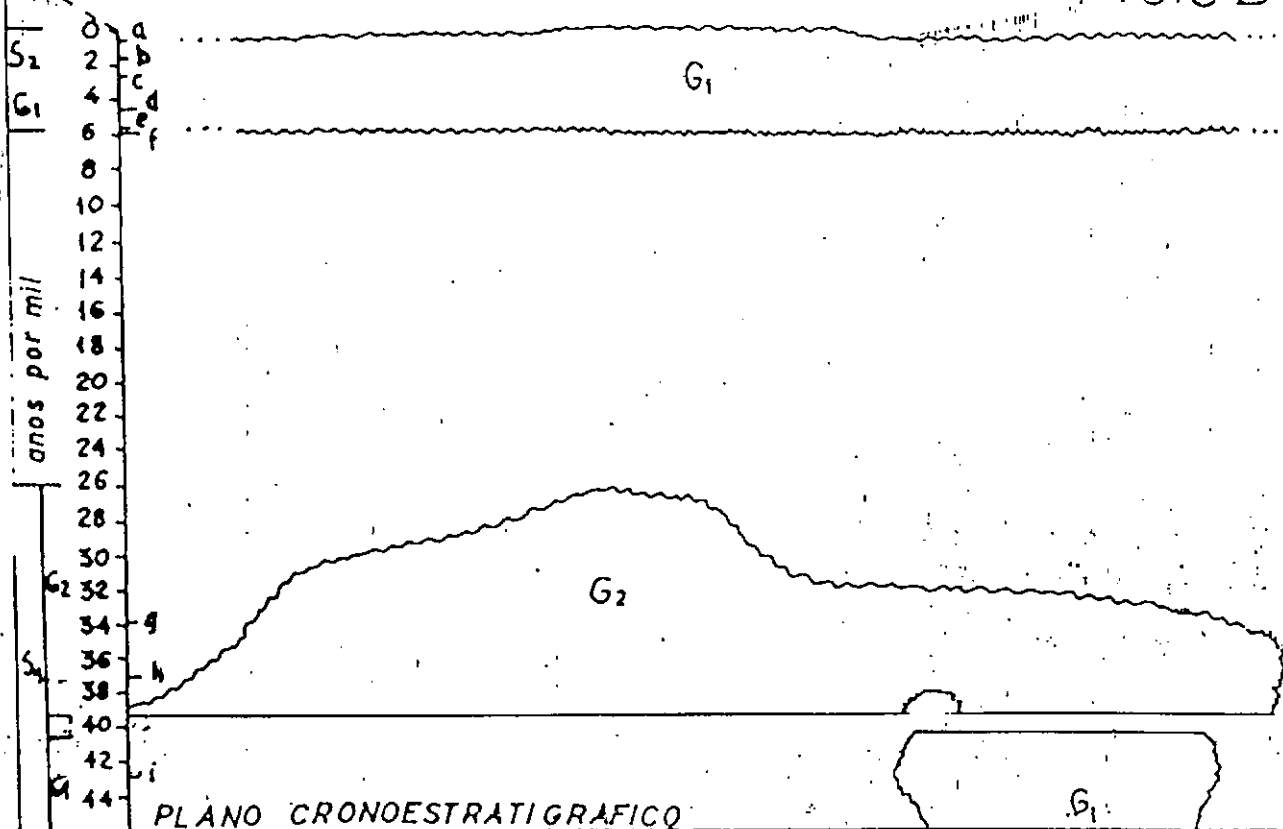
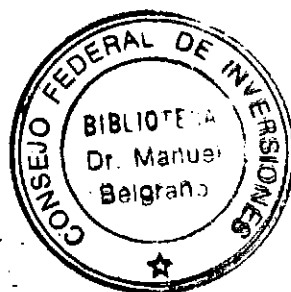
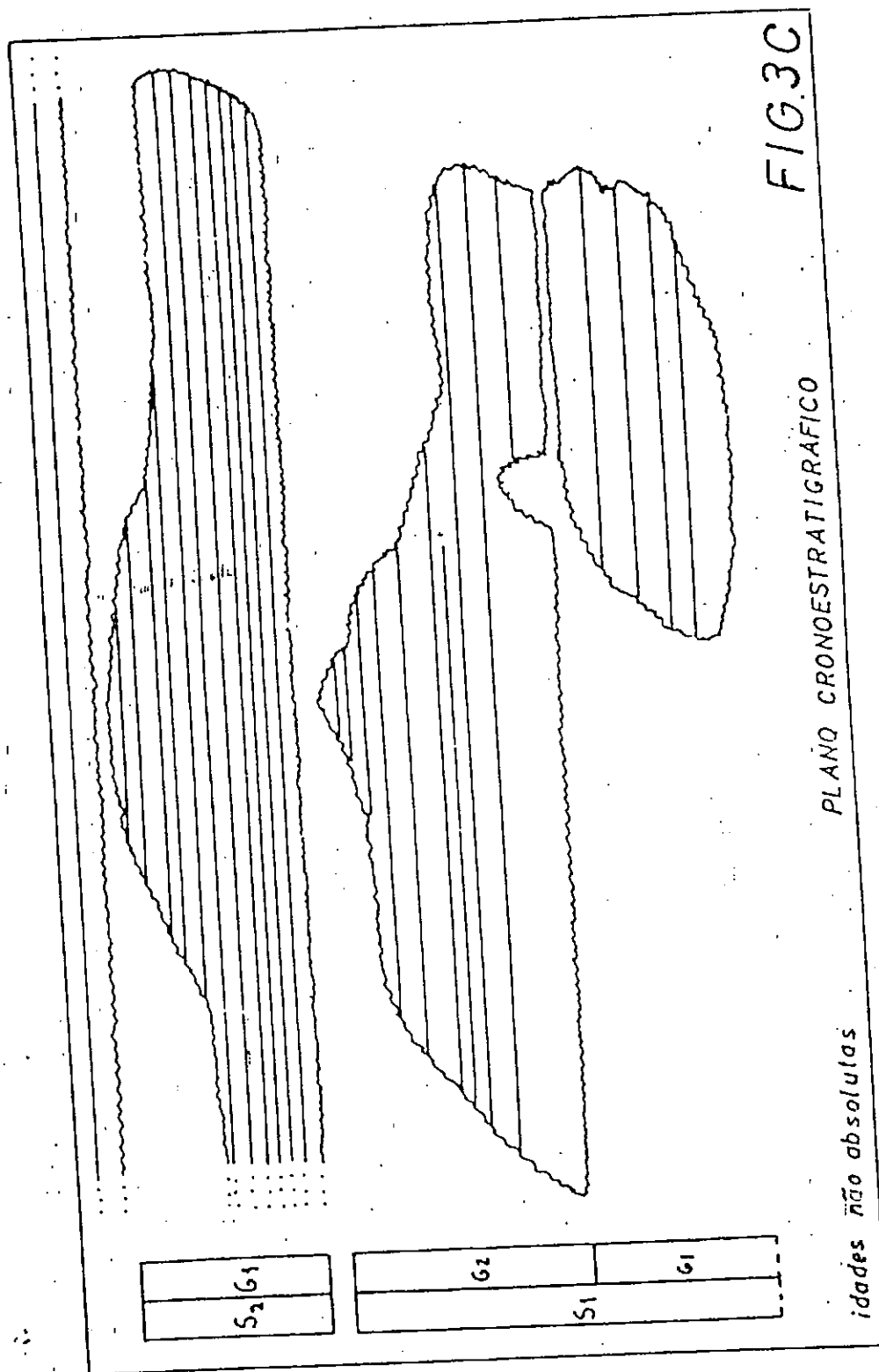
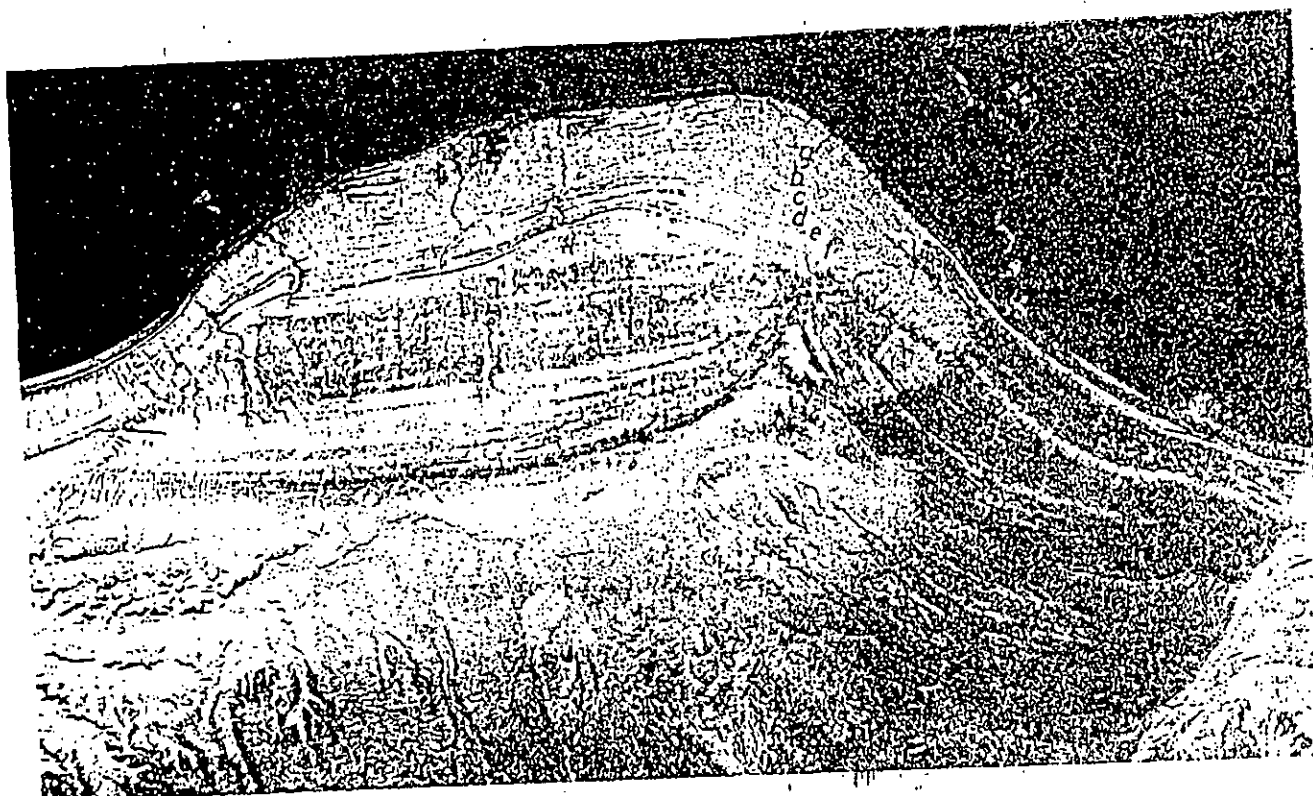


FIG. 3A

FIG. 3B







FOTOGRAMA 1

escala 0 1 km

pontos com idades C^{14}

VISTO

GM

Macín-Vallimanca,
Buenos Aires. Asoc.
13-217, Buenos Ai-

de las inundaciones
de las (provincia de
nacional de hidro-
Actas, (en prensa).

MARTINEZ

de Buenos Aires
Actas y Naturales

CARLETTO

EVOLUCION EN EL CUATERNARIO ALTO DEL SECTOR DE COSTA Y PLATAFORMA SUBMARINA ENTRE RIO COIG, SANTA CRUZ Y PUNTA MARIA, TIERRA DEL FUEGO

Jorge O. Codignotto

RESUMEN: Se describen y analizan las características costaneras geomorfológicas; acantilados activos e inactivos, áreas de progradación en sus diversos tipos. Se relacionan estas formas con los agentes hidrodinámicos y glacioeustáticos, señalándose la existencia en la zona de una corriente costanera fluyente de norte a sur, factor energético principal en la evolución de la morfología secundaria. Asimismo se reconstruye la morfología primaria, en un intento de reconstrucción paleogeomorfológica de la faja costanera, que abarca poco más de 300 km de la costa fueguina patagónica, involucrando el área de plataforma.

ABSTRACT: Descriptions and analysis on geomorphological coastal features; active and inactive marine cliffs and prograding areas in their diverse types are given. These forms are related with the hydrodynamic and glacial-eustatic agents showing the existence of a coastal current in the zone flowing from north to south, main energetic factor in the evolution of the secondary morphology. Likewise, the primary morphology was rebuilt, intending a paleogeomorphological reconstruction of the coastal zone that comprises somewhat more than 300 km of the patagonic - fueguine coast, and its continental shelf.

INTRODUCCION

La glaciación pleistocena estuvo representada por lenguas glaciares que se encauzaron en el relieve fluvial preexistente (Nordenskiöld, 1898; Bonarelli, 1917; Codignotto, 1981), comportándose ellas como glaciares de descarga. Caldenius (1932), suponía en cambio una glaciación de tipo continuo.

Una lengua glaciaria se estableció en el actual estrecho de Magallanes proyectándose hasta el océano Atlántico. Otra descendía la glaciación de la cordillera de Darwin, por el actual seno Almirantazgo, canal Whiteside, bahía Inútil, bahía de San Sebastián, hasta llegar al océano Atlántico.

Más al sur, se ubicaban otras lenguas menores disueltas de la gran lengua glaciaria seno Almirantazgo - lago Fagnano. Sobre estos antecedentes se inició el estudio de la costa en consideración, teniendo en cuenta los trabajos de Codignotto (1969, 1976, 1983, 1984 y 1987).

MORFOLOGIA COSTANERA

La morfología entre río Coig y proximidades de punta Dungeness, puede dividirse en cuatro sectores (figura 6-D):

RIO COIG - CABO BUEN TIEMPO
PUNTA LOYOLA - CAÑADON ZANJA
GRANDE

CAÑADON ZANJA GRANDE - CABO VIRGENES
CABO VIRGENES - PUNTA DUNGENESS

A su vez, la faja fueguina puede dividirse en cuatro sectores:

CABO ESPIRITU SANTO - MINA MARIA
MINA MARIA - PUNTA DE ARENAS - EL PARAMO
BAHIA DE SAN SEBASTIAN
CABO SAN SEBASTIAN - PUNTA MARIA

AREA SANTACRUCEÑA, DESCRIPCION BREVE

RIO COIG - CABO BUEN TIEMPO

Este sector está representado por un acantilado marítimo activo, con numerosos sectores afectados por importantes fenómenos de remoción en masa (asentamientos - deslizamientos).

El sector austral está representado por un territorio cuspidado. Son tierras bajas de acreción, que limitan por el norte con el paleoacantilado que corresponde a la antigua ribera izquierda del río Gallegos. Hacia el este limita con las aguas del océano Atlántico sur (figura 1-A).

2 lenguas glaciares
estrecho Nojell
x B. San Sebastián

PUNTA LOYOLA - CAÑADON ZANJA
GRANDE

También este sector tiene la característica de constituir un área de acreción. Está representado por un área de contorno triangular, constituida por cordones litorales y palcoalbúferas (figura 1 - A, B). En el presente la zona está sometida a moderados fenómenos de erosión marina.

CAÑADON ZANJA GRANDE - CABO VIRGENES

Desde Zanja Grande hasta el cabo Virgenes, la línea de costa está representada por un acantilado marino activo. Este alcanza los 45 m de altura en cabo Virgenes; aunque existen sectores próximos a cañadón Slip, en donde alcanza alturas mayores. Como lo señalara Codignotto (1969), este sector

costanero está modelado en sedimentos de origen glaciario, siendo importante señalar que casi todos los valles menores que desembocan en el mar presentan la característica de valles colgantes debido al muy veloz proceso erosivo (marino), y no al ascenso territorial. Todos los valles de los cursos fluviales comprendidos entre punta Loyola y el cabo Virgenes son de tipo desajustados (Codignotto, 1976).

El fenómeno de erosión, que determina la existencia del acantilado activo actual es fácilmente determinable en el campo, por las continuas caídas y/o deslizamientos de los afloramientos expuestos por la acción marina (Codignotto, 1969, 1976).

En la figura 1 - B, C, es fácilmente reconocible el fenómeno del rápido retroceso del acantilado marino activo, pues se aprecia con claridad en ella que la red fluvial muestra su tramo inferior seccionado por el continuo y veloz retroceso del frente acanti-

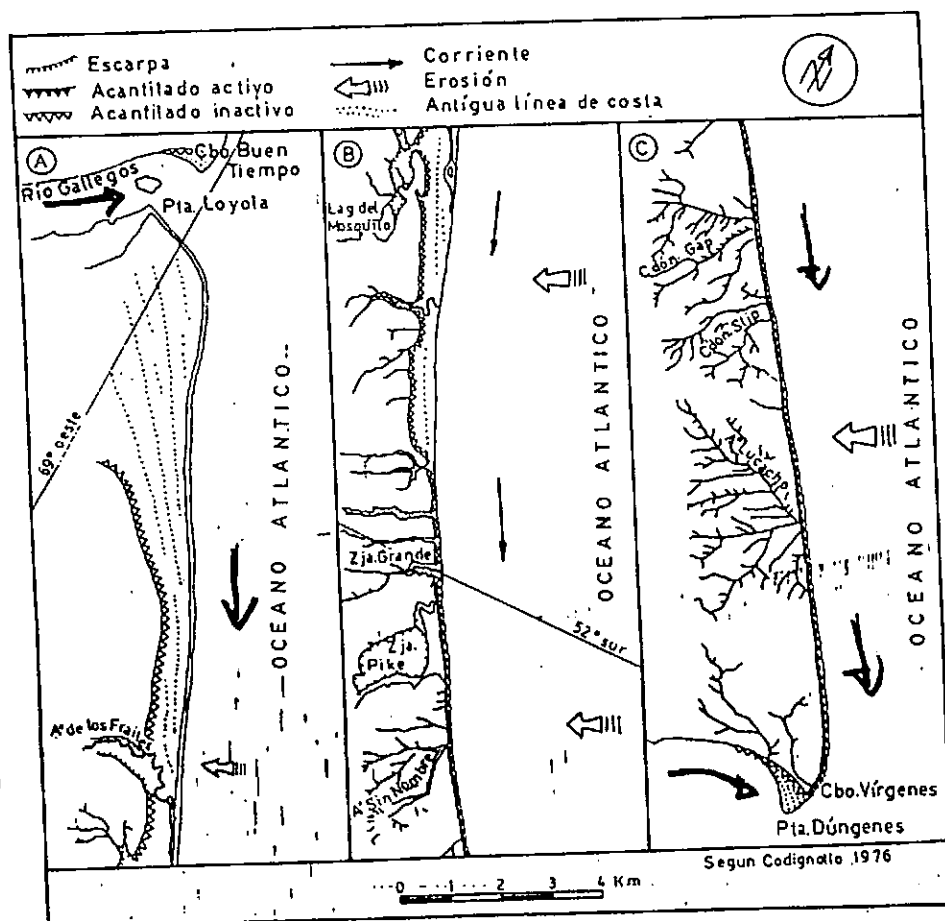


Figura 1: Representa esquemáticamente las zonas de erosión y acreción, indicando el sentido de la corriente costanera y la tendencia erosiva general sobre la línea de costa.

ternima la existencia fácilmente de continuas caídas (entre otros expuestos en 1969, 1976). Ante reconocible la acantilado majad en ella que prior seccionado el frente acanti-

tros. El área posee los restos de la costa más antigua, cuyo rumbo es este - oeste.

CABO VIRGENES - PUNTA DUNGENSESS

CABO ESPIRITU SANTO - MINA MARIA

Desde el cabo Espíritu Santo hasta las proximidades de la margen izquierda del río Cullen, la costa está representada por un acantilado que llega a tener una altura de unos 80 m, como ocurre por ejemplo en las cercanías de Tapera Norte. Estos acantilados son activos y están modelados en sedimentos terciarios de la Formación Cullen; Petersen y Methol (1948), Codignotto (1976), Codignotto y Matumán (1980). Asimismo este sector por causa de la activa erosión marina posee cursos fluviales de arrumbamiento paralelo a la línea de costa, encontrándose en algún caso seccionado por el rápido retroceso del acantilado (Codignotto, 1979). Por otra parte casi todos los valles llegan al mar como valles colgantes.

Al sur de la desembocadura del río Cullen, prosigue la costa acantilada activa, cuya altura máxima es de unos 60 m en cabo Nombre (aclarando en este caso que el mismo está modelado casi exclusivamente en drift). Este tramo de costa, de unos 40 km de extensión, es rectilíneo y con rumbo aproximado nor noroeste-sur sureste. En cambio, desde el cabo Nombre hacia el sur hasta Mina María -unos 3 km- la línea de costa se incurva adquiriendo un rumbo aproximado norte-sur.

En las áreas señaladas en la figura 2 como gravas, se distinguen líneas de crestas, que señalan el arrumbamiento general de las sucesivas líneas de costa, que se hacen tangentes al paleoacantilado. Esa disposición asintótica demuestra que la acreción proviene del oeste ya que otra dirección de flujo constructivo hace imposible la existencia de estas geoformas hidrodinámicamente condicionadas. Estos depósitos de gravas de textura calada, representan el desplazamiento de la línea de costa acontecido en la parte noreste del estrecho de Magallanes. La distancia entre crestas varía en general dentro del orden de los 4 m; la diferencia de altura entre cresta y seno es del orden de los 0,60 me

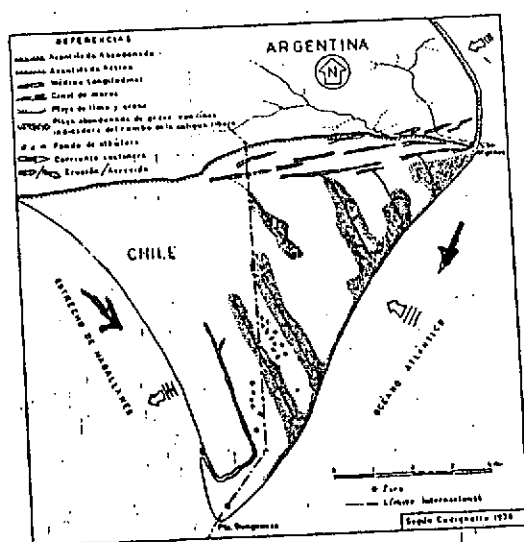


Figura 2: Muestra la morfología del área del cabo Virgenes, con la poco común característica de territorio migrante, representado por los vectores erosión-acreción.

Desde Mina María hacia punta de Arenas, se aprecia un área costanera baja, representada por una espiga de unos 18 km de longitud, que cierra parcialmente la bahía de San Sebastián. Su anchura varía entre los 200 m. hasta los 1200 en el sector más ancho correspondiente al paraje denominado El Páramo. Esta espiga está constituida por gravas caladas, al igual que la descrita en el área de cabo Virgenes. Esta última es una espiga simple, en cambio la que se está tratando es una espiga compuesta (figura 3).

En el presente la espiga sigue su crecimiento hacia el sur erosionándose sus términos más antiguos, según Codignotto (1976). El proceso es similar al descrito en la zona de Dungeness - Virgenes, aunque en el caso de la espiga en tratamiento, la acreción por el oeste ya ha cesado por el ascenso territorial o descenso del nivel del mar en los últimos 6000 años, lo que produjo un cambio en las condiciones hidrodinámicas (figura 3).

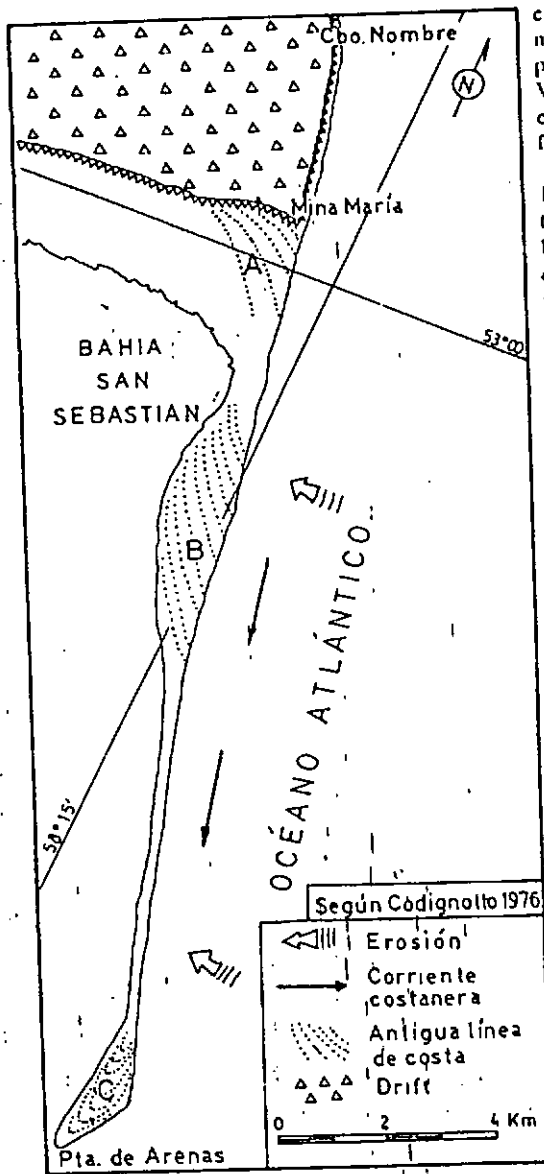


Figura 3: Representa los tres grupos de morfología cordo-niforme que conforman la espiga compuesta de Mina María - Punta de Arenas

cas. Como se señalara, aquí también se erosionan los términos más antiguos, ello se debe al retroceso por erosión marina de los acantilados desarrollados en las sedimentitas glaciarias, a cuyo reparo hidrodinámico se encuentra la espiga. En la figura 3 se señalan tres grupos de crestas de playa. El grupo A corresponde a las

crestas (restos), que conformaban la espiga primitiva (genéticamente similar a la ubicada al pie del cabo Buen Tiempo y al pie del cabo Vírgenes). El grupo C representa el grupo de crestas actuales que reflejan la acreción por difracción.

Ferrero *et al.*, (1987), en la figura de la página 112, muestran que el transporte en el sector de punta de Arenas es hacia el norte en el interior de la bahía, cuando en realidad es a la inversa. Bujalesky *et al.* (1987), en la figura de la página 116, muestra una morfología similar aunque incompleta respecto a la realizada por Codignotto (1976, 1979). Además de no mencionar a dicho autor, señalan erróneamente el sentido del transporte hacia el norte en el interior de la bahía, a la altura de punta de Arenas.

El grupo de crestas B representa los restos de otro depósito por difracción en tiempos en que la línea de costa atlántica se encontraba más al este, estando la bahía casi totalmente abierta a la acción de las olas, es por ello que el depósito fue de muy alta energía. Esto representado por una gran extensión y grandes rodados (20 cm a 25 cm de diámetro).

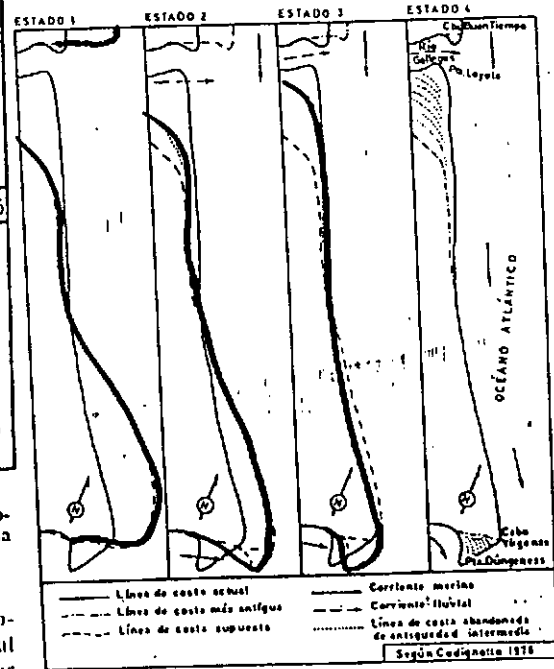


Figura 4: El esquema dividido en cuatro estados representa una idealización de la evolución de la costa entre el cabo Buen Tiempo y el cabo Vírgenes, representando el estado 4 al estado actual.

BAHIA DE SAN SEBASTIAN - CABO SAN SEBASTIAN

Este sector está representado por dos fajas de acreción. Una ubicada al norte del río San Martín, la cual está constituida por sedimentos finos, y otra ubicada al sur del río San Martín hasta proximidades de cabo San Sebastián, que se encuentra representada por gravas y arenas gruesas.

CABO SAN SEBASTIAN - PUNTA MARIA

Este sector puede subdividirse en dos subsectores, el primero, situado entre cabo San Sebastián y cabo Domingo, y el segundo representado por una angosta faja de acreción discontinua entre cabo Domingo y punta María. Auer (1959), determina edades holocenas en niveles de cenizas volcánicas en turba asociada a los depósitos de grava ubicados al sur del cabo Domingo. La primera de estas fajas presenta depósitos de playa pleistocenos según Codignotto (1981, 1984), con un nivel altimétrico de 22 m y otra holocena con altimetrías de 6 - 10 m sobre el nivel del mar.

EVOLUCION DE LA LINEA DE COSTA EN EL AREA SANTACRUCEÑA

Fucon Nordenskjöld (1898), Bonarelli (1917) y Caldenius (1932), quienes primero hicieron una reconstrucción sobre el alcance de las glaciaciones pleistocénicas y su posición geográfica.

Codignotto (1969, 1976), intenta por primera vez para la zona una reconstrucción sobre la base de la morfología costanera en relación dinámica con los cuerpos ácuos. Para la zona el autor mencionado en último término propuso un modelo evolutivo que se muestra en la figura 4.

En el Estado 1 las líneas de trazos indican la posición relativa de la costa antigua desarrollada en sedimentitas terciarias al norte del río Gallegos y en sedimentitas cuaternarias al sur del mismo. En el Estado 2 comienza la erosión en algunos lugares de la costa y en otros comienza la deposición acrecional. La proto espiga ubicada al pie del proto cabo Buen Tiempo comienza a originarse por el encuentro de la corriente del río Gallegos y la corriente costanera de dirección sur. Lo propio sucede en el área equivalente al cabo Virgenes - punta Dungeness. Al mismo tiempo, en el sector Loyola - Zanja Grande, se acreciona en forma subparalela a la línea de costa primitiva. En cambio al sur de Zanja Grande - Virgenes la erosión fue muy activa, como consecuencia de ello no sólo quedaron pequeños valles colgados sino que también la red fluvial fue paulatinamente tronchada (figura 1 - B, C). El Estado 3 corresponde a un estado previo al ac-

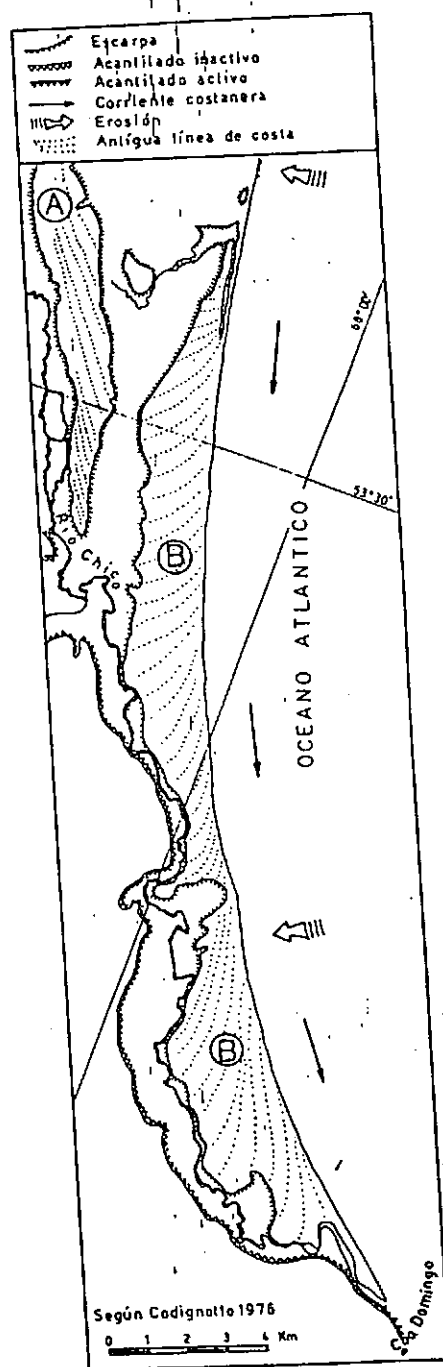


Figura 5: Señala la posición de los depósitos marinos pleistocenos (A), la posición de los depósitos marinos holocenos (B), y la disposición derivante hacia el sur del río Chico o Carmen Silva.

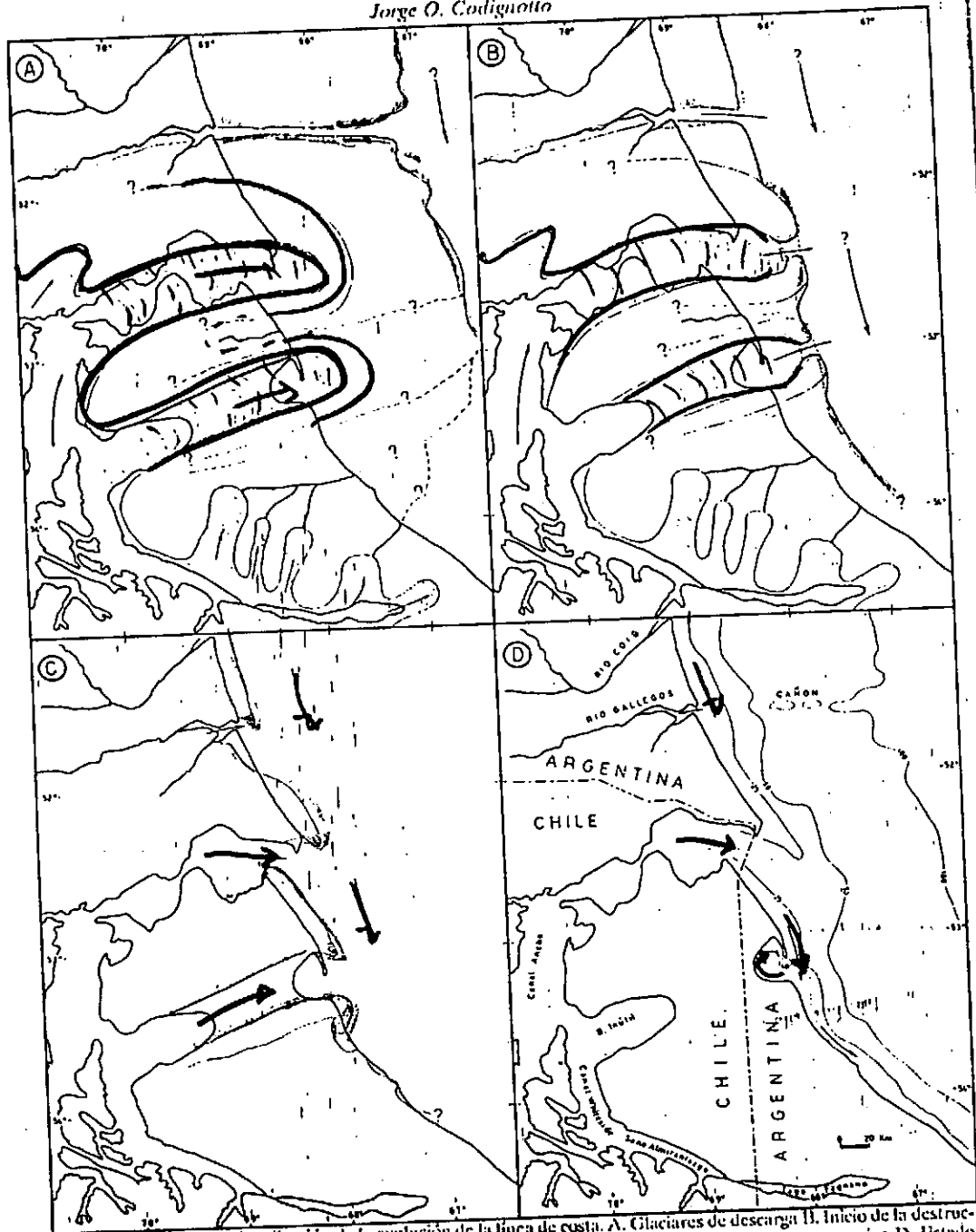


Figura 6: Muestra una idealización de la evolución de la línea de costa. A. Glaciares de descarga B. Inicio de la destrucción de los depósitos glaciares distales por acción marina y fusión parcial del hielo C. Auge transgresivo D. Estado actual.

tual. De lo historiado puede asegurarse que el área de acreción punta Loyola - cañadón Zanja Grande será destruida en forma progresiva por acción de la erosión marina por retroceso del cabo Buen Tiempo hacia el oeste. Esto consecuentemente disminu-

ye la sombra hidrodinámica que está representada por el área de acreción, que al presente es una incipiente zona de erosión. La espiga ubicada al pie del cabo Virgenes, si bien es erosionada por el este como ya se explicara, es simultáneamente acre-

cionada por el suroeste, es decir, suponiendo un balance erosión - acreción equilibrado, este territorio tiene la particularidad de constituir un área migrante hacia el oeste al reparo hidrodinámico del también migrante cabo Virgenes.

Finalmente para completar el aspecto morfológico se señala la morfología de médanos longitudinales que se observa en la figura 2, y que resultan de los fuertes vientos casi unidireccionales que soplan desde el oeste. Esta orientación coincide con el rumbo de la costa acantilada activa (sector chileno), que provee arenas cuya vida es 0,5 milímetros. Estos médanos en el sector argentino enmascaran casi totalmente la incurvación que hacia el oeste presentan las crestas de playa que se disponen tangenciales a la paleocosta.

EVOLUCION DE LA LINEA DE COSTA EN EL AREA FUEGUINA

CABO ESPIRITU SANTO - MINA MARIA

Como se señalara, este sector está sometido a una activa erosión.

MINA MARIA - PUNTA DE ARENAS

Como se explicitara previamente, este territorio está representado por una espiga compuesta sobre cuyo origen ya se hizo mención.

CABO SAN SEBASTIAN - CABO DOMINGO

El río Chico o Carmen Silva, cuya cabecera se encuentra en las proximidades de bahía Inútil (Chile), fluye hacia el océano Atlántico con un arrumbamiento general oeste-este. Ello no obstante, a 4 km del Atlántico, desvía su curso hacia el sur (Codignotto, 1976), haciéndose subparalelo a la línea de costa actual. Recorre unos 35 km antes de desembocar en el mar a la altura del cabo Domingo (figura 5).

Se concluye que en otros tiempos, el río Chico o Carmen Silva tenía su desembocadura en el Atlántico, en las proximidades del paraje La Sara, donde el curso presenta esa llamativa inflexión. En el último tramo del río, es decir entre el lugar de cambio de rumbo y la desembocadura actual, el curso se ubica entre un sector de tierras bajas de acreción y una escarpa o paleoacantilado marino (margen derecha del río), de unos 15 a 18 m de altura sobre el nivel de las tierras bajas. El área de tierras bajas ubicadas entre el río y la actual costa marina, está representada por cordones litorales en espigas alargadas y sucesivas, típicas de una costa de acreción.

La corriente de deriva hacia el sur ha producido la destrucción parcial del flanco sur del Drift Tapera Sur (Codignotto, 1984), proveyendo el material elástico necesario para la formación de depósitos de playa con material biogénico en lo que fue la paleobahía La Sara.

EVOLUCION GENERAL

La aproximación oblicua de los trenes de ola que provienen del sector noreste (Codignotto, 1976; Pierce y Siegel, 1979), originan la corriente de deriva hacia el sur.

En la figura 6-A se muestra una idealización del pulso glaciario. Una lengua glaciaria fluía por el actual estrecho de Magallanes, otra se proyectaba por la actual depresión bahía Inútil - bahía de San Sebastián. Hacia el sur, lenguas glaciares disfluentes descendían de la artesa glaciaria representada por el actual lago Fagnano y seno Almirantazgo. La línea de costa para ese tiempo estaba representada aproximadamente por la actual curva batimétrica de los 100 metros. Esta batimetría permite visualizar una alineación de depresiones (cañón), que corresponderían al valle del proto río Gallegos. Pero es importante señalar que posiblemente el máximo descenso marino haya estado por debajo de la actual curva batimétrica de 150 m, ya que a esa profundidad, según las cartas del Servicio de Hidrografía Naval, se observan morfologías que podrían tener un origen subaéreo. Richard y Craig (en Fray y Ewing, 1963), señalan edades biogénicas de 12000 a AP (años antes del presente) para la muestra V-15-04 obtenida a 120 m de profundidad y ubicada en los 54°78' y 63°54', y 18700 a AP para la muestra V-16-143, obtenida a 150 m de profundidad y ubicada en los 50°53' y 62°42'.

Asimismo debe tenerse en cuenta que han habido en la zona más de una intervención del ciclo con la consecuente complicación. El hecho de representar un sólo pulso glaciario tiene por objeto simplificar la representación gráfica del ciclo evolutivo de la migración de la línea de costa, con una complicación que puede darse al tener en cuenta las edades de 32000 a AP obtenidas por Codignotto (1984), para los depósitos costaneros altos de la Formación La Sara, ubicados a 22 m sobre el nivel del mar actual.

La figura 6-B representa un aspecto de la transgresión pleistocena, en la cual el mar al transgredir territorio produce la ruptura de las morenas frontales.

En la figura 6-C se representa el alcance de la transgresión pleistocena que deja los depósitos más bajos (6-10 m snm), en el área de La Sara, debiéndose señalar que por los datos de ^{14}C aportados por Codignotto (1983, 1987), Marcomini *et al.* (1988),

la interrupción del flujo áeico existente entre las actuales bahía Inútil - bahía de San Sebastián debe haber ocurrido hace unos 6000 años aproximadamente.

Finalmente la situación actual está representada en la figura 6-D.

CONCLUSIONES

La alineación de las depresiones ubicadas en plataforma entre la desembocadura actual y las islas Malvinas representan el tramo distal del valle sumergido del protó río Gallegos (cañón).

La posición de la línea de costa considerada durante el Pleistoceno alto - Holoceno ha variado su posición en forma reiterada y apreciable, involucrando en esas circunstancias amplios sectores territoriales.

La línea de costa entre el río Coig y punta María, independientemente de haber sufrido cambios por las variaciones del nivel del mar, ha sido sometida a un fuerte fenómeno erosivo en los afloramientos que se proyectaban hacia el mar. A la par que las entradas de mar tendieron a ser colmatadas o rellenadas con el material erosionado de esas salientes costaneras. Por lo señalado anteriormente el sector costanero presenta un cuadro de costa madura con indicios de senilidad (costa rectilínea), aunque con un elevado grado de inestabilidad erosiva.

Se comprueba la existencia de una corriente costanera hacia el sur, persistente a través del tiempo Pleistoceno - Holoceno, representando en asociación con el rango de mareas, el factor erosivo por excelencia. Esa persistencia se detecta en la deriva que afecta al río Chico o Carmen Silva, siendo éste un excelente ejemplo de río derivado, que por su magnitud es único en la costa Argentina.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- AUER, V., 1959. *The Pleistocene of Fuego Patagonia. Part III. Shore Line Displacements*. Ann. Acad. Sci. Fennicae, A 60, Helsinki: 1-247.
- BONARELLI, G., 1917. *Tierra del Fuego y sus tuberías*. An. Min. Agric. Sec. Geol. Mineral. y Min. XII (3): 1-119.
- BUJALESKY, G., G. GONZALEZ BONORINO, A. ARCHIE, F. ISLA y F. VIÑAS, 1987. *La espiga peninsular El Páramo, Isla grande de Tierra del Fuego, Argentina*. Xº Congr. Geol. Arg. (1), Actas: 115-117.
- CALDENIUS, C., 1932. *Las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego*. Dir. Nac. Minas y Geol., Publ. 95: 1-135.

CODIGNOTTO, J. O., 1969. *Nota acerca de algunos aspectos geológicos de la costa patagónica comprendida entre punta Loyola y el cabo Virgenes*. SIIN, Bol. VI (3): 257-263.

_____, 1976. *Geología y rasgos geomorfológicos de la patagonia extrandina, entre el río Chico de Gallegos (Santa Cruz) y la bahía de San Sebastián (Tierra del Fuego)*. Tesis Doctoral. Univ. Bs. As., Fac. Cs. Exactas y Nat. (MS).

_____, 1979. *Hojas Geológicas 63a Cullen, 64a Bahía de San Sebastián y 65b Río Grande*. Servicio Geológico Nacional (inédito).

_____, y N. MALUMIAN, 1981. *Geología de la región al norte del paralelo 54 de la isla Grande de la Tierra del Fuego*. Asoc. Geol. Arg., Rev. XXXVI (1): 44-88.

_____, 1983. *Depósitos elevados y/o de acreción Pleistoceno Holoceno en la costa fueguina patagónica*. Simposio Oscilaciones del Nivel del mar durante el último hemisiciclo de glacial en la Argentina. Mar del Plata, abril 1983. Actas: 12-26.

_____, 1984. *Estratigrafía y geomorfología del Pleistoceno Holoceno costanero entre los 53°30' y 42°00' sur*. Argentina. IX Congr. Geol. Arg. (1) Actas: 513-519.

_____, 1987. *Cuaternario marino entre Tierra del Fuego y Buenos Aires*. Asoc. Geol. Arg., Rev. XLII (1-2): 208-212.

FERRERO, M., G. GONZALEZ BONORINO, A. ARCHIE, F. ISLA y F. VIÑAS, 1987. *La llanura intermareal de la bahía San Sebastián, Isla grande de Tierra del Fuego, Argentina*. X Congr. Geol. Arg. (1), Actas: 111-113.

FRAY, C. y M. EWING, 1963. *Wisconsin sea level in southern hemisphere as indicated in continental shelf sediment*. Proc. Acad. Nat. Sci., Phila., 115: 113-152.

MARCOMINI, S. C., R. R. KOKOT y J. O. CODIGNOTTO, 1988. *Edades ¹⁴C del Holoceno Marino Argentino, Distribución e Interpretación*. Simposio Internacional Sobre el Holoceno en América del Sur. Resúmenes, 7. Paraná.

NORDENSKJÖLD, O., 1899. *Notes on Tierra del Fuego. An account of the Swedish Expedition of 1895-1897*. Scott Geograph. Magaz. Edinburg, XIII: 393-399.

PETERSEN, C. S. y E. J. METHOL, 1948. *Nota preliminar sobre rasgos geológicos generales de la porción septentrional de Tierra del Fuego*. Asoc. Geol. Arg., Rev. III (4): 279-291.

PIERCE, J. W. y F. R. SIEGEL, 1979. *Suspended particulate matter on the southern Argentine shelf*. Mar. Geol., 29: 73-91.

Recibido: 9 de marzo, 1988

Aceptado: 24 de abril, 1989

JORGE OSVALDO CODIGNOTTO

Departamento de Geología
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Ciudad Universitaria, Pabellón II
1428 - Buenos Aires
CONICET

DETERMINACION Y CUANTIFICACION DE LA DERIVA LITORAL EN LA COSTA ESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. METODO GEOMORFOLOGICO.

Roberto R. Kokot,^{1,2}

¹ CONICET - Museo Argentino de Ciencias Naturales
Av. Angel Gallardo 470 - (1406) Buenos Aires - ARGENTINA
² Departamento de Geología - F.C.C. y N. Universidad de Buenos Aires.

RESUMEN

La disposición de una espiga con un gancho permitió establecer la relación entre geoformas y dinámicas costaneras, obteniéndose la dirección predominante de olas que le dieron origen y asimismo determinar que el esquema hidrodinámico actual perduró a lo largo de 4000 años. Se presenta una fórmula que permite conocer la dirección de crecimiento de una espiga conociendo el ángulo de incidencia de olas sobre la línea de costa.

Se presenta un método con una cuantificación relativa de la deriva litoral que permite valorar los procesos hidrodinámicos, determinando si un tramo de costa se encuentra en erosión o acreción, midiendo los distintos casos de posible evolución de la línea de costa respecto a la incidencia de los frentes de olas. Por último, al analizar mediante el mismo el tramo de costa entre Finamar y Punta Rasa, se recomienda la estrategia a seguir para evitar la erosión, mitigar los daños producidos por la acción marina sobre la línea de costa.

INTRODUCCION

La localidad estudiada está en el litoral de la provincia de Buenos Aires (figura 1) y es parte de la provincia geológica denominada Cuenca del Salado (Braccacini, 1972) y de la provincia geomorfológica de la Pampa Deprimida (Frenguelli, 1950). El sector correspondiente a la espiga de arena entre Punta Médanos y Punta Rasa tiene un ancho variable, entre 10 y 15 m, y está constituido por crestas de playa de 5 m de altura sobre el nivel del mar (Codignotto y Aguirre, 1993). Este sector fue generado durante la última transgresión marina (Dangaus, 1983) y habría crecido a partir de un cabo existente al sur de Punta Médanos, Violante (1988), (Codignotto y Aguirre, 1993). Mazzoni y Spalletti (1976), a través de estudios sedimentológicos determina la dirección de transporte litoral, López y Marcomini (1993) comprueban la dirección de deriva litoral por la elección de la acreción y erosión provocados en una estructura semipermeable de Santa Teresita.

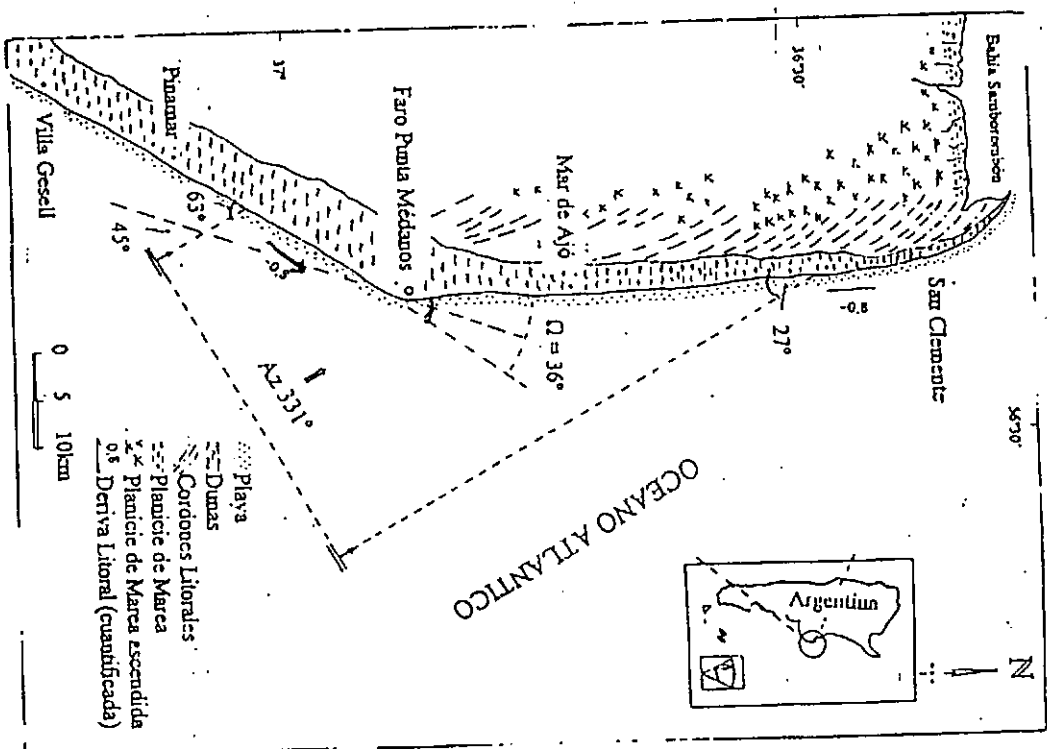


FIGURA 1. Geomorfología y dirección resultante de incidencia de olas.

Siguiendo el criterio de Johnson (1919), esta espiga puede clasificarse como compuesta, con su sector proximal adhiriendo a un antiguo cabo próximo a Punta Médanos, y su sector distal, representado por proyecciones territoriales en forma de gancho en Punta Rasa. La evidencia de espiga compuesta se encuentra representada por sucesivos ganchos que se encuentran a lo largo de esta geoforma (figura 1). El sector está parcialmente cubierto por dunas que obliteran algunas de las geoformas aquí descriptas.

En el sector costanero comprendido entre Punta Médanos y Punta Rasa está ubicada una zona de balnearios que durante el verano se encuentra ocupada por gran cantidad de turistas, debido a su proximidad a centros urbanos densamente poblados como el Gran Buenos Aires con una población aproximada de diez millones de personas y distante unos 300 km. En estos balnearios hay gran cantidad de construcciones destinadas a la vivienda, al comercio y a la recreación. En los últimos años, los edificios próximos a la línea de ribera han sufrido daños, que en algunos casos son graves. La prohibición demandó la ejecución de obras para proteger sus propiedades y rápidamente aparecieron los proyectos que "pretenden" solucionar situaciones que en algunos casos se tornan dramáticas, ya que se han perdido propiedades y otras corren serio peligro. Codignotto (1993), en un informe para el Municipio de la Costa reconoció sectores de acumulación y sectores de erosión, verificando acreción en Punta Médanos y Punta Rasa. El resto de los sectores corresponden a zonas de erosión en distinto grado. Este autor indicó que las causas de erosión son de origen antrópico, debido a que la industria de la construcción obtiene la materia prima "arena" de la playa y del médano. Las conclusiones y recomendaciones de este informe indican que la zona se estaría erosionando por el mal manejo del área costera y que la construcción de estructuras "protectoras", podría generalizar la erosión.

Por lo tanto, es peligroso encarar trabajos que modifiquen el sistema dinámico costanero sin la ejecución de estudios que avalen los posibles cambios a realizar. En este trabajo se pretende dar los lineamientos generales sobre deriva litoral y dinámica costanera. La idea es presentar un modelo integral de circulación costanera y dejar sentado que cualquier alteración del entorno provocará una modificación en la hidrodinámica. Esto puede ayudar a la planificación de posibles obras y descartar otras que podrían agravar la actual situación. Dentro de este criterio, es importante la predicción sobre comportamiento costanero, ante posibles distintas situaciones hidrodinámicas, ya que el conocimiento de las mismas ayudan a evitar los daños que pueden surgir por un manejo inadecuado del ambiente costero y así reducir el impacto ambiental.

METODOLOGIA

Se estudia la geomorfología e hidrodinámica de un sector de costa de la provincia de Buenos Aires de acuerdo a dos objetivos distintos: a) predicción de la

resultante del proceso marino lo denominaremos contorno costanero final. Puede implementarse este método cuantificando la energía de las olas y la determinación de corrientes, para lo cual son necesarias múltiples mediciones de campo, tales como pendiente de la playa, altura de ola, período de ola, ángulos entre el frente de ola y la línea de costa. Este método observacional es muy laborioso y requiere efectuar mediciones durante períodos prolongados. Un resultado estadístico de todas las variables en juego requiere mediciones diarias durante muchos años.

El segundo objetivo, surge de analizar un contorno costanero al que consideramos consecuente o final, por lo tanto, la tarea consiste en obtener las condiciones dinámicas que lo hicieron posible. Para este análisis es importante establecer algunos conceptos. Zenkovich (1967) cuando se refiere al transporte litoral define flujo a lo largo de la costa como el movimiento de la masa de material desplazado a lo largo de la playa y de la playa sumergida por la acción de las olas y corrientes. Al valorar el flujo de material considera su Capacidad que es la cantidad máxima de material que las olas y corrientes son capaces de transportar a lo largo de un sector dado de costa, en un tiempo dado. Este flujo depende de la energía y dirección de las olas que se aproximan a la costa en cualquier parte de la playa sumergida. A una energía constante, la capacidad máxima es la que corresponde a cuando el paso de la ola forma el ángulo ϕ con la línea de costa. El incremento o disminución de este ángulo, significa una disminución en la capacidad del flujo. Este valor de ϕ , según Zenkovich (1967) y las fórmulas utilizadas por Inman y Bagnold (1963). Longuet-Higgins (1970) y Komar (1976) es de 45° valor que se corresponde con el máximo de las funciones $\sin 2\alpha$ y $\sin \alpha$ cosa utilizadas por dichos autores.

El estudio de la capacidad del flujo medio sobre un período largo, requiere la resultante de la energía del régimen de olas y su dirección. Si aceptamos que el máximo transporte se obtiene cuando $\phi = 45^\circ$, se puede establecer una cuantificación relativa de la deriva litoral. Por lo tanto, si graficamos los valores, ángulo de incidencia versus deriva litoral de acuerdo a la función $y = \sin 2\alpha$ (Longuet-Higgins, 1970) $y = \sin \alpha$ cosa (Inman y Bagnold, 1963), (Komar, 1976) se obtiene la figura 3. Con el objeto de cuantificar el vector deriva litoral dentro de intervalos utilizables, se decidió elegir los valores extremos 0 y 1, para ausencia de deriva litoral y deriva litoral máxima respectivamente, tomando intervalos de valor 0.1. Para ello se calcularon los ángulos correspondientes a los mismos resultando:

Vector Deriva Litoral (adimensional)	Angulo de Incidencia (grados)
1	45.00°
0.9	32.08° / 57.92°
0.8	26.56° / 63.44°
0.7	22.21° / 67.79°
0.6	18.43° / 71.57°
0.5	15.00° / 75.00°

evolución del contorno costanero ante posibles distintas situaciones de incidencia del tren de olas sobre la línea de costa y b) reconstrucción de las condiciones dinámicas que generaron dicho contorno, según método desarrollado por Kokot (1995). En la figura 2 se presenta un diagrama de flujo indicando el desarrollo secuencial del proceso marino sobre la línea de costa y su posible doble entrada, permitiendo interpretar los objetivos propuestos.

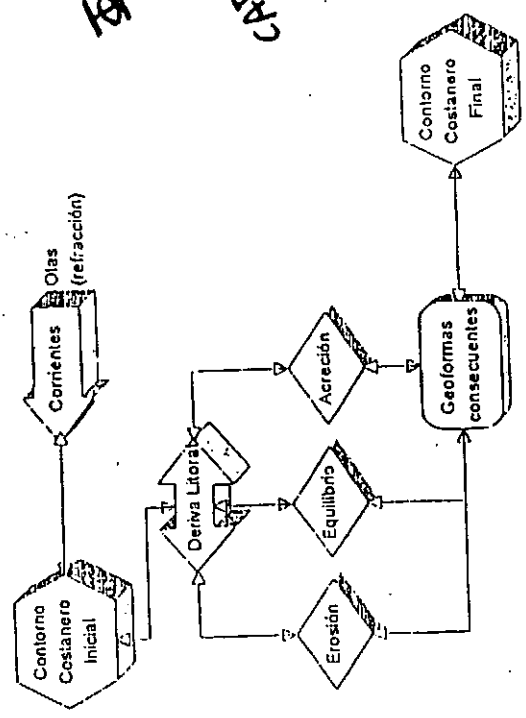


FIGURA 2. Diagrama de flujo indicando la mecánica de los procesos litorales.

El primer objetivo consiste en analizar la evolución de un sector de costa al cual llamamos contorno costanero inicial, para su estudio se efectuaron tareas de campo, interpretación y medición de imágenes satelitarias, fotografías aéreas y mapas. Como se indica en la figura 2, el contorno costanero fue afectado, refracción mediante, por la acción marina (olas y corrientes), resultando una zona de transporte litoral que puede estar tanto en erosión, acreción, o sujeta a equilibrio dinámico. El resultado es la generación de geofórmulas que llamamos consecuentes, que pueden ser estables o inestables respecto a la dinámica actuante. Al contorno costanero

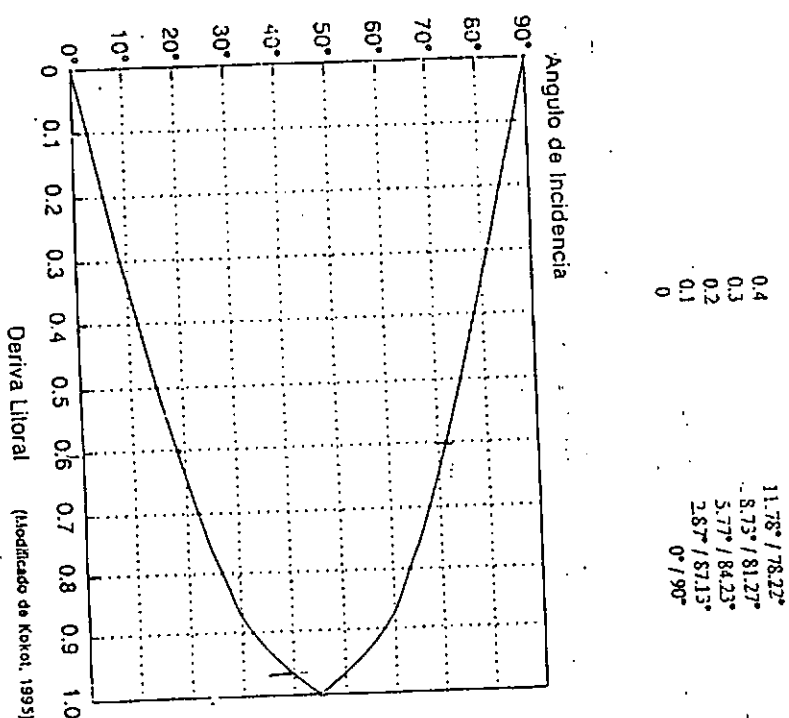


FIGURA 3. Deriva litoral en función del ángulo de incidencia.

Al analizar la evolución del contorno costanero para un tren de olas que incide con un determinado ángulo, se puede descomponer dicho contorno en segmentos de costa y determinar una cuantificación relativa del transporte litoral. Esta tabla permite cuantificar los vectores "Deriva Litoral" en un determinado sector de la costa a analizar. Si se desea obtener un valor intermedio puede ser obtenido de la figura 3, teniendo en cuenta que esta cuantificación es relativa ya que considera los factores actuales, se puede determinar el ángulo con que las formas libres de Zenkovich (1967), en este caso una espiga compuesta, programarán en relación a la

disposición de la costa original.

J & E Ingeniería

RESULTADOS

La espiga desarrollada entre Punta Médanos y Punta Rasa está aproximadamente orientada en dirección Az 358°, y dado que la dirección de la línea de costa a partir de la cual deriva material hacia el norte, es SO-NE, y la espiga es una forma libre cuya dirección de crecimiento está condicionada por el ángulo de incidencia de los trenes de olas, tenemos un ejemplo de espiga que progresa desviándose de la dirección de la costa de la cual proviene el sedimento que la constituye. Una espiga crece siguiendo la dirección de la línea de costa de la cual proviene el sedimento cuando el ángulo de incidencia de la ortogonal de olas es $\alpha \leq 45^\circ$. En este caso, la espiga progresa cambiando de dirección, por lo tanto, estamos en un caso en el que $\alpha > 45^\circ$. La espiga estará orientada en una dirección tal que las capacidades de flujo en los dos sectores donde inciden las olas son iguales, tal que la geometría se erosione o cambie de dirección de crecimiento. Las dos direcciones con igual capacidad de transporte litoral se pueden observar en la figura 1 y cuantificar los valores de deriva litoral con ayuda de la 3.

De la figura 1 resulta:

$$\Omega = 2\alpha - 90^\circ \quad (1), \quad (\text{Kokoi, 1995})$$

para α distinto de 90° y $\alpha > 45^\circ$, siendo
 α = ángulo de incidencia de la ortogonal al tren de olas respecto de la línea de costa.
 Ω = ángulo que forma la dirección de la línea de costa de donde provienen los sedimentos con la espiga resultante.
 Esta fórmula permite calcular el ángulo de crecimiento de una espiga conociendo el ángulo de incidencia del tren de olas sobre la línea de costa, pero en este caso conocemos el contorno costanero final. Observando la figura 2 y haciendo el análisis inverso a partir de (1) resulta

$$\alpha = \frac{\Omega + 90^\circ}{2} \quad (2)$$

Como conocemos el valor de $\Omega = 36^\circ$ (obtenido de la medición en imágenes satelitarias):

$$\Rightarrow \alpha = 63^\circ$$

corresponde al ángulo de incidencia de las olas, en el sector de costa comprendido entre Villa Gesell y Punta Médanos. Este ángulo corresponde a un azimut de 331° para la ortogonal de tren de olas incidentes. Esta condición de deriva y transporte litoral en los segmentos de costa analizados es la estadística o resultante, evidenciada por las geometrías existentes y no significa desconocer las múltiples direcciones de incidencia de olas sobre dicha línea de costa. Por otra parte coincide con la estimación hecha por Lanfieri y Salvadores (1978), de acuerdo a Parker et al (1978), que mediante métodos observacionales determinó una dirección general de olas provenientes del suroeste. Esto permite establecer que las condiciones hidrodinámicas se mantuvieron a lo largo de aproximadamente 6000 años, ya que esta es la edad de las geometrías involucradas según Codignotto y Aguirre (1993). Cualquier cambio en el ángulo de incidencia de los trenes de olas producirá un cambio en las condiciones

con la consiguiente variación en el sistema erosión - acreción.

Se pueden estudiar los siguientes casos, figura 4, en los que se indica con un valor de azimut geográfico la ortogonal al tren de olas incidente sobre la línea de costa y con un valor correspondiente al ángulo de incidencia el vector deriva litoral obtenido de la figura 2. Para este estudio, se denomina sector Norte al tramo de costa comprendido entre Punta Médanos y Punta Rasa y sector Sur al ubicado entre la localidad de Villa Gesell y Punta Médanos. Se debe tener en cuenta que el análisis se realiza dividiendo la línea de costa en segmentos en los cuales las olas inciden con distinto ángulo, por lo tanto, el vector deriva litoral toma valores diferentes. Si al cuantificar relativamente estos vectores, se pasa de un valor mayor a otro menor, significa que en el segundo sector hay acreción; y viceversa si se pasa de un valor menor a otro mayor, significa que hay erosión en el segundo.

Debido al interés que presenta el "recurso playa", indicaremos como situación favorable la condición de playa en acreción y como desfavorable la de playa en erosión:

1. Olas provenientes del NE, incidencia Az 225°. Esta situación provoca erosión en el sector norte y acreción en el sur. Existe la posibilidad de originarse una espiga cuya dirección de progradación es Az 178°. De persistir la situación, es favorable para el sector sur y desfavorable para el norte.
2. Olas provenientes del E, Incidencia Az 270°. Leve erosión en el sector norte y fuerte erosión en el sector sur. Situación muy desfavorable para el sector sur con erosión concentrada en Punta Médanos.
3. Olas provenientes del SE, Incidencia Az 325°. El sector sur puede estar en equilibrio dinámico, si el área de aporte de arena ubicada al sur de Villa Gesell asegura un suministro constante en estas condiciones, de no suceder esto, estaríamos en presencia de flujos no saturados que provocarían erosión en este tramo de costa. El sector norte se ve sumamente perjudicado bajo esta situación que es de máxima erosión.
4. Olas provenientes del S, Incidencia Az 0°. Se repite la situación anterior respecto al sector sur, pero con la exigencia incrementada respecto a la carga necesaria para saturar el flujo a lo largo de la costa. En el sector norte no hay incidencia de olas y de persistir esta situación crecería una espiga según Az 34°.

DISCUSION

Del análisis de los casos precedentes, surge que el sector norte se encuentra

acumulación de arena
origina
de arena
va a
largo

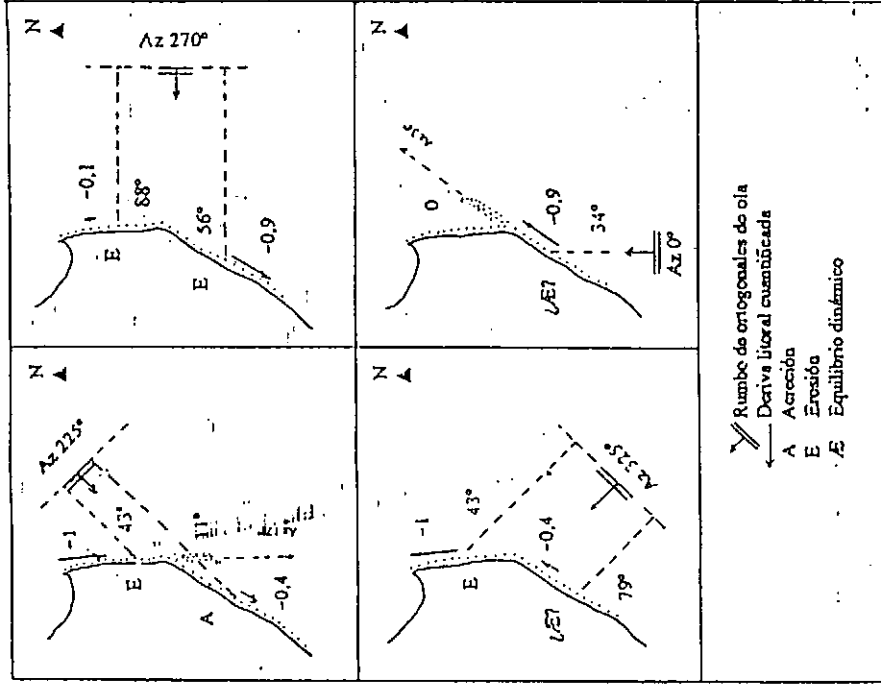


FIGURA 4. Cuatro posibles escenarios, respecto al ángulo de incidencia de olas.

naturalmente en acreción y que únicamente se erosionaría si se interrumpe el aporte de sedimentos provenientes del sur. Igualmente se presentaría una situación desfavorable si debido a un cambio climático cambiaran de posición los centros anticiclónicos y en consecuencia las áreas generadoras de olas con el consiguiente arribo de las mismas con otro ángulo de incidencia. De la observación de la figura 4, se deduce que las olas provenientes del SE son particularmente desfavorables a

este sector y que esa dirección de incidencia de olas no se encuentra muy alejada de la condición imperante actualmente, mostrando la fragilidad del equilibrio? actual
Los sectores norte y sur se encuentran en "competencia hidrodinámica" debido a que según varíe la incidencia de olas, cambiará rápidamente el sistema acreción/erosión.

Dado que en el sector norte hay varios lugares en erosión, y de acuerdo con Codignotto (1993), esto se debe a mal manejo o erosión provocada por acción antrópica, ya que se extrae arena para la construcción de la faja costanera (playa y duna). Sumado a esto existe presión demográfica y competencia para construir sobre la zona ribereña, ya que es la zona económicamente más rentable para el turismo. Para solucionar el problema, se intenta fortalecer la línea de dunas mediante la construcción de diques, malecones o muros de contención. Como es sabido se perderá mas sedimento de la playa, se producirá la socavación de las estructuras, y si el suministro natural de arena no compensa las pérdidas desaparecerá toda la playa. La construcción de espigones también es perjudicial dado que la erosión inducida por estas estructuras agravaría el problema. Lo mismo sucedería con la construcción de escolleras paralelas a la costa, ya que si bien ayudarían a la acreción en el sector de construcción de las mismas, igual que en el caso de espigones acrecentaría el problema "deriva abajo" de las estructuras.

Debido a que en algunos lugares se eliminaron las dunas que podrían haber alimentado naturalmente las playas después de los períodos de tormenta, deberá hacerse artificialmente lo que el sistema hacía naturalmente. Por lo tanto si se quiere recuperar rápidamente la playa deberá rellenarse con material proveniente de otro sitio los lugares comprometidos y si se quiere respetar la pendiente natural de la playa este debe ser de similares características granulométricas al existente en la misma.

Se presentan tres posibles lugares para la obtención de arena. Figura 1.

A) En el sector ubicado en la playa sumergida frente a Punta Médanos. Esta extracción no haría mas que sacar material del sistema que después es naturalmente distribuido por la dinámica costanera imperante, lo que originaría erosión aguas abajo de la deriva.

B) De algún lugar correspondiente a la espiga en gancho pero que esté fuera de la actual dinámica costanera. Estos lugares serían desde el punto de vista dinámico considerados como aceptables ya que se aporta nuevo material al flujo costanero. El inconveniente es de orden económico y técnico, ya que el costo de obtención (se hallan en terrenos privados) y el transporte cercarían la propuesta, además se necesitaría el lavado de las mismas ya que están parcialmente edificadas.

C) Si se extrae material de la porción distal de la espiga (Punta Rasa), esto no producirá modificaciones apreciables en la dinámica costanera ya que este es el "final de viaje" para el recorrido de las partículas que provienen desde el sur. El problema del transporte, como en el caso anterior, también encarece el proyecto. De aceptarse la idea de extraer material del sector deberá hacerse un estudio que indique los valores de acreción anuales, ya que si la extracción supera ese valor, el sector se

erosionará. Debe agregarse que el lugar es una reserva faunística de importancia ya que es zona de llegada de numerosas aves que migran desde y hacia el hemisferio norte.

Antes de tomar decisiones deberán evaluarse los costos monetarios y sociales de la estrategia a adoptar. En este trabajo, se apoya el criterio de Codignotto (1993), en donde se indica como primera medida el freno de extracción de arena sobre la línea de costa. El segundo paso a adoptar sería el de efectuar artificialmente el relleno de las zonas afectadas, realizar el abandono urbano de la faja costanera inmediata a la línea de ribera, incluyendo los denominados balnearios, respetar el primer cordón de dunas, llegando a la playa que de haberse destruido podrá regenerarse mediante métodos artificiales de entrapamiento de arena como los que se están poniendo en práctica en el Municipio de Pinamar. De otro modo, la construcción de defensas sólo logrará destruir el "recurso playa", principal fuente de ingresos de la zona.

CONCLUSIONES

Se determina la existencia de una espiga compuesta, en gancho que progresa de manera tal que no sigue la dirección de la línea de costa de donde provienen los sedimentos que la conforman y se establece la relación existente entre la dirección de crecimiento y la dinámica adyacente. Esta relación indica que la dirección ortogonal al tren de olas estadístico o resultante que da origen a la espiga tiene un valor de acimut de 331° y forma un ángulo de 61° , obtenido con la fórmula $\alpha = 12 + 90^\circ / 2$, con la línea de costa comprendida entre Villa Gesell y Punta Médanos.

El esquema hidrodinámico que dio origen a la actual configuración costanera se mantuvo a lo largo de aproximadamente 6000 años.

La zona entre Punta Médanos y Punta Rasa se encuentra naturalmente en acreción. Los problemas de erosión son debidos al mal manejo costero resultantes de la deficiente planificación urbana y acción antrópica directa sobre el sistema playa-duna cuando se extrae arena. La recuperación de la playa podrá hacerse mediante el relleno artificial de las zonas afectadas, donde el material deberá obtenerse de sectores no involucrados en la actual dinámica costanera, ya que cualquier acumulación en un sector será a costa de erosión en otro. Se deberá tener en cuenta la posibilidad de abandonar los sectores edificadas sobre el cordón de dunas para permitir su autorecuperación y favorecerla mediante métodos de trampas de arena.

Se demuestra la utilidad del método geomorfológico para determinar y cuantificar fenómenos erosión/acreción en costas cordilliformes.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jorge Codignotto por las sugerencias aportadas y la revisión crítica del

presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- BRACACCINI, O.I., 1972. Cuenca del Salado, en A.F. Leanza (Dir. y Ed.) *Geología Regional Argentina*. Acad. Nac. de Ciencias Córdoba, 407-418.
- CODIGNOTTO, J.O., 1993. Informe: Reconocimiento expeditivo. Municipio de la Costa. Concejo Deliberante: 10p. *Informe Inédito*.
- CODIGNOTTO, J.O. and AGUIRRE, M.L., 1993. Coastal evolution, changes in sea level and molluscan fauna in northeastern Argentina during the Late Quaternary. *Marine Geology*, 110, 163-175.
- DANGAVS, N.V., 1983. Geología del complejo lagunar Salada Grande de General Lavalle y General Madariaga, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 38(2):161-174.
- FRENGUELLI, J., 1950. Rasgos generales de la morfología y la geología de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT, La Plata, 2, 33, 72pp.
- INMAN, D.L. and BAGNOLD, R.A., 1963. Littoral processes. In Hill, M.N. (Ed), *The Sea*, V3, 507-525. New York: Interscience.
- JOHNSON, D.W., 1919. *Shore Processes and Shoreline Development*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 584pp.
- KOKOT, R.R., 1995. Littoral Drift, Evolution and Management in Punta Médanos, Argentina. *Journal of Coastal Research*, 12 (2), en prensa.
- KOMAR, P.D., 1976. *Beach Processes and Sedimentation*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 429p.
- LANFREDI, N. y SALVADORES, S., 1978. Estadística de observaciones visuales de olas y vientos - Mar de Ajó - Pinamar, 1976. Informe Técnico s/n. COPUAP - SIHN. (Inédito).
- LONGUET-HIGGINS, M.S., 1970. Longshore currents generated by obliquely incident sea waves 1. *Journal of Geophysical Research*, 75, 6778-6789.
- LOPEZ, R.A. y MARCOMINI S.C., 1993. Variaciones Morfodinámicas Costaneras provocadas por el espigón N1, Santa Teresita. *ACTAS Asoc. Arg. Geol Apl Ing.* Vol VII, 153-163. Buenos Aires.
- MAZZONI, M. y SPALETTI, L.A., 1978. Evaluación de procesos de transporte de arenas litorales bonaerenses a través de análisis texturales y mineralógicos. *Acta Oceanographica Argentina*. 11-151-67.
- PARKER, G., PERILLO G.M.E., VIOLANTE R.A., 1978. Características geológicas de los bancos alineados (linear shoals) frente a Punta Médanos, Provincia de Buenos Aires. *Acta Oceanographica Argentina*. 2 (1), 11-49.
- VIOLANTE, R.A., 1988. Geología de la "planicie costera" entre Villa Gesell y Faro Querandí, provincia de Buenos Aires. Doct. Thesis Geol. Nº507. Fac.Cs.Nat. Mus. (UNLP) (Inédita).
- ZENKOVICH, V.P., 1967. *Processes of Coastal Development*. Oliver & Boyd, Edinburgh, 738pp.

Desplazamientos verticales y horizontales de la costa argentina en el Holoceno

Jorge O. CODIGNOTTO^{1,2}, Roberto R. KOKOT^{1,2} y Silvia C. MARCOMINI¹

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

ABSTRACT. *Vertical and horizontal Holocene displacements of the Argentine coastline.* Erosional and accretional forms represent horizontal displacements of the coast. They can be grouped in two main sectors. One of them located south of 39° S where erosional areas dominate. At Magallanes strait, coastal retreats of about 60 km, an estimated area of 500 km² were registered. Accretional processes prevail to the north, with a maximum accretion of 60 km representing an area of 4.000 km² for the last 7.000 years. Approximately at 39° S an important variation in tidal regime and amplitude is observed. This latitude is the boundary between accretional and erosional areas. Two main directions of littoral drift are recognized along the coast limited by 42° S, although local circulation cells were observed. The minimum uplift rate is clearly associated with basin areas, maximum uplifting rates correspond to interbasin zones. Fluvial deflections and capture phenomena in response to the uplift velocities involved are expected.

Introducción

Feruglio (1950) fue el primero en integrar con un enfoque global, aunque no tridimensional, los niveles marinos de la Patagonia estableciendo relaciones estratigráficas y un concepto claro de las variaciones ocurridas durante el Cuaternario. Codignotto (1983, 1990) propone isocronas a lo largo del litoral marítimo, con datos elaborados sobre la base de C¹⁴, rangos de edades holocenas entre 7.500 años AP y el presente; también relaciona geográficamente las oscilaciones del nivel del mar y las glaciaciones en la zona austral de Santa Cruz y Tierra del Fuego.

Codignotto *et al.* (1988a, 1990a, 1992) determinan, utilizando edades C¹⁴, la evolución de la línea de costa del golfo San Jorge entre Cabo Blanco y Puerto Deseado. Establecen un modelo evolutivo de las variaciones verticales relativas de la línea de costa durante el Holoceno y desarrollan una nueva técnica que relaciona altimetrías, edades C¹⁴ y ubicación geográfica, determinando el factor neotectónico a lo largo de la costa.

Marcomini *et al.* (1988) reconocen, para 13 localidades ubicadas entre Tierra del Fuego y Mar Chiquita, parámetros de ascenso diferencial, vinculando edades C¹⁴ con sus respectivas altimetrías.

La costa argentina fue afectada por procesos dinámicos asociados con las olas, corrientes litorales y mareas. La resultante de estos procesos se evidencia mediante fenómenos erosivos y acrecionales caracterizados morfológicamente. La cuantificación de los

mismos para diversas localidades ubicadas a lo largo de casi 4.000 km surge como patrón de los desplazamientos horizontales de la zona de interfase. Asimismo con el objeto de evaluar los factores neotectónicos, fue necesario considerar una tercera dimensión en el desarrollo de la idea. De este modo se presenta un modelo tridimensional en el que se incorporan las variaciones morfodinámicas en relación con los factores neotectónicos y eustáticos del Holoceno marino en el litoral argentino.

En este estudio se consideraron sólo los desplazamientos verticales y horizontales registrados en niveles superiores al actual nivel del mar.

Área de estudio

El área de estudio corresponde al sector costanero de la República Argentina comprendido entre las localidades de Gualeguay (Entre Ríos), en el norte, hasta Punta María (Tierra del Fuego), en el sur (Fig.1).

Esta faja costanera corresponde a una costa de margen pasivo, con una extensa plataforma continental, lo que supondría cierta estabilidad tectónica. Estas características, sumadas al rumbo meridiano que presenta la línea de costa, hacen de ella un laboratorio ideal para el estudio de las variaciones del nivel del mar en este sector del Hemisferio Sur.

En la costa actual pueden diferenciarse dos sectores: un sector norte desarrollado sobre sedimentitas del Pleistoceno - Holoceno; caracterizado por costas

de acumulación en las que se localizan playas de gran desarrollo constituidas casi exclusivamente por sedimentos arenosos, terrígenos y biogénicos.

El sector sur, se emplaza sobre asociaciones volcánicas jurásicas y sedimentitas terciarias y

cuaternarias. El extremo austral de este sector se desarrolla sobre depósitos de drift glaciario pleistoceno. En líneas generales, estas últimas son costas erosivas, con desarrollo de acantilados activos de hasta 70 m de altura en Tierra del Fuego y 45 m en Santa Cruz.

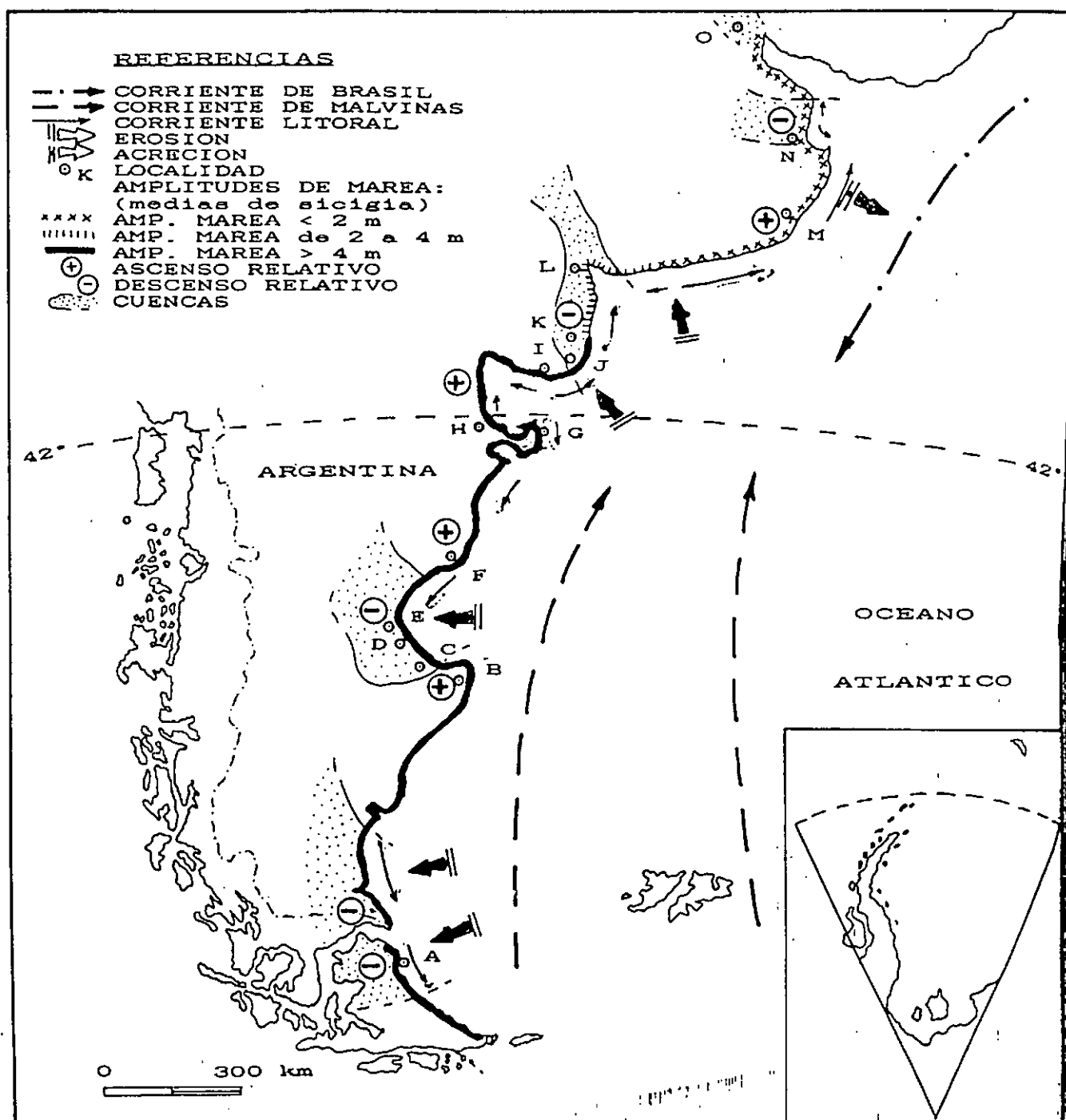


Figura 1: Modelo costanero argentino. Flujos de corrientes costeras y oceánicas, ascenso continental relativo y zonas de mayor acreción y erosión durante el Holoceno. Amplitudes de marea.

Entre las formas de acumulación marina menos frecuentes, abundan las playas de grava, ocasionalmente arenosas.

Las variaciones del nivel del mar del Holoceno se evidencian como terrazas de acumulación marina con altitudes que por lo general no superan los 12 m s.n.m. Estos niveles presentan mayor extensión areal al norte del río Colorado.

Metodología

En este modelo se integran espacialmente los desplazamientos de la línea de costa de manera tal que cualquier movimiento de la misma puede ser descompuesto en vectores según ejes X, Y, Z. Siendo Z el desplazamiento vertical de la línea de costa reflejado por movimientos tectónicos, eustáticos, hidroisostáticos y glacioisostáticos; X involucra los movimientos a lo largo de la costa (deriva litoral) e Y muestra el avance o retroceso horizontal de la línea de costa (acreción-erosión, transgresión-regresión).

Para la evaluación y cuantificación de estos parámetros, se los trató en forma aislada. Se realizó una recopilación de trabajos iniciados a partir de la década del 70 que comenzaran con la publicación de las primeras edades de afloramientos sobre la base del C¹⁴ (Albero *et al.* 1980, Codignotto y Beros 1987 y Marcomini *et al.* 1988). Se consideraron muestras de 15 localidades (A a O, Fig. 1), con valores altimétricos y coordenadas para su localización. Estos datos se emplearon para la evaluación de los desplazamientos verticales y fueron procesados para obtener dos tipos de curvas, a saber: gráfico de barras que evidencia el ascenso por localidad y curva de velocidad de ascenso por aproximación a una función cúbica (Codignotto *et al.* 1992).

La evaluación de los parámetros en el plano horizontal (X, Y) se realizó por estudios geomorfológicos y sobre la base de información bibliográfica preexistente.

A continuación se expone un listado de los trabajos considerados en las distintas localidades:

- A - Tierra del Fuego Norte: Codignotto (1979, 1983, 1984, 1987), Codignotto y Malumián (1981), Kokot *et al.* (1988).
- B - Santa Cruz. Puertos Mazarredo - Pajarito: Codignotto (1982, 1983, 1987), Codignotto *et al.* (1987, 1988a).
- C - Santa Cruz. Bahía Lángara: Codignotto (1982, 1983, 1987).
- D - Santa Cruz. Caleta Olivia: Codignotto (1982, 1983).
- E - Chubut. Bahía Solano: Codignotto *et al.* (1990b).
- F - Chubut. Bahías Bustamante - Camarones: Codignotto (1983, 1987), Codignotto *et al.* (1988a), Cionchi (1987).
- G - Chubut. Caleta Valdés: Codignotto (1983, 1987), Codignotto y Kokot (1988), Codignotto y Deelich (1990), Kokot *et al.* (1988).

H - Chubut. Puerto Lobos: Bayarsky y Codignotto (1982), Codignotto y Beros (1987) y Codignotto (1987).

I - Buenos Aires. Boca del río Negro: Codignotto *et al.* (1990a).

J - Buenos Aires. Bahía San Blas: Trebino (1987) y Codignotto (1987).

K - Buenos Aires. Río Colorado: Codignotto y Weiler (1980), Armella (1980), Guida (1980), Weiler (1983, 1988), González y Weiler (1983).

L - Buenos Aires. Bahía Blanca: Gonzalez *et al.* (1982, 1983a, 1983b), González y Weiler (1983), Farinati (1984), y González (1989).

M - Buenos Aires. Mar Chiquita: Fasano *et al.* (1983, 1987), Huarte *et al.* (1983).

N - Buenos Aires. Bahía Samborombón: Fildalgo *et al.* (1981), Figini *et al.* (1984), Gómez *et al.* (1988) y Codignotto *et al.* (1990a).

O - Entre Ríos. Gualeguay: Alberoy y Angiolini (1983, 1985), Guida y González (1984).

Desplazamiento vertical

La variación vertical relativa del nivel del mar durante el Holoceno refleja principalmente tres factores:

1 - Eustático, representado por un cambio en el volumen del océano.

2 - Hidroisostático, ajuste isostático de la corteza por cambios en el nivel del mar.

3 - Tectónico local, producto del neotectonismo que afecta a los sectores costaneros.

Clark y Bloom (1979) sugieren que el efecto hidroisostático habría alcanzado 1m en el nivel del mar relativo, desde 5.000 años AP, a lo largo de la costa chilena. Clark *et al.* (1978) y Clark y Lingle (1979) sostienen que se deberían experimentar historias hidro-isostáticas similares a las de la costa chilena, en las costas tectónicamente estables del Hemisferio Sur. Parece posible asumir, por correlación con otros modelos de costas del Hemisferio Sur (Isla 1989), que la variación en el nivel del mar debida a las componentes eustáticas e hidro-isostáticas no habría superado los 3 m para la costa argentina.

En el desplazamiento vertical de la línea de costa del Holoceno se consideran tanto los efectos eustáticos como los movimientos relacionados a un ascenso continental relativo.

Se estimó que el máximo transgresivo ocurrió hace aproximadamente 7.000 años en la costa de Argentina y los depósitos más antiguos se encuentran a cotas que varían entre 5 m (costa bonaerense) y 12 m (costa patagónica). Si se asume un ascenso de 3 m (incluyendo los componentes eustáticos e hidro-isostáticos) desde el Holoceno medio, un mínimo de 2 m de ascenso tectónico habría ocurrido desde la deposición de los sedimentos marinos correspondientes a las terrazas formadas entre los 6.500 y 7.000 años AP.

Considerando los niveles de terraza de acreción marina acotados y sus respectivas edades obtenidas por el método C¹⁴ se calcularon los siguientes parámetros:

- *Tendencias locales*: Las tendencias se obtuvieron mediante una aproximación lineal de los datos de altura-tiempo a partir de datos altimétricos y edades C¹⁴ para 15 localidades (Codignotto *et al.* 1992).

Se empleó la aproximación a una tendencia lineal como una primera medida razonable para comparar distintas localidades distribuidas a lo largo de más de 3.500 km de costa.

En la figura 2A se esquematizan en un diagrama de barras las tendencias locales a lo largo de la costa para cada una de las localidades estudiadas. Las velocidades de ascenso regional relativas obtenidas presentan valores que varían entre 0,12 m cada 1.000 años y 1,63 m cada 1.000 años para el Holoceno.

- *Velocidades de ascenso relativo*: Se representaron los valores de velocidad de ascenso relativo en función de la latitud. Los puntos se aproximaron a una función cúbica en la que se visualizan máximos y mínimos. Los mínimos de la curva coinciden con el ámbito de las cuencas de Valdés, Colorado y Salado. Los extremos señalan las cuencas Austral y Chacoparanense, mientras que los máximos son coincidentes con las zonas de intercuenca (Codignotto *et al.* 1992) (Figura 2B).

Si se estima la tendencia de estos mismos valores se distingue que las velocidades de ascenso relativo se incrementan hacia el sur. Esto presenta concordancia con la mayor cercanía entre la Cordillera de Los Andes y la costa Atlántica, lo cual involucra mayor neotectonismo en las localidades australes.

Las variaciones registradas entre las velocidades de ascenso relativo en la costa estudiada, son debidas a componentes tectónicas, ya que la componente eustática se supone constante a lo largo de la costa.

- *Tendencia general*: No es probable que un evento sísmico único sea el responsable del ascenso Holoceno, y por consiguiente no será real que tendencias medias de ascenso persistan durante largo tiempo. La naturaleza episódica del ascenso y los posibles intervalos de recurrencia de los grandes eventos tectónicos sugieren tener cautela en el uso de los datos para evaluar tendencias medias de ascenso. No obstante ello, y mediante la construcción de una recta de ajuste lineal, se calculó la tendencia general para la costa Argentina (Codignotto *et al.* 1992), determinándose un rango de ascenso para el Holoceno de 0,65 m cada 1.000 años.

Desplazamiento horizontal

El desplazamiento territorial horizontal al que aquí se hace mención, no es el derivado de los ascensos y descensos relativos del nivel del mar, sino aquél que deviene de los fenómenos de acumulación clástica (acreción) y los fenómenos de erosión. Ello presupone considerar estos fenómenos durante lapsos de "estabilidad" relativa o aún de pequeñas inestabilidades (variaciones verticales no mayores de 2 m).

Codignotto y Aguirre (1993), señalan que los valores máximos de acreción son del orden de 60 km en 7.000 años en la línea que une las localidades de Conesa y San Clemente del Tuyú, o de 30 km desde la primera localidad al litoral de la Bahía Samborombón. Este sector y el área correspondiente a la laguna de Mar Chiquita involucran un área de acreción del orden de los 4.000 km² (Fig. 1). Asimismo, cabe considerar que en el paleoestuario del Río de la Plata, la superficie acrecionada (100 km detrás del actual frente del delta del Paraná), involucra una superficie de más de 9.000 km², sin tener en cuenta lo obliterado por acción fluvial.

Como contraparte, los valores máximos de erosión se encuentran en el extremo del sur patagónico. Este corresponde al área del sector ubicado entre Río Coig y el sur de Bahía de San Sebastián. Este sector presenta un retroceso estimado del orden de los 20 km (determinados con el método geomorfológico cuantitativo) especialmente en el área de la boca del estrecho de Magallanes (Fig. 1). El área erosionada durante el Holoceno equivale a unos 500 km². En general hacia el norte el fenómeno erosivo se atenúa, con excepciones como las del Golfo San Jorge y el sector ubicado entre la Isla Escondida y playa Santa Isabel, Chubut. En términos generales el sector costanero situado al sur del río Colorado está sometido a fenómenos de erosión generalizada. Sin embargo se observan sectores de acreción relictos del Holoceno tardío.

Dinámica litoral

Mareas

La costa argentina está caracterizada por dos regímenes de mareas: semidiurno con desigualdades diurnas y semidiurno. Las amplitudes medias para mareas de sicigias oscilan entre 0,8 y 9,6 m. En la Fig. 2 se esquematizan las amplitudes de mareas medias para el litoral atlántico argentino. Se delimitan tres rangos de mareas: micromareas (menos de 2 m).

mesomareas (2 a 4 m) y macromareas (más de 4m). Existe un marcado cambio en el régimen y amplitud de las mareas en las proximidades del paralelo 39° S (desembocadura del río Colorado), coincidente aproximadamente, con los cambios de magnitud en el fenómeno erosivo. Al norte del mismo predominan las micromareas de régimen semidiurno con desigualdades diurnas, en tanto al sur, las meso y macromareas. En las proximidades de San Blas las mareas no guardan esta característica y se registran micromareas con desigualdades diurnas.

Deriva litoral

A partir de estudios geomorfológicos se determinó que aproximadamente al sur del paralelo 42° S, la corriente de deriva es hacia el sur: caleta Valdés, bahía Engaño, bahía Solano, río Coig, punta Loyola, Cabo Vírgenes, San Sebastián, Cabo Domingo (Codignotto 1990; Codignotto y Kokot 1988). Dentro de estos sectores existen otros menores donde la circulación es opuesta, como por ejemplo, el sur de caleta Valdés y dentro de la bahía San Sebastián (Fig. 1).

Al norte del paralelo 42° S, la corriente de deriva es hacia el norte (Aguirre y Codignotto 1990, Codignotto y Aguirre 1993, Cangioli 1992), con pequeñas excepciones como en las cercanías de San Antonio Oeste, San Blas - Isla Gamma, rada de Monte Hermoso y en parte de la Bahía Samborombón (Fig. 1).

La existencia de estas corrientes encuentra su manifestación geomorfológica en ríos derivados, espigas de barrera, acumulación y erosión producida por estructuras artificiales (espigones y rompeolas) y líneas de paleocosta divergentes.

En el plano horizontal se determinó una componente "X" representada por corrientes de deriva litorales en sentido norte (norte del paralelo 42° S) y sur (sur del paralelo 42° S); y una componente "Y" con valores máximos de acreción, en bahía Samborombón, y con valores mínimos de erosión en la boca del Estrecho de Magallanes.

Resultados y discusión

Las terrazas holocenas han experimentado varios ciclos de ascenso, es decir que la altura actual de las mismas no puede ser explicada como respuesta sólo a cambios eustáticos e hidroisostáticos. Las variaciones hidroisostáticas son parcialmente descartadas para el Holoceno debido a que las masas glaciares que cubrían el sector austral englazado durante el

Pleistoceno han tenido tiempo suficiente para una completa recuperación isostática, en concordancia con los conceptos establecidos por Mörrer (1990) y Bujalesky y González Bonorino (1990) para Tierra del Fuego. Por consiguiente queda claro que el ascenso es producto, en mayor parte, del neotectonismo que afecta la costa argentina, especialmente al sur del Río Colorado. Asimismo es importante destacar el papel que juega la reactivación de fallas en zonas de cuencas determinada por la diferencia entre velocidades de ascenso relativo. Martín y Suguío (1989) reconocen un patrón similar para las costas de Brasil demostrando la existencia de playas holocenas ascendidas en respuesta a movimientos tectónicos.

Es de esperar que a lo largo de la costa, especialmente en la zona austral y en relación directa a los contactos laterales de pilas sedimentarias con valores de velocidades de ascenso diferentes, se evidencien

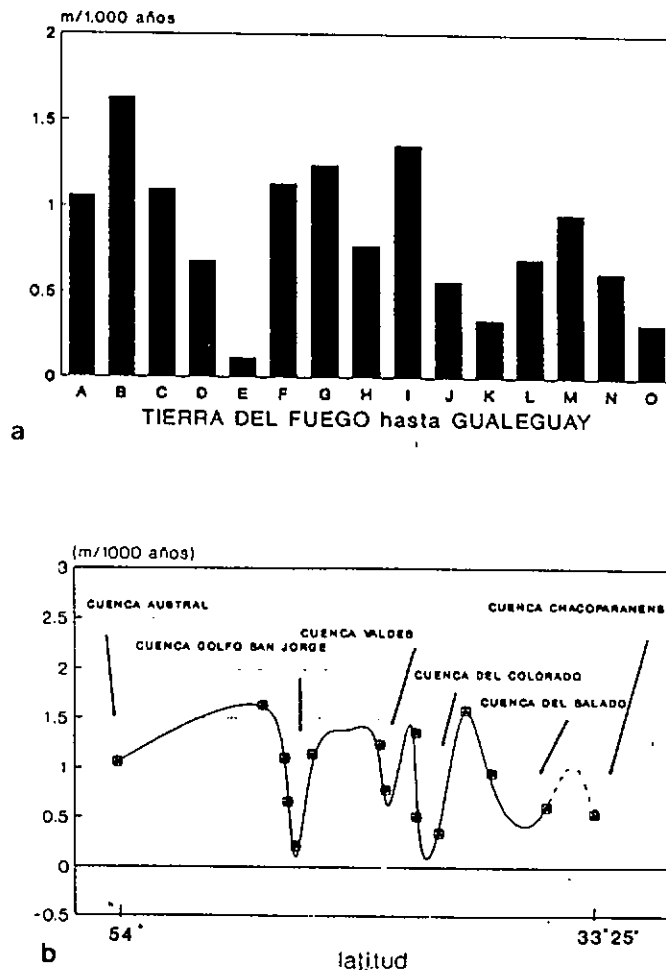


Figura 2: a. Velocidad de ascenso relativo para cada localidad. b. Comportamiento de la velocidad de ascenso local relativo en relación con áreas de cuenca e intercuenca (según Codignotto *et al.* 1992, reproducción autorizada por Journal of Coastal Research).

fenómenos de desvíos y aún capturas fluviales de pequeñas magnitudes dado los valores de ascenso relativos involucrados.

Los resultados obtenidos brindan un patrón evolutivo integrado de nuestras costas, que no se corresponde con los esquemas desarrollados para el Hemisferio Norte, como señalan Suguío *et al.* (1985) para la faja costanera brasileña. Por las razones expuestas quedan comprometidas las telecorrelaciones que se limitan a importar esquemas evolutivos. Al hacerlo dan por probado el concepto de la simetría total (calórica, relación de masas terrestres y ácuas, circulación atmosférica e hidrosféricas). Si bien los grandes pulsos generales de aumentos y disminuciones sucesivas de energía calórica deben afectar a todo el planeta, la incidencia en puntos de lejanía hemisférica y de opuestas relaciones de masa tierra/mar, deberían tener patrones evolutivos diferentes y a la vez complementarios.

En cuanto a la variación longitudinal, González y Weiler (1990) proponen un rango de ascenso diferencial a lo largo de la costa de un grado (en latitud) cada 45 - 50 años.

Suguío *et al.* (1985) y Martín y Suguío (1989), constataron para localidades estudiadas en el litoral brasileño que el máximo transgresivo ocurrió hace 5.100 años a una cota de $4,8 \pm 0,5$ m. Las curvas calculadas por Martín y Suguío (1989) presentan formas comparables a las obtenidas para el litoral argentino y reconocen dos oscilaciones rápidas de 2 a 3 m, las cuales se estiman demasiado grandes para ser glacio-eustáticas. Estas oscilaciones serían equivalentes, aunque de mayor magnitud altimétrica, a las reconocidas por Codignotto *et al.* (1990b) para la localidad de Bahía Solano (Chubut).

Isla *et al.* (1990) estiman una tendencia de ascenso que se aproxima a una curva exponencial para los últimos 400.000 años.

El Holoceno superior de los niveles de Brasil fue explicado en parte por ascenso regional de toda la superficie del geoide con anterioridad a los 5.100 años AP, seguidos por un hundimiento y un desplazamiento hacia el este (Martín y Suguío 1989). En forma semejante depresiones regionales del geoide, seguidas por ascensos a escala de 100 años, pueden explicar la oscilación rápida de los últimos 5.100 años.

Sobre la base de lo señalado en párrafos anteriores es posible proponer un modelo evolutivo que integre, en forma espacial y temporal, los procesos modeladores del paisaje en ambiente litoral (acreción, erosión y corrientes cercanas a la costa) con las variables tectónicas, eustáticas e hidroisostáticas.

Conclusiones

Es de esperar, ya que en las zonas de cuenca encuentran representados los valores mínimos de velocidad de ascenso relativo, mientras que en las zonas de intercuenca los valores máximos, que a lo largo de la costa, especialmente en la zona austral en relación directa a los contactos laterales de pilas sedimentarias con valores de velocidades de ascenso diferentes, se evidencien fenómenos de desvíos y aún capturas fluviales de pequeñas magnitudes.

Se determinó la existencia de dos direcciones principales de deriva litoral delimitadas aproximadamente por el paralelo 42° S. Existen también celdas de circulación locales que en algunos casos se oponen a la dirección de deriva litoral general.

Los fenómenos erosivos y de acreción presentan diferentes magnitudes a lo largo de la costa coincidentes aproximadamente con un marcado cambio en régimen y amplitud de marea en las proximidades del paralelo 39° S (desembocadura del río Colorado). Los valores máximos de acreción fueron registrados al norte del Río Colorado con rangos de acreción del orden de los 60 km, equivalentes a una superficie aproximada de 4.000 km² en los últimos 7.000 años. El sector localizado al sur, está representado por significativas áreas en erosión donde se han registrado, en un lapso que no fue posible cuantificar durante el Holoceno, retrocesos mínimos de la costa del orden de los 20 km, equivalentes a una superficie de 500 km².

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Norberto Malumid por la lectura crítica y sugerencias realizadas.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aguirre, M.L. y Codignotto, J.O., 1990. Edades, malacofauna y geoformas en el área próxima a General Lavalle, Buenos Aires. *International Symposium on Quaternary shorelines: evolution, processes and future changes*, p.2. La Plata. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.
- Albero, M.C. y Angiolini, F.E., 1983. INGEIS radiocarbon laboratory I. Radiocarbon, 25(3):831-842.
- Albero, M.C. y Angiolini, F.E., 1985. INGEIS radiocarbon laboratory II. 27(2B):314-337.
- Albero, M.C., Angiolini, F.E., Balbuena, J.L., Codignotto, J.O., Linares, E. y Weiler, N.E., 1980. Primeras edades C14 de afloramientos de conchillas de la República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35 (3):363-374.
- Armella, C., 1980. Rasgos geomorfológicos y sedimentológicos en

- Colorado (Provincia de Buenos Aires) en base a edades C-14.. Simposio Oscilaciones del Nivel del Mar Durante el Ultimo Hemicielo Deglacial en la Argentina. Mar del Plata. Simposio, Actas 69-90.
- González, M.A. y Weiler, N.E., 1990. Time transgressive 'wave' of the maximum Holocene transgressive behaviour on South America Atlantic littorals. International Symposium on "Quaternary shorelines: evolution, processes and future changes". p.34. La Plata, Buenos Aires.
- González, M.A., Alberro, M.C. y Angiolini, F.E., 1982. Ingresiones marinas del Pleistoceno y Holoceno en Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires, República Argentina). Sus edades Carbono 14 y su correlación con eventos similares reconocidos en otros puntos de la costa en la provincia de Buenos Aires. 4º Semana de la Oceanografía, Bahía Blanca, Resúmenes, p.21.
- González, M.A., Panarello, H.O., Marino, H. y Valencio, S., 1983a. Niveles marinos del Holoceno en el estuario de Bahía Blanca (Argentina), isótopos estables y microfósiles calcáreos como indicadores paleoambientales. Simposio Oscilaciones del nivel del mar Durante el Ultimo Hemicielo Deglacial en la Argentina. Mar del Plata. Actas, 48-68.
- González, M.A., Weiler, N.E., Alberro, M.C. y Angiolini, F.E., 1983b. Interpretación de edades C-14 invertidas y mezcladas en la espiga de la playa Holocénica de Gral. D. Cerri (Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina). *Ameghiniana*, 20(3-4): 227-237.
- Guida, C., 1980. Geomorfología y sedimentología de las proximidades de Caleta Brightman, provincia de Buenos Aires. Trabajo final de Licenciatura. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 51 p. (Inédito).
- Guida, N. y González, M.A., 1984. Evidencias palcoestuáricas en el sudeste de Entre Ríos, su vinculación con niveles marinos relativamente elevados del Pleistoceno Superior y Holoceno. 9º Congreso Geológico Argentino. (San Carlos de Bariloche), 3:577-594.
- Huarte, R.A., Figgini, A., Carbonari, J.E., Gómez, G.J. y Zubiaga, A.G., 1983. Dataciones radiocarbónicas del sitio Punta Hermengo (partido de General Alvarado, provincia de Buenos Aires). *Ameghiniana*, 20(3-4):295-296.
- Isla, F.L., 1989. Holocene sea level fluctuations in Southern Hemisphere. *Quaternary Science Review*, 8:359-368.
- Isla F., Rutter, N., Schnack, E. y Zárate, M., 1990. Adjusting Patagonian uplift to former high sea levels. International Symposium on Quaternary shorelines: evolution, processes and future changes. p.40. La Plata.
- Kokot, R. R., Marcomini, S. C., Codignotto, J. O., 1988. Evolución Holocena en Espigas de Barrera; Caleta Valdés Bahía San Sebastián. Simposio Internacional Sobre el Holoceno en América del Sur. Paraná. Ed. M. Iriondo-C. Ceruti. pp.57-60.
- Marcomini, S.C., Kokot, R.R. y Codignotto, J.O., 1988. Edades Carbono 14 del Holoceno Marino Argentino Evolución e interpretación. Simposio Internacional sobre el Holoceno en América del Sur. Paraná. Ed. M. Iriondo-C. Ceruti. 65-67.
- Martin, L. y Suguio, K., 1989. Excursion route along the Brazilian coast between Santos (State of Sao Paulo) and Campos (north of State of Rio de Janeiro). Inter. Symp. on Global changes in South America during the Quaternary. 136 p.
- Mörner, N.A., 1990. Sea level changes in the Tierra del Fuego Region. International Symposium on "Quaternary shorelines: evolution, processes and future changes". p.44.
- Suguio, K., Martin, L., Abilio CSP Bittencourt, Domínguez, J.M.L., Flexor, J.M. y De Acevedo, A.E.G., 1985. Fluctuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*. 15 :273-286.
- Trebino, L., 1987. Geomorfología y evolución de la costa en los alrededores del pueblo de San Blas, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 42(1-2):9-22.
- Weiler, N. E., 1983. Rasgos morfológicos y evolutivos del sector costanero comprendido entre Bahía Verde e Isla Gaviota, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 38(3-4):392-404.
- Weiler, N.E., 1988. Depósitos litorales del Pleistoceno tardío-Holoceno en Bahía Anegada, Provincia de Buenos Aires. Segunda Reunión Argentina de Sedimentología. :453-461. Buenos Aires.

Recibido: 2 de junio, 1989

Aceptado: 27 de mayo, 1993

ESTUDIO DE RELEVAMIENTO ECOLÓGICO INTEGRADO

RECONOCIMIENTO DE LOS SUELOS DE
PENINSULA VALDES E ISTMO AMEGHINO - CHUBUT
REPUBLICA ARGENTINA

C. M. ROSTAGNO

PROGRAMA DE ECOLOGIA Y DESARROLLO REGIONAL
DE ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS
CONICET - INTA - OEA

- 1980 -

1.— INTRODUCCION

1.— Naturaleza del Trabajo

El presente relevamiento forma parte de un inventario de los recursos: suelos - vegetación y geología de la zona árida de la Provincia del Chubut correspondiente al Proyecto de Ecología y Desarrollo Regional de Zonas Áridas y Semiáridas OEA INTA - CONICET.

La Península Valdés es el primer tramo relevado de la transecta que se extiende hacia el Oeste hasta el meridiano de 71° L.W. (que coincide aproximadamente con la isohieta de 400 mm.), entre los 42° 07' y los 42° 35' (aproximadamente 50 km. de ancho).

2.— Ubicación y Extensión

La Península Valdés está ubicada en el noreste de la Provincia del Chubut, entre los paralelos 42° 05' y 42° 53' de latitud Sur, y entre los meridianos de 63° 05' y 64° 37' de longitud oeste, incluyendo al Istmo Ameghino que la une al continente.

La superficie del área relevada es de aproximadamente 4.000 km².

3.— Población y Comunicaciones.

El único núcleo poblacional del área relevada lo constituye Puerto Pirámides, con un total de 150 habitantes, ubicado en la costa del Golfo Nuevo en el extremo oriental del istmo.

En el conjunto del área relevada se encuentran aproximadamente 50 explotaciones ganaderas.

Puerto Pirámides y el resto del área se comunican con Puerto Madryn y el resto del país a través de la ruta provincial Nro 2, que es el acceso hacia la ruta nacional Nro 3. Fig.1

4.— Producción

El total del área relevada está dedicada a la ganadería ovina (merino) para producción de lana.

Con una carga animal promedio de 1.500 ovinos / leguas², (un ovino: 1,66 Ha.) y con una superficie de 145 leguas, la dotación total para Península e Istmo sería de aproximadamente 220.000 ovinos.

Si tomamos como promedio de lana producida por

animal la cifra de 4,5 kg., la producción por año alcanzaría en el área relevada a 1.000.000 kgs.

En un número muy reducido que no reviste importancia económica regional, cabe mencionar la presencia de ganado vacuno en el sector sur.

5.— Geología y Geomorfología

El elemento geomorfológico sobresaliente del área relevada es la planicie mesetiforme interrumpida por un conjunto de depresiones cerradas, que le dan un carácter ondulado suave al paisaje.

Esta meseta, que se extiende varios kilómetros hacia el oeste y S.W. del área relevada, presenta una pendiente suave hacia el este, alcanzando las costas en acantilados que caen a pique al mar o a través de planicies costeras, allí donde el acantilado ha retrocedido por acción fluvial.

El conjunto de cuencas cerradas con fondos de laguna temporaria que se extiende sobre la meseta, se concentra en el área central, limitada al norte y al sur por dos depresiones que por su extensión y profundidad se destacan del conjunto: la depresión del Gran Salitral hacia el Norte y la de la Salina Grande - Salina Chica hacia el sur; ambas depresiones se extienden en una superficie de 300 km² alargadas en el sentido W-E.

Atendiendo a las bajas precipitaciones del área no se ha desarrollado una red de drenaje que encauce las aguas de escurrimiento hacia el mar, actuando el conjunto de depresiones como cuencas colectoras, formándose en sus fondos lagunas temporarias luego de las lluvias.

Geológicamente la Península está formada por los sedimentos marinos del terciario: Patagónico (oligoceno) y Entrerriense (mioceno); las tobas blanquecinas del primero afloran en la planicie costera y en las laderas de las depresiones; el Entrerriense formado por areniscas forman lomas que bordean las depresiones y aflora en los bordes de la meseta.

Por encima de estos sedimentos se encuentra un manto de gravas (Rodados Patagónicos - Pleistoceno) que superan los 3 m. de espesor.

Este manto de rodados presenta una matriz cal-

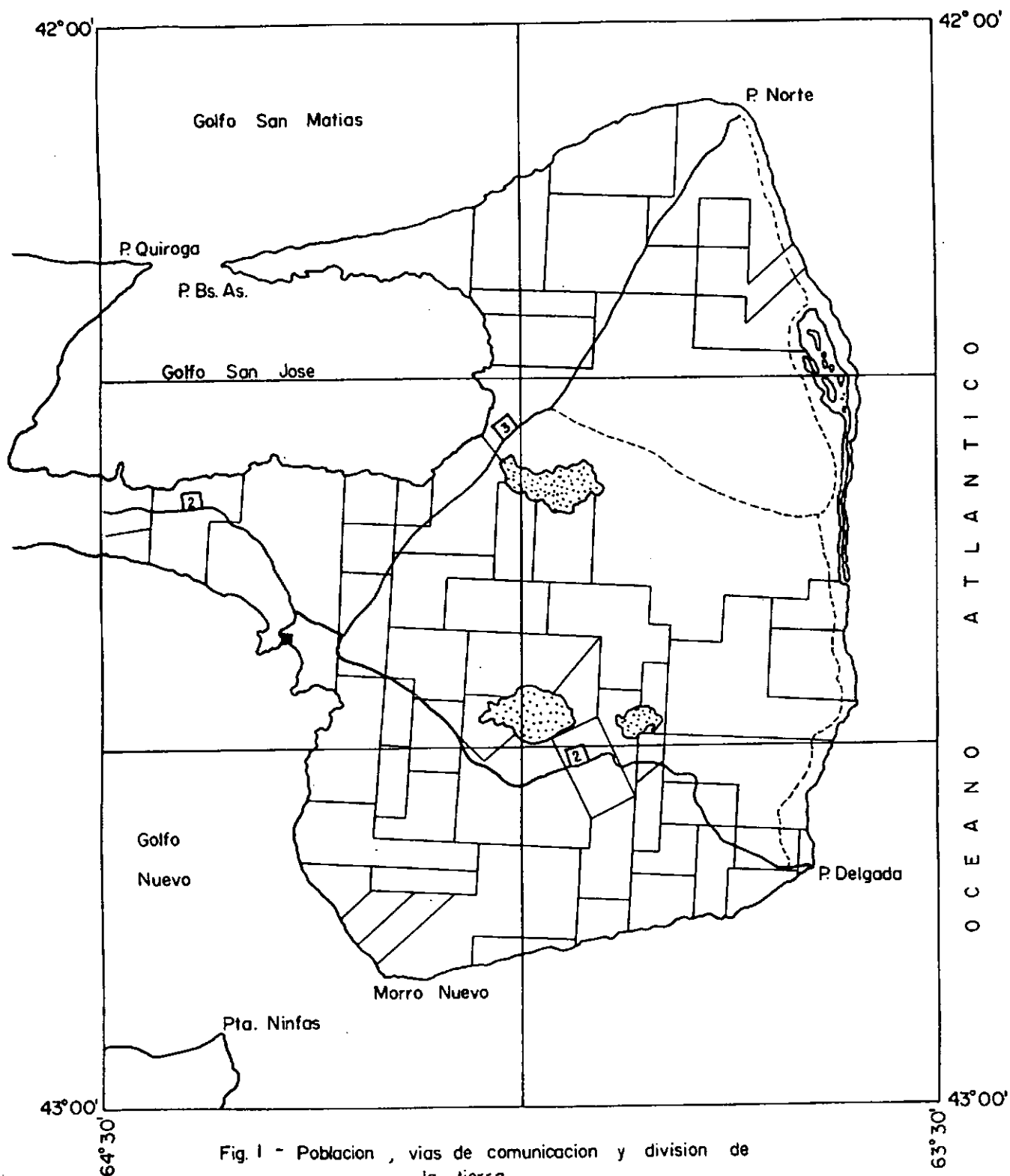


Fig. 1 - Poblacion , vias de comunicacion y division de la tierra.

- Poblacion
- [2] Ruta provincial
- Camino secundario

cárea discontinua de un color blanquecino, el tamaño de los rodados que la componen varía de 2 - 6 cm., siendo más frecuentes los tamaños menores.

Este manto de gravas falta en las laderas de las depresiones mayores y en las planicies costeras donde un manto aluvial asienta directamente sobre las areniscas terciarias.

Sobre este manto de rodados se encuentra una capa de materiales arenosos, fuertemente calcárea con abundantes gravas de la misma naturaleza que los del manto subyacente.

Estos materiales forman la matriz de la parte superior de los rodados y penetran en los mismos en forma de cuñas verticales y bandas horizontales, el espesor de los mismos varía de 60 a 120 cm.

La remoción por el viento de estos materiales ha dado origen a un microrelieve formado por las acumulaciones de arena asociada a los arbustos (túmulos); dejando en las áreas deflacionadas (partes cóncavas del microrelieve) una cubierta de rodados.

En el extremo sur de la Península y a partir de la costa Oeste un conjunto de médanos avanzan sobre la meseta originados en las arenas de playa principalmente.

Estos médanos se agrupan en colonias que en algunos casos llegan a formar frentes de 5 km.

De estos frentes de médanos vivos el que se ubica más apartado de la costa de donde tiene origen está a 40 km., no obstante el área afectada por las depositaciones eólicas se extiende más hacia el este, representada por un conjunto de médanos longitudinales fijos.

El esquema geomorfológico se completa con las planicies costeras, que bordean a la península y los cordones litorales que se ubican en el área de la Caleta Valdés, en el sector oriental del área relevada.

6.— Clima

El clima es uno de los factores activos en la formación de los suelos, su acción más directa es a través de las precipitaciones que determinan el grado de desarrollo de los mismos. Considerando el volumen de las precipitaciones, el área relevada quedaría incluida dentro de las regiones áridas, para cuyo límite se usó la isohieta de 400 mm. Fig. 2.

Según el índice de Aridez Climático empleado

por la UNESCO para preparar el Mapa Mundial de la Desertificación, que por tratarse de la relación Precipitación tiene mayor significación Evapotranspiración.

do ecológico en la valoración de la escasez de agua que caracteriza a las regiones áridas y semiáridas, el área relevada quedaría comprendida entre los valores de aridez:

$$0,20 < \frac{P}{ETP} < 0,50$$

Dentro de estos valores se ubican las zonas semiáridas.

Para la zona de Península, tomando los datos de la Estación Meteorológica del Faro de Punta Delgada, los valores para las precipitaciones serían de 246 mm/año, y para la Evapotranspiración de 680 mm., teniendo para la relación:

$$\frac{P}{ETP} = \frac{246}{680} = 0,36$$

Considerando que el sector S.W. de Península donde está ubicada la estación meteorológica es el más húmedo, cabe esperar que este índice sea algo menor en el resto del área, (principalmente en la parte central, donde las precipitaciones son menores y las temperaturas medias algo superior), pero siempre mayor al valor límite de 0,20.

El carácter insular de la Península condiciona un balance hídrico más favorable que en las tierras que se extienden en la misma latitud hacia el oeste, tanto por el aumento en las lluvias como por la disminución en las temperaturas.

Este cambio queda reflejado en el aumento de la cobertura del suelo por un tapiz gramíneos, que se extiende entre los arbustos o en las partes donde los suelos son más húmedos, (alta permeabilidad y baja salinidad), por el desarrollo de una estepa gramínea continua, con muy escasos arbustos.

Para el área relevada, Papadakis clasifica el clima como patagónico semiárido.

Según la clasificación de Köppen correspondería a un clima seco de Estepa semiárida: B.S.K.

Temperatura

En la Figura 3 está graficada la marcha de las temperaturas medias anuales para Punta Delgada; dada la influencia marina la amplitud anual de la temperatura es moderada (10,6° C); por esta misma razón la temperatura media del mes más cálido con 17,4° C (2,5° C menor que para Puerto Madryn) se ubica aquí en febrero.

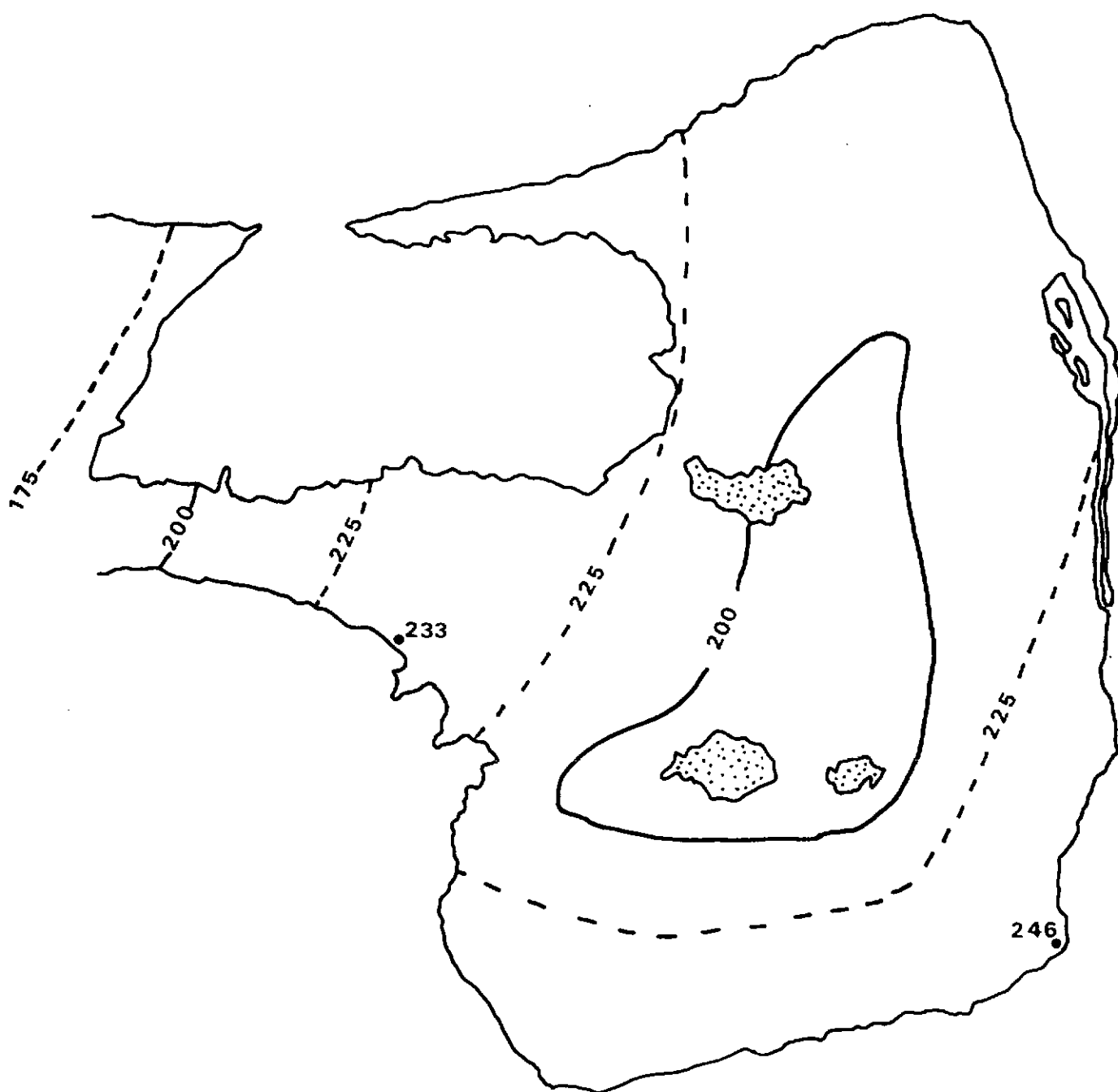


Fig.2 Precipitación Media Anual.Península Valdés.

Período 1931-1960

Para la misma estación el período libre de heladas es de 6 meses (de Octubre a Abril), para el restante semestre se registraron un total de 12,4 días al año con heladas, por lo que el invierno de la zona puede caracterizarse como benigno.

Para Estancia La Adela no se tienen datos, pero es de esperar temperaturas algo superiores que para Punta Delgada.

Precipitaciones

En la Figura 4 está graficada la distribución anual de las precipitaciones para la Estación Punta Delgada. Según puede apreciarse en la distribución anual de las lluvias, en los meses de invierno se registra el mayor volumen de las mismas (régimen mediterráneo degradado) produciéndose una disminución notable en los meses cálidos.

Así para el trimestre Dic - Ene - Feb - el promedio de las lluvias es de 34,8 mm., lo que representa un 13,9 % del total anual; para ese mismo trimestre la ETP (Thornthwaite) es de 275 mm., esto es el 40 % del total; el déficit de agua para el trimestre sería de 240 mm., lo que representa más del 50 % del déficit anual.

En la Figura 5 se grafica la distribución mensual de las lluvias para Estancia La Adela, ubicada sobre la costa del Golfo Nuevo en el extremo este del Istmo Ameghino. Aquí la distribución es más uniforme, si bien se mantiene el mayor volumen para los meses de invierno.

Un carácter importante de las precipitaciones es su variación interanual; para la Estancia La Adela se tiene que con un promedio anual de 233 mm., se ha registrado un total máximo de 457 mm. para el año 1957 y un mínimo de 94 mm. para el año 1945; esta variación tiene importancia por cuanto relacionada a ella se produce un cambio en el volumen de forraje producido a través del año, y si se considera que la carga animal se mantiene estable la presión de pastoreo se vería incrementada grandemente en estos años secos intensificando los procesos de desertización.

Balance hídrico:

En la Figura 6 están representadas gráficamente la distribución anual de las precipitaciones y la evapotranspiración (Thornthwaite) para Punta Delgada.

Del gráfico surge que 11 meses del año presentan déficit de agua, siendo solamente en julio donde el volumen de las precipitaciones supera la ETP (mes húmedo), para los 11 meses restantes tenemos que 6 meses son secos

($P < \frac{ETP}{2}$) (Octubre, Noviembre, Diciembre,

Enero, Febrero y Marzo); y 5 meses son no-secos ($\frac{ETP}{2} < P < ETP$) (Abril, Mayo, Junio,

Agosto y Setiembre). (Papadakis 1974).

El déficit de agua anual para Punta Delgada alcanza los 434 mm.; para Estancia "La Adela", de donde sólo se tienen datos de lluvias, es de esperar un déficit un poco mayor.

Viento

Otro elemento del clima a considerar, de gran importancia regional es el viento. Dada las altas frecuencias de días con vientos y la intensidad con que soplan, el carácter erosivo y desecante de los mismos es importante.

Del área relevada se tienen datos solamente de la Estación de Punta Delgada, los cuales pueden no ser muy representativos para el resto del área.

La acción del viento en el área relevada puede apreciarse a través del conjunto de médanos que desde la costa S.W. avanzan hacia el este; de ello puede deducirse una mayor frecuencia de los vientos del sector W. o mayor frecuencia de vientos intensos en este sector.

Según las estadísticas, para la Estación Punta Delgada (30 años) la distribución de las frecuencias de las direcciones, sería la representada en la Figura 7.

Se destaca la neta predominancia de los vientos del sector N. sobre el resto; las velocidades promedio varían de 14 a 20 km/hora, de donde puede inferirse que a través de todo el año los vientos tienen velocidad suficiente para producir acarreo de arenas; en estos promedios quedan ocultos los vientos que soplan a velocidades superiores a los 60 - 80 Km/hora, que en el área son muy frecuentes, predominando aquí los del sector oeste.

La presencia de barcanes en los frentes de médanos vivos caracteriza un régimen de vientos fuertes más o menos constantes del sector oeste; la acción de los vientos del norte y del sur pueden apreciarse en la formación de pequeñas lenguas laterales de arena a partir de estos médanos o de formación de médanos longitudinales.

Para la Estación de Puerto Madryn, ubicada en la misma latitud de Punta Delgada y a 60 km. de la costa W. de Península de donde se originan la mayoría de los médanos, tenemos la siguiente distribución de frecuencia de direcciones

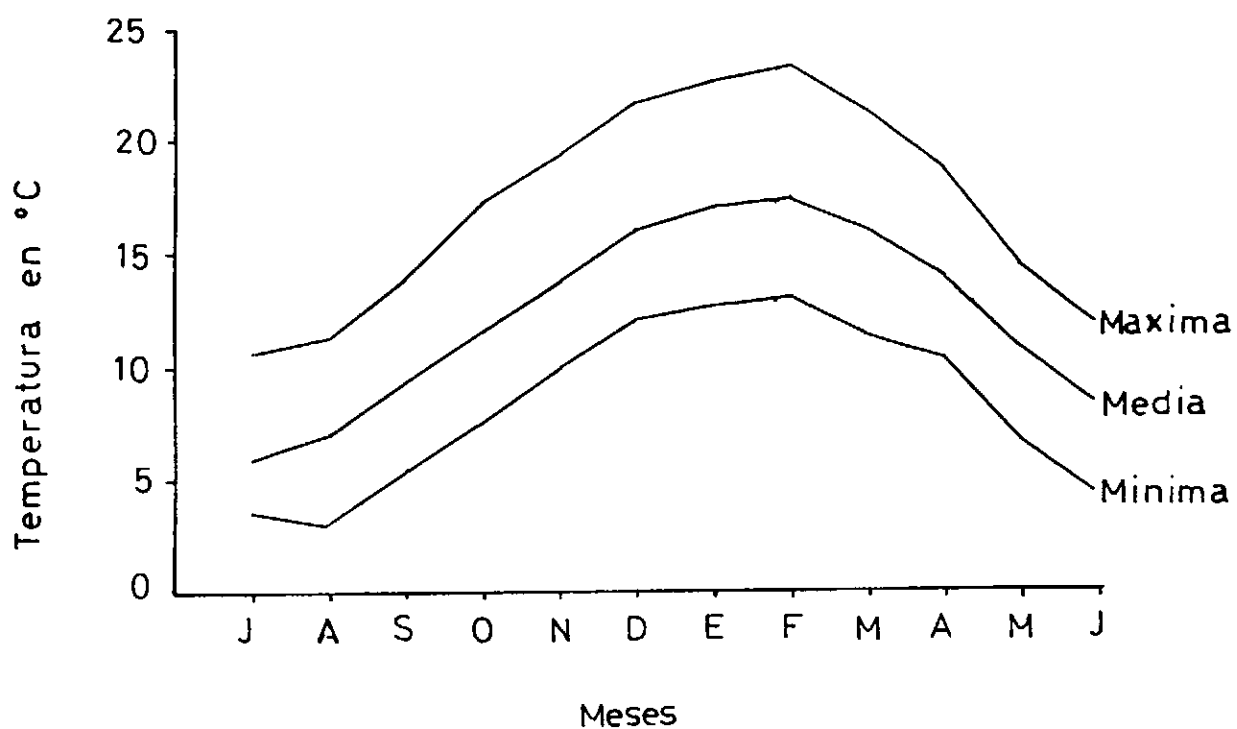


Fig.3 Evolución de las temperaturas medias. Estación Faro Punta Delgada.

Temperatura media anual: 12°2 C

Temperatura máxima media: 17°3 C

Temperatura mínima media: 8°4 C

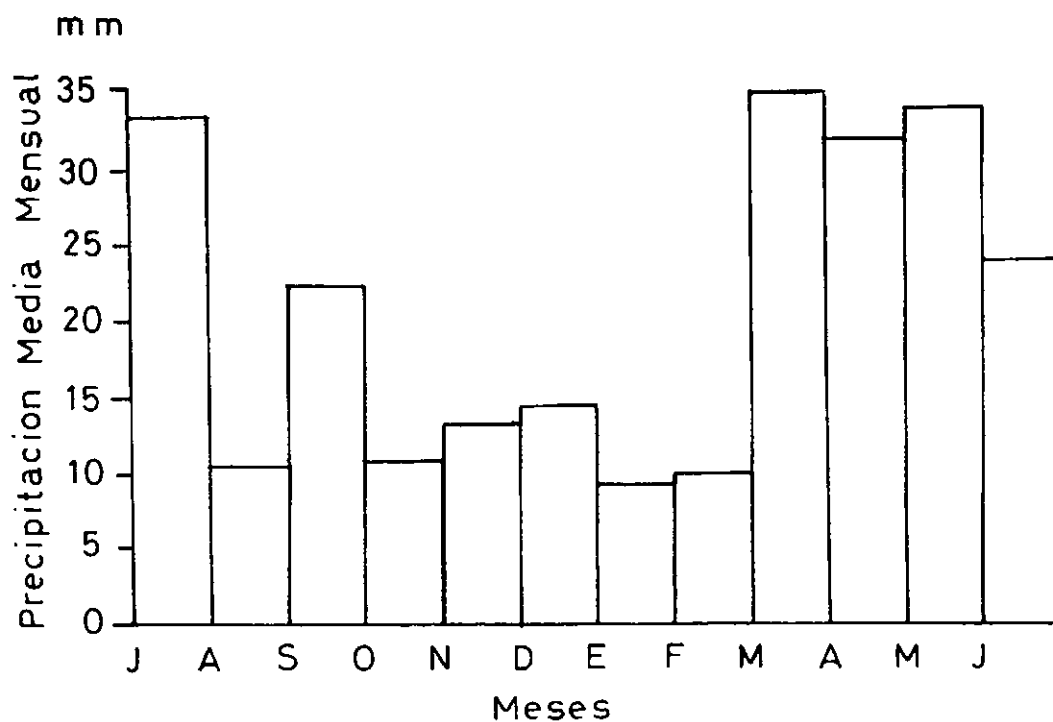


Fig.4 Distribución mensual de las lluvias. Est.Punta Delgada.

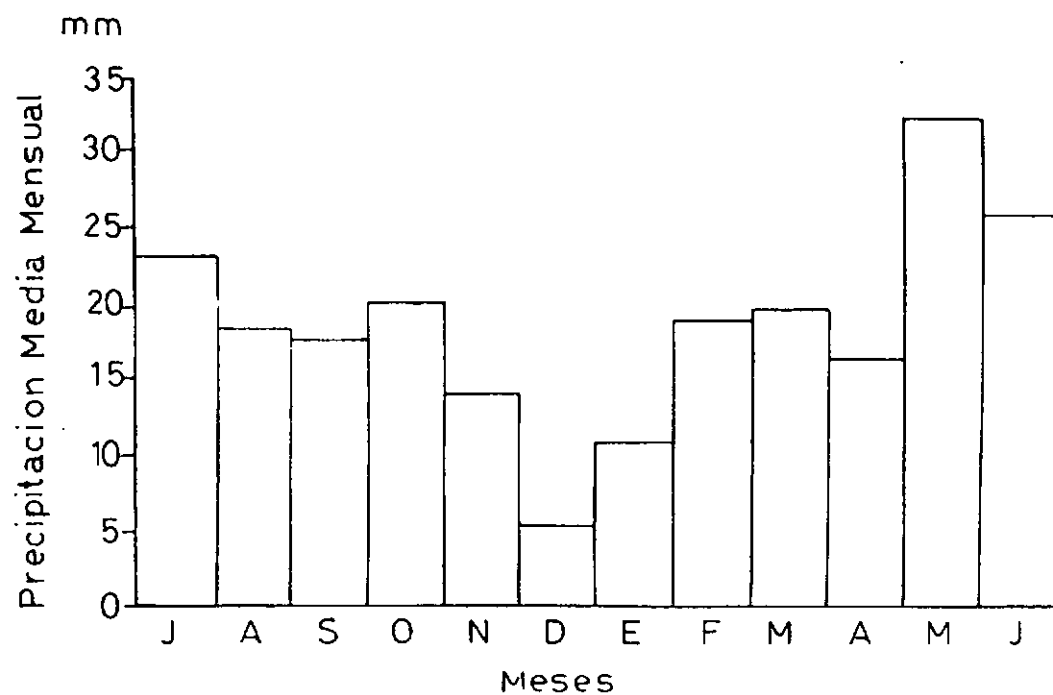


Fig.5 Distribución mensual de las lluvias. Ea. La Adela.

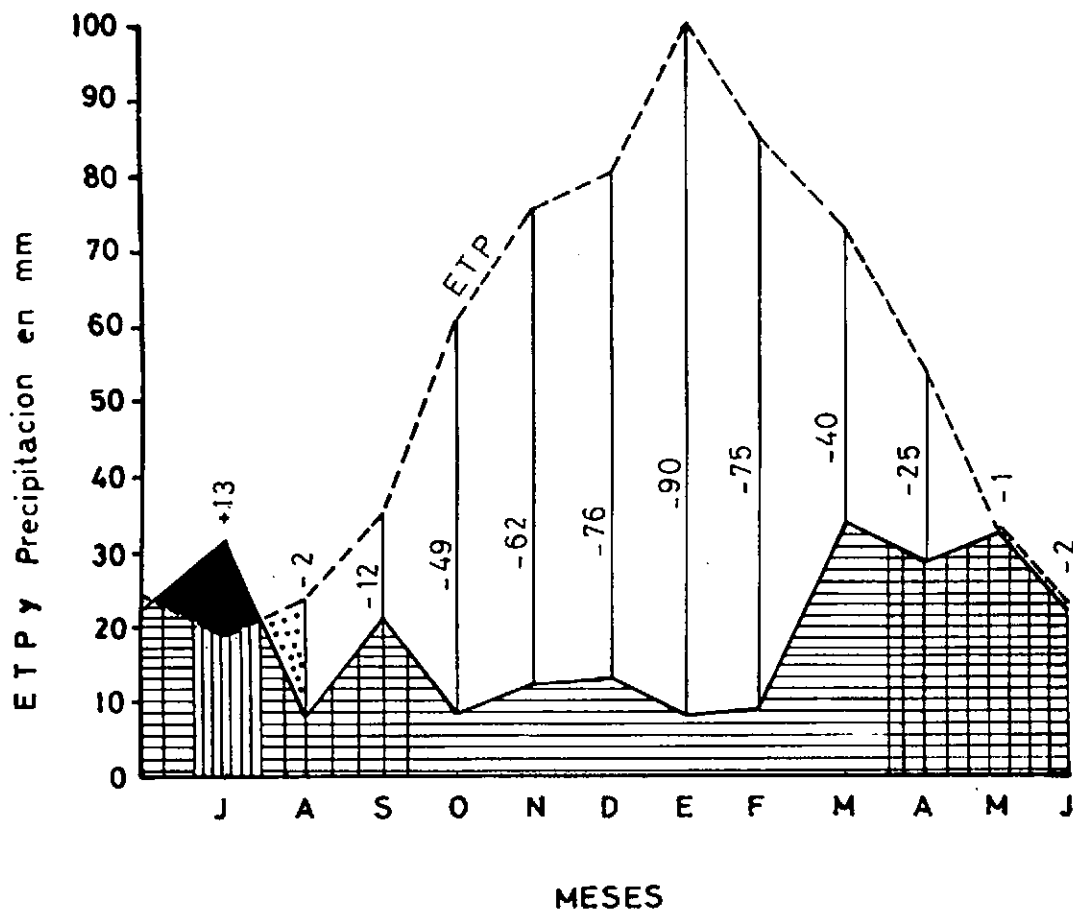
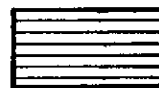


Fig.6 Balance hídrico. Estación Faro Punta Delgada.



Falta de agua



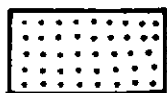
Estación seca



Almacenamiento de la Reserva (R)



Estación No seca



Utilización de la Reserva



Estación Humeda

E.T.P. 680 mm

Precipitación 246 mm

Déficit 434 mm

Mes Húmedo: $P > ETP$ Julio

Meses No Secos: $ETP/2 < P+R < ETP$ Jun. Ago. Sep. Abr. May.

Meses Secos: $P < ETP/2$ Oct. Nov. Dic. Ene. Feb. Mar.

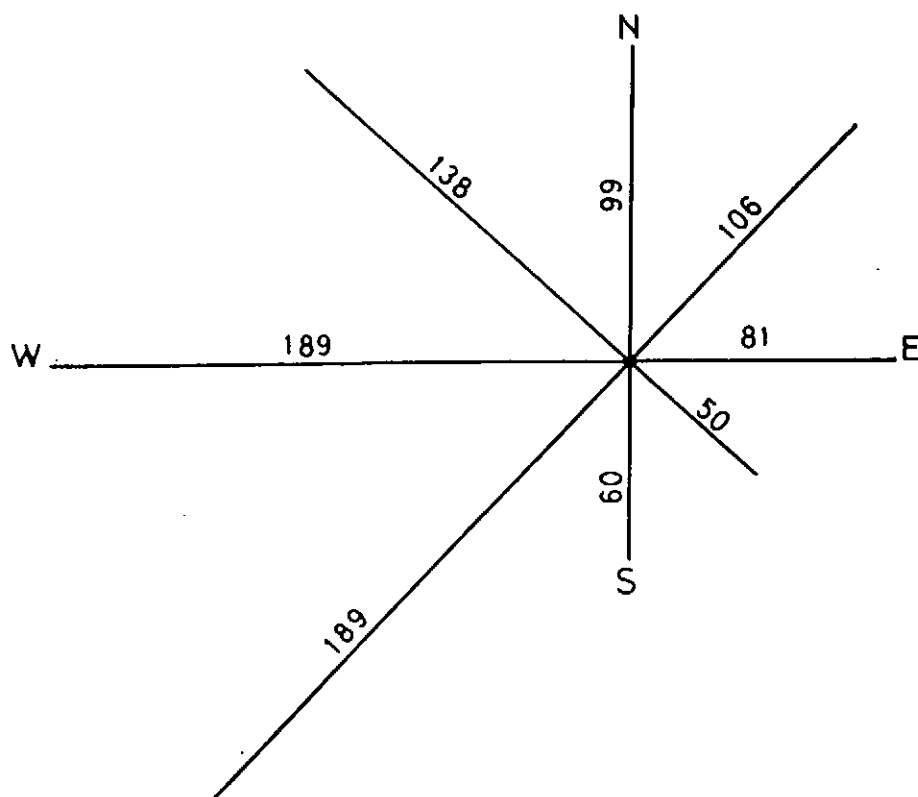
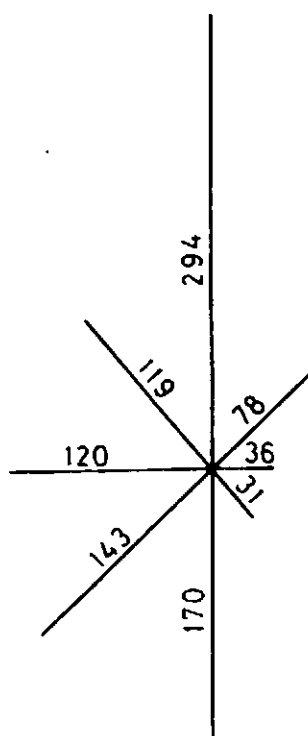


Fig.8 Frecuencia de las direcciones de vientos.Escala de 1000.
Estacion Puerto Madryn.

Fig.7 Frecuencia de las direcciones de vientos.Escala de 1000.
Estacion Faro Punta Delgada.



nes. (Figura 8).

Aquí predominan las frecuencias de vientos del oeste y S.W., con una marcada disminución de los del norte. Es posible que esta distribución de frecuencias sea más representativa de la costa W. de la Península que los de Punta Delgada.

Humedad relativa

La humedad relativa a través del año sufre pocas variaciones; el promedio anual para Punta Delgada es de 67%, con un mínimo de 62 para Diciembre y un máximo de 73 para Junio - Julio, la que puede considerarse alta.

La humedad relativa del aire afecta tanto la intensidad de evaporación como la posibilidad de formarse rocío cuando baja la temperatura del aire, aportando de esta manera humedad al suelo.

7.— Vegetación

La totalidad del área relevada se encuentra cubierta por la vegetación natural que es el único recurso forrajero del área.

La Península Valdés y el sector del istmo relevado corresponden a la Provincia Fitogeográfica Patagónica (Distrito Central - Subdistrito Chubut); acompañado por distintos elementos del monte (Pcia. Fitogeográfica del Monte) que se extiende hacia el Oeste del área (Soriano 1956)

La fisonomía dominante del área relevada corresponde a una estepa arbustiva de Chuquiraga avellanadae (Quilembai) acompañada por un tapiz de gramíneas que presenta una mayor o menor cobertura entre los arbustos, según las condiciones del suelo.

Así el área central donde la presencia de cuencas cerradas favorece el escurrimiento superficial con suelos arcillosos poco permeables y con altos tenores salinos, las condiciones de sequía se acentúan; en estas áreas el estrato arbustivo está formado casi exclusivamente por Chuquiraga avellanadae que presenta un porte bajo (40 - 50 cm) y la cobertura de gramíneas se limita a espacios protegidos por los arbustos donde el suelo no ha sido afectado por la deflación; entre los arbustos se forman espacios descubiertos con la formación de una cobertura de rodados en la superficie del suelo.

Hacia el Norte y el Este de Gran Salitral el relieve se hace marcadamente plano y las características se hacen más favorables dada su mayor permeabilidad; aquí el tapiz graminoso es más denso, llegando a cubrir en casi su totalidad los espacios entre los arbustos; acompañan aquí

a la Chuquiraga avellanadae que presenta portes mayores, arbustos tales como Condalia microphylla, Schinus polygamus, Chuquiraga istrix, etc.

Hacia el Sur de Península, (área medianizada) la estepa arbustiva da paso a una estepa herbácea de Sporobolus rigens, Stipa tenuis, etc., que cubre en su totalidad el suelo; en las áreas donde la depositación es más reciente, se encuentra la estepa de Hyalix argentea (olivillo).

Otros cambios en la fisonomía y la composición de la vegetación se producen y localizan acompañando los cambios en el terreno; siendo casi homogénea el área en estudio bajo el punto de vista climático, las variaciones en la distribución de la vegetación responden principalmente a cambios en el suelo, así es que para las dos formaciones principales que cubren la Península, — esto es, la estepa herbácea y la estepa arbustiva —, tenemos que para la primera un suelo arenoso, suelto, profundo y libre de sales, (favorable a la economía del agua en zonas áridas) condiciona su presencia; para la estepa arbustiva las condiciones del suelo son menos favorables.

En la descripción de los perfiles de suelo se da la lista florística levantada en cada sitio.

II.— MATERIAL Y METODOS

1.— Cartográficos

El Sistema Fisiográfico es la unidad de mapeo empleada; esta unidad queda definida como "una región a través de la cual puede reconocerse un patrón recurrente de topografía, suelos y vegetación". (Christian 1958)

Los Sistemas Fisiográficos fueron delimitados sobre fotografías aéreas a escala 1:60.000, donde se ubicaron los sitios de muestreo a campo atendiendo al número de unidades fisiográficas presentes en cada uno.

Luego del trabajo de campo se delimitaron las unidades de mapeo definitivas, llevándose el mapa a escala final (1:250.000), a través de una reducción fotográfica del mapa 1:60.000.

El trabajo de campo consistió en el estudio de 60 calicatas, descripción de perfiles y tomas de muestra de cada horizonte, siguiendo la guía para descripción de perfiles de F.A.O. (Barberis 1969).

2.— Análisis de Laboratorio

El total de muestras analizadas en laboratorio fue de 65, habiéndose practicado el total de los análisis que a continuación se detallan solo a las muestras de los perfiles descriptos, al resto se le practicaron algunos de los análisis según los requerimientos.

-Reacción del suelo:

—Reacción del suelo: Se determinó con un pH-metro en pasta de suelo y en agua (1:2,5).

—Materia Orgánica: Por el método de Walkley y Black.

—Carbonatos: Por el procedimiento del calcímetro, midiendo el volumen de CO₂ desprendido del suelo al ser tratado por CLH.

—Conductividad eléctrica del extracto de saturación: A través de un conductímetro (puente eléctrico).

—Capacidad de intercambio catiónico: Por saturación del complejo con acetato de amonio seguido por el desplazamiento del NH₄ con acetato de sodio.

—Cationes intercambiables: Calcio y magnesio por quelatometría, sodio y potasio por fotometría de llama.

—Análisis mecánico: Previa destrucción de carbonatos y materia orgánica se determina textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos.

Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de suelos del INTA - TRELEW por el Ing. Agr. F. Kozak.

II. RESULTADOS Y COMENTARIOS

A continuación se describen los suelos representativos del área relevada y se hace un análisis de las características morfológicas y analíticas de los mismos.

Las características más relevantes de los suelos de las zonas áridas son aquellas que tienen relación con la economía del agua.

La textura es de tales características, la de mayor importancia tanto directa en la determinación de la velocidad de infiltración, profundidad que alcanza el agua almacenada, etc.; como indirectamente al determinar la presencia de sales solubles en la superficie y cerca de la superficie del suelo.

Así en los suelos de textura gruesa la velocidad de infiltración es alta (alto porcentaje de macroporos) el escurrimiento por lo tanto dismi-

nuye; la zona de mayor concentración radicular se encuentra libre de sales y la evaporación aquí se ve reducida al mínimo por la mayor profundidad del suelo humedecido por las lluvias (la productividad biológica del agua almacenada: transpiración real/evaporación, es mayor en estos suelos dada su alta cobertura vegetal) el bajo porcentaje de agua útil retenida se ve compensado por la mayor profundidad que exploran las raíces en estos suelos.

En los suelos de textura fina el balance del agua presenta otros valores por la escasa velocidad de infiltración que presentan estos suelos; la presencia de sales solubles y de altos % de Na⁺ intercambiables son comunes.

El conjunto de los suelos del área presentan un régimen arídico de humedad salvo en áreas definidas muy restringidas donde el régimen es acuico; el régimen de temperatura calculada en base a las temperaturas medias del aire es méxico (temperatura media anual del suelo a 50 cm. es menor a 15° C y mayor a 8° C).

PERFILES

PERFIL I

Sistema Fisiográfico: Meseta - Estepa arbustiva.

Ubicación: Ripiera sobre el camino a Punta Norte, frente a Estancia Vda. de Boca.

Altitud: 70 m.s.n.m.

Orientación: — — —

Relieve y Posición: Suavemente ondulada sobre meseta.

Pendiente: < 1 %

Uso: Ganadería ovina.

Vegetación: Estepa arbustiva; cobertura 60 %. Dominantes: Chuquiraga avellanadae, Prosopidostrum globosum, Lycium chilense, Perezia recurvata, Hoffmannsegia trifoliata, Stipa tenuis, Stipa neaei, Stipa speciosa, Piptochaetium napostaense, Poa ligularis, Schimus barbatus, Psila tenella, Gamochaeta sp., Plantago patagónica, Boopis anthenioides.

Material originario: Sedimentos poco consolidados sobre mantos de rodados.

Erosión: Deflación hídrico - eólica entre arbustos.

Pedregosidad: Rodados en superficie formando pavimento de erosión entre arbustos.

Clasificación: Natrargids xerollico (Db. 313)

Horizonte	Prof. cm	Descripción
-----------	----------	-------------

A1	0-5	Pardo (s) 10YR 5/3 a Pardo grisáceo muy oscuro (h) 10YR 3/2. Areno franco; sin estructura, masivo; duro, friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico, escasos poros tubulares e intersticiales, escasas raíces muy finas y finas; gravas finas y medias muy escasas; sin reacción al CIH; pH7; límite abrupto y suave.
----	-----	--

Horizonte Prof. cm

Descripción

B2t 5-25	Pardo amarillento oscuro (s) 10YR 3/4 a Pardo oscuro (h) 10YR 3/3; arcillo - arenoso; bloques sub-angulares, medio-fino, fuerte, extremadamente duro, muy firme, adhesivo y plástico; escasos poros tubulares, abundantes raíces muy finas y finas, escasas gravillas; sin reacción al CIH - pH 7, 4. Límite claro y ondulado.
B3ca 25-42	Pardo amarillento (s) 10YR 5/6 a 10YR 5/4 (h); Franco arenoso, medio, gruesa, de consistencia muy dura, firme, adhesivo y plástico; escasos poros tubulares, abundantes raíces finas y muy finas; escasas gravas finas; fuerte reacción al CIH; pH 8.0; límite gradual y ondulado.
C1ca 42-58	Amarillo pardo 10YR 6/6 y en seco y en húmedo; franco arenoso, sin estructura, masivo; de consistencia dura, muy firme, adhesivo, plástico; escasas raíces finas, escasas gravas finas y medias, fuerte reacción al CIH; pH 8,1; límite gradual y ondulado.
11C2ca 58a 200 y más	Manto de rodados en matriz calcárea, fuertemente consolidada, de color pardo pálido a amarillento (s) 10YR 7/4 - 8/3 y a Pardo y pálido (h) 10 R 7/3.

Caracteres morfológicos y analíticos del perfil

Este perfil representa los suelos más desarrollados del área relevada, ubicados sobre el nivel de meseta en un relieve casi llano.

Son los suelos más característicos de las mesetas que forman amplias y uniformes unidades de vegetación de Estepa Arbustiva.

El perfil corresponde a un suelo de textura contrastante, esto es, un horizonte superior de textura gruesa (arena franca) sobre un horizonte subsuperficial de textura franco - arcillo - arenosa.

El perfil es de tipo: A1 B2t B3ca C1ca 11C2ca desarrollado, en las áreas bajas del microrelieve o en las áreas de relieve plano sobre la meseta; la mayor humectación en estas áreas ha favorecido los procesos de alteración de los materiales parentales originalmente de textura arenosa que de esta manera se ha enriquecido en arcillas de neoformación; la traslocación de estas arcillas dio origen a un horizonte textural discontinuo en el espacio.

Los suelos representados por el perfil alternan con los suelos AC - A (B) C Calciorthid Xerollic de los que se diferencian por presentar los primeros un horizonte argílico que se interrumpe pasando al C o al (B) de estos últimos.

Son suelos moderadamente profundos (considerando el manto de rodados como límite inferior) con moderada acumulación de materia orgánica que alcanzan un máximo porcentaje en el horizonte B2t; este horizonte presenta un desarrollo de estructura en bloques subangulares, el lavado de carbonatos alcanza los primeros 25-30 cm. del perfil donde se produce un cambio de color, prevaleciendo valores y chromas más bajos que en profundidad.

El horizonte A1 de 5 cm de espesor presenta un color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) si bien su contenido de materia orgánica no pasa del 1 %, es el horizonte más oscuro del perfil en húmedo, en seco se aclara pasando a pardo (10YR 5/3).

Dado su textura gruesa, este horizonte favorece la buena infiltración del agua, si bien en algunas áreas donde falta la cubierta vegetal se produce un planchado por acción de las lluvias y los altos porcentajes de Na^+ intercambiable que favorecen la dispersión de los materiales finos y el cegamiento de los poros; en estos casos se favorece la escorrentía por la baja velocidad de infiltración, o llegan a formarse pequeñas lagunas luego de las lluvias (áreas concavas).

Este horizonte se presenta libre de calcáreo, con bajos tenores salinos (CE o.s. 1.1 mmhos/cm); la capacidad de intercambio alcanza a 15 meq/100 grs, y el pH es de 7.0.

Si bien no se alcanza a desarrollar una estructura, el horizonte se presenta masivo con el desarrollo de cierta consistencia.

En este horizonte las gravas son muy escasas, siendo mayor el contenido en superficie.

En un límite bien marcado (abrupto y suave) pasa al horizonte B2t; el cambio está dado por el color en seco más oscuro, el desarrollo de una estructura en bloques subangulares finos y medios, fuerte (si bien poco estable por los altos contenidos de Na^+ interc.) y la alta consolidación de estos materiales.

Este horizonte de 20 cm. de espesor, de textura arcillo - arenosa proveniente de un material que originalmente es de textura arenosa presenta un enriquecimiento tanto en arcilla de neoformación como de eluviación del horizonte superior.

La presencia de altos tenores de sodio en el complejo absorbente ha favorecido la dispersión y traslocación de los coloides.

El contenido de materia orgánica alcanza a 1,62 %, lo que tiene relación con la mayor concentración de raíces, el mayor de arcilla y el no estar afectado por los grandes cambios de temperatura a que está sometido el horizonte superior; el color pasa de pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo a pardo amarillento oscuro en seco (10YR 3/4).

La capacidad de intercambio es de 31 meq./100 gr. estando saturado el complejo predominantemente por Ca^{++} y Na^{+} , los tenores de Mg. son bajos, siendo el K^{+} el catión menos frecuente.

Este horizonte al igual que el superior se encuentra libre de carbonatos, la conductividad alcanza 2.5 mmohs/cm; el pH pasa de 7,4 en pasta a 7,9 en agua y el P.S.I es del 40 %

En un límite gradual y ondulado pasa al horizonte B_{3ca} donde el calcáreo ha sido parcialmente eliminado, lo que le imparte un color pardo amarillento en húmedo (10YR 5/4); el contenido de sales aquí se incrementa notablemente, la conductividad es del orden de los 12,5 mmohs/cm en el extracto de saturación, el pH alcanza el valor de 8.1 en pasta y 8.7 en agua, el PSI es de 50,3 %.

Esta alta conductividad del extracto de saturación implica una alta presión osmótica ejercida por la solución del suelo que afecta la disponibilidad de agua y los hace más "secos" que los suelos de textura gruesa, libre de sales; esta diferencia puede apreciarse a través del carácter más xerofítico de la vegetación (arbustos más pequeños, mayor porcentaje de suelo descubierto).

En el horizonte B_{3ca} el contenido de raíces es escaso, la estructura menos desarrollada se presenta masiva rompiendo en bloques subangulares grandes, la textura es franco-arenosa.

El horizonte C_{1ca} se presenta masivo, de color amarillillo parduzco con muy escasas raíces.

El contenido de calcáreo aumenta al igual que el contenido de sales más solubles, llegando la C.E. del extracto de saturación a 14,1 mmhos/cm

Por debajo de este horizonte (a partir de los 59 cm) se continúa el manto de rodados que sobrepasa los 2 metros de espesor, estos rodados no impiden la penetración de raíces (que a esta profundidad son muy escasos) ya que presentan poca consolidación; la matriz franco arenosa con abundante calcáreo le imparte un color blanco en la parte superior.

Estos suelos en general presentan una serie de deficiencias en sus características físicas tales como falta de estructura en el horizonte superior o estructura poco estable en el horizonte B_{2t} que los hace poco permeables, de esta condición deriva su erosionabilidad que en estos suelos toma la forma de deflación

tanto hídrica como eólica cuando se encuentran desprovistos de vegetación.

Según la Soil Taxonomy, estos suelos corresponden al orden de los Aridisoles por presentar un régimen árido de humedad (los 6 meses cálidos son secos: Precipitación $< \frac{\text{ETP}}{2}$) al suborden de los Argids y al

gran grupo de los Natrargids por presentar un horizonte nátrico; por presentar un porcentaje de materia orgánica superior al 1 % corresponden al subgrupo Natrargids Xerollico.

Según el sistema de clasificación de Northcote a la forma de Perfiles Primarios Duplex (D), dado el contraste textural entre el horizonte superior y el subyacente; por el color del horizonte B_{2t} corresponden a la subdivisión Db (pardos); por presentar un horizonte A que no fragua duro cuando seco a la sección Db₃; los agregados evidentes en el horizonte arcilloso los ubica en la subsección a, y la falta de horizonte A₂ a la Clase Db 3.1., por tener una TRS (tendencia a la reacción del suelo) alcalina (pH que aumenta con la profundidad), corresponden a la Forma de Perfil Principal Db 3.1.3. Según el sistema de F.A.O. se clasifica como Solonetz ochrico.

PERFIL 2

Sistema Fisiográfico: Meseta — Estepa Arbustiva — Estepa Herbácea.

Ubicación: 1 Km. N. Puesto Los Tapones.

Altitud: 60 m.s.n.m.

Orientación: — — —

Relieve y Posición: Relieve llano sobre meseta.

Pendiente: $< 1 \%$

Vegetación: Estepa Herbácea; Dominantes:

Piptochaetium napostaensis., Stipa tenuis. Cob. 80 %

Material Originario: Arenas aluviales sobre rodados.

Erosión: No hay evidencia.

Pedregosidad: Ausente

Clasificación: Uc 121 (Calciorthid Xerollic)

Horizontes	Prof. cm	Descripción
A11	0-12	Pardo oscuro en seco (10YR 3/3) a Pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2); arenoso, sin estructura, masivo; consistencia ligeramente dura, muy friable, ligeramente adhesivo, no plástico; poros tubulares e intersticiales; raíces finas abundantes; escasas gravas finas y medias; sin reacción al CIH; pH 6.9; límite claro y suave.
A12	12 a (60-80)	Pardo en seco (10YR 4/3). Pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2); arenoso; sin estructura, suelto, consistencia blanda, suelto, no adhe-

sivo, no plástica; raíces finas abundantes; muy escasas gravas finas y medias; sin reacción al CIH; pH 7.6; límite claro y suave.

C1ca (60-80) Blanco (10YR 8/2) en seco y 95 húmedo; arena y calcáreo pulvurulento; ligeramente duro, muy friable, no adhesivo, no plástico; escasas raíces; escasas gravas finas: fuerte reacción al CIH; pH 8.3; límite claro y suave.

11C2ca a partir Manto de ripio con matriz cal- 95 cm. cárea, color idem anterior; muy consolidado, raíces escasas.

Características morfológicas y analíticas del perfil

Este perfil representa los suelos que se han desarrollado a partir del manto de arenas aluviales en las partes altas del relieve; en estas condiciones el perfil presenta escaso desarrollo.

El carácter más sobresaliente de este suelo es su textura arenosa y uniforme hasta los 60 - 80 cm.; dada la alta permeabilidad de estos suelos el lavado de sales solubles incluido el calcáreo ha sido eliminado más allá de las zonas de mayor actividad radicular.

El perfil es de tipo A11 - A12 - C1 ca - 11 C2ca.

El horizonte A11 de 12 cm. de espesor, de textura arenosa ha desarrollado una consistencia ligeramente dura en seco por lo que, si bien no presenta un desarrollo estructural, si permanece masivo (no desmoronable) formando terrones: esta es una de las características que lo diferencian del horizonte subyacente como así un leve oscurecimiento en seco; esta consistencia se debe a la acción de los humedecimientos y secados a que es sometido más frecuentemente debido a las precipitaciones que afectan la parte superior del suelo. Al igual que el horizonte A12 tiene una textura arenosa (86% arena).

El horizonte A12 se presenta suelto, libre de calcáreo, la presencia de raíces se mantiene como en el anterior.

El contenido en materia orgánica baja de 0.8 a 0.5 % del A11 al A12; el pH en la misma dirección pasa de 6.9 a 7.6.

Estos suelos por su textura arenosa, presentan una baja capacidad de retención de agua; ello se ve compensado por el mayor volumen de suelo que es ocupado por las raíces, dado el mayor desarrollo radicular que en éstos casos presentan las plantas ante la falta de capas densas (subsuelos arcillosos) resistentes a la penetración de las raíces.

A partir de los 60 cm. aparece un horizonte de color blanco, dado el alto contenido de calcáreo pulvurulento que presenta (16%) por encontrarse a una profundidad menor de 1 m. este horizonte es diagnóstico para la clasificación de estos suelos.

Debajo de este horizonte calcáreo, irregular, se encuentra un manto de rodados que si bien presenta un alto grado de compacidad es penetrado por las raíces.

Estos suelos se clasifican en el orden de los Aridisoles por el régimen de humedad; en el suborden de los Orthids, por no presentar horizonte argílico; y en el Gran Grupo de los Calciorthids por presentar un horizonte calcico a menos de 1 metro de profundidad; la combinación de una textura arenosa con un porcentaje de materia orgánica que alcanza el 0.8% los ubica dentro del Subgrupo Calciorthids Xerollic.

Según la clasificación de Northcote son: Uc 121. Por el sistema de F.A.O. se los clasifica como Calcic Xerosols.

PERFIL 3

Sistema Fisiográfico: Médanos fijos.

Ubicación: 2 Km. W. Puesto Los Médanos.

Altitud: 80 m.s.n.m.

Orientación: N.E.

Relieve y Posición: ondulaciones suaves en borde de cuencas cerradas.

Pendiente: 1 - 2 %

Uso: Ganadería ovina.

Vegetación: Estepa herbácea; Dominantes: Stipa tenuis; Piptochaetium sp.; Sporobolus rigens; Poa sp.;

Cobertura: 85 %

Material originario: arenas eólicas/areniscas terciarias.

Erosión: Arenas eólicas estabilizadas; focos de formación de médanos.

Pedregosidad: ausente.

Clasificación: Torripsamment Xerico - Uc 123.

Horizonte	Prof. cm	Descripción
AC	0-70	Pardo oscuro 10YR 3/3 (S) a pardo grisáceo muy oscuro 10YR 3/2 en húmedo. Arena; sin estructura, masivo, suelto; de consistencia blanda en seco a muy friable en húmedo; no adhesivo, no plástico; porosidad intersticial, abundantes raíces, escasa reacción al CIH; pH 7.2. Límite abrupto y suave.
11C1	70-85	Pardo amarillento 10YR 5/6 (S). Pardo amarillento 10YR 5/4 (húmedo). Franco arenoso; masivo, consolidado; de consistencia dura en seco, firme, adhesivo, plástico; escasos poros tubulares, escasas gravas finas y medias, no reac-

11C2 85 a 100 y más ciona al CIH; pH 8, límite claro y suave. Amarillo pardo 10YR 6/6 en seco y en húmedo; franco-arenoso, sin estructura, masivo, duro, firme, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; escasas raíces, calcáreo, pH 8.5.

Caracteres analíticos y morfológicos del perfil

Este perfil representa los suelos que se han desarrollado sobre las arenas eólicas estabilizadas por un tapiz herbáceo denso, depositadas sobre las areniscas terciarias.

El carácter sobresaliente de estos suelos está dada por una textura arenosa, uniforme hasta los 70 cm.

El desarrollo del tapiz herbáceo con un denso sistema radicular ha producido una ligera acumulación de materia orgánica que es el único signo de edafización que presentan estos suelos.

El perfil es de tipo A Ç II CI II C2.

El horizonte AC desarrollado a partir de las arenas re-depositadas, presenta una gran uniformidad en textura y consolidación; dado su carácter suelto el sistema radicular no encuentra impedimento en su extensión y todo este horizonte presenta buena actividad biológica.

Debajo de este horizonte se encuentran las areniscas terciarias, escasamente alterado en la parte superior por las aguas de percolación donde se ha producido un lavado de carbonatos (Hor IIC₁), luego se continúa el horizonte 11C2 hasta una profundidad mayor de 1 m.

La carencia de horizontes diagnósticos bien desarrollados ubican a estos suelos en el orden de los Entisoles, la textura arenosa y la falta de gravas hasta el contacto paralítico que aparecen a los 70 cm., ubican a estos suelos en el suborden de los Psamments; el régimen de humedad tórrico los ubica en el Gran Grupo Torripsamment.

El régimen de las precipitaciones en el área como vimos en la parte climática, presenta una leve concentración en los meses de invierno, presentando el verano un déficit de agua bastante marcado, lo que configuraría un régimen xérico degradado, sumado a ello, el carácter herbáceo de la vegetación representa un aporte considerable de materia orgánica por lo que a estos suelos se los ubica en el Subgrupo de los Torripsamments Xerico.

Según el sistema de clasificación de Northcote corresponde a los suelos uniformes de textura gruesa Uc.,

y a la forma de perfil Principal Uc. 1.2.3.

Según el sistema de F.A.O. corresponde a los Eutric Rhigosoles.

PERFIL 4

Sistema fisiográfico: Planicie costera.

Ubicación: 2 Km. Sur Puerto Fracasso.

Altitud: 40 m.s.n.m.

Orientación: Norte.

Relieve y Posición: Vertiente del Golfo San José, Ladera extendida.

Pendiente: 2-3 %

Vegetación: Estepa arbustiva; cobertura 50 %. Dominantes: Chuquiraga avellanadae, Chuquiraga histrix, Condalia microphylla, Prosopis alpataco, Acantholippia ceriphoides, Stipa humilis, Stipa tenuis, Stipa speciosa.

Uso: Pastoreo ovino.

Material Originario: Aluvio/sedimento terciario consolidado.

Erosión: Hídrica, principalmente en manto.

Pedregosidad: — — —

Clasificación: Uc 111. Torripsament Típico.

Horizonte	Prof. cm	Descripción
A1	0-30	Pardo en seco (10YR 5/3). Pardo oscuro en húmedo (10YR 3/3). Arenoso; sin estructura, suelto; de consistencia suelta, muy friable, no adhesivo, no plástico, abundantes raíces, reacción al CIH; pH 8.2, escasas ostras (fósiles), límite regular y suave.
AC	30-45	Gris claro en seco (10YR 7/2), a Pardo muy pálido en húmedo (10YR 7/3), arena, sin estructura, suelto; de consistencia suelta muy friable, no adhesivo, no plástico, escasas raíces; reacción al CIH, pH 8.2, límite regular y suave.
11C1	45 a 100 y más	Blanco en seco (10YR 8/2). Pardo muy claro (10YR 7/3); arenoso, poco meteorizado; sin estructura; masivo; ligeramente duro, friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico, muy escasas raíces, fuerte reacción al CIH, pH 9.

Caracteres morfológicos y analíticos del perfil.

Este perfil representa los suelos desarrollados sobre los materiales aluviales, que cubren las laderas aterrazadas de las vertientes costeras.

Son materiales areno-finos, calcáreos, que asientan

sobre areniscas consolidadas terciarias.

El material es calcáreo a partir de la superficie y en profundidad, donde aparece la arenisca terciaria, la reacción al CIH es mayor sin llegar a formar acumulaciones importantes.

El perfil es de tipo A₁ AC 11C₁

El horizonte A₁ de 30 cm. es de textura arenosa (arena fina), por lo que no presenta desarrollo de estructura (material suelto); las sales solubles han sido eliminadas en parte (C.E. del extracto de saturación = 5,7 milimhos/cm) de este horizonte que por su textura es de esperar una alta permeabilidad; presenta una buena actividad biológica (alta concentración de raíces), los colores claros (10YR 5/3) en seco, se deben al contenido calcáreo. El pH es de 8.2.

El horizonte AC va de los 30 a los 45 cm.; presenta la misma textura que el anterior, se diferencia por un color más claro (10YR 7/2 en seco); la presencia de raíces de este horizonte es escasa, la reacción se mantiene alcalina (pH 8.2) y el contenido salino, si bien aumenta levemente, se mantiene en tenores bajos.

El horizonte 11C₁ es la arenisca terciaria escasamente alterada, presenta fuerte reacción al CIH pero no se aprecia acumulaciones de calcáreo pulvulentas o en concreciones que lleguen a conformar un horizonte cálcico.

El contenido salino en este horizonte aumenta, llegando la C.E. a 9 milimhos/cm y es posible que más en profundidad se haga mayor, ya que estos materiales son de depositación marina con alto contenido salino; el pH es de 9.0.

Estos suelos corresponden al orden Entisoles, ya que no presentan otro horizonte diagnóstico que no sea un epipedón ochrico. (Horizonte A₁); al suborden Psamments por presentar una textura arenosa, uniforme, sin pedregosidad (a los 45 cm. se presenta un contacto litoide cuya textura es arenoso-franco); el régimen tórrico de humedad los ubica dentro del Gran Grupo Torripsamment; se los clasifica en el subgrupo Typic que representa los suelos más secos dentro de este Gran Grupo por presentar altos tenores salinos en el subsuelo y estar en áreas de pendientes; cabe aclarar que esto es un concepto relativo que toma como punto de referencia los suelos de la zona, así los médanos fijos presentan una cobertura vegetal mayor, ya que en áreas de meseta, las precipitaciones se infiltran en su totalidad (no hay escurrimiento), y la profundidad de las arenas desprovistas de sales es de mayor potencia, a estos suelos clasificados en el mismo Gran Grupo que el aquí descrito, se los clasifica en el subgrupo Xerico.

Estos suelos se los clasificó según la Clave de Northcote, como Uc. 111 (suelos uniformes - U, de textura gruesa - c - con poca organización pedológica, -

calcáreo y de colores pardos).

En el sistema de la F.A.O. corresponden a los Haplic Ermosols (horizonte A pálido con una conductividad mayor a 2 miliohs/cm).

PERFIL 5

Sistema Fislográfico: Cuenca cerrada.

Ubicación: Estancia Secundino Alvarez - Salina Grande.

Altitud: 40 m. bajo el nivel del mar.

Orientación: - - -

Relieve y Posición: Llano en fondo de cuenca cerrada.

Pendiente: <1% (concava)

Uso: pastoreo ovino

Vegetación: Pradera salina. Dominante: *Distichlis spicata*; *D. scoparia*, *Salicornia ambigua*. Cobertura: 90 %

Material originario: aluvio.

Erosión: - - -

Pedregosidad: - - -

Clasificación: Aquollic Salorthid. Um1.1.

Horizonte-Prof. cm.	Descripción
A11 sa 0-3	Amarillo oliva (2,5Y) en húmedo; areno-franco; sin estructura, masivo, friable, no adhesivo, no plástico; concreciones salinas en superficie. Abundantes raíces. Límite claro y suave.
A12 sa 3-40	Pardo oliva claro (2,5 Y 5/4) en húmedo; franco-arenoso, sin estructura, masivo, friable, poco adhesivo, poco plástico, abundantes raíces, abundantes concreciones de CO ₃ ca; C. E. e.s. 63 mnohs/cm; pH 7.9. Límite claro y suave.
Cg 40-80 y más	Gris oscuro (2.5 Y 4/0). Franco-arenoso, sin estructura, masivo, friable, adhesivo, plástico, área de fluctuación de la capa, freática, concreciones de CO ₃ ca. C.E. es 12 mnohs/cm.

Caracteres morfológicos y analíticos del perfil.

Este perfil representa los suelos desarrollados en áreas con drenaje interno y externo impedido que bordean los fondos de las cuencas cerradas o en áreas costeras.

Estos suelos suelen permanecer anegados durante largos períodos en invierno, al secarse se forma en superficie una costra salina. La napa freática se encuentra a menos de un metro en verano luego de algunos meses de sequía.

La vegetación de estos suelos es una pradera salina de

Distichlis spicata y *Distichlis scoparia* con otras especies halófitas que la acompañan.

La salinidad de estos suelos disminuye con la profundidad, siendo calcáreos en todo el perfil.

A partir de los 40 cm. están afectados por la capa freática, donde la materia orgánica escasamente se descompone en condiciones anaeróbicas.

Estos suelos se clasificaron como Aquollic Salorthid según la Soil Taxonomy. Según la clasificación de Northcote como Um 1.1.1. Por la clasificación de F. A.O. corresponden a los Salic. Gleysols.

Relación de los subgrupos identificados con otros sistemas

Soil Taxonomy	Northcote	F.A.O.
Natrargids Xerollico	Db. 3.1.3.	Solonetz Ochrico.
Calciorthids Xerollico.	Uc. 1.2.1.	Xerosols Calcico.
Salorthids Tipico	Um. 1.1.	Salonchaks Ochrico.
Salorthids Aquollico	Um. 1.1.	Gleysols Salico.
Torripsamment Xerico.	Uc. 1.2.3.	Rhegosols Eutrico.
Torripsamments Tipico.	Uc. 1.1.1.	Ermossols Haplico
Torriorthents Tipico	Uc 1.1.3.	Ermossols Háplico

MAPA DE SUELOS

El mapa de suelos se realizó a escala 1: 250.000, teniendo como base la carta a esa escala del Instituto Geográfico Militar.

Se separaron 7 unidades cartográficas de las cuales hay una unidad pura y 6 compuestas.

En la leyenda del mapa aparecen los suelos (Subgrupos de la Soil Taxonomy) dominantes en las unidades y los subdominantes.

A continuación se describen las unidades donde se consideran caracteres internos u externos de los suelos, la vegetación y la sensibilidad a la erosión.

En general el área relevada está expuesta a un clima severo: bajo volumen de lluvias de las cuales el mayor porcentaje cae en los meses fríos con una acentuada sequía estival; otro factor limitante en el uso de estas tierras es el viento que condiciona un alto peligro de erosión eólica.

Estas características del clima limitan el uso de estas tierras para pastoreo con restricciones de moderadas a severas según las características de cada unidad.

Según el Manual de Conservación de Suelos (USDA) se los clasifica por su capacidad de uso dentro de las clases VI, VII y VIII.

Los procesos de erosión en curso más importante en el área relevada, son la formación de médanos en el sector sur de Península, originados principalmente a partir de las arenas de playa en la costa oeste o a partir de las arenas estabilizadas, por eliminación de la cobertura vegetal por sobrepastoreo.

El otro proceso de deterioro, que afecta a los suelos arcillosos de meseta (Natrargids) comienza con la pérdida de cobertura entre los arbustos por eliminación de las gramíneas, en estas condiciones se forma un pavimento de rodados por pérdida del material fino debido a la erosión laminar y deflación eólica; en las áreas donde la pendiente favorece la concentración del escurrimiento se forman cárcavas.

UNIDADES CARTOGRAFICAS

UNIDAD CARTOGRAFICA Nro 1: MESETA - ESTEPA ARBUSTIVA

De las unidades mapeadas esta es la de mayor superficie; se extiende desde el Istmo hasta la costa atlántica y de las Salinas Grandes hacia el norte hasta la planicie costera.

El relieve levemente ondulado del área central de península, dado por la serie de cuencas cerradas con fondos de lagunas temporarias, se hace marcadamente llano hacia el norte y el este del Gran Salitral.

La parte central de esta unidad representa el área de menor precipitación de Península.

Los suelos dominantes son los Natrargids, caracterizados por un horizonte argílico y el complejo absorbente dominado por el ion sodio.

Estos suelos son ligeramente salinos en superficie a salinos en profundidad: la pérdida de estructura por hinchamiento de las arcillas sódicas que en el horizonte B2t alcanzan porcentajes de hasta el 40 % afecta la permeabilidad de estos suelos.

Junto a los Natrargids que son los suelos más desarrollados del área, se presentan asociados los Calciorthids; estos suelos de perfil AC se encuentran en las partes convexas del microrelieve y pasan a los perfiles ABC de los primeros en las partes cóncavas; este microrelieve se forma en las estepas arbustivas donde asociado a los arbustos que se disponen espaciadamente se encuentran acumulaciones de arenas (eólicas) formando túmulos que pueden alcanzar 50-60 cm de altura, la movilización de arena en estos casos queda restringida localmente por la cobertura más o menos densa de la vegetación.

Entre los arbustos se desarrolla un tapiz herbáceo más o menos continuo según las condiciones de humedad.

El proceso de deterioro de los suelos está íntimamente relacionado con la pérdida de la cobertura, el que comienza a producirse entre los arbustos.

La baja velocidad de infiltración de estos suelos que no alcanza a absorber las precipitaciones en algunos casos torrenciales, favorecen el escurrimiento superficial y la erosión laminar; la intensidad de este proceso puede apreciarse por la formación de una cubierta de rodados que se forma sobre el suelo desnudo a medida que se va perdiendo el material fino.

De esta manera las condiciones físicas y químicas del suelo se van haciendo más desfavorables (sodificación y salinización del suelo superficial por erosión del horizonte superior) lo que dificulta el restablecimiento de la vegetación; este proceso de degradación se incre-

menta a expensas principalmente de las gramíneas que cubren el suelo entre los arbustos, siendo los arbustos también afectados en caso de degradación severa.

Esta unidad, por su capacidad de uso, se clasifica dentro de la clase VI, las restricciones climáticas generales para el área (fuertes vientos, lluvias a veces torrenciales) más el carácter poco permeable de los suelos de textura fina, los hacen susceptibles a la erosión laminar y a la deflación, más acentuados estos en el área central dado las pendientes que presentan el conjunto de cuencas cerradas; hacia el norte y este del Gran Salitral los terrenos más llanos son menos susceptibles a la erosión.

UNIDAD CARTOGRAFICA Nro 2: MESETA ESTEPA ARBUSTIVA. ESTEPA HERBACEA

Esta unidad se extiende al Sur de la Península desde la costa occidental hasta la costa oriental de la misma.

La depositación eólica actual ha afectado gran parte de esta unidad sin llegar a formar médanos.

En el sector oeste de esta unidad el patrón de distribución es similar al de la unidad 1, sumándose los suelos de textura arenosa sin horizonte cálcico, (Torripsamment) en los sectores más afectados por la depositación eólica.

Hacia el este de esta unidad, la estepa arbustiva va dando paso a un pastizal en relación a la mayor influencia de las depositaciones de arenas; aquí la cobertura es más densa y homogénea no llegándose a formar montículos de arenas como ocurre en las áreas de vegetación arbustiva.

Los suelos dominantes son los Calciorthids Xerollic, son suelos de textura arenosa, profundos, con un horizonte cálcico en profundidad; el horizonte superior (A11) se presenta consolidado por lo que los hace bastante estables a la erosión.

Estos suelos se encuentran libre de sales solubles y de carbonatos hasta los 70-80 cm.

Desde un punto de vista tanto climático como edáfico, esta es el área más favorable de Península; este sector de la unidad descrita se encuentra dentro del área donde las precipitaciones medias anuales son mayores a 225 mm (Punta Delgada registra un promedio de 246 mm/año); los suelos arenosos profundos, favorecen un alto aprovechamiento de las precipitaciones (aquí el escurrimiento es casi nulo), ya que su gran porcentaje de macroporos les confiere una alta permeabilidad; la baja capacidad de campo que poseen, permite que el agua profundice en ellos, quedando de esta manera un menor grado expuesta a la evaporación; por otra parte en estos terrenos, la relación Transpiración/Evaporación se incrementa

debido a la mayor cobertura del suelo por la vegetación, maximizando así la productividad biológica de las precipitaciones.

Esta unidad se la clasifica por su capacidad de uso en la clase VI, (terrenos no aptos para la agricultura, adecuados para pasturas permanentes); estos suelos por su textura arenosa, son altamente susceptibles a la erosión eólica; si bien la buena cobertura de la vegetación (estepa herbácea) disminuye el riesgo que imponen las condiciones climáticas (vientos fuertes) en los períodos en que el suelo se encuentra seco.

En el sector oeste de la unidad, el proceso de deterioro es similar al descrito para la unidad 1 en los suelos Natrargids.

UNIDAD CARTOGRAFICA Nro 3: MESETA. MEDANOS FIJOS

Esta unidad que se extiende en 3 franjas hacia el S.W. de la Península, ocupa una superficie aproximada de 400 km².

Se trata de depositaciones eólicas que cubren la meseta, originadas en la remoción de las arenas de playa y de los mantos de arena que se encuentran sobre la meseta; estas arenas eólicas se encuentran estabilizadas por un tapiz de vegetación herbácea. En pequeños sectores no afectados por la depositación eólica se encuentran suelos Natrargids.

En íntima relación con esta unidad, pero que han sido mapeados separadamente, se encuentra el conjunto de médanos activos que avanzan desde la costa y otros que tienen su origen en las arenas fijas por deterioro de la cubierta vegetal.

El carácter arenoso-suelto de los suelos de esta unidad (Xeric-Torripsamment) los hacen altamente vulnerables a la erosión eólica, esto puede apreciarse en los numerosos sitios donde por deterioro de la vegetación por el pastoreo excesivo, comienza a ponerse en movimiento la arena, originando pequeños frentes de médanos.

Si bien el carácter arenoso confiere a los suelos esta seria desventaja, la alta permeabilidad ligada a los mismos les otorga una alta velocidad de infiltración, por lo que la totalidad de las lluvias se infiltran y son almacenadas, siendo nulas las aguas de escorrentía superficial; estas arenas se presentan además libres de sales, por lo que constituyen un buen sustrato desde el punto de vista de la economía del agua en suelos de régimen árido.

Debajo de este manto de arena, cuyo espesor varía de 60 cm. a más de un metro, se encuentran las areniscas terciarias consolidadas.

La vegetación que presenta esta unidad corresponde

en su gran mayoría a la estepa herbácea, cuyas especies dominantes fueron enumeradas en la descripción del Perfil Nro 3; junto a este pastizal se presentan áreas cubiertas con olivillo (*Hyaliz argentea*).

Estos terrenos, se clasifican por su alta susceptibilidad a la erosión eólica, dentro de la clase VII, por su capacidad de uso.

UNIDAD CARTOGRAFICA Nro 4: MEDANOS ACTIVOS

El conjunto de médanos activos ocupa una superficie de aproximadamente 40 km²; se ubican en el sector S.W. de la Península, en su gran mayoría ligados a la unidad Nro 3.

Los materiales que originan estos médanos provienen tanto de la playa como de un nivel de terraza bajo en que termina allí la planicie costera; a partir de esta planicie han avanzado los frentes de médanos, el más alejado de los cuales está a 40 km. de la costa, avanzando en un frente de 5 km de ancho.

Esta situación, propicia para la formación de los médanos, no se repite en otra área de patagonia, esto es, playas costeras y terrazas de materiales arenosos finos expuestos a los vientos predominantes del oeste.

Otros frentes de médanos de dimensiones menores (1,5-2 km.) se forman a partir de las arenas estabilizadas sobre la meseta; originados tanto por razones climáticas como de manejo, estos frentes de médanos constituyen la principal forma de degradación de la vegetación y los suelos del área.

Los frentes de médanos están formados por un conjunto de unidades cuyo tamaño varía de 100 a 200 m. de ancho.

La forma individual del médano que algunas veces toma la forma de medialuna con las puntas no muy bien diferenciadas (Barcanas), en general se resuelve en un cuerpo semicircular con una punta que sale de la parte central a sotavento del cuerpo, debido a los vientos cambiantes que actúan sobre el mismo.

Algunas de estas colonias de médanos están cercadas por alambrados, observándose en estos casos un principio de fijación por *Sporobolus rigens*.

Por capacidad de uso se ubican en la clase VIII. Terrenos no aptos para el pastoreo que deben permanecer aislados.

No se tienen mediciones de velocidad de avance ni experiencias en su fijación; (según observaciones de pobladores el avance sería de 30-40 m/ año); es necesario un estudio detallado de la dinámica de los mismos para encarar su control, atendiendo a las posibilidades que brindan un régimen de lluvias favorables y la presencia de especies naturales (*Sporobolus rigens*) con capacidad de fijación

UNIDAD CARTOGRAFICA Nro 5: PLANICIE COSTERA

Esta unidad bordea en gran parte el perímetro de la Península e Istmo, allí donde el acantilado ha retrocedido por erosión fluvial; desde el nivel de meseta, que en el área se levanta entre los 50 a 100 m.s.n.m., la planicie desciende en forma más o menos abrupta al principio para luego continuar en forma suave hasta el nivel del mar; esta pendiente suave, aterrazada, se ve interrumpida por los cañadones que descienden del nivel de meseta; la planicie está labrada en los materiales marinos del terciario medio y superior sobre los cuales se depositaron materiales aluviales y eólicos recientes.

Sobre los bordes de meseta, y en las lomadas que se encuentran en la planicie costera donde directamente afloran los sedimentos terciarios no se alcanzan a desarrollar suelos, la vegetación es muy rala o a veces nula; cuando la pendiente es menor, un suelo muy poco profundo se desarrolla en estas lomadas (Torriorthents); donde la pendiente se hace suave (aterrazamiento), esto es, la mayor superficie del área, el manto de material aluvial que cubre las areniscas calcáreas del terciario, se hacen más potentes y se desarrollan los suelos dominantes (Torripsament típicos); el material originario es un factor que afecta las propiedades de estos suelos de una manera muy marcada; debido al escaso volumen de las precipitaciones, el lavado de las sales es escaso, lo que hace que los suelos hereden las características de los materiales que los originan; en esta unidad puede apreciarse esto en relación a la profundidad de un horizonte salino que afecta el desarrollo de la vegetación; este horizonte salino tiene origen en los materiales de origen marino que aparecen a distintas profundidades (de 40 cm. a 90 cm o más), así es que la capacidad de retener agua útil para las plantas de estos suelos se ve limitada, tanto por la pendiente que afecta en forma negativa al provocar el escurrimiento de las aguas, como por la salinidad que presentan a profundidad variable.

Dentro de este Sistema Fisiográfico aparecen otras unidades menores, tales los médanos costeros que flanquean las playas y áreas costeras salino-húmedas.

La vegetación de la unidad varía en relación a la variación de los suelos, si bien puede definirse un tipo dominante que es la estepa arbustiva de *Chuquiraga avellanadae* en las bajadas del Golfo Nuevo y Golfo San José; de *Chuquiraga erinacea* en el área de Punta Norte y al Norte de Caleta Valdés, ambas estepas están acompañadas por un tapiz gramíneo que en áreas localizadas pasa a dominar la fisonomía conformando una estepa herbácea con arbustos.

Estos terrenos se clasifican dentro de la clase VII por su susceptibilidad a la erosión hídrica-laminar y en cárcava.

UNIDAD CARTOGRAFICA Nro 6: CUENCA DE

RRADA

Esta unidad está compuesta por dos depresiones de gran extensión: la del Gran Salitral y la de Salina Grande - Salina Chica.

El Gran Salitral está ubicado junto al Golfo San José; el fondo de la cuenca que se encuentra a nivel del mar, tiene una extensión aproximada de 35 km² y se extiende alargada en el sentido E-W hacia donde se va ensanchando, representando el 15 % del total de la cuenca.

Las laderas de la depresión bajan de la meseta en pendientes general suave (2 %), haciéndose más pronunciados en las cabeceras de los cañadones que descienden al salitral.

En la cuenca de las Salinas Grande-Salina Chica se repiten las dimensiones de la anterior (la superficie total de la cuenca es de aproximadamente 250 km², ocupando ambas salinas el 15 % de dicha área).

La parte alta de esta cuenca, es de pendiente suave para luego caer en forma abrupta al fondo de la depresión, separándose a ese nivel las subcuencas de Salina Chica y Salina Grande.

Los terrenos de esta unidad presentan una densa red de drenaje, que en las partes altas de la cuenca forman un diseño dendrítico denso, y al descender con la disminución de la pendiente se resume en un solo colector que llega al fondo de la cuenca, el conjunto de colectores se dispone en forma radial alrededor del fondo.

En esta unidad de distribución de los suelos se va haciendo más compleja a medida que el relieve se hace más quebrado; en general en las pendientes suaves, donde la capa de material cuaternario es de gran espesor, se desarrollan suelos profundos de textura gruesa Torripsament típico, en relación a estos suelos se encuentra la Estepa Arbustiva de *Chuquiraga avellanadae* - *Chuquiraga isticx* - *Condalia microphylla* en los ambientes más húmedos rodeando ambas salinas se encuentran los suelos salinos (*Salorthids Aquollic*) con estepa herbácea de *Distichlis spicata* - *Distichlis scoparia*; en estos suelos la napa freática se encuentra muy cerca de la superficie.

Rodeando el Gran Salitral donde se descargan las aguas de los cauces, los terrenos arcillosos presentan una costra salina que cubre el suelo, aquí la vegetación se encuentra asociada a acumulaciones eólicas (montículos de arena) con *Ciclopepis genistoide*, dejando un alto porcentaje de suelo descubierto.

Finalmente en esta unidad y localizados en las laderas escarpadas al sur y al norte de la Salina Grande, se encuentran directamente aflorando los sedimentos terciarios de areniscas y bancos de ostras; desarrollándose aquí los suelos de erosión Torriorthents.

Típico; por último los Natrargids ocupan áreas de pendientes suaves de poca extensión.

En general en el área la erosión Hídrica es intensa; los suelos no están cubiertos en su totalidad por la vegetación y presentan pendientes suficientes para que las aguas escurran produciendo erosión laminar entre los arbustos e intensificando la formación de carcavas.

Esta unidad se clasifica por su capacidad de uso dentro de la clase VII por la alta susceptibilidad a la erosión hídrica, dado las fuertes pendientes que presenta.

UNIDAD CARTOGRAFICA Nro 7: CORDONES LITORALES

En esta unidad están agrupados tanto los cordones litorales ubicados al Oeste de Caleta Valdés, como el conjunto de islas que quedan al fondo de la misma y el cordón que separa la caleta del mar abierto; este cordón se extiende hasta cerca de Punta Norte.

Estos cordones formados por ascensos leves de la costa se extienden a menos de 20 m.s.n.m. casi paralelos a la misma; entre cada cordón quedan una serie de lagunas temporarias alargadas.

La caleta que se forma entre estos cordones y el externo, se van ensanchando hacia el fondo, donde se han formado una serie de islas y áreas deprimidas húmedo-salinas.

El cordón externo está formado por ripio sin materiales finos, por lo que la vegetación es casi nula; se extiende desde la boca de caleta hasta Punta Norte, con un ancho que varía de pocos metros a más de 1 km. y

una altura que alcanza los 8 m.s.n.m.

En esta unidad dominan los suelos Natrargids, desarrollados a partir de una capa arenosa franca que asienta sobre el manto de rodados.

La pendiente que presenta la unidad está dada por la convexidad de los cordones, que si bien es suave, ha permitido la formación de carcavas cortas que se originan a partir de las depresiones alargadas, o desde la caleta; esta forma de erosión no está muy extendida en esta unidad; sí lo está el escurrimiento en manto (erosión laminar), dada la baja permeabilidad de los suelos; el estancamiento de las aguas entre los arbustos donde se han formado pequeñas áreas deprimidas por deflacción, es común luego de las lluvias.

La vegetación que domina es la estepa arbustiva (*Chuquiraga avellanadae*) con gramíneas (*Stipa humilis*, etc.); la cobertura supera el 80 %.

En el cordón de ripio externo, por la escasez de materiales finos para retener humedad, la vegetación se limita a arbustos aislados (*Schinus polygamus*, *Senecio* sp.) y gramíneas (*Stipa humilis*, etc.)

Las áreas deprimidas, húmedas, forman peladales con arbustos aislados de *Lycium* sp.

Esta unidad se ubica dentro de la clase VI por su capacidad de uso, considerando los cordones internos con buena cobertura vegetal y suelos de texturas medias, consolidadas, que no se ven afectados por la erosión eólica; las pendientes que presentan, si bien suaves, los hacen susceptibles a la erosión laminar.

BIBLIOGRAFIA

- BARBERIS, Luis 1969 Guía de Reconocimiento de Suelos en Campaña. Boletín Técnico Nro 8. C.E.A. Buenos Aires.
- BARROS, V. SCIAN, B. MATTIO, H. 1979 Mapas de precipitación de la Provincia del Chubut. Centro Nacional Patagónico. Dirección de Recursos Hídricos. Chubut. Argentina.
- CHRISTIAN, C. 1958 The concept of Land Units and Land Systems. C.S.I.R.O. Camberra Australia.
- F.A.O. 1968 Definitions of Soil Units for the Soil Map of the World by Dudal R. Roma.
- FERUGLIO, E. 1950 Descripción geológica de la Patagonia. YPF.
- FERRO, E. 1962 Península Valdés. Segunda Edición.
- GOOSEN, D. 1968 Interpretación de fotos aéreas y su importancia en el levantamiento de Suelos. F.A.O. Roma.
- NORTHCOTE, K. 1965 Clave para el Reconocimiento de los Suelos Australianos. C.S.I. R.O. Australia.
- PAPADAKIS, J. 1974 Posibilidades Agropecuarias de las Provincias Argentinas, Enciclopedia de Agricultura y Jardinería.
- ROSTAGNO, C. 1977 Reconocimiento de los Suelos de Sierra San Bernardo y Llanura de Sarmiento. O.E.A. — INTA — CNP — Puerto Madryn - Chubut - Argentina.
- SCIAN, B. MATTIO, H. 1975 Aplicación del Método de Thornthwaite para el cálculo del Balance Hídrico en la Provincia del Chubut. CNP - Puerto Madryn - Chubut - Argentina.
- SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS. 1974 Manual de Conservación de Suelos. USDA. Limusa. Méjico.
- SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL Estadísticas Meteorológicas 1901 - 1950.
- SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys.
- SORIANO, A. 1956 — Los Distritos Florísticos de la Provincia Patagónica. RIA — Tomo X — 323 - 348 Buenos Aires.
- U.N.E.S.C.O. 1977 — Mapa Mundial de la Desertización. Nota explicativa. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Desertización.

ESTUDIO DE RELEVAMIENTO ECOLÓGICO INTEGRADO

CARACTERES FISONÓMICOS Y FLORÍSTICOS DE LAS UNIDADES
DE VEGETACIÓN DEL CHUBUT

2. La Península Valdés y el Istmo Carlos Ameghino

M. B. BERTILLER
A. M. BEESKOW
M. del P. IRISARRI

PROGRAMA DE ECOLOGÍA Y DESARROLLO REGIONAL
DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

CONICET — INTA — OEA

—1980—

RESUMEN:

El presente trabajo forma parte de un relevamiento integrado de vegetación, suelos, geología, geomorfología y clima de la Pcia. del Chubut, (República Argentina); que se lleva a cabo dentro del marco del Proyecto de Ecología y Desarrollo regional de Zonas Áridas y Semiáridas (OEA, CONICET, INTA).

En el mismo se describen las unidades de vegetación de la Península Valdés y sus alrededores de acuerdo a sus caracteres florístico-fisionómicos y se presenta un mapa escala 1:250,000 de las mismas.

La zona de estudio se ubica al NE de la Provincia del Chubut (República Argentina) entre los paralelos 42°05' y 42°53' LS y los meridianos 63°35' y 65°04' LW, y posee una superficie de aproximadamente 4000 Km.2.

La metodología de trabajo seguida consistió en la observación de pares estereoscópicos escala 1:60.000 donde se realizó la delimitación preliminar de los distintos patrones fotográficos. Posteriormente se eligieron sobre los mismos los

sitios de muestreo a campo. En dichos sitios se realizaron durante Diciembre de 1977, Enero de 1978 y Diciembre de 1978, 90 censos de lista florística completa y abundancia cobertura por especie.

Se utilizaron como criterio de ordenamiento los coeficientes de carga del total de los censos respecto de la 1ra. y 2da. componente principal que despejan el 42.6% de la varianza total, y los índices de similitud de Sorensen entre todos los censos.

De esta manera se definieron tres tipos fisionómicos principales de vegetación: Estepas herbáceas, Estepas arbustivo-herbáceas y Estepas arbustivas y sus respectivas unidades florístico-fisionómicas.

Por último tomando como base el mapeo preliminar y las unidades de vegetación definidas se confeccionó el mapa de unidades de vegetación del área en estudio, escala 1:250.000, que se presenta.

1.—INTRODUCCION:

El presente trabajo forma parte de un relevamiento integrado de Vegetación, Suelos, Geología, Geomorfología y Clima de la Provincia del Chubut (REPUBLICA ARGENTINA); que se lleva a cabo dentro del marco del Proyecto de Ecología y Desarrollo Regional de Zonas Áridas y Semiáridas (O.E.A., C.O.N.I.C.E.T., I.N.T.A.). En este trabajo se detallan los resultados correspondientes al relevamiento de vegetación.

El objetivo es la delimitación, descripción y cartografía de las unidades de vegetación de la Península Valdés y sus alrededores.

La zona de estudio se ubica al NE de la Pcia. del Chubut entre los paralelos 42°05' y 42°53' LS y los meridianos 63°35' y 65°04' LW; abarcando la Península Valdés, el Istmo Carlos Ameghino y una angosta faja costera que va desde el Istmo mencionado hasta la localidad de Puerto Madryn, bordeando el Golfo Nuevo.

La superficie del área de estudio es de aproximadamente 4000 Km². Topográficamente la Península Valdés y el Istmo Carlos Ameghino corresponden a una amplia meseta con suaves o bruscas vertientes hacia el mar.

La Península Valdés se encuentra surcada al Sur por dos fajas medanosas y en el centro de la misma se encuentran dos depresiones en el fondo de las cuales hay dos salinas, la Salina Grande y la Salina Chica ubicadas a -40 y -11 m.s.n.m. respectivamente. Al Norte de la misma se localiza otra depresión de menor importancia, el Gran Salitral, a -5 m.s.n.m.

El área de estudio posee una precipitación media anual de 175 mm. en la zona costera que bordea el Golfo Nuevo y en el resto del área (*Península Valdés e Istmo Carlos Ameghino*) oscila entre los 200 y 225 mm.

Las mayores precipitaciones se registran en los meses de abril, mayo y junio (*Barros et al 1978*).

Un factor limitante para el desarrollo de esta región es la escasez de agua apta para el consumo humano y animal. Solamente en la región medanosa sur y en las vertientes naturales de las depresiones de las Salinas es posible encontrar agua apta para consumo, riego, etc.

En el resto de la región hay zonas donde no se han detectado capas acuíferas, tales como el Istmo C. Ameghino y otras como Puerto Madryn donde solamente hay agua salobre.

La vegetación constituye el recurso mas importante de esta región, ya que sustenta la principal actividad del área que es la cría del ganado ovino. De allí que el conocimiento detallado de la estructura y función de la vegetación de estas áreas de pastoreo es un elemento clave para el correcto aprovechamiento de las mismas y para evitar su deterioro. El primer paso para este estudio detallado, es la delimitación, descripción y cartografía de las unidades de vegetación presentes en el área, objetivo del presente trabajo.

Otra actividad en la región es el turismo y puede citarse como de menor importancia la extracción de sal de mesa.

Fitogeográficamente la vegetación de la región en estudio ha sido definida como Provincia Patagónica; subdistrito Chubutense (*Soriano, 1956*) en lo que respecta al Istmo C. Ameghino y a la Península Valdés y como Provincia del Monte (*Cabrera, 1953*), la faja costera que bordea el Golfo Nuevo.

Dentro del área en estudio se pueden mencionar como tipos de vegetación dominantes las Estepas de (*Chuquiraga avellanada*), que se encuentran en las áreas de meseta del Istmo C. Ameghino y de la Península Valdés; las Estepas de *Chuquiraga hystrix* que se observan en las depresiones de la Península Valdés y en áreas costeras; las Estepas de *Chuquiraga erinacea* que se encuentran en áreas costeras al NE de la P. Valdés; las Estepas de *Larrea divaricata*, en la faja costera del Golfo Nuevo y los pastizales de *Sporobolus rigens* y *Stipa tenuis* que se observan al sur de la Península Valdés.

2.—MATERIALES Y METODOS

En la figura 1 se esquematiza el procedimiento seguido para la definición, delimitación y cartografía de las unidades de vegetación de la Península Valdés y sus alrededores.

El trabajo comenzó con la observación de fotos aéreas escala 1:60.000. En ellas se delimitaron los distintos patrones fotográficos sobre la base de diferencias de tono, diseño, textura, color, etc.

Esta observación preliminar se utilizó como base para la ubicación y decisión de la cantidad de muestreos a relevar en el campo. El criterio seguido fué que cada patrón fotográfico quedara representado por lo menos por dos sitios de muestreo. Se eligieron 90 sitios donde se realizaron censos fisonómicos-florísticos del tipo indicado en la Tabla I. El tamaño de los sitios fué de 10.000 m².

La información recogida mediante los censos fué ordenada en una tabla o matriz de n=125 especies por k=90 censos; cada casilla de la tabla, que no se transcribe en el presente trabajo, corresponde a un valor de abundancia-cobertura de una especie en un censo. Cada valor de la tabla fué transformado, a fin de normalizar su distribución, mediante la siguiente fórmula:

$$x'_{ij} = \arccos \sqrt{x_{ij}}$$

(Sokal, 1969)

Con esta tabla de valores transformados se calculó: la matriz de correlaciones binarias entre todos los censos realizados, los autovalores y autovectores (componentes principales) de esta matriz (*Seal, H. 1964*) y los coeficientes de carga (*Lawley, D. y Maxwell A.E., 1971*).

Los grupos de censos afines fueron definidos en base a los valores de los coeficientes de carga respecto de la primera y segunda componentes principales y en base al índice de similitud de Sorensen entre censos (Mueller Dombois, D. y H. Ellemberg, 1974):

$$IS: \frac{2C}{A + B} \cdot 100$$

donde: C. Nro. de especies comunes entre dos censos.
A: Total de especies presentes en el censo A.
B: Total de especies presentes en el censo B.

Una vez que los censos fueron ordenados en el plano de acuerdo a sus coeficientes de carga con respecto a la primera y segunda componentes principales, se delimitaron las unidades de vegetación tomando en cuenta este ordenamiento y el criterio de similitud de Sorensen. Dos censos se agruparon en una misma unidad cuando su similitud es mayor de 50%

Sobre la base de los grupos de censos afines y la delimitación preliminar de patrones fotográficos, se realizó la cartografía de las unidades de vegetación del área en estudio, escala 1:250.000, siguiendo para su representación en el mapa, el método ecológico de Gausson (*Küchler, 1967*): cada color en el mapa está asociado a un grado de humedad, variando desde el verde en las zonas más húmedas hasta el anaranjado en las zonas más secas.

3.—RESULTADOS

El análisis de componentes principales consiste en transformar mediante una rotación rígida de ejes, las k variables (censos) correlacionadas entre sí en nuevas variables, de forma tal que la covarianza entre ellos sea nula. De esta manera las nuevas variables no correlacionadas (componentes principales) quedan ordenadas en forma tal que la primera de ellas despeja el máximo posible de la varianza de la distribución multivariada de las variables primitivas, la segunda el máximo residual y así sucesivamente.

Cada una de las nuevas variables es una combinación lineal de las primitivas.

Generalmente, mediante las dos o tres primeras componentes principales se pueden explicar las propiedades más características de la distribución espacial de los censos lo que permite su ordenamiento objetivo.

El análisis de los coeficientes de carga (producto de cada componente principal por la raíz cuadrada del autovalor correspondiente) de la matriz de $n \times n$ correlaciones binarias entre censos fué utilizado en el presente trabajo, como criterio de ordenamiento de los censos en unidades de vegetación.

Fueron considerados solamente los coeficientes de carga respecto de las dos primeras componentes principales, que despejan el 41.6% de la varianza total.

Esta fracción de la varianza total explicada es suficientemente alta como para permitir un ordenamiento claro y preciso de la mayor parte de los censos considerados. En la figura 2 puede observarse la distribución de los censos en el plano de las dos primeras componentes principales de la matriz de correlación entre ellos.

La distribución de los censos en relación a estos ordenadores permite diferenciar distintas unidades de vegetación.

La segunda componente principal separa claramente tres grupos de unidades de vegetación, que son, en orden de menor a mayor coeficiente de carga: a) Estepas herbáceas (Coeficientes de carga $-0.77 \leq C2 < -0.30$), b) Estepas arbustivo-herbáceas (Coeficientes de carga $-0.30 \leq C2 < -0.15$) y Estepas arbustivas (Coeficientes de carga $-0.15 \leq C2 < 0.48$)

El significado ecológico de esta componente principal es probablemente compuesto por un gradiente de humedad en el suelo, textura, etc., que determinan una gradación de aridez.

Los coeficientes de carga respecto de la primera componente principal ordenan los censos dentro de cada tipo fisonómico desde unidades con menor variedad específica (Nro. < 9) $-0.10 \leq C1 < 0.15$, hasta unidades con mayor número de especies (Nro. > 9) $0.15 \leq C1 < 1.0$.

El ordenamiento en el sentido de esta primera componente principal coincide también con una graduación en la biomasa y cobertura total de la vegetación.

La tabla II muestra las características más importantes de las unidades en cuanto a especies que las representan, porcentaje de cobertura, número de estratos, ubicación, etc.

En la Figura 3 puede observarse la localización geográfica de las unidades definidas. Las unidades de vegetación se representaron mediante dos tipos distintos de símbolos: color y trama superpuesta. El color se refiere a la condición de humedad de cada unidad de vegetación. Este varía desde el verde oscuro en las Estepas herbáceas de *Sporobolus rigens* y *Stipa tenuis* hasta el anaranjado que representa la Estepa arbustiva de *Chuquiraga avellanadae* y *Condalia microphylla*, las situaciones intermedias se simbolizan con verde claro o amarillo y representan las Estepas arbustivo-herbáceas de *Chuquiraga erinacea* o *Chuquiraga avellanadae* y *Stipa tenuis*. La trama superpuesta representa el tipo fisonómico. Los rayados indican las Estepas arbustivas y arbustivo-herbáceas y su densidad es proporcional a la cobertura total de la unidad. Los punteados representan las Estepas herbáceas y su densidad es proporcional a la cobertura total.

4.—CONCLUSIONES

Las unidades de vegetación definidas en este trabajo guardan estrecha relación con los Sistemas Fisiográficos

del área (*Beltramone, 1980*) y con las unidades edafológicas (*Rostagno, 1980*)

La metodología aplicada para el ordenamiento de los censos permite agruparlos en forma clara y objetiva.

Este ordenamiento permite además agrupar los censos según su complejidad e individualizar unidades ecotonaes o de transición.

El método seguido es suficientemente expeditivo como para asegurar una representación adecuada de la variación de la vegetación en unidades de similitud de Sorensen mayor de 50%.

Dado que el cálculo de los valores principales se en-

cuentra generalmente en programas de rutina de centros de cómputo su utilización parece ser una alternativa práctica y de fácil acceso para la descripción de la vegetación de zonas áridas en forma eficiente y relativamente objetiva.

5.—AGRADECIMIENTOS:

Los autores agradecen al Licenciado Oscar Geffner por su colaboración en la elaboración y ejecución de los programas FORTRAN para el procesamiento de los datos.

La Ing. Agr. María C. Latour determinó parte del material de Gramíneas y la Dra. Maevia Correa supervisó la determinación del material de las familias restantes, a ambas nuestro agradecimiento.

TABLA I: PLANILLA UTILIZADA PARA LA RECOLECCION DE LOS DATOS DE CAMPO

FECHA: 6/XII/78 FOTO No.:
LAND SYSTEM: M. (meseta) OBSERVADOR: Beeskow - Bertiller
LUGAR: Sitio 90 POSICION TOPOGRAFICA: Meseta
TIPO DE VEGETACION: Estepa arbustivo-hervácea de Chuquiraga avellanadae y Stipa tenuis
SUPERFICIE RELEVADA: 10.000 m²
CONTACTO:
COBERTURA TOTAL: 50%
OBSERVACIONES: Ephedra ochreatea y Lycium chilense muy comidos

Altura en cm. 50 35% de composición B	Altura en cm. 10 10% de composición C	Altura en cm. 5-20 15% de composición H
3.1 Chuquiraga avellanadae 2.1 Prosopidastrum globosum 1.1 Lycium chilense + Brachyclados megalanthus + Ephedra ochreatea + Schinus polygamus	2.2 Acantholippia seriphoides 1.1. Hoffmanseggia trifoliata 1.1 Paronychia chilensis 1.1 Baccharis darwinii +2 Chuquiraga aurea +2 Nassauvia fuegiana 2.1 Tetraglochin caespitosum + Perezia recurvata	2.2 Plantago Patagonica 2.1 Poa ligularis + Spergularia sp 2.1 Stipa tenuis 1.1 Vulpia sp. + Psila tenella 1.1 Stipa speciosa 1.1 Gilia sp. + Stipa longiglumis 1.1 Schismus barbatus 1.2 Myosurus sp. 1.1 Daucus pusillus 1.1 Stipa neaei 1.1 Hordeum euclaston 2.1 Piptochaetium napostaense + Koeleria mendocinerisis + Bromus unioloides + Stipa humilis + Grindelia chiloensis

El tipo de vegetación corresponde al tipo fisonómico presente en la unidad muestreada; para ello se utilizó una clave fisonómica confeccionada para la región (*J. Anchorena - Inédito*).

Contacto se refiere al tipo de vegetación lindante con el sitio de observación.

Cada estrato se individualizó con una letra de acuerdo a la forma biológica dominante (1).

- Arbustivo: B
- Subarbustivo: C
- Herbáceo: H

En cada estrato se diferenciaron substratos.

Cada substrato se representó con la letra correspondiente al estrato y un subíndice de 1 a n. El subíndice menor indica que se trata del substrato de menor altura.

De cada estrato se indicó la altura aproximada, el porcentaje de cobertura total correspondiente al mismo y la lista florística completa.

Para cada especie se aprecia la abundancia cobertura y la sociabilidad utilizando rangos similares a los usados por Braun Blanquet (1950).

(1) Estas categorías corresponden a las que se definen habitualmente con los mismos términos. (*Ejemplo: Cabrera, 1953 b*).

El término subarbusto alude a camefitas con desarrollo leñoso.

UNIDAD DE VEGETACION	DESCRIPCION DE ESTRATOS	UBICACION GEOGRAFICA
1. Estepa herbácea de <i>Sporobolus rigens</i> y <i>Stipa tenuis</i> . Número de estratos: 2 Cobertura total: 70-80%	Estrato Subarbustivo: Cobertura: 10-30% Altura: 10 cm. Dominantes: <i>Paronychia chilensis</i> . Estrato herbáceo: Cobertura: 50-60% Altura: 10-30 cm. Dominantes: <i>Sporobolus rigens</i> , <i>Stipa tenuis</i> . Acompañantes: <i>Piptochaetium napostaense</i> , <i>Panicum urvilleanum</i> , <i>Poa lanuginosa</i> .	Cordones medianos con dirección O-E al Sur de la Península Valdés.
2. Estepa herbácea de <i>Piptochaetium napostaense</i> , <i>Stipa tenuis</i> y <i>Plantago patagonica</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total: 60-70%	Estrato Arbustivo: Cobertura: 15% Altura: 50-200 cm. Dominantes: <i>Chquiraga avellanadae</i> Acompañantes: <i>Schinus polygamus</i> , <i>Lycium chilense</i> , <i>Discaria americana</i> . Estrato Subarbustivo: Cobertura: 5% Altura: 10 cm. Dominantes: <i>Paronychia chilensis</i> , <i>Hoffmanseggia trifoliata</i> Acompañantes: <i>Baccharis melanopotamica</i> , <i>Tetraglochin caespitosum</i> . Estrato Herbáceo: Cobertura: 40-50% Altura: 20 cm. Dominantes: <i>Piptochaetium napostaense</i> , <i>Stipa tenuis</i> , <i>Plantago patagonica</i> . Acompañantes: <i>Bromus unioloides</i> , <i>Schismus barbatus</i> .	Sudeste de la Península Valdés. Sur de la Península Valdés entre los cordones medianos, asociada a la Estepa arbustiva de <i>Chquiraga avellanadae</i> y <i>Stipa tenuis</i> .
3. Estepa herbácea de <i>Stipa tenuis</i> , <i>Stipa longiglumis</i> con arbustos de <i>Chquiraga avellanadae</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total: 85% Observaciones: Es una unidad de transición entre la Estepa herbácea de <i>Piptochaetium napostaense</i> , <i>Stipa tenuis</i> y <i>Plantago Patagonica</i> y la Estepa arbustiva de <i>Chquiraga avellanadae</i> y <i>Stipa tenuis</i> .	Estrato Arbustivo: Cobertura: 40% Altura: 30 cm. Dominantes: <i>Chquiraga avellanadae</i> . Acompañantes: <i>Lycium tenuispinosum</i> . Estrato Subarbustivo: Cobertura: 5% Altura: 10 cm. Dominantes: <i>Paronychia chilensis</i> , <i>Hoffmanseggia trifoliata</i> . Acompañantes: <i>Baccharis darwinii</i> . Estrato Herbáceo: Cobertura: 40% Altura: 20 cm. Dominantes: <i>Stipa tenuis</i> , <i>Stipa longiglumis</i> , <i>Piptochaetium napostaense</i> . Acompañantes: <i>Plantago patagonica</i> , <i>Poa ligularis</i> , <i>Bromus unioloides</i> .	Este de Península Valdés en las terrazas marinas de la Caleta Valdés.
4. Estepa arbustiva-herbácea de <i>Chquiraga erinacea</i> y <i>Stipa tenuis</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total: 40-70%	Estrato Arbustivo: Cobertura: 40-70% Altura: 80 cm. Dominantes: <i>Chquiraga erinacea</i> . Acompañantes: <i>Schinus polygamus</i> . Estrato Subarbustivo: Cobertura: 0-5% Altura: 10 cm. Dominantes: <i>Acantholippia seriphioides</i> , <i>Baccharis darwinii</i> , <i>B. melanopotamica</i> . Acompañantes: <i>Hoffmanseggia trifoliata</i> , <i>Boopis anthemoides</i>	Angosta faja costera al N y NE de la Península Valdés, sobre flancos de la meseta.

UNIDAD DE VEGETACION	DESCRIPCION DE ESTRATOS	UBICACION GEOGRAFICA
	<p>Estrato herbáceo: Cobertura: 10–30% Altura: 10 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Hordeum euclaston</i>.</p> <p>Acompañantes: <i>Stipa neaei</i>, <i>Poa Ligularis</i></p>	
5. Estepa arbustiva-herbácea de <i>Chusquea avellaneda</i> y <i>Stipa tenuis</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total: 50 %	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 25% Altura: 50–60 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Chusquea avellaneda</i>.</p> <p>Acompañantes: <i>Schinus molle</i>, <i>Lycium chilense</i>.</p> <p>Estrato Subarborescente: Cobertura: 0–5 % Altura: 10 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Hoffmannseggia trifoliata</i>.</p> <p>Acompañantes: <i>Paronychia chilensis</i>, <i>Perezia recurvata</i>.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 20–25 % Altura: 10 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Piptochaetium napostense</i>, <i>Poa Ligularis</i>, <i>Stipa longiglumis</i>.</p>	Centro de Península Valdés e Istmo C. Ameghino sobre nivel superior de la meseta.
6. Estepa subarborescente de <i>Hyalis argentea</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total: 70 %	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 65 % Altura: 50 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Hyalis argentea</i>.</p> <p>Estrato Subarborescente: Cobertura: 5 % Altura: 5–15 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Acantholippia seriphoides</i>.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 5 % Altura: 5 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Schismus barbatus</i>, <i>Poa lanuginosa</i>.</p>	Cordones medianos con dirección O–E al Sur de P. Valdés, asociada a la Estepa herbácea de <i>Sporobolus rigens</i> y <i>Stipa tenuis</i> .
7. Estepa arbustiva de <i>Condalia microphylla</i> y <i>Lycium</i> spp. Número de estratos: 2 Cobertura total: 60 %	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 30% Altura: 60–120 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Condalia microphylla</i>, <i>Lycium chilense</i>, <i>Chusquea avellaneda</i>.</p> <p>Acompañantes: <i>Lycium gilliesianum</i>, <i>Schinus molle</i>.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 30% Altura: 20 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Stipa neaei</i>, <i>Stipa humilis</i>.</p> <p>Acompañantes: <i>Piptochaetium napostense</i>, <i>Plantago patagonica</i>, <i>Stipa longiglumis</i>, <i>Schismus barbatus</i>.</p>	E de Península Valdés sobre flancos de Meseta.
8. Estepa arbustiva de <i>Chusquea avellaneda</i> y <i>Chusquea erinacea</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total: 60–80 % Observaciones: Esta unidad es de transición entre la Estepa arbustiva de <i>Chusquea avellaneda</i> y la Estepa arbustiva de <i>Chusquea avellaneda</i> y <i>Condalia microphylla</i> .	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: Altura: 50–60 cm.</p> <p>Subestrato 1 Cobertura: 30–40%</p> <p>Dominantes: <i>Chusquea avellaneda</i>, <i>Chusquea erinacea</i>.</p> <p>Subestrato 2 Cobertura: Altura: 100 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Lycium chilense</i>, <i>Condalia microphylla</i>.</p> <p>Acompañantes: <i>Prosopidastrum globosum</i>, <i>Schinus molle</i>.</p> <p>Estrato Subarborescente: Cobertura: 5% Altura: 5–10 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Paronychia chilensis</i>, <i>Hoffmannseggia trifoliata</i>.</p> <p>Acompañantes: <i>Baccharis darwinii</i>, <i>Perezia recurvata</i>.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 15–30% Altura: 5–20 cm.</p>	N E de Península Valdés sobre el nivel superior de meseta.

UNIDAD DE VEGETACION	DESCRIPCION DE ESTRATOS	UBICACION GEOGRAFICA
	<p>Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Stipa neaei</i>, <i>Stipa speciosa</i> y <i>Plantago patagonica</i>. Acompañantes: <i>Stipa humilis</i>, <i>Schismus barbatus</i>, <i>Poa ligularis</i> <i>Vulpia megalura</i> y <i>Piptochaetium napostaense</i>.</p>	
9. Estepa arbustiva de <i>Chquiraga avellanadae</i> y <i>Condalia microphylla</i> . Número de estratos: 2 Cobertura total: 50-60%	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 40 % Subestrato 1 Dominantes: <i>Chquiraga avellanadae</i>. Acompañantes: <i>Brachyclados megalanthus</i>. Subestrato 2 Dominantes: <i>Condalia microphylla</i>, <i>Prosopidastrum globosum</i>. Acompañantes: <i>Lycium chilense</i>, <i>Schinus polygamus</i>. Estrato Herbáceo: Cobertura: 15 % Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Stipa speciosa</i>, <i>Stipa neaei</i>. Acompañantes: <i>Piptochaetium napostaense</i>, <i>Stipa longiglumis</i>, <i>Schismus barbatus</i>.</p>	Nivel superior de meseta del centro-norte de la Península Valdés.
10. Estepa arbustiva de <i>Schinus polygamus</i> y <i>Lycium chilense</i> . Número de estratos: 2 Cobertura total: 40%	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 20 % Dominantes: <i>Schinus polygamus</i>, <i>Lycium chilense</i>. Estrato Herbáceo: Cobertura: 20 % Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Stipa neaei</i>, <i>Stipa speciosa</i>, <i>Stipa humilis</i>. Acompañantes: <i>Poa ligularis</i>, <i>Plantago patagonica</i>.</p>	Costa este de Península Valdés sobre Caleta Valdés.
11. Estepa arbustiva de <i>Chquiraga avellanadae</i> y <i>Mulinum spinosum</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total 50 %	<p>Estrato Arbustivo Cobertura: 30-35 % Dominantes: <i>Chquiraga avellanadae</i>, <i>Mulinum spinosum</i> Acompañantes: <i>Lycium chilense</i>, <i>Condalia microphylla</i>. Estrato Subarbustivo: Cobertura: 10-15 % Dominantes: <i>Gutierrezia solbrigii</i> Acompañantes: <i>Acantholippia seriphoides</i>. Estrato Herbáceo: Cobertura: 10-20 % Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Stipa humilis</i>, <i>Stipa speciosa</i> y <i>Poa lanuginosa</i>. Acompañantes: <i>Bromus unioloides</i>, <i>Schismus barbatus</i>.</p>	Istmo C. Ameghino sobre la Costa del Golfo de San José.
12. Estepa arbustiva de <i>Senecio filaginoides</i> y <i>Mulinum spinosum</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total: 50 %	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 35 % Subestrato 1 Dominantes: <i>Mulinum spinosum</i>, <i>Senecio filaginoides</i>. Subestrato 2 Dominantes: <i>Lycium chilense</i>, <i>Schinus polygamus</i>.</p>	Médanos costeros del Golfo de San José y Golfo Nuevo.

UNIDAD DE VEGETACION	DESCRIPCION DE ESTRATOS	UBICACION GEOGRAFICA
	<p>Estrato Subarbusivo: Cobertura: 10% Altura: 30 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Baccharis darwinii</i>, <i>Baccharis divaricata</i>.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 5% Altura: 30 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Sporobolus rigens</i>, <i>Poa lanuginosa</i>.</p> <p>Acompañantes: <i>Stipa neaei</i>, <i>Stipa humilis</i>, <i>Schismus barbatus</i>.</p>	
13.. Estepa arbustiva de <i>Chuquiraga hystrix</i> <i>Chuquiraga avellanadae</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total: 60-80%	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 50% Altura: 50-60 cm.</p> <p>Subestrato 1 Dominantes: <i>Chuquiraga avellanadae</i>, <i>Brachy cladus megalanthus</i>.</p> <p>Subestrato 2 Dominantes: <i>Chuquiraga hystrix</i>, <i>Lycium chilense</i>. Acompañantes: <i>Schinus polygamus</i>, <i>Condalia microphylla</i>.</p> <p>Estrato Subarbusivo Cobertura: 5% Altura: 5-10 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Hoffmanseggia trifoliata</i>, <i>Baccharis darwinii</i>. Acompañantes: <i>Perezia recurvata</i>, <i>Tetraglochin caespitosum</i>, <i>Acantholippia seriphioides</i>.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 15-20% Altura: 5-10 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Piptochaetium napostaense</i>, <i>Stipa speciosa</i>, <i>Stipa humilis</i>.</p> <p>Acompañantes: <i>Stipa neaei</i>, <i>Poa ligularis</i>, <i>Daucus pusillus</i>, <i>Schismus barbatus</i>, <i>Bromus unioides</i>.</p>	En las depresiones de la Salina Grande y del Gran Salitral y en el nivel superior de meseta del Istmo Carlos Ameghino, mesetas al E y NE del Gran Salitral y en el nivel superior de meseta de Punta Buenos Aires.
14. Estepa arbustiva de <i>Chuquiraga avellanadae</i> <i>Larrea divaricata</i> y <i>Nassauvia fuegiana</i> Número de estratos: 3 Cobertura total: 35 %	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 30 % Altura: 60 cm.</p> <p>Subestrato 1 Dominantes: <i>Chuquiraga avellanadae</i>. Altura: 120 cm.</p> <p>Subestrato 2 Dominantes: <i>Condalia microphylla</i>, <i>Larrea divaricata</i>. Acompañantes: <i>Schinus polygamus</i>.</p> <p>Estrato Subarbusivo: Cobertura: 4% Altura: 20 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Nassauvia fuegiana</i>. Acompañantes: <i>Baccharis darwinii</i>.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 1% Altura: 20 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Schismus barbatus</i>.</p>	Faja costera del Istmo Carlos Ameghino sobre el Golfo San José, en los flancos de meseta.
15. Estepa Arbustiva de <i>Cyclolepis genistoides</i> , <i>Chuquiraga avellanadae</i> y <i>Atriplex lampa</i> .	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 30-50% Altura: 60 cm.</p> <p>Subestrato 1 Dominantes: <i>Chuquiraga avellanadae</i>. Altura: 100 cm.</p> <p>Subestrato 2</p>	En áreas costeras del Golfo San José y del Golfo Nuevo

UNIDAD DE VEGETACION	DESCRIPCION DE ESTRATOS	UBICACION GEOGRAFICA
Número de estratos: 3 Cobertura total: 50-80%	<p>Dominantes: <i>Cyclolepis genistoides</i>.</p> <p>Estrato Subarbusivo: Cobertura: 10-20% Altura: 5-10 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Acantholippia seriphioides</i>, <i>Baccharis darwinii</i>. Acompañantes: <i>Hoffmanseggia trifoliata</i>, <i>Gutierrezia</i> sp.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 10-20% Altura: 10 cm.</p> <p>Dominantes: <i>Stipa speciosa</i>, <i>Stipa humilis</i> y <i>Stipa neaei</i>.</p>	
16. Estepa arbustiva de <i>Chuiriraga avellanadae</i> <i>Cyclolepis genistoides</i> y <i>Chuiriraga hystrix</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total: 40-60%	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 30-40%</p> <p>Subestrato 1 Dominantes: <i>Chuiriraga avellanadae</i>, <i>Mulinum spinosum</i>. Altura: 60 cm.</p> <p>Subestrato 2 Dominantes: <i>Chuiriraga hystrix</i>, <i>Cyclolepis genistoides</i>. Altura: 80-100 cm.</p> <p>Estrato subarbusivo: Cobertura: 5%</p> <p>Dominantes: <i>Acantholippia seriphioides</i>, <i>Perezia recurvata</i>. Altura: 5-10 cm.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 5%</p> <p>Dominantes: <i>Stipa humilis</i>, <i>Stipa neaei</i>, <i>Stipa tenuis</i>. Altura: 5-10 cm.</p> <p>Acompañantes: <i>Stipa speciosa</i>, <i>Schismus barbatus</i>.</p>	Flancos de meseta con pendiente al Golfo San José y depresión de la Salina Grande.
17. Estepa arbustiva de <i>Chuiriraga avellanadae</i> y <i>Schinus polygamus</i> . Número de estratos: 3 Cobertura total: 40-50%	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 40%</p> <p>Subestrato 1 Dominantes: <i>Chuiriraga avellanadae</i>. Altura: 50-60 cm.</p> <p>Subestrato 2 Dominantes: <i>Schinus polygamus</i>, <i>Condalia microphylla</i> y <i>Prosopidastrum globosum</i>. Altura: 100-200 cm.</p> <p>Estrato Subarbusivo: Cobertura: 1-5%</p> <p>Dominantes: <i>Acantholippia seriphioides</i>, <i>Boopis anthemoides</i>. Altura: 5-10 cm.</p> <p>Acompañantes: <i>Hoffmanseggia trifoliata</i>, <i>Perezia recurvata</i>.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 5%</p> <p>Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Stipa humilis</i>, <i>Stipa neaei</i>. Altura: 5-10 cm.</p> <p>Acompañantes: <i>Stipa speciosa</i>, <i>Poa ligularis</i>, <i>Schismus barbatus</i>.</p>	Estrecha faja sobre el borde de la meseta que vierte al Golfo Nuevo.

UNIDAD DE VEGETACION	DESCRIPCION DE ESTRATOS	UBICACION GEOGRAFICA
<p>18. Estepa arbustiva de <i>Larrea divaricata</i>, <i>Chuquiraga avellanadae</i> y <i>Prosopidastrum globosum</i></p> <p>Número de Estratos: 3 Cobertura total: 50-60 %</p>	<p>Estrato Arbustivo: Cobertura: 50-60 % Subestrato 1 Dominantes: <i>Chuquiraga avellanadae</i>, <i>Brachyclados megalanthus</i>. Subestrato 2 Dominantes: <i>Larrea divaricata</i>, <i>Prosopidastrum globosum</i>. Acompañantes: <i>Condalia microphylla</i>, <i>Verbena aff. alatocarpa</i>.</p> <p>Estrato Subarbustivo: Cobertura: 5-10 % Dominantes: <i>Baccharis darwinii</i>, <i>Gutierrezia solbrigii</i>. Acompañantes: <i>Acantholippia seriphoides</i>, <i>Hoffmanseggia trifoliata</i>.</p> <p>Estrato Herbáceo: Cobertura: 5 % Dominantes: <i>Stipa tenuis</i>, <i>Stipa humilis</i>, <i>Stipa neaei</i>.</p> <p>Altura: 50-60 cm. Altura: 100-120 cm. Altura: 5-10 cm. Altura: 5-10 cm.</p>	<p>Costa norte del Golfo Nuevo, sobre flancos de la meseta.</p>

LEYENDA DE FIGURAS

FIGURA 1: Procedimiento seguido para la definición, delimitación y cartografía de las unidades de vegetación de la Península Valdés y sus cercanías.

FIGURA 2: Distribución espacial de los censos de Península Valdés y sus cercanías en el plano definido por la primera y segunda componente principal de la matriz de correlaciones binarias entre ellos. Los puntos identifican cada censo. Los polígonos agrupan los censos en unidades de vegetación, según el criterio de similitud de Sörensen mayor del 50%

Las unidades definidas son:

1. — Estepa herbácea de *Sporobolus rigens* y *Stipa tenuis*.
2. — Estepa herbácea de *Piptochaetium napaense*, *Stipa tenuis* y *Plantago patagonica*.
3. — Estepa herbácea de *Stipa tenuis* y *Stipa longiglumis* con arbustos de *Chuquiraga avellanadae*.
4. — Estepa arbustiva-herbácea de *Chuquiraga erinacea* y *Stipa tenuis*.
5. — Estepa arbustiva-herbácea de *Chuquiraga avellanadae* y *Stipa tenuis*.
6. — Estepa subarbustiva de *Hyalis argentea*.
7. — Estepa arbustiva de *Condalia microphylla* y *Lycium* spp.

8. — Estepa arbustiva de *Chuquiraga avellanadae* y *Chuquiraga erinacea*.

9. — Estepa arbustiva de *Chuquiraga avellanadae* y *Condalia microphylla*.

10. — Estepa arbustiva de *Schinus polygamus* y *Lycium chilense*.

11. — Estepa arbustiva de *Chuquiraga avellanadae* y *Mulinum spinosum*.

12. — Estepa arbustiva de *Senecio filaginoides* y *Mulinum spinosum*.

13. — Estepa arbustiva de *Chuquiraga hystrix* y *Chuquiraga avellanadae*.

14. — Estepa arbustiva de *Chuquiraga avellanadae*, *Larrea divaricata* y *Nassauvia fuegiana*.

15. — Estepa arbustiva de *Cyclolepis genistoides*, *Chuquiraga avellanadae* y *Atriplex lampa*.

16. — Estepa arbustiva de *Chuquiraga avellanadae*, *Cyclolepis genistoides* y *Chuquiraga hystrix*.

17. — Estepa arbustiva de *Chuquiraga avellanadae* y *Schinus polygamus*.

18. — Estepa arbustiva de *Larrea divaricata*, *Chuquiraga avellanadae*, y *Prosopidastrium globosum*.

FIGURA 3: Mapa escala 1: 250.000 de las unidades de vegetación de la Península Valdés.

6. BIBLIOGRAFIA

- BARROS, V.R., B. SCIAN y F. MATIO. 1978. Campos de precipitaciones de la Provincia del Chubut (*Período 1931-1960*). En prensa Revista Geoactas. Buenos Aires.
- BELTRAMONE, C.A. 1980. Rasgos fisiográficos de la Península Valdés. En Prensa. OEA – CONICET – INTA.
- BRAUN BLANQUET, J. 1950. Sociología Vegetal. Estudio de las Comunidades. Buenos Aires, Acmé Agency 44 p.
- CABRERA, A.L. 1953a. Esquema fitogeográfico de la República Argentina. Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie) 8:87-168.
- CABRERA, A. L. 1953b. Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires, Acmé, Agency Buenos Aires.
- KUCHLER, A.W. 1967 Vegetation Mapping. The Ronald Press Company New York 472 pp.
- LAWLEY, D.N. y A. E. MAXWELL, 1971. Factor analysis as a statistical method p: 7-23. London, Butterworths, 153 pp.
- MUELLER DOMBOIS, D. y HEINZ ELLEMBERG. 1974. Aims and methods of vegetation ecology, John Wiley and Sons, New York, 570 pp.
- ROSTAGNO, C.M. 1980. Reconocimiento de los suelos de Península Valdés e Istmo Ameghino - Chubut República Argentina. En prensa – OEA – CONICET – INTA.
- SEAL, H. 1964 Multivariate statistical analysis for biologist. Cap. 6 – Methuen and Co. Lt., London, 209 pp.
- SOKAL, R.R. y ROHLF. 1969. Biometry. p: 386-387. H. Freeman and Co. San Francisco, 776 pp.
- SORIANO, A. 1956. Los Distritos florísticos de la Provincia Patagónica R.I.A. X.(4): 323-347.

FIGURA 2

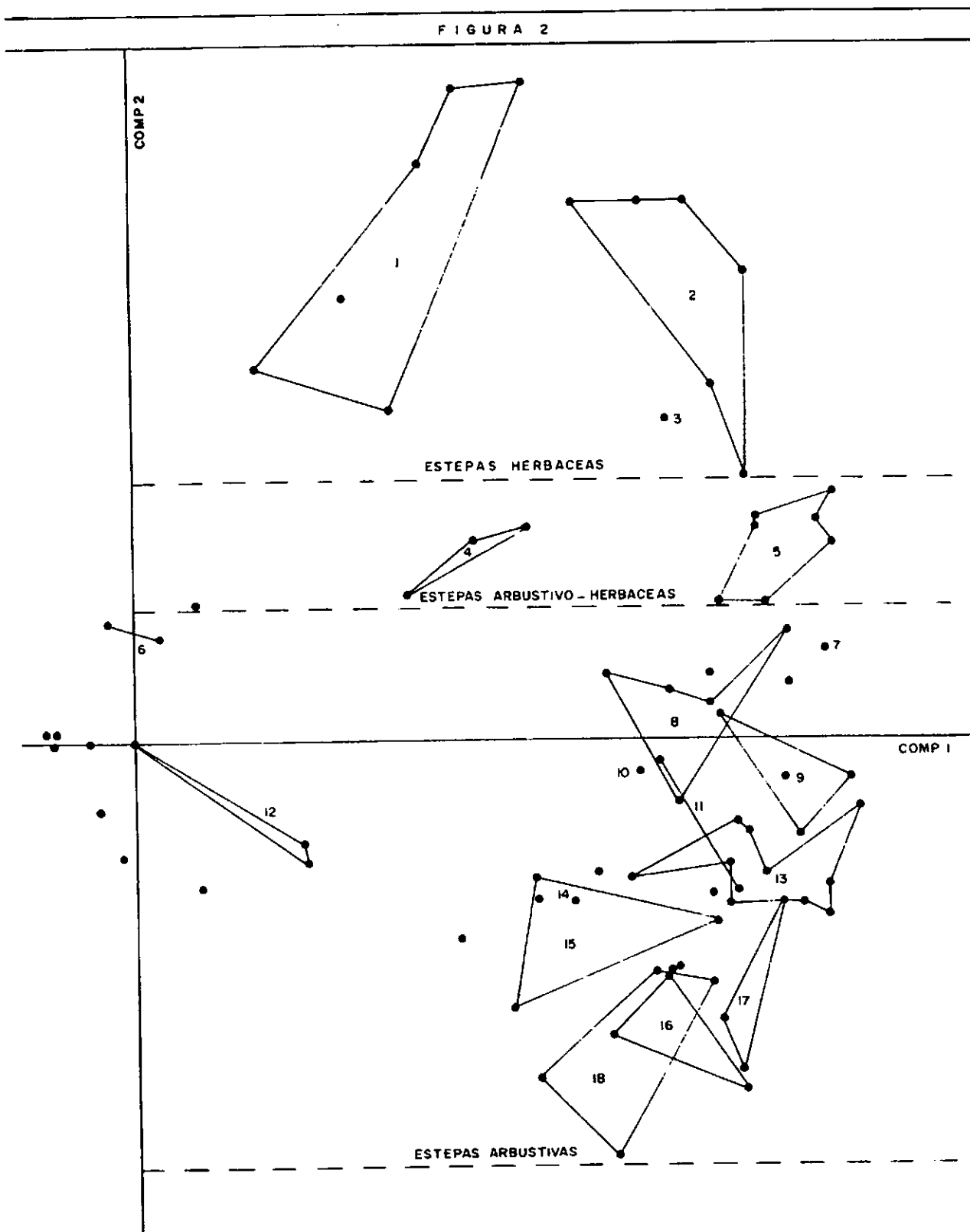
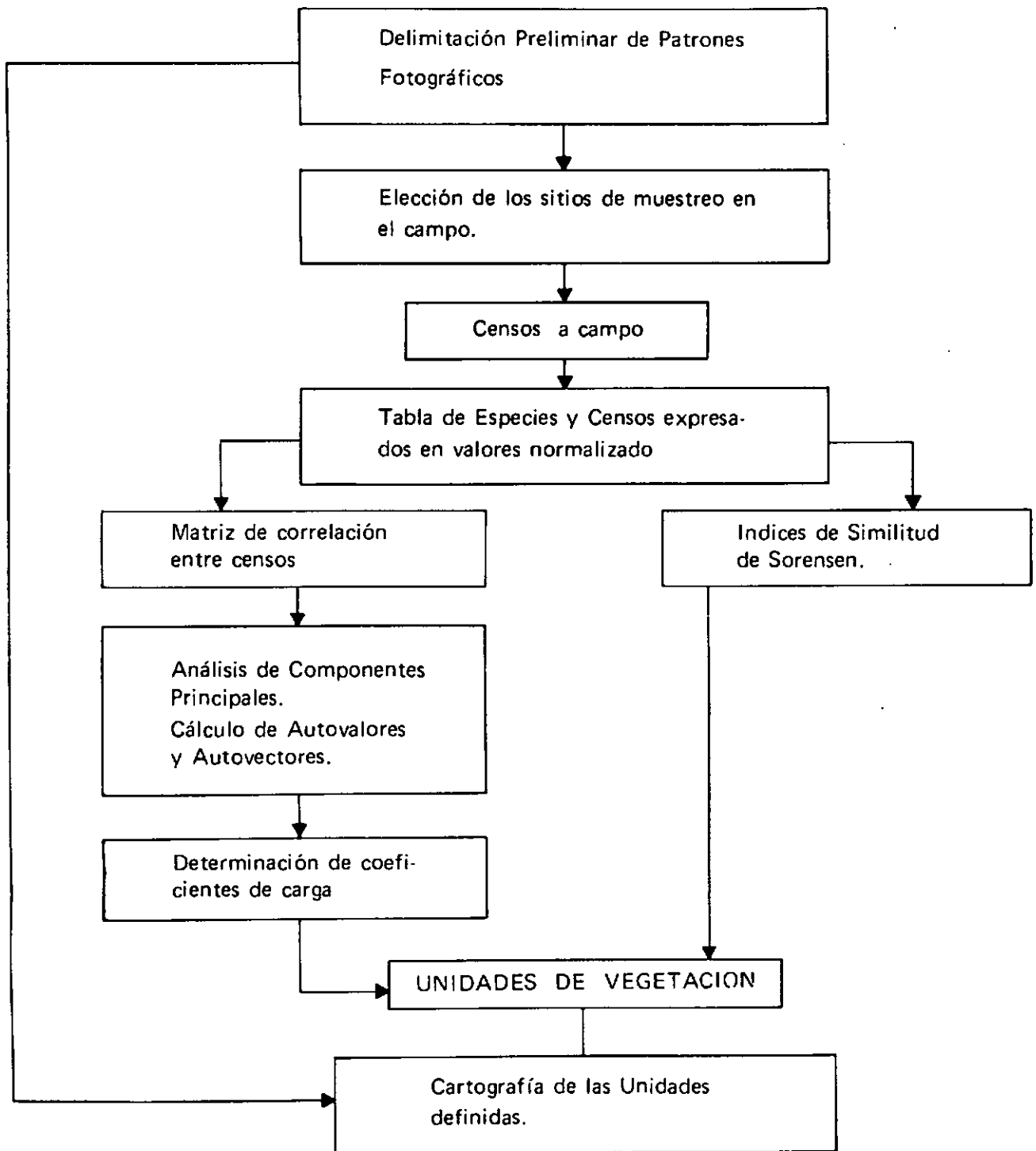


FIGURA 1



ENUMERACION SISTEMATICA DE LAS ESPECIES ENCONTRADAS EN LA PENINSULA VALDES Y SUS CERCANIAS

EPHEDRACEAE

Ephedra ochreate Miers.

JUNCAGINACEAE

Triglochin concinna Davy.

GRAMINEAE

Aristida sp.

Bromus unioloides H.B.K.

Distichlis scoparia (Kunth.) Arech.

Distichlis spicata (L.)

Elymus erianthus Phil.

Hordeum comosum Presl.

Hordeum euclaston Steudel.

Hordeum murinum L.

Koeleria mendocinensis (Hauman.) Calderon.

Melica sp.

Panicum urvilleanum Kunth.

Piptochaetium napostaense (Speg.) Hackel. ap. Stuckert.

Poa lanuginosa Poir. ap. Lamarck.

Poa ligularis Nees. ap. Steudel

Polypogon monspeliensis. (L.) Desf.

Schismus barbatus (L.) Thellung.

Spartina sp.

Sporobolus rigens (Trin.) Desv.

Stipa ambigua Speg.

Stipa chrysophylla Desvaux.

Stipa humilis Vahl.

Stipa longiglumis Phil.

Stipa neaei Nees.

Stipa speciosa Trin. et Rupr

Stipa tenuis Phil.

Vulpia megalura (Nuttball.) Rydbergs.

CYPERACEAE

Cyperus sp.

JUNCACEAE

Juncus sp.

AMARYLLIDACEAE

Rhodophiala ciwesii. (C. H. Wright.) Traub.

IRIDACEAE

Sisyrinchium sp.

OLACEAE

Menodora robusta

SANTALACEAE

Arjona tuberosa Cav.

POLYGONACEAE

Poligonum brasiliense Koch.

CHENOPODIACEAE

Atriplex lampa Gill. ex Moquin.

Atriplex sagittifolium Speg.

Chenopodium ambrosoides.

Salicornia ambigua Mich.

Suaeda argentinensis Soriano.

Suaeda sp.

NICTAGINACEAE

Bougainvillea spinosa (Cav.) Hermerl.

AIZOACEAE

Mesembrianthemum sp.

CARYOPHYLLACEAE

Cerastium arvense L.

Paronychia chilensis D.C.

Spergularia sp.

MONIMIACEAE

Monimia sp.

CAPARIDACEAE

Atamisquea emarginata Miers. ex Hook. et Arn.

CRUCIFERAE

Draba sp.

Lepidium sp.

ROSACEAE

Tetraglochin caespitosum

Tetraglochin ameghinii Speg.

LEGUMINOSAE

Adesmia candida Hook. f.

Adesmia af. *acuta* Burk.

Anarthrophyllum rigidum (Gill ex H. et A.) Hieron.

Hoffmanseggia trifoliata Cav.

Prosopidastrum globosum (Gill. ex Hook. et Arn.) Burk.

Prosopis alpataco Phil.

Prosopis denudans Benth.

Vicia pampicola Burk. var. *burkartii* Giang.

GERANIACEAE

Erodium cicutarium (L.) L'Herit. ex Ait.

ZYGOPHYLLACEAE

Larrea divaricata Cav.

Larrea nitida Cav.

EUPHORBIACEAE

Euphorbia portulacoides L. em Spreng.

Euphorbia serpens H.B.K.

ANACARDIACEAE

Schinus polygamus. (Cav.) Cabr.

RHAMNACEAE

Condalia microphylla Speg.

Discaria americana

MALVACEAE

Lecanophora sp.

Sida leprosa (Ort.) K. Schum.

FRANKENIACEAE

Frankenia patagonica Speg.

Frankenia pulverulenta L.

LOASACEAE

Loasa bergii Hier.

OENOTHERACEAE

Camissonia dentata (Cav.) Reiche.

Oenothera campylocalix Rock. et Bonché.

UMBELLIFERAE

Daucus pusillus Michx.

Eryngium chubutense Neger. ex Dusén.

Mulinum spinosum (Cav.) Pers.

PLUMBAGINACEAE

Limonium brasiliensis (Boiss.) O. Kuntze.

ASCLEPIADACEAE

Aphanostelma candolleum (Hook. et Arn.) Malme.

CONVOLVULACEAE

Dichondra repens. Forst.

POLEMONIACEAE

Gilia spp.

BORRAGINACEAE

Amsinckia calycina (Moris.) Chater.

Lappula redowskii (Horn.) Greene. var. *desertorum* (Greene.)

Pectocarya linearis (R. et P.) D.C. var. *ferocula* Johnst

VERBENACEAE

Acantholippia seriphioides (A. Gray.) Mold.

Glandularia aurantiaca Speg.

Verbena af. *alatocarpa* Tronc.

LABIATAE

Marrubium sp.

SOLANACEAE

Fabiana sp.

Lycium ameghinoi Speg.

Lycium chilense Miers. ex Bertero.

Lycium af. *gilliesianum* Miers.

Lycium tenuispinosum Miers.

PLANTAGINACEAE

Plantago myosorus Lam.

Plantago patagonica Jacq.

RUBIACEAE

Relbunium richardianum (Gill. ex Hook. et Arn.) Hicken.

CALYCERACEAE

Boopis anthemoides Juss.

COMPOSITAE

Aster haplopappus (Remy.) O. Kuntze.

Baccharis crispa Sprengel.

Baccharis darwinii Hook. et Arn.

Baccharis divaricata Hauman.

Baccharis gilliesii A. Gray

Baccharis melanopotamica Speg.

Baccharis triangularis Hauman.

Brachyclados megalanthus Speg.

Chuquiraga aurea Skottsberg.

Chuquiraga avellanadae Loretz.

Chuquiraga erinacea Don.

Chuquiraga hystrix Don.

Cyclolepis genistoides Don.

Gamochaeta sp.

Grindelia chilensis (Carn.) Cabrera.

Gutierrezia solbrigii Cabrera.

Hyalis argentea Don. ex Hook. et Arn.

Hypochoeris sp.

Hysterionica jasionoides Willdenow.

Nassauvia fuegiana (Speg.) Cabrera.

Nassauvia ulicina (Hook. f.) Macloskie, in Scott.

Perezia recurvata (Vahl) Lessing ssp. *recurvata*

Psila spartioides (Hook. et Arn.) Cabrera.

Psila tenella (Hook. et Arn.) Cabrera.

Senecio chrysocomoides Hook. et Arn.

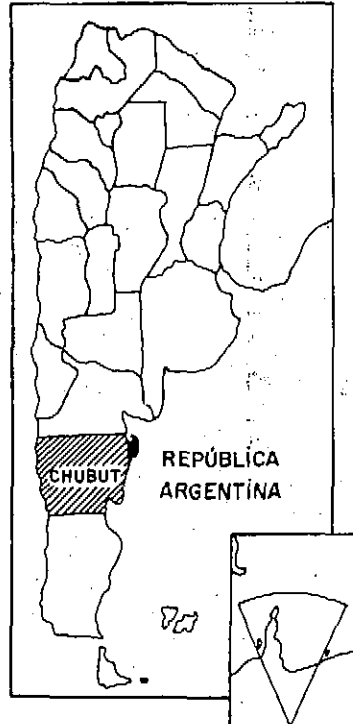
Senecio filaginoides D.C.

Sonchus asper (L.) Hill.

FIGURA 3 LA VEGETACION DE LA PENINSULA VALDES

- 1.- Estepa herbácea de *Sporobolus rigens* y *Stipa tenuis*
- 1-6.- Mosaico. (1.- Estepa herbácea de *Sporobolus rigens* y *Stipa tenuis* - 6.- Estepa subarborescente de *Hyalis argentea*)
- 2.- Estepa herbácea de *Piptochaetium napostaense*, *Stipa tenuis* y *Plantago patagonica*
- 2-5.- Mosaico. (2.- Estepa herbácea de *Piptochaetium napostaense*, *Stipa tenuis* y *Plantago patagonica* - 5.- Estepa arbustiva-herbácea de *Chuiraga avellanadae* y *Stipa tenuis*)
- 3.- Estepa herbácea de *Stipa tenuis* y *Stipa longiglumis* con arbustos de *Chuiraga avellanadae*
- 4.- Estepa arbustiva-herbácea de *Chuiraga erinacea* y *Stipa tenuis*
- 5.- Estepa arbustiva-herbácea de *Chuiraga avellanadae* y *Stipa tenuis*
- 7.- Estepa arbustiva de *Condalia microphylla* y *Lycium* ssp.
- 8.- Estepa arbustiva de *Chuiraga avellanadae* y *Chuiraga erinacea*
- 9.- Estepa arbustiva de *Chuiraga avellanadae* y *Condalia microphylla*
- 10.- Estepa arbustiva de *Schinus polygamus* y *Lycium chilense*
- 11.- Estepa arbustiva de *Chuiraga avellanadae* y *Mulinum spinosum*
- 12.- Estepa arbustiva de *Senecio filaginoides* y *Mulinum spinosum*
- 13.- Estepa arbustiva de *Chuiraga hystrix* y *Chuiraga avellanadae*
- 2-14.- Mosaico. (2.- Estepa herbácea de *Piptochaetium napostaense*, *Stipa tenuis* y *Plantago patagonica* - 14.- Estepa arbustiva de *Chuiraga avellanadae*, *Larrea divaricata* y *Nassauvia fuegiana*)
- 15.- Estepa arbustiva de *Cyclolepis genistoides*, *Chuiraga avellanadae* y *Atriplex lampa*
- 16.- Estepa arbustiva de *Chuiraga avellanadae*, *Cyclolepis genistoides* y *Chuiraga hystrix*
- 17.- Estepa arbustiva de *Chuiraga avellanadae* y *Schinus polygamus*
- 18.- Estepa arbustiva de *Larrea divaricata*, *Chuiraga avellanadae* y *Prosopidastrium globosum*
- 19.- Médanos

MAPA DE UBICACIÓN



ESCALA 1:250.000

DIBUJO: ZSOLT KOVÁCS



Capítulo 6. Cartografía de peligros múltiples

- A. Beneficios de la cartografía de peligros múltiples
- B. Preparación de mapas de peligros múltiples
- C. Formato del mapa
- D. Otras formas de información sobre peligros múltiples
- E. Limitaciones
- Conclusiones
- Referencias

RESUMEN

Este capítulo presenta el concepto de la cartografía de peligros múltiples. Describe los beneficios comparativos del uso de mapas de peligros múltiples frente al uso de mapas de peligros individuales y explica la preparación y uso de tales mapas.

Cuando un área está expuesta a más de un peligro, un mapa de peligros múltiples (MPM) ayuda al equipo de planificación a analizarlos todos respecto a la vulnerabilidad y el riesgo. Facilitando la interpretación de información sobre peligros, se aumenta la probabilidad de que la información sea usada en el proceso de toma de decisiones. El MPM puede ser de gran valor bien en la planificación de nuevos proyectos de desarrollo, bien en la incorporación de técnicas para reducción de peligros dentro de la actividad de desarrollo existente.

En este capítulo se discute el MPM, principalmente en relación con su uso dentro de estudios de planificación para el desarrollo integrado.

A. Beneficios de la cartografía de peligros múltiples

El propósito principal del MPM es presentar la información relacionada con diferentes peligros para un área en estudio en un sólo mapa, ofreciendo un cuadro compuesto de los peligros naturales de diferentes magnitudes así como de su frecuencia y área de impacto. Un MPM también puede ser descrito como un mapa de peligro "compuesto", "sintetizado", y "sobrepuesto". Una área determinada puede sufrir la presencia de varios peligros naturales. (La Figura 6-1 es una tabulación de fenómenos naturales que pueden ser considerados para su inclusión en tales mapas). Usar mapas individuales para dar a conocer la información sobre cada peligro, puede conllevar cierta complicación, confundiendo a los planificadores y a quienes toman decisiones, tanto por el número de mapas como por sus posibles diferencias en área cubierta, escalas y detalle.

Muchos peligros naturales pueden ser causados por un mismo evento natural. El mecanismo que origina el evento puede interconectar varios peligros y se le puede identificar más fácilmente mediante el uso de un MPM. Las características del fenómeno natural y sus mecanismos de gatillo son sintetizados a partir de diferentes fuentes y presentados en un solo mapa.

Adicionalmente, los efectos y el impacto de un solo evento peligroso, como volcanes o terremotos, incluyen diferentes tipos de impactos, cada cual de diferente severidad y afectando localidades diferentes.

El MPM es un medio excelente para crear conciencia respecto a la mitigación de peligros múltiples. Resulta ser una herramienta analítica total para evaluar la vulnerabilidad y el riesgo, especialmente cuando se combina con la cartografía de instalaciones críticas, como se discute en el Capítulo 7.

La adopción de una estrategia de mitigación de peligros múltiples también tiene implicaciones sobre la planificación de preparativos para emergencias. Por ejemplo: proporciona una base más equitativa para asignar fondos a la planificación de desastre; estimula el uso de procedimientos de emergencia en materia de preparación, respuesta y recuperación, que sean más eficientes e integrados; y, promueve la creación de acuerdos cooperativos para involucrar a todas las agencias relevantes y grupos interesados. Debe enfatizarse que el MPM no tiene que ver con las necesidades específicas de lugar y peligro, para lo referente al diseño de ingeniería del proyecto.

El uso efectivo de la información sobre peligros naturales para evitar daños, o para reducir pérdidas, requiere un esfuerzo considerable por parte tanto de los generadores como de los usuarios de la información. A no ser que la información científica y de ingeniería sea "traducida" para el hombre común y corriente, la comunidad efectiva de usuarios estará compuesta sólo por otros científicos e ingenieros. Si los usuarios no llegan a ser capaces de interpretar y aplicar la información técnica, tal información probablemente será mal usada o dejada de lado en el proceso de planificación para el desarrollo. Los estudios de Kockelman (1975, 1976, 1979) sobre el uso de la información de Ciencias de la Tierra por ciudad, provincia, y región, por planificadores urbanos, provinciales y regionales, y por quienes toman decisiones en la región de la Bahía de San Francisco de los Estados Unidos, demuestran que el uso más efectivo de la información de peligros se logra con mapas que muestren claramente la probabilidad de ocurrencia, su lugar y severidad. Aún más, la reducción de peligros es más factible cuando las entidades cuentan con personal científico o de ingeniería. Sus conocimientos permiten el uso más amplio de la información técnica, y las agencias pueden interpretar mejor la información para sus propios fines.

Figura 6-1
EJEMPLOS DE FENOMENOS NATURALES QUE PUEDEN SER PELIGROSOS

Atmosféricos	Hidrológicos	Sísmicos
--------------	--------------	----------

otros muestran muchos, algunos son evidentes por sí solos mientras que otros están acompañados por extensas explicaciones.

1. Mapa base

Producir un mapa base desde cero es una tarea difícil y que consume mucho tiempo; por lo tanto, es deseable usar un mapa existente o una fotografía controlada como base. Un mapa base adecuado debe ser planimétrico, es decir, con representación de la información sobre un plano, con relaciones geográficas reales y distancias horizontales mensurables; también debe tener suficiente información de referencia geográfica para orientar al usuario hacia la ubicación del peligro. La parte superior del mapa está generalmente orientada hacia el norte, pero no siempre es así. Por lo tanto, la inclusión de la flecha "Norte" es mandatoria en cada mapa.

La discusión de sistemas de referencia geográfica tales como longitud y latitud que indican las coordenadas del plano, o los sistemas de una grilla Universal Transverse Mercator (UTM), está más allá de los alcances de este capítulo. Muchas diferentes proyecciones son adecuadas y una indicación de la proyección usada para el mapa, así como un pequeño mapa insertado que muestre la ubicación del área de estudio, son instrumentos de mucha ayuda.

Las figuras 6-3 hasta 6-11 son todas mapas planimétricos y cada cual tiene suficiente información de referencia respecto a la escala y el área cubierta. Por ejemplo, el mapa del mundo (Figura 6-3) muestra fronteras nacionales y las principales ciudades; otros mapas muestran carreteras y ríos; algunos muestran nombres locales de las calles y los linderos de zonas de construcción (Figura 6-11).

Ocasionalmente se tiene a disposición un mapa base que muestre la hipsografía, es decir, las elevaciones del terreno sobre el nivel del mar (Figura 6-9). Estos mapas a veces son llamados mapas "topográficos" o "de curvas de nivel". La información sobre la elevación y las curvas de nivel puede ser interpretada para presentar la ubicación y la severidad de inundaciones, deslizamientos, ruptura de fallas, huracanes y otros peligros potenciales. Los mapas catastrales (linderos de propiedades) pueden ser excelentes mapas base, aunque frecuentemente se encuentran a mayor escala que la necesaria para la planificación del desarrollo regional. Las fotografías aéreas controladas, foto-mapas imágenes de radar, y fotografías de satélites también pueden ser utilizadas como mapas base.

2. Escala y cobertura

La escala del mapa es la medida de reducción en tamaño de las dimensiones reales mostradas en él. La escala puede ser expresada como una proporción entre las distancias sobre el mapa y la distancia real. Por ejemplo, la escala de la Figura 6-5 es 1:500,000 lo cual significa que un centímetro sobre el mapa es igual a 500,000 centímetros (o sea 5,000 metros o 5 kilómetros) en el terreno. Los mapas a gran escala muestran menos detalle para una área grande.

Las escalas más grandes son más comunes para la planificación del desarrollo regional (1:500,000 hasta 1:50,000; Figuras 6-5 a 6-9), y para los planos de desarrollo comunal (1:24,000 a 1:12,000; Figuras 6-10 y 6-11). No hay escala mejor que la otra pero algunas son más apropiadas que otras para satisfacer los requerimientos de la planificación.

La escala usada para un MPM depende no sólo de la información de peligros que se debe mostrar, sino también de la escala del mapa base. Si hay como escoger entre escalas, entonces los siguientes factores son importantes para la elección adecuada en relación con los peligros a ser considerados:

- Número de peligros.
- Elementos del peligro.
- Rango de la severidad relativa de los peligros.
- Área a ser cubierta.
- Uso del mapa conjuntamente con otros documentos de planificación.
- Función del mapa; por ejemplo, si ha de ser un mapa índice o un mapa de detalle.

Frecuentemente los mapas de peligros individuales a ser usados están hechos a escalas distintas. Esto podría hacer necesaria la ampliación o reducción de la escala del mapa base seleccionado. El uso de métodos fotográficos controlados, o de cartografía computarizada, hace que este proceso sea fácil y exacto.

3. Peligros a ser incluidos

Se puede mostrar peligros en diverso número, de acuerdo con la escala, símbolos y cobertura escogida. Sobre una hoja topográfica del mapa base (Figura 6-9) sólo se muestran los peligros de inundaciones y deslizamientos. En un mapa de 5 hojas (Figura 6-10) se muestran varios peligros y trece zonas de material geológico. Esta copiosa información de peligros es luego suplementada con dos hojas de explicaciones. Para evitar demasiada concentración de datos, los peligros pueden ser combinados manualmente (Figura 6-8), o con computadora (Figura 6-7), y en zonas regulatorias (Ver Capítulo 7).

4. Tipos de símbolos

Todo lo que se muestra sobre un MPM, así como el mapa base, son símbolos representativos de la realidad. Los símbolos son seleccionados por su legibilidad y claridad o por las características de producción del mapa; por ejemplo, artísticos (Figura 6-3), numéricos (Figura 6-4 y 6-10) convencionales (Figuras 6-5 y 6-6), impresos por computadora (Figura 6-7), innovativos (Figura 6-8), por su semejanza a inundaciones (Figura 6-9), o por simplificar reglamentaciones (Figura 6-11).

Algunos símbolos pueden dar un sentido del peligro; otros son totalmente abstractos (peligros costeros en Figura 6-8). Algunos símbolos representan combinaciones derivadas de los peligros (un índice de problemas geológicos en la Figura 6-7) o peligros combinados para facilidad de su lectura (ver Capítulo 7).

La probabilidad de ocurrencia o frecuencia se puede mostrar por isóneas para representar el número de tormentas eléctricas por año (Figura 6-3) o para separar áreas de frecuencia de deslizamientos (Figura 6-9).

Figura 6-3: MAPA MUNDIAL DE PELIGROS NATURALES

Fuente: Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft- World Map of Natural Hazards, escala 1:30,000,000. (Munich, Federal Republic of Germany, 1978). Permiso para publicar.

Figura 6-4: MAPA DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS DE AMERICA DEL SUR

Fuente: Adaptado del Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Maximum Intensity Map of South America. (Santiago, Chile: CERESIS, 1985).

Figura 6-5: MAPA DE PELIGROS NATURALES DEL CHACO PARAGUAYO

Fuente: Adaptado de OEA. Proyecto de Desarrollo Urbano Paraguayo, Mapa de Riesgos Naturales del Chaco Paraguayo, Área de Programa 4-C (Washington, D.C.: Organization of American States, 1985). y ciclones por año (Figura 6-3), y el número de inundaciones en 100 años (Figura 6-9).

Se han usado áreas para mostrar la máxima intensidad sísmica en 50 años, el número de tormentas y ciclones por año (Figura 6-3), y el número de inundaciones en 100 años (Figura 6-9).

La ubicación se puede mostrar mediante el uso de símbolos geométricos básicos - punto, línea, o área. Por ejemplo, se han usado puntos para mostrar los tornados y volcanes (Figura 6-3); líneas para mostrar las trayectorias más usuales de tempestades tropicales (Figura 6-3), ruptura de fallas (Figuras 6-10 y 6-11), o tsunamis (Figura 6-3); y áreas para mostrar zonas de inundación, deslizamientos o erosión (Figuras 6-5 y 6-6).

Los puntos pueden ser utilizados para mostrar la severidad, pero para ello se usan líneas con mayor frecuencia. Así, por ejemplo, para mostrar iguales números de ventarrones invernales (Figura 6-3), la relativa severidad de peligros costeros (Figura 6-11) o la erosión costera (Figura 6-10). Se han usado áreas para indicar severidad, como por ejemplo la máxima intensidad sísmica (Figura 6-4) o una combinación de peligros (Figura 6-7). Además, se pueden usar áreas para mostrar los requerimientos o recomendaciones para estudios posteriores, por ejemplo, investigaciones en sitio para determinar la localización de ruptura de fallas (Figura 6-11), o investigaciones geotécnicas previas al desarrollo (ver Capítulo 7).

Hay innumerables variantes de puntos, líneas y áreas que se usan para producir un MPM. Las líneas pueden ser sólidas, entrecortadas, punto y raya o de puntos y marcas de interrogación, tal como se usa convencionalmente para graficar fallas inferidas (ver Figura 6-10 y Capítulo 7). Las áreas pueden ser sombreadas (Figura 6-4 y 6-11), achuradas (Figuras 6-5, 6-6 y 6-7), coloreadas (Figuras 6-3 y 6-4), o achuradas y coloreadas (ver Capítulo 7). Se pueden ver ejemplos de las diversas representaciones de puntos, líneas y áreas en la Figura 6-11. Una discusión detallada de diseño gráfico se encuentra en Robinson, Sale y Morrison (1978).

D. Otras formas de información sobre peligros múltiples

1. Corte transversal de los efectos
2. Fotografías de daños
3. Atlas de peligros
4. Plan para reducción de peligros
5. Análisis de capacidad del terreno
6. Un solo evento con peligros múltiples
7. Serie de mapas en franjas de terreno
8. Foto mapas
9. Sistemas de información geográfica
10. Información procesada por computadora

Las anteriores discusiones y ejemplos sólo se han referido a una de las formas del MPM, principalmente el mapa planimétrico de una hoja, combinando varios peligros con leyendas relativamente simples. Esta forma de MPM puede no ser siempre la más adecuada. Otras formas de información sobre peligros múltiples pueden proporcionar mayor cobertura, más detalle, o más peligros. Algunas veces la información que ayuda a tomar una decisión sobre el desarrollo o inversión ya existe, por ejemplo, estimados de costos, evidencia gráfica de daños o sugerencias sobre reducción de peligro. La información también puede estar a disposición en forma procesada o susceptible de ser procesada por computadora. A continuación se encuentra ejemplos de algunas de estas otras formas:

1. Corte transversal de los efectos

Una forma de mostrar la severidad es el corte transversal (sección) de un área afectada. Sin embargo, para que sea útil a los planificadores y quienes toman decisiones, debe estar acompañado de un mapa planimétrico que muestre la extensión del área en peligro. Por ejemplo, los efectos geológicos de rupturas de fallas, el sacudimiento del terreno, inundaciones por tsunamis, licuefacción y deslizamientos, fueron pronosticados para una recurrencia de un terremoto de magnitud 6,5. Se muestran los peligros en hojas de un mapa a escala regional (1:125.000) y se indica la severidad mediante un corte transversal (Figura 6-12) a escala de 1:150.000, en Borchardt (1975).

2. Fotografías de daños

El uso de fotografías del daño real es una técnica excelente para transmitir la percepción general de los efectos de los peligros. También se las puede usar para ilustrar los efectos específicos de fenómenos peligrosos. Por ejemplo, Hays (1981) hace uso de fotografías de edificios severamente dañados por inundaciones, huracanes, deslizamientos y subsidencia en los Estados Unidos. Zion (1985) hace uso de fotografías de estructuras tales como hospitales, pasos a desnivel, plantas eléctricas y presas que fueron severamente dañadas por diversos efectos sísmicos - sacudimiento del terreno, ruptura de fallas, licuefacción, deslizamientos de tierra y tsunamis. Steinbrugge (1982) hace uso de numerosas fotografías de construcciones dañadas, estructuras falladas, y de efectos disruptivos en el uso de edificios por causa de terremotos, deslizamientos, tsunamis y volcanes. Las fotografías del daño verdadero, causado por un tipo específico de evento, pueden ser adecuadas a un MPM para mostrar dónde han ocurrido daños similares.

3. Atlas de peligros

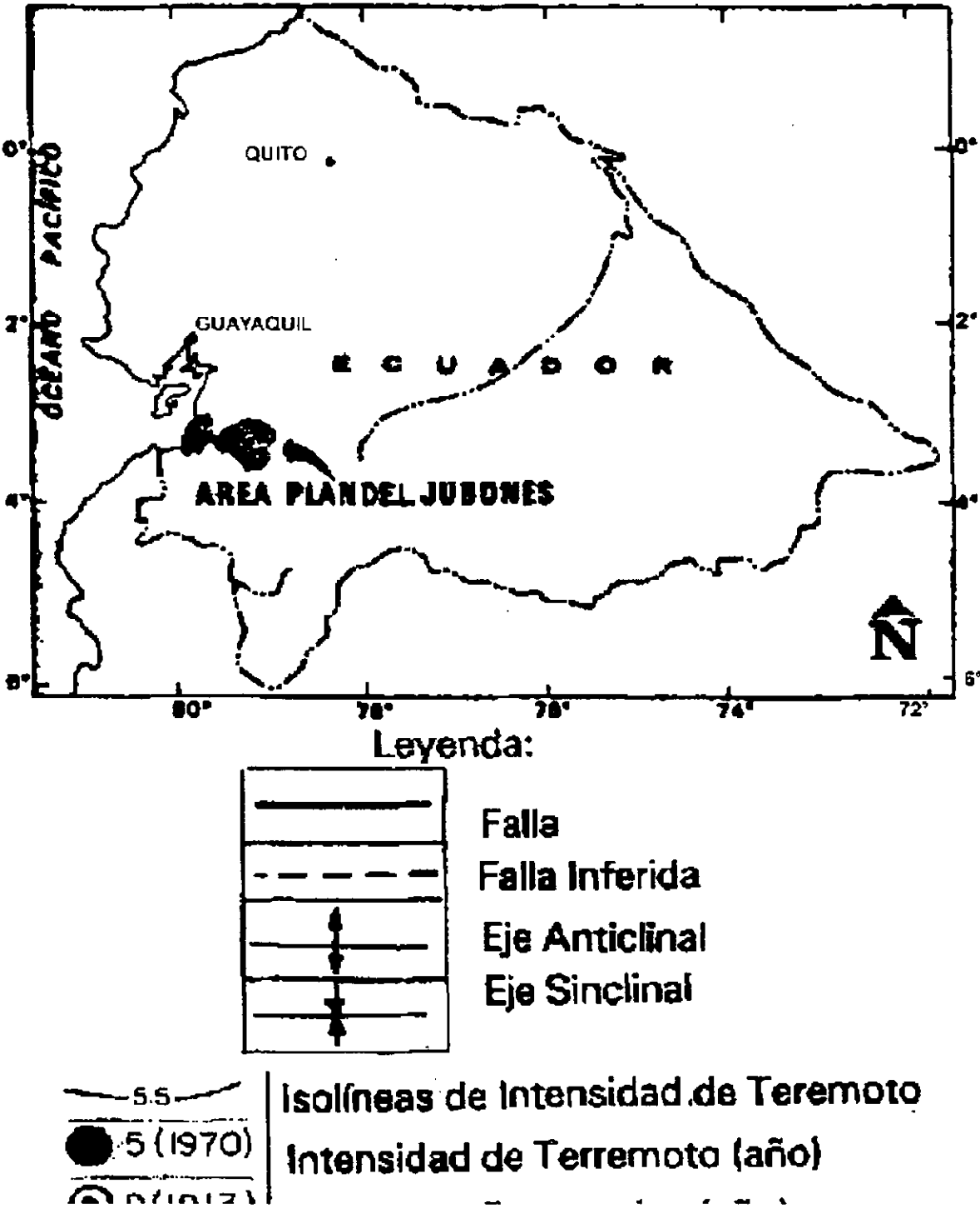
La presentación de diversos peligros en forma de atlas da lugar a mayores oportunidades para los textos, diagramas, fotografías, recomendaciones y referencias. Por ejemplo, los peligros geológicos e hidrológicos causados por fenómenos sísmicos, atmosféricos o volcánicos, son graficados a escalas de aproximadamente 1:20.000.000 o mayores. En el informe de Hays (1981), los mapas están acompañados de diagramas de los procesos, discusiones de las tendencias de pérdidas, fotografías de daños, y técnicas sugeridas de reducción.

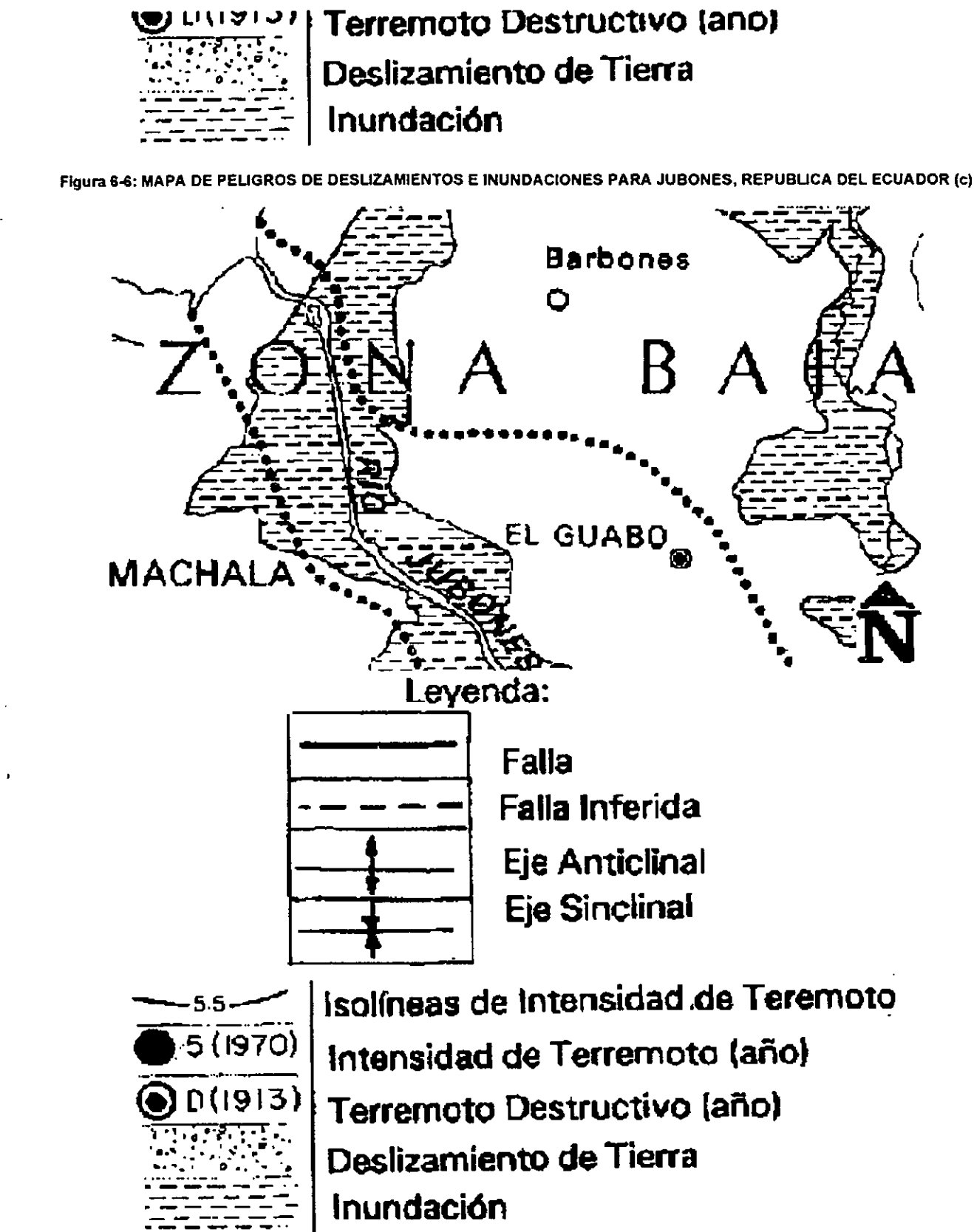
4. Plan para reducción de peligros

A veces la información de peligros múltiples se encuentra en forma de un plan de reducción de peligros que incluye información sobre peligros individuales. Por ejemplo, la naturaleza, magnitud y costos del sacudimiento del terreno y de los peligros de deslizamientos, inundaciones, erosión, suelos expansivos, ruptura de fallas, volcanes, tsunamis y subsidencias (hundimiento) son tratados en un informe de Alfors y otros (1973) para todo un estado. Los mapas de cada peligro, a escala de 1:5.000.000, están acompañados por recomendaciones sobre reducción de pérdidas, que pueden incluir la cartografía de los peligros e investigación sobre sus procesos.

Figura 6-6: MAPA DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES PARA JUBONES, REPUBLICA DEL ECUADOR (a)

Figura 6-6: MAPA DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES PARA JUBONES, REPUBLICA DEL ECUADOR (b)





Fuente: Adaptado de OEA. Plan Hidráulico del Jubones, República del Ecuador, Vol. III, Mapa 3-A12. (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984).

Figura 6-7: UN MAPA GENERADO POR COMPUTADORA RESUMIENDO VARIOS PELIGROS HIDROLOGICOS, SISMICOS Y OTROS PELIGROS GEOLOGICOS - INDICE DE PROBLEMAS GEOLOGICOS (GPI)

Fuente: Adaptado de Santa Barbara County Planning Department. Seismic Safety and Safety Element. (Santa Barbara, California: Santa Barbara County Planning Department, 1979).

Figura 6-8: MAPA DE PELIGROS COSTEROS PARA SANTA LUCIA

Fuente: Adaptado de OAS. Saint Lucia Coastal Hazard Map. (Washington, D.C.: Organization of American States).

Figura 6-9: MAPA DE PELIGROS NATURALES PARA LA REPUBLICA DE HONDURAS

INFORMACION SOBRE PELIGRO DE INUNDACIONES

El área inundable representa aproximadamente una ocurrencia cada 100 años, es decir, en un año dado hay un uno por ciento de probabilidad de que tal evento habrá de ocurrir. La información estuvo basada en datos de Landsat (MSS), mapas ortofotográficos (escala 1:10,000) y observaciones de campo. Ciertas zonas dentro del área no sujeta a inundaciones no han sido demarcadas porque el intervalo de 20 metros para las curvas de nivel, no permite la identificación de los niveles alcanzados por crecidas en la llanura costera.

INFORMACION SOBRE PELIGROS DE DESLIZAMIENTO

Las áreas de ocurrencia frecuente y no frecuente de deslizamientos de tierra están demarcadas con isolíneas punteadas donde los deslizamientos cubren uno por ciento de la superficie. Las áreas con menos del uno por ciento de cobertura son designadas "infrecuente", y las áreas con más del uno por ciento de cobertura son designadas "frecuente".

Fuente: Adaptado de OEA. Proyecto de Desarrollo, Islas de Bahía-Atlántida, República de Honduras, Mapa de Riesgos Naturales (Washington, D.C.: Organization of American States, 1985).

Figura 6-10: MAPA DE SINTESIS DE PELIGROS GEOTECNICOS

Leyenda: La explicación de este mapa es compleja, combinando información sobre peligros geológicos tales como fallamiento, deslizamientos, erosión costera y licuefacción, con información sobre materiales geológicos, mostrada con números en el mapa. Las unidades materiales están aún más subdivididas, tanto por sus características sísmicas como de ingeniería. Por ejemplo, las áreas designadas "2b" están sobre depósitos de abanicos aluviales que van en grado de granulación desde material sedimentario hasta grava, tienen una estabilidad de pendiente entre pobre y regular, un potencial de licuefacción moderado, estabilidad buena a moderada en términos de la intensidad del sacudimiento del terreno durante un sismo de M 7.5-8.3, y tienen buenas propiedades de cimentación.

Fuente: Adaptado de San Mateo County Planning Department and Leighton and Associates. Geotechnical Hazards Synthesis Map (San Mateo County, California: San Mateo Planning Department and Leighton and Associates, 1974).

INFORMACION SOBRE PELIGROS NATURALES Y SIMBOLOS CORRESPONDIENTES

SÍMBOLO	Terremoto	Huracanes	Inundaciones	Deslizamientos	Volcanes
PUNTO	Lugar del epicentro	Medición de precipitación	Lugar de flujo	Lugar del deslizamiento	Volcán
LINEA	Falla	Trayectoria	Elevación de la inundación	Dirección del deslizamiento	Dirección de flujo de lava, ceniza o gas
AREA	Intensidad sísmica	Inundación por mareas de tormentas	Areas inundable	Area propensa a deslizamientos	Cobertura de ceniza, gas o flujo de lava

5. Análisis de capacidad del terreno

Los costos adicionales requeridos para reducir un peligro (y así eliminar una limitación al desarrollo) pueden ser información fundamental para una agencia financiera o un donante. Por ejemplo, un método de evaluar propuestas para uso de tierras, estimando los costos "sociales" que se atribuyen a características hidrológicas, sísmicas y otras de tipo geológico, está descrito por Laird et al (1979) y acompañado por mapas compuestos para una área de demostración (1:125,000). Se calculan los costos en base a técnicas de reducción, probabilidad de daños futuros u oportunidades perdidas. El costo se expresa en dólares corrientes y, por lo tanto, se cuenta con una base común para evaluar y comparar diferentes usos de tierras y diferentes restricciones y recursos. Las restricciones al desarrollo incluyen los sacudimientos del terreno, ruptura de fallas, tsunamis, seiches, deslizamientos, deslizamiento de fallas, avalanchas, inundaciones de ríos, subsidencia, licuefacción, suelos expansivos, erosión y la actividad volcánica. Los recursos incluyen los minerales, materiales de construcción, energía, agua, suelos, y entidades científicas y educacionales.

6. Un solo evento con peligros múltiples

Debe de recordarse que los efectos de un solo evento, como en el caso de volcanes y terremotos, conllevan varios peligros, cada cual de diferente severidad y afectando diferentes localidades. La consideración de un evento, por lo tanto, debe resultar en la evaluación y cartografía de diversos peligros. Las zonas de peligro para flujos de lava, nubes de cenizas, explosiones laterales, y flujos de lodo son graficadas a 1:62.500 para una erupción volcánica potencial, por Miller (1980).

7. Serie de mapas en franjas de terreno

A veces una provincia fisiográfica - terrenos altos, tierras bajas o tierras de costa - es utilizada como base para la cartografía, y se evalúan varios peligros en esa provincia. Por ejemplo, unos mil ochocientos kilómetros de costa del Océano Pacifico son graficados (1:50.000 a 1:100.000) y divididos en tres zonas de peligros, reflejando varias combinaciones de erosión costera-retiro de acantilados, derrumbes, colapso de escarpas, deslizamientos, caída de rocas, ruptura de muros marítimos, derrubio acarreado por olas, flujos de terreno, tsunamis e inundaciones por mareas de tormentas por Griggs and Savoy (1985). (Ver Capítulo 7).

8. Foto mapas

Las ortofotos, fotografías estereoscópicas y fotografías con alguna información topográfica son de gran valor para un intérprete experimentado. Estos mapas se pueden usar no sólo como mapas base sino también para ubicar con precisión los peligros potenciales. Por ejemplo, en las fotografías se pueden ver los bordes de una llanura de inundación durante crecidas o de los daños causados por tormentas, zonas de ruptura de fallas o los deslizamientos del pasado. Esta información a veces puede ser interpretada para obtener la ubicación y la severidad.

9. Sistemas de información geográfica

La naturaleza y la capacidad de los sistemas de información geográfica (SIG) proporcionan una excelente base para procesar y presentar información en forma de mapas (Bender *et al.*, 1989). Los peligros naturales pueden ser la información procesada y presentada. Por ejemplo, el potencial de licuefacción, la estabilidad relativa de la superficie del terreno durante terremotos, las zonas de inundaciones de 100 y de 500 años, y el potencial de ruptura de superficie, fueron ingresados al SIG partiendo de datos originales a escala de 1:24.000, por Alexander *et al.*, (1987) para demostrar el uso de la tecnología de cartografía digital en la reducción de los peligros naturales. (Ver Capítulo 7).

Figura 6-11: MAPAS CATASTRALES MOSTRANDO LOS PELIGROS GEOLOGICOS Y SISMICOS

Leyenda: El área sombreada muestra una zona donde se requiere de investigación en el sitio, debido a una falla activa o potencialmente activa. Las letras indican peligros específicos que deben ser investigados y evaluados: Dr, área de alto potencial de desplazamientos de terreno; Ds, área de alto potencial de deslizamientos inducidos por sismo; E/F, áreas de potencial bajo a moderado de cualquier tipo de peligro geológico.

Fuente: Adaptado de Santa Clara County Department of Land Development Engineering and Surveying, (San José, California: Santa Clara County of Land Development Engineering and Surveying, 1977).

Figura 6-12: UN CORTE TRANSVERSAL LOS EFECTOS GEOLOGICOS PRONOSTICADOS DE UN TERREMOTO SUPUESTO DE MAGNITUD 6.5 EN LA FALLA DE SAN ANDREAS

Leyenda: La severidad de cada efecto sísmico es cualitativamente indicada por el grosor del subrayado, y cuantificada hasta donde lo permite el estado del arte de zonificación sísmica a escala regional (no se muestra). La severidad de los efectos pronosticados del terremoto, generalmente depende del tipo de material geológico subyacente.

Fuente: Borchardt, R.D. (ed.) Studies for Seismic Zonation of the San Francisco Bay Region, U.S. Geological Survey, Professional Paper 941-A. (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1975).

Figura 6-13: MAPA COMPUTARIZADO MOSTRANDO LA SUSCEPTIBILIDAD AL PELIGRO DE LIQUEFACCION

Leyenda: Las áreas blancas y con achurado claro, dentro del área comprendida por el análisis computarizado, indican un grado leve de problemas. Las áreas achuradas, más oscuras, indican un grado moderado de problemas. No se incluyen áreas de problemas graves en el área mostrada.

Fuente: Adaptado de Santa Barbara County Planning Department, Seismic Safety and Safety Elements. (Santa Barbara, California: Santa Barbara County of Planning Department, 1979).

10. Información procesada por computadora

Las técnicas de mapeo realizado por computadora son tratadas en el Capítulo 5. Si hay disponible información precisa sobre peligros (ubicación, severidad y probabilidad de ocurrencia) a una escala apropiada, su procesamiento por computadora puede ser una técnica invaluable. Por ejemplo, diez peligros hidrológicos, sísmicos y de otra naturaleza geológica, fueron evaluados y clasificados de acuerdo con su severidad relativa. La extensión en área y severidad de los peligros fue transferida a mapas base con un cuadrículado de dos hectáreas por cada casilla (cinco acres) y los niveles de peligros individuales fueron codificados para producir mapas computarizados (1:96.000). Cada peligro evaluado fue asignado a una de estos tres niveles - alto, moderado y entre bajo o ninguno - (Figura 6-13). El Departamento de Planificación del Condado de Santa Barbara, California (1979) diseñó un sistema para clasificar los peligros en una determinada área tanto sobre base individual como colectiva, información que luego pudo ser procesada por la computadora.

Los valores Índice del problema geológico (IPG) resultantes fueron obtenidos multiplicando cada peligro por un factor de ponderación que tomó en consideración la gravedad del peligro, la dificultad para atenuarlo y la frecuencia de su ocurrencia. El IPG fue calculado para cada casilla de dos hectáreas en las áreas de análisis computarizado y luego fue asignado a la categoría apropiada de severidad y exhibido sobre un mapa computarizado (Figura 6-7). Estos mapas computarizados de IPG reflejan así una adición de los niveles señalados en los mapas de peligros individuales.

E. Limitaciones

1. Credibilidad
2. Probabilidad, ubicación y severidad
3. Exactitud versus precisión
4. Escala
5. Abuso
6. Síntesis versus detalle
7. Uso de salvedades

Este capítulo se limita sólo a ejemplos de MPM; no trata sobre las limitaciones de los mapas de peligros individuales u otra información de peligros transferida al MPM. Las siguientes discusiones están dirigidas no sólo a los usuarios del MPM sino a los autores de los MPM, por tres razones: (1) los autores son usuarios de los mapas de peligros individuales así como de otras

informaciones y deben estar igualmente concientes de sus limitaciones, (2) los autores deben estar concientes de las numerosas oportunidades existentes para el mal uso o interpretación que los usuarios pueden hacer de su producto y (3) los autores deben tratar de indicar algunas salvedades sobre el mismo MPM.

Se debe resaltar el hecho que toda la información sobre peligros que muestra un MPM, junto a la información del mapa base, son solamente símbolos - algunos convencionales, otros abstractos y algunos innovativos. Los usuarios deben leer cuidadosamente las explicaciones (a veces llamadas leyendas), todas las salvedades, y todo el texto complementario que acompaña a un mapa. El autor de un MPM es una persona clave y debe dejar un registro (o archivo) para el usuario del MPM; por ejemplo, fuentes de información utilizadas, escalas ampliadas o reducidas, y limitaciones de la información sobre peligros individuales.

1. Credibilidad

Debe de recalcar el hecho que la información que presenta un MPM es sólo uno de los factores que ha de considerar el planificador o quien toma decisiones. La información debe ser clara, conveniente y no sólo exacta sino que deberá ser percibida como tal. Por ejemplo, el Capítulo 10 incluye una nota de que "la confiabilidad puede ser cuestionada" cuando un mapa sobre peligros de deslizamientos, a escala de 1:50.000, está basado en un mapa del grado de las pendientes, a escala de 1:250.000. La ubicación, severidad y probabilidad de ocurrencia de cada peligro deben ser dadas o, si se las ignora, ello debe ser indicado claramente.

Se debe recordar que la ubicación, diseño y operación de instalaciones críticas futuras, así como el reforzamiento, abandono y operación de instalaciones críticas existentes, se verán afectados si se considera la información que presenta un MPM.

2. Probabilidad, ubicación y severidad

Debido a la naturaleza geográfica de los mapas, el requerimiento de ubicación se satisface pero no necesariamente ocurre lo mismo con la severidad y probabilidad de ocurrencia. El usuario no debe suponer que porque están dadas la severidad y la probabilidad (Figura 6-3) de eventos sísmicos y de tempestades de viento, también están dadas las correspondientes a tsunamis y volcanes; no es así.

Los elementos de probabilidad, ubicación y severidad de determinados peligros naturales pueden ser fácilmente afectados por actividades humanas. Por ejemplo, DeGraff(1985) nota que "es totalmente posible...causar la ocurrencia de una falla importante en una zona de peligro moderado. Asimismo, es posible alterar significativamente un lugar dentro de una zona alta o extrema, sin causar un deslizamiento".

Las zonas con diferentes niveles de severidad de peligro-bajo, moderado o alto - corresponden a peligros relativos, no absolutos. Además, tales niveles no son predictivos, sino que más bien indican una susceptibilidad relativa a la ocurrencia de un peligro. El Capítulo 10 anota que la "susceptibilidad" a deslizamientos sólo identifica áreas, no "cuándo" ha de ocurrir el deslizamiento.

3. Exactitud versus precisión

Un prerequisite para la exactitud sobre ubicación de información de peligros es la exactitud del mapa base seleccionado. La información sobre peligros, disponible y transferida a un mapa MPM, puede ser exacta, pero el nivel de precisión varía enormemente. Esto no es necesariamente debido a la escala o la resolución, sino al número de investigaciones de campo, a la falta de información, el tipo de experimentos y conocimiento de los procesos involucrados. Por ejemplo, los niveles de severidad en tres zonas costeras que se muestran en la Figura 6-8 para terremotos, volcanes, inundaciones, vientos fuertes, y deslizamientos varían considerablemente cuando se examina la base histórica.

Otro ejemplo es la ubicación de los bordes de las zonas de intensidad sísmica que muestra la Figura 6-4. De acuerdo a Steinbrugge (1982), algunos observadores asignan la intensidad como el máximo en una localidad, mientras que otros asignan un promedio. Obviamente, esto conduce a variaciones en la ubicación de las líneas.

Un tercer ejemplo es el uso de una isólinea o de una isopleta para indicar la probabilidad o frecuencia. El capítulo 10 señala que tal mapa no es un sustituto para indicar un peligro potencial. A veces una alta frecuencia de deslizamientos en el pasado indica mayor probabilidad de futuros deslizamientos; otras veces puede indicar una menor probabilidad de deslizamientos futuros por el hecho de que el área se ha estabilizado.

4. Escala

Obviamente, la escala escogida determina el tamaño del área y la cantidad de información que puede ser presentada o incluida. Sin embargo, la resolución (o exactitud de la ubicación) también es afectada. Por ejemplo, si un mapa a pequeña escala (1:1.000.000) que utiliza un símbolo con líneas que tengan 1 milímetro de ancho para ruptura de fallas trayectoria de tormentas, o demarcación de zonas de peligros es ampliado diez veces (1:100.000), la línea símbolo tendrá un centímetro de ancho. De igual manera la reducción de símbolos, puntos y líneas, puede conducir a disminuir o aún, desaparecer su importancia.

El autor de un MPM debe suponer que en algún momento el mapa será ampliado o reducido. Los títulos del mapa y sus leyendas generalmente no son afectados por ampliaciones o reducciones, pero las escalas literales o numéricas sí lo son. Las escalas literales (un milímetro es igual a cien mil metros) y escalas numéricas 1:100.000 son exactas para el mapa original. Por lo tanto, se debe usar una escala gráfica en cada mapa.

Las superficies esféricas, cuando son presentadas sobre un mapa planimétrico, sólo son exactas en el lugar de contacto del plano con la superficie esférica real; se usan varias técnicas de proyección cartográfica para reducir esta distorsión. La técnica de proyección usada puede ser dada, o se pueden utilizar escalas gráficas variables para alertar a los usuarios (Figura 6-3). De acuerdo con la escala y la exactitud de la información del peligro, esta distorsión puede no ser crucial, particularmente si el mapa base tiene suficiente información geográfica para ubicar los peligros.

5. Abuso

Generalmente es difícil percibir la realidad; esta dificultad aumenta cuando se utilizan mapas. Si se considera un mapa como una

realidad, resulta fácil ver los peligros en términos impersonales. La magnitud de los peligros disminuye, las personas son invisibles, las instalaciones críticas u otra información pueden parecer sólo un juego de salón.

Cuando los planificadores y quienes toman decisiones tratan a un mapa como mera simbología y dejan de lado la realidad física que él representa, los resultados pueden ser desastrosos. Por ejemplo, los planificadores para el desarrollo, o los inversionistas, pueden estar tentados de ubicar la infraestructura que se necesita para el desarrollo económico, a lo largo de una línea que parece la más directa y conveniente sobre el mapa. Tal ruta puede estar en zona de ruptura de fallas. Un símbolo con puntos, que represente una población o un número específico de personas, no conlleva información respecto a la base económica de la población o a las características de las personas-edades, nivel de educación, habilidades, sexo o fuentes de ingreso. Confiar en los mapas no es siempre lo mejor; también deben apreciarse sus limitaciones.

Los ejemplos de mal uso de mapas debido a la distorsión vertical y horizontal, densidad de símbolos, colores contrastantes, escalas, o uso de símbolos y colores que tenga poder sugestivo o connotativo, más allá de su rol denotativo, son presentados por Muehrcke (1978).

6. Síntesis versus detalle

Llenar un MPM con símbolos de diversos mapas de peligro individual puede dar la impresión de un estudio más detallado pero, por supuesto, esto no es cierto. Los mapas simplificados de peligros múltiples no sólo crean una mayor percepción acerca de la información que existe, y (más importante aún) de cual es la información que falta. Un MPM no puede sustituir estudios detallados e investigaciones específicas en el sitio. Por ejemplo, el mapa de deslizamientos y de peligro de inundaciones (1:200.000) para la cuenca fluvial del río Jubones, en el Ecuador, llama la atención sobre los peligros que afectarán al sistema de riego. No se lo puede considerar como detalle suficiente para el planeamiento del proyecto, pero sí indica dónde se necesitan estudios técnicos a gran escala (1:25.000 a 1:2.500).

7. Uso de salvedades

Las salvedades respecto a las limitaciones del MPM deben aparecer preferiblemente en el mapa, pero también pueden ser incluidas en la memoria que acompaña al mapa. Los métodos usados, los supuestos y otros factores relacionados con los mapas de peligros individuales utilizados para preparar el MPM también pueden ser presentados. A continuación, se da ejemplos de salvedades que se pueden encontrar en el mapa.

- El potencial relativo de presión de expansión de materiales geológicos está presentado como guía; no puede y no debe reemplazar estudios detallados de campo ni investigaciones en laboratorio de presiones de expansión en lugares específicos.
- La relevancia de la información sobre peligros varía de acuerdo con la fecha, calidad y escala de las fotografías aéreas utilizadas para la fotointerpretación y el tipo y la cantidad de investigaciones de campo.
- Los depósitos de deslizamientos menores de 150 metros en la dimensión más larga, no se muestran debido a que son demasiado pequeños para ser claramente identificados en las fotografías o claramente presentados en el mapa base topográfico.
- La edad de un evento volcánico relativamente bien conocido se basa en un rango de fechas en base a radiocarbón, posición estratigráfica, desarrollo de perfil de suelos, dendro-cronología y otros métodos de aproximación. Los eventos relativamente poco conocidos pueden ser aproximadamente estimados comparando su posición estratigráfica con la posición estratigráfica de eventos bien fechados.
- Algunas zonas de peligro de deslizamientos son adecuadas sólo para propósitos de planificación regional. Sirven como pauta para decidir si los deslizamientos representan un problema para un proyecto de desarrollo e identifican lugares que requieren de medidas correctivas. Las zonas señaladas no tienen intención, ni son adecuadas, para evaluar el peligro de deslizamientos para un lugar específico.
- Los bordes de inundaciones que se dibujan en los mapas interpolando entre los linderos laterales del flujo de lodo en cortes transversales adyacentes, uniendo los contornos topográficos, no son un pronóstico de que la presa de derrubio fallará o que una inundación de flujos de lodo habrá de producirse si fallara el bloqueo.
- La escala del mapa puede impedir ilustrar suficientes detalles como para permitir el uso del mapa para estudios de sitios individualizados. La evaluación del potencial de subsidencia de material geológico en lugares específicos, debe de ser realizada por un especialista de ingeniería.
- Los estudios generales sobre potencial de licuefacción, no sustituyen las evaluaciones en lugares específicos. Los mapas son a pequeña escala e indican áreas generales donde podrían estar presentes materiales susceptibles. Estos mapas son aproximaciones; sin embargo, proporcionan una guía regional para aquellas áreas donde la licuefacción debe ser considerada como un peligro potencial y donde pueden ser necesarias las investigaciones especiales.
- La magnitud del terremoto que se usa, es aquella considerada como el evento máximo que puede ser generado en una determinada área; sin embargo no se hace ninguna especulación respecto a la probabilidad de las consecuencias, en el caso de que el evento evaluado ocurriese.
- No todas las fallas activas pueden ser identificadas; aquellas activas en profundidad debido a su conocida actividad sísmica, pueden estar tan pobremente definidas en superficie que incluirlas en una zona de peligro por ruptura en superficie no es práctico.

Conclusiones

Los mapas de peligro múltiple son una herramienta importante en el proceso de la planificación para el desarrollo integrado. Cuando son combinados con el mapa de instalaciones críticas que se discute en el Capítulo 7, vienen a ser un factor determinante en la ubicación y financiamiento de nuevo desarrollo. Dejar de considerar todos los peligros naturales en el proceso de la planificación para el desarrollo, y de tomar las medidas para su reducción, conducirá eventualmente a pérdida de vidas, lesiones corporales, daño a propiedades, falla de instalaciones críticas y alteración de importantes actividades económicas. Según el tamaño del evento, su ubicación y sus efectos, el impacto real del peligro puede ser catastrófico y

El Capítulo 10 incluye recomendaciones que son aplicables a todos los peligros, no sólo a los deslizamientos de tierra: consulta inicial con técnicos especialistas, identificación de peligros al comienzo del proceso de planificación, así como revisión inicial del tipo y contenido de la información disponible. Debido al costo y al tiempo que se necesitan para recopilar información para un MPM, se debe dar seria consideración a la colaboración con otros usuarios.

3. Cronograma

La recolección de información general sobre peligros comenzó hace muchos años como parte de programas de las agencias de asistencia para el desarrollo. Dentro de los procedimientos en vigencia para proyectos de la OEA, la recolección de información específica sobre peligros comienza cuando un estado miembro solicita formalmente asistencia técnica y ésta continúa durante el proceso de la planificación para el desarrollo integrado (ver Capítulo 1). El envío de un equipo de dos personas al campo por dos semanas, para un rápido esfuerzo de recolección de datos, representa un método de poco costo relativo para iniciar la colección de información específica sobre peligros naturales (OEA, 1984a).

RECOPIACION DE INFORMACION SOBRE PELIGROS MULTIPLES

- Recolección de mapas base e información apropiada de peligros, de las diversas fuentes identificadas en este libro.
- Evaluación de la homogeneidad, exactitud y totalidad de la información - cobertura aérea, detalle, contenido, elementos (probabilidad, ubicación y severidad), formato y símbolos.
- Selección del mapa base y la escala a ser usada, los peligros que han de mostrarse y los símbolos para presentar esos peligros.
- Combinación de la información de peligros individuales determinados, en un MPM de manera exacta clara y conveniente.

Durante la misión preliminar, la recolección de información de peligros se puede lograr mediante:

- Estudios de campo y "sobrevuelos" del área de estudio, contactando funcionarios locales y líderes de la comunidad.
- Manteniendo contacto con funcionarios nacionales de planificación idóneos.
- "Discusiones" con contrapartes nacionales.
- Uso de personal propio o consultores experimentados para obtener una visión general.
- Determinación de la disponibilidad de datos existentes.

Durante las siguientes etapas del estudio, se debe enfatizar los criterios generales para la recolección de datos:

- Tratar de lograr el mismo nivel de detalle.
- Contestar a las preguntas específicas sobre problemas de desarrollo.
- Solicitar la colaboración de instituciones nacionales como fuente.
- Recabar la experiencia de prácticas locales.
- Identificar ideas de proyectos (o técnicas de mitigación).
- Solicitar la colaboración de universidades e instituciones locales de investigación.
- Mantener las descripciones en mínimo y dar énfasis al análisis.

C. Formato del mapa

- 1. Mapa base
- 2. Escala y cobertura
- 3. Peligros a ser incluidos
- 4. Tipos de símbolos

Los mapas son la manera más efectiva de presentar la ubicación presente y relativa. Los mapas, simplemente, pueden ser definidos como representaciones geográficas planas de información mediante el uso de símbolos. Una buena introducción a los tipos y contenidos de mapas, sobreposición de datos y extracciones, y cartografía de uso de tierras y cobertura de tierras, puede encontrarse en el *Coastal Mapping Handbook* (Ellis, 1978). Tales aproximaciones ayudan a que el MPM no sólo indique la existencia de peligros naturales, sino a que también muestre su ubicación, severidad y probabilidad de ocurrencia de manera exacta, clara y conveniente.

El área cubierta, escala, detalle, peligros que se muestran, y el formato de un MPM pueden variar considerablemente:

- Mundo: 1:30.000.000
- Continente: 1:5.000.000, 1:2.000.000
- Región: 1:500.000, 1:200.000, 1:96.000, 1:50.000
- Comunidad o asentamiento: 1: 24.000, 1:12.000
- Sitios de construcción: 1:10.000, 1:2.500

Se ha dicho que la utilidad de un mapa está en sus omisiones. Exceptuando la información de orientación (caminos, ríos, líneas de costa, nombres de localidades) el mapa debe ser tan simple y sin detalles como sea posible. Se debe resaltar la información sobre peligros naturales.

La discusión de los aspectos importantes del MPM se encuentra a continuación: mapa base, escala y cobertura, peligros a mostrarse, y tipos de símbolos que se deben usar. Se hace referencia a nueve ejemplos (Figuras 6-3 a 6-11) que podrían parecer engañosamente sencillos. Dos están a color, uno es generado por computadora, uno muestra sólo dos peligros mientras

- Son posibles evaluaciones más realistas de los riesgos a) nuevo desarrollo
- Las técnicas adecuadas para la reducción de peligros pueden ser más fácilmente incorporadas durante la formulación del proyecto de inversión.
- La selección de usos adecuados de la tierra puede resultar más racional.

La figura 6-2 ilustra el tipo de información que se necesita. Puede que no se encuentre los tres elementos para todos los peligros. En la compilación de un MPM es de igual importancia saber lo que falta. Se puede buscar o producir información adicional pero, por lo menos, aquellas decisiones sobre desarrollo e inversión basadas en información inadecuada, deben ser anotadas.

También es importante distinguir entre un peligro definido como no presente y otro cuya presencia no puede ser adecuadamente evaluada debido a información limitada. Por ejemplo, un enfoque conservador del desarrollo, debido a información "no adecuada" del peligro, puede resultar ser contraproductivo con el correr del tiempo. Si la respuesta del planificador o de quien toma la decisión respecto a un peligro potencial "exagerado", es descartar el área o recomendar un diseño resistente muy costoso, se creará un problema de credibilidad cuando se descubra un peligro potencial "real."

2. Fuentes y recopilación de información

Hay una enorme cantidad de fuentes de información sobre peligros, incluyendo muchas bibliotecas públicas y privadas, oficinas y centros de referencia a nivel internacional, nacional, regional y de comunidades. Estas entidades pueden estar preocupadas con la infraestructura, instalaciones comunitarias, desarrollo económico, exploración de recursos, planificación para uso de tierras, preparativos para emergencias, estudios geotécnicos, respuesta a desastres, y muchas otras actividades. A veces estas fuentes coordinan la recopilación de información sobre peligros, pero no siempre se puede aspirar a ello. Muchos usuarios de la información para la planificación del desarrollo, son también los que consiguen la información sobre peligros naturales. Tinsley y Hollander (1984) han compilado una lista de agencias gubernamentales de ciencias de la tierra y han seleccionado las principales organizaciones internacionales cuyas funciones son similares a las del U.S. Geological Survey.

Se puede inferir alguna información de peligros de la información fotográfica, topográfica, geológica, hidrológica, climatológica y de suelos ya existentes para regiones pobladas. El Capítulo 10 de este manual, sobre cartografía de peligro de deslizamientos, sugiere que las autoridades locales responsables de obras públicas, actividades de selvicultura y agrícolas, son valiosas fuentes de información dada su familiaridad con problemas en el pasado.

La Organización de Estados Americanos (1969) en su libro de casos de investigaciones de recursos físicos para el desarrollo ambiental, presenta sugerencias para obtener información sobre peligros. Estas incluyen los estudios existentes sobre recursos; fotografía aérea; reconocimiento personal; estudios exploratorios, de reconocimiento, semidetallados y detallados; cartografía en base a la fotografía aérea, ortofotos y la fotogrametría; estudios geológicos; estudios de inundaciones y estudios de erosión de suelos.

La información de peligros también puede ser obtenida de datos de sensoramiento remoto (Ver capítulo 4). Varias fuentes de información sobre inundaciones, desertificación, terremotos, deslizamientos y otros peligros naturales están consignadas en el Apéndice A y en los Capítulos 8 al 12.

CARACTERISTICAS DE INFORMACION QUE SE NECESITA PARA EVALUAR FENOMENOS NATURALES

- Ubicación
- Probabilidad de ocurrencia
- Severidad

Figura 6-2
EJEMPLOS DE LOS TIPOS DE INFORMACION QUE SE NECESITAN PARA EVALUAR EL POTENCIAL DE PELIGRO DE LOS FENOMENOS NATURALES

	TERREMOTOS	DESGLIZAMIENTOS DE TIERRA	HURACANES	INUNDACIONES DE RIOS
UBICACION	Epicentros Formaciones geológicas	Inventarios Formaciones geológicas Pendiente	Desprendimiento de tierras Trayectoria	Canal Trayecto de inundación Llanura de inundación Elevación
SEVERIDAD	Intensidad Magnitud Aceleración Desplazamiento	Velocidad Desplazamiento	Velocidad del viento Precipitación	Volumen Velocidad Tasa de crecidas
PROBABILIDAD DE OCURENCIA	Intervalo de recurrencia Velocidades de desplazamiento Sismicidad histórica	Recurrencia de terremotos Regímenes de precipitación Velocidad de destrucción de bordes	Ocurrencia histórica	Períodos de retorno históricos Registros de inundaciones Evento de diseño

Tal como se describe en el recuadro más adelante, la recopilación de información de estas diversas fuentes incluye cuatro pasos: colección, evaluación, selección y combinación.

La visión general de los peligros naturales, por Bender (1986), en relación con el proyecto de St. Kitts y Nevis, ofrece el ejemplo de una evaluación preliminar de información de peligros disponible, basada en datos que se encontraban a mano. El estudio Santiago-Mira (OEA, 1984a) demuestra la importancia de obtener una imagen "rápida de los problemas de desarrollo de la región. Esto significa enviar a un 'hombre de avanzada' al área de estudio para determinar los principales problemas e identificar técnicos locales experimentados".

Granizo	Inundación costera	Ruptura de fallas
Huracanes	Desertificación	Sacudimiento del terreno
Tormentas eléctricas	Sequía	Esparcimiento lateral
Rayos	Erosión	Licuefacción
Tomados	Inundaciones de ríos	Seiches
Tormentas tropicales	Inundaciones por mareas de tormenta	Tsunamis
Volcánicos	Otros Geológicos	Incendios
Calda de cenizas	Avalanchas de derrubios	Arbustos
Gases	Suelos expansivos	Bosques
Flujos de lava	Calda de rocas	Sabanas
Proyectiles y explosiones laterales	Deslizamientos submarinos subsidencia	Conflagración urbana
Flujos piroclásticos		
Tefra (cenizas, escoria, lapilli)		

B. Preparación de mapas de peligros múltiples

-
1. Información traducida

2. Fuentes y recopilación de información

3. Cronograma
-

Un prerequisite para la recopilación de información sobre peligros individuales y su presentación gráfica, es obtener o crear un mapa base sobre el cual colocar la información. Las características y ejemplos de los mapas base son discutidas en la próxima sección, que trata sobre el formato de mapas. El mapa base usualmente se selecciona durante la misión preliminar; el equipo sólo necesita seleccionar una escala adecuada para el área de estudio. Este mapa inicial también puede servir como índice para mapas de peligros más detallados. Se pueden usar varios mapas base, a diferentes escalas, según sean el área o áreas de estudio final y la escala predominante de los mapas individuales de peligros. El mapa más detallado de un peligro individual puede ser seleccionado como mapa base si es que proporciona una orientación geográfica adecuada. El mapa base usado para un MPM puede ser el mismo que el usado para el mapa de instalaciones críticas que se describe en el capítulo 7.

1. Información traducida

Mucha de la información sobre peligros se encontrará en la forma de trabajos científicos sobre el proceso y la predicción de un evento potencialmente peligroso y de observaciones del impacto de eventos anteriores (Du Bois, 1985), tales como inventarios de volcanes y registros de elevaciones máximas de inundaciones. Frecuentemente se encuentran mapas en formatos diferentes. Esta información, si bien es un prerequisite para un MPM, no es fácilmente comprendida por todos: tiene que ser "traducida" y colocada sobre mapas para los planificadores y quienes toman las decisiones.

Una traducción útil tiene que ser presentada en un formato que sea comprensible por el equipo de planificación. Aún más importante: la información debe ser percibida como la explicación de un peligro que puede afectar adversamente la vida, la propiedad o las actividades socio-económicas. Esto se puede lograr proporcionando tres elementos - ubicación, probabilidad de ocurrencia (frecuencia o períodos de retorno) y severidad. Un planificador o una persona responsable de la toma de decisiones, evaluando un uso de tierras específico, una estructura o una actividad socioeconómica, generalmente no está interesado en un evento potencial cuya (1) ocurrencia no se espera hasta dentro de un tiempo muy largo, (2) cuya ubicación no es conocida, o (3) cuyo tamaño o efecto no es muy grande. Estos elementos varían de acuerdo con el fenómeno, por ejemplo:

- Las áreas costeras anualmente expuestas a vientos de determinada velocidad y a inundaciones por mareas de tormentas con alcances específicos.
- Las llanuras y rutas de inundación que serán impactadas por velocidades específicas y alturas de agua debido a precipitaciones cuya duración e intensidad tienen un intervalo de recurrencia de cincuenta años.
- Las zonas de rupturas de fallas, materiales geológicos licuables y áreas susceptibles a deslizamientos de tierra que tienen un desplazamiento vertical u horizontal significativo, asociado a un supuesto sismo de magnitud específica con probabilidad de ocurrencia en un período de uno o doscientos años.

BENEFICIOS DE LA CARTOGRAFIA DE PELIGROS MULTIPLES

- Un enfoque más conciso de los efectos e impactos de los fenómenos naturales sobre una área particular, es posible durante las primeras etapas de la planificación.
- Muchos peligros, y el mecanismo de gatillo de cada cual, pueden ser vistos al mismo tiempo. Se pueden recomendar técnicas comunes de reducción o mitigación para la misma porción del área de estudio.
- Información inadecuada o faltante del peligro (ubicación, severidad o frecuencia) puede ser más fácilmente identificada.
- Una área de estudio o una sub-área puede ser expandida, reducida o eliminada.
- Las áreas de estudio pueden ser divididas en sub-áreas que requieran más información, evaluaciones adicionales, o técnicas específicas de reducción.

desastroso.

El tema ha sido planteado claramente en un reciente manual del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la OEA (1987b):

Los conflictos entre los peligros naturales y las actividades de desarrollo ... resultan de una confrontación entre eventos naturales peligrosos y la actividad humana. Los llamados "desastres naturales" ocurren porque no hemos dado la suficiente atención a los fenómenos naturales peligrosos. En realidad, el término "desastre natural" conduce a una concepción incorrecta por esta razón: culpa a la naturaleza cuando, en realidad, la culpa corresponde a quienes decidieron que se implementen proyectos bajo circunstancias que ponen en peligro alcanzar aquellos objetivos mismos para los cuales fueron diseñadas las actividades de desarrollo.

El énfasis del proceso de la planificación para el desarrollo integrado, está orientado al desarrollo de recursos naturales, energía, infraestructura, agricultura, industria, asentamientos humanos y servicios sociales (OEA, 1984a). Se da importancia principal a la recolección y evaluación de información sobre peligros naturales, para reducir su impacto adverso sobre el desarrollo. Se cree que si los peligros fueran evaluados y se incorporaran técnicas apropiadas de reducción en cada etapa del proceso de la planificación para el desarrollo integrado, los desastres sociales y económicos causados por los peligros naturales serían evitados o substantivamente reducidos.

De igual importancia es la actitud de aquellos científicos, planificadores, ingenieros y funcionarios responsables de la toma de decisiones a nivel nacional, regional y de comunidades, involucrados en la recolección y evaluación de información de peligros para nuevo desarrollo. Muchos de ellos son personas claves, con responsabilidad del desarrollo actual; el uso de información de peligros para nuevo desarrollo se incrementará en la medida que tengan interés en usar esa información para cumplir con sus responsabilidades en el sostenimiento del desarrollo existente.

Una reiteración final: el grado de credibilidad, exactitud y contenido de un MPM no es mayor que la información de los peligros individuales con la cual fue compilado el MPM. Cualquier limitación de la información sobre peligros individuales, es simple y llanamente transferida al MPM.

Referencias

** Alexander, R.H., et al. Applying Digital Cartographic and Geographic Information Systems Technology and Products to the National Earthquake Hazards Reduction Program: Proceedings of a Workshop on "Earthquake Hazards along the Wasatch Front, Utah," Open-File Report 87-154 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1987), pp. 100-146.

Alfors, J.T., Burnett, J.L., and Gay, T.E., Jr. "Urban Geology, Master Plan for California, the Nature, Magnitude, and Costs of Geologic Hazards in California and Recommendations for Their Mitigation" in California Division of Mines and Geology Bulletin 198 (Sacramento, California, 1973).

** Bender, S.O. St. Kitts and Nevis Forestry Development and Resource Management Planning Project: Report on Natural Hazards Assessment and Settlement Development Planning in Saint Kitts and Nevis (Washington, D.C.: Organization of American States, 1986).

* - Natural Hazard Risk Assessment and Disaster Mitigation Pilot Project in Latin America and the Caribbean Basin (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984).

Blair, M.L. "Planning for Flood-loss Reduction in the Napa Valley" in A.O. Waananen, J.T. Limerinos, W.J. Kockelman, W.E. Spangle, and M.L. Blair, Flood-prone Areas and Land-use Planning-Selected Examples from the San Francisco Bay Region, California, Professional Paper 942 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1977), pp. 46-65.

Blair, M.L., and Spangle, W.E. Seismic Safety and Land-use Planning-Selected Examples from California, Professional Paper 941-B (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).

** Borchardt, R.D. (ed.). Studies for Seismic Zonation of the San Francisco Bay Region, Professional Paper 941-A (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1975).

* Brown, R.D., Jr., and Kockelman, W.J. Geologic Principles for Prudent Land-use: A Decision maker's Guide for the San Francisco Bay Region, California, Professional Paper 946 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1983).

De Graff, J.V. Landslide Hazard on St. Lucia, West Indies (Washington, D.C.: Organization of American States, 1985).

** Du Bois, R. A Natural Hazards Assessment of the Coastal Area of Saint Lucia, West Indies (Washington, D.C.: Organization of American States, 1985).

* Ellis, M.Y. (ed.). Coastal Mapping Handbook (Washington, D.C.: U.S. Geological Survey and Office of Coastal Zone Management, 1978).

* Griggs, G., and Savoy, L. (eds.). Living With the California Coast (Durham, North Carolina: Duke University Press, 1985).

* Hays, W.W. Facing Geologic and Hydrologic Hazards, Earth-science Considerations, Professional Paper 1240-B (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981).

* Kockelman, W.J. "Some Techniques for Reducing Landslide Hazards" in Bulletin of the Association of Engineering Geologists, vol. 23, no. 1 (1986).

* - "Using Earth-science Information for Earthquake-hazard Reduction" in J.I. Ziony (ed.), Evaluating Earthquake Hazards in the Los Angeles Region-An Earth-science Perspective, Professional Paper 1360 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1985).

* - Reducing Losses from Earthquakes Through Personal Preparedness, Open-File Report 84-765 (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1984).

- Use of U.S. Geological Survey Earth-science Products by Selected Regional Agencies in the San Francisco Bay Region, California, Open-File Report 79-221 (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1979).

- "Flood-loss Prevention and Reduction Measures" in A.O. Waananen, *et al* Flood-prone Areas and Land-use Planning-Selected Examples from the San Francisco Bay Region, California, Professional Paper 942 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1977), pp. 23-30.
- Use of U.S. Geological Survey Earth-science Products by County Planning Agencies in the San Francisco Bay Region, California, Open-File Report 76-547 (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1976).
- Use of U.S. Geological Survey Earth-science Products by City Planning Agencies in the San Francisco Bay Region, California, Open-File Report 75-276 (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1975).
- ** Kockelman, W.J., and Brabb, E.E. "Examples of Seismic Zonation in the San Francisco Bay Region" in E.E. Brabb (ed.), Progress on Seismic Zonation in the San Francisco Bay Region, Circular 807 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).
- ** Laird, R.T., *et al*. Quantitative Land-capability Analysis, Professional Paper 945 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).
- Miller, C.D. Potential Hazards from Future Eruptions in the Vicinity of Mount Shasta Volcano, Northern California, 3 plates. Bulletin 1503 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1980).
- ** Muehrcke, P.C. Map Use: Reading, Analysis, and Interpretation (Madison, Wisconsin: J.P. Publications, 1978).
- Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft. World Map of Natural Hazards, scale 1:30.000.000 (Munich, 1978).
- National Research Council. Confronting Natural Disasters: An International Decade for Natural Hazard Reduction (Washington, D.C.: National Academy Press, 1987).
- * - Multiple Hazard Mitigation: Report of Workshop on Mitigation Strategies for Communities Prone to Multiple Natural Hazards (Washington, D.C.: National Academy Press, 1983).
- * Organization of American States, Department of Regional Development. Course on the Use of Natural Hazards Information in the Preparation of Investment Projects, vol. 1, 15 annexes (Washington, D.C.: Organization of American States, 1987a).
- Minimum Conflict: Guidelines for Planning the Use of American Humid Tropic Environments (Washington, D.C.: Organization of American States, 1987b).
- ** - Natural Hazards Map of the Paraguayan Chaco, Program Area 4-C scale 1:50.000 (Washington, D.C.: Organization of American States, 1985).
- ** - Proyecto de Desarrollo, República de Honduras, Riesgos Naturales, Map scale 1:50.000 (Washington, D.C.: Organización de los Estados Americanos, 1985).
- * - Integrated Regional Development Planning: Guidelines and Case Studies from OAS Experience (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984a).
- ** - Saint Lucia Coastal Hazard Map, Prepared with the Collaboration of the Ministry of Agriculture, Lands, Fisheries, Co-operatives and Labour of the Government of Saint Lucia, scale 1:50.000 (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984b).
- ** - Plan Hidráulico del Jubones, República del Ecuador, vol. 3 (Washington, D.C.: Organización de los Estados Americanos, 1984c).
- * Physical Resource Investigations for Economic Development: A Casebook of OAS Field Experience in Latin America (Washington, D.C.: Organization of American States, 1969).
- ** Regional Seismological Center for South America (CERESIS). Maximum Intensity Map of South America, scale 1:5,000,000 (Lima: Regional Seismological Center for South America, 1985).
- ** Robinson, A.H., Sale, R.D., and Morrison, J.L. Elements of Cartography, 4th ed. (New York: John Wiley and Sons, 1978).
- Santa Barbara County Planning Department. Seismic Safety and Safety Elements (Santa Barbara, California, 1979).
- Santa Clara County Planning Department. Public Safety Map no. 1 (San Jose, California, 1973).
- San Mateo County Planning Department. Seismic and Safety Elements of the General Plan, vols. 1 and 2 (Redwood City, California, 1976).
- * Steinbrugge, K.L. Earthquakes, Volcanoes, and Tsunamis (New York: Skandia American Group, 1982).
- ** Thompson, M.M. Maps for America, 2nd ed.: Cartographic Products of the U.S. Geological Survey and Others (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1981).
- Tinsley, E.J., and Hollander, J.P. Worldwide Directory of National Earth-science Agencies and Related International Organizations, Circular 934 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984).
- ** United Nations, Office of the Disaster Relief Coordinator. Disaster Mitigation: A Manual for Planners, Policy Makers, and Communities, 5 annexes (final draft) (Geneva: United Nations, 1988).
- * - Natural Disasters and Vulnerability Analysis: Report of Expert Group Meeting (9-12 July 1979) (Geneva: UNDRO, 1980).
- U.S. Office of Coastal Zone Management. Natural Hazard Management in Coastal Areas (Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, 1976).

Vlasic, T.C., and Spangle, W.E. "Use of Slope-stability Information in Land-use Planning" in T.H. Nilsen, *et al.* Relative Slope Stability and Land-use Planning in the San Francisco Bay Region, California, Professional Paper 944 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).

* Ziony, J.I. (ed.). Evaluating Earthquake Hazards in the Los Angeles Region: An Earth-science Perspective. Professional Paper 1360 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1985).

* Referencia clave.

** Referencia clave específicamente para cartografía de peligros múltiples.

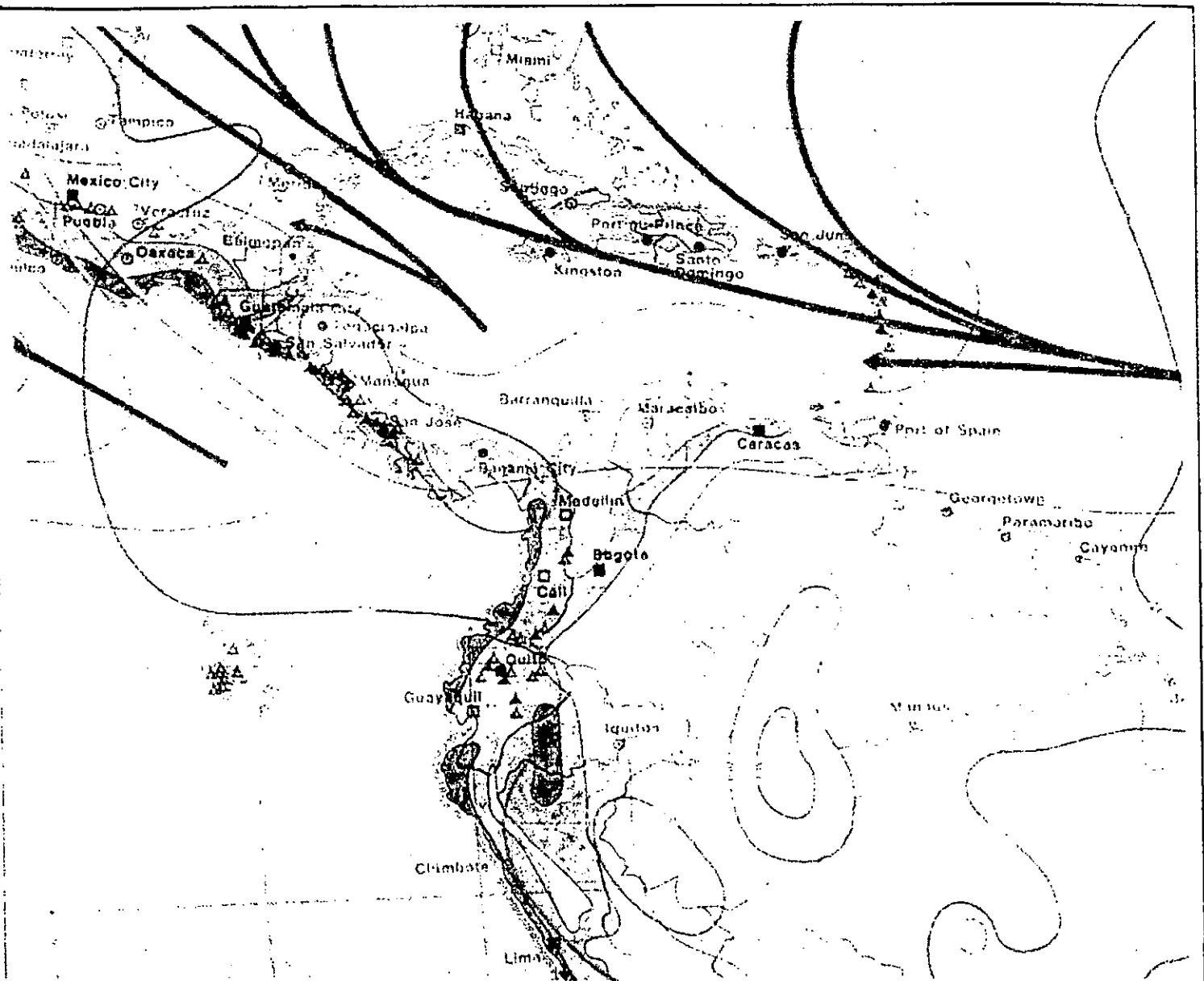


Conditions and Disclaimer

Condiciones de descargo y responsabilidad

This page was last updated on Tuesday, July 16, 2002

Fig 3



Terremotos, tsunamis y volcanes

Intensidad máxima probable (escala Mercalli modificada: MMI) con una probabilidad de exceso del 20% en 50 años, equivalente a una ocurrencia única media (período de recurrencia) en 250 años, para condiciones medias del subsuelo

- Zone 0: MMI V e inferior
- Zone 1: MMI VI
- Zone 2: MMI VII
- Zone 3: MMI VIII
- Zone 4: MMI IX y superior
- Costas expuestas a tsunamis (olas sísmicas)
- ▲ Volcanes activos
- ▲ Volcanes muy peligrosos

Vientos huracanados

1. Ciclonés tropicales (escala Saffir-Simpson 1 y superior)

- 0.1 a 0.9 por año
- 1.0 a 2.9 por año
- 3.0 y más por año
- Isolines de frecuencia máxima
- Trayectorias medianas

2. Tormentas invernales

- (Mar de Oman: monzones)
- Frecuencia porcentual de Beaufort 7 y superior
- Atlántico del Norte y Pacífico del Norte: diciembre
- Hemisferio Sur y Mar de Oman: junio
- Isolines de la frecuencia porcentual

3. Tornados

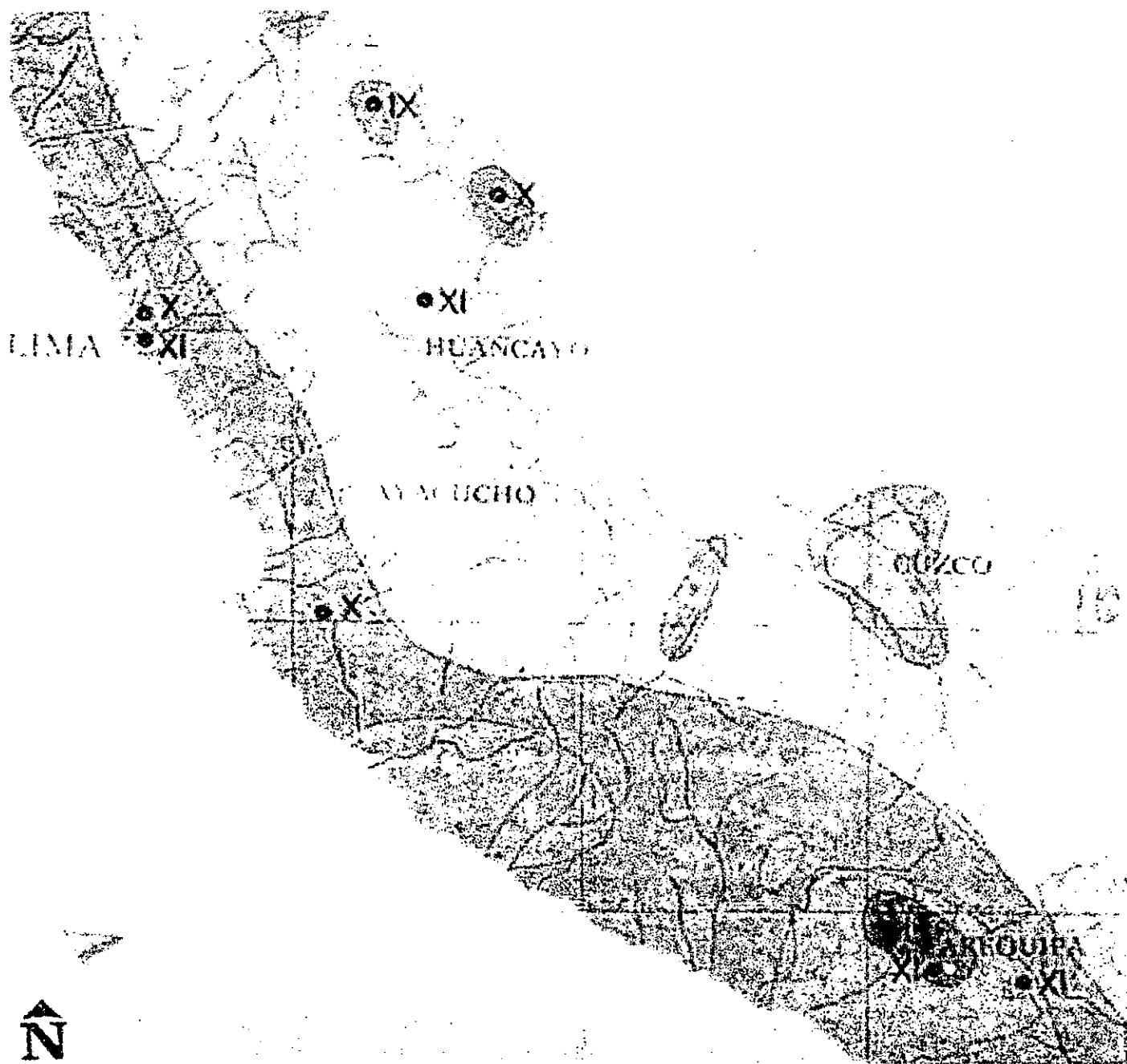
- 7: Número de símbolos por región mayor: frecuencia media por año
- EE 1/10: Isolines de la frecuencia de tornados, en siglos ($\frac{1}{10} = 10 = 1,000 \text{ años} = \text{período de recurrencia} = \text{por siglo}$)

Demás peligros de la naturaleza, otros

- ▲ ▲ ▲ Límite del avance de los icebergs
- Banquias ocasionales
- Banquias permanentes
- Frecuencia de neblías marítimas superior al 30% (junio)
- Isolines de días tormentosos por año
- Bombay: más de 1 millón de habitantes
- Chimbote: 100 000 hasta 1 millón de habitantes
- Townsville: menos de 100 000 habitantes
- Bonn: capital
- Sydney: representación extranjera de MR

- Fronteras nacionales (Las fronteras políticas no han de considerarse como vinculantes)
- Ríos

Fig 4



Leyenda:



I (MM) = X



I (MM) = IX



I (MM) = VIII



I (MM) = VII



I (MM) = VI



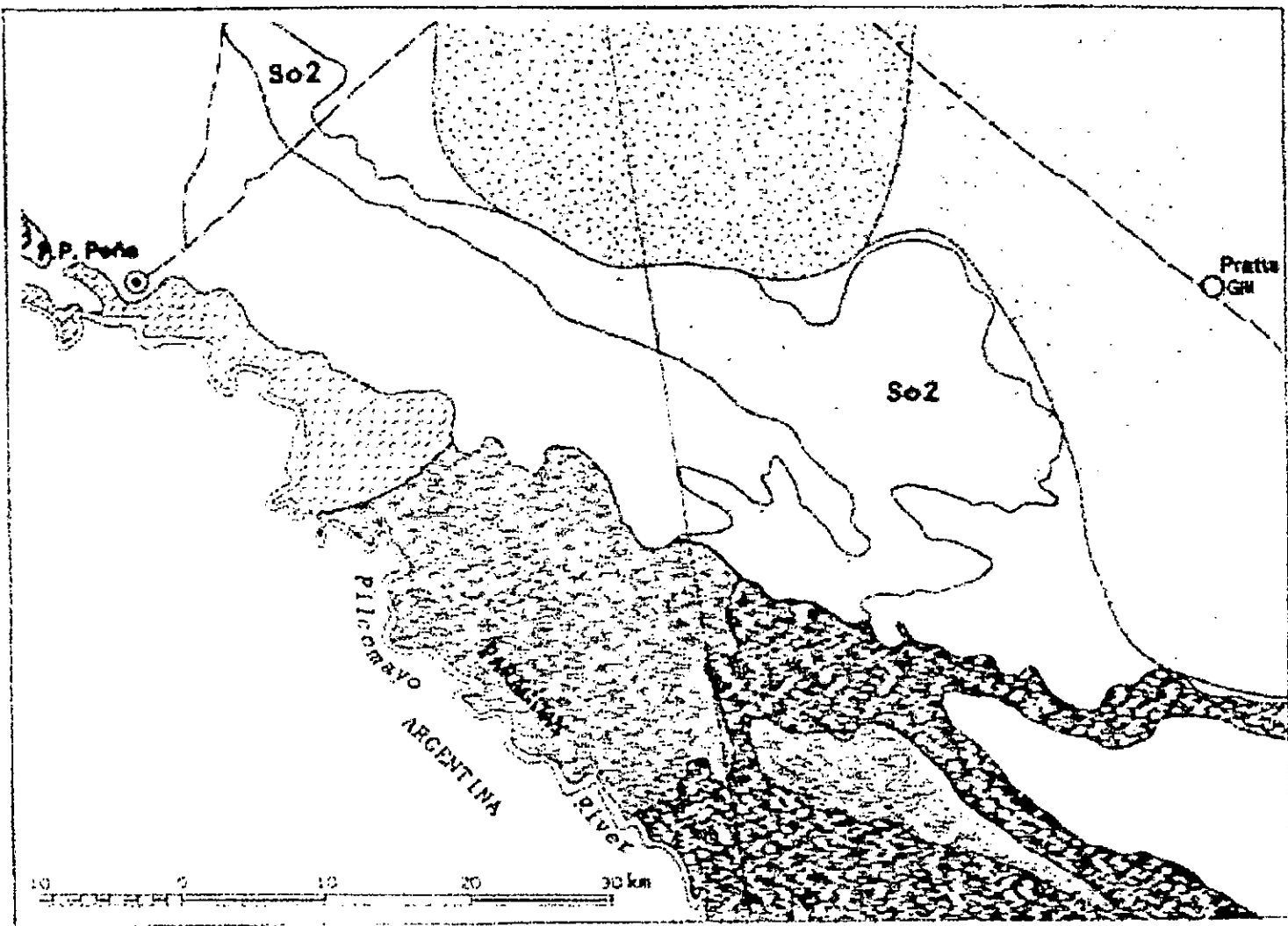
I (MM) = V



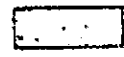
I (MM) = < V



Intensidades en exceso de los valores de contorno, observadas en áreas de extensión restringidas.



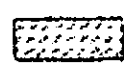
Alto riesgo



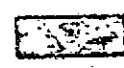
Moderado riesgo

AREAS SUJETAS A DESERTIFICACION

Se identifican las de riesgo alto y riesgo moderado por análisis de factores, de presión humana, clima y recursos naturales.



Alto riesgo



Muy alto riesgo

AREAS SUJETAS A INUNDACION

Se identifican las de muy alto riesgo y alto riesgo de inundaciones, con datos Landsat, fotografía aérea y mapas de suelos, vegetación, fluvilogía, uso de tierras, precipitación y peligro de desertificación.

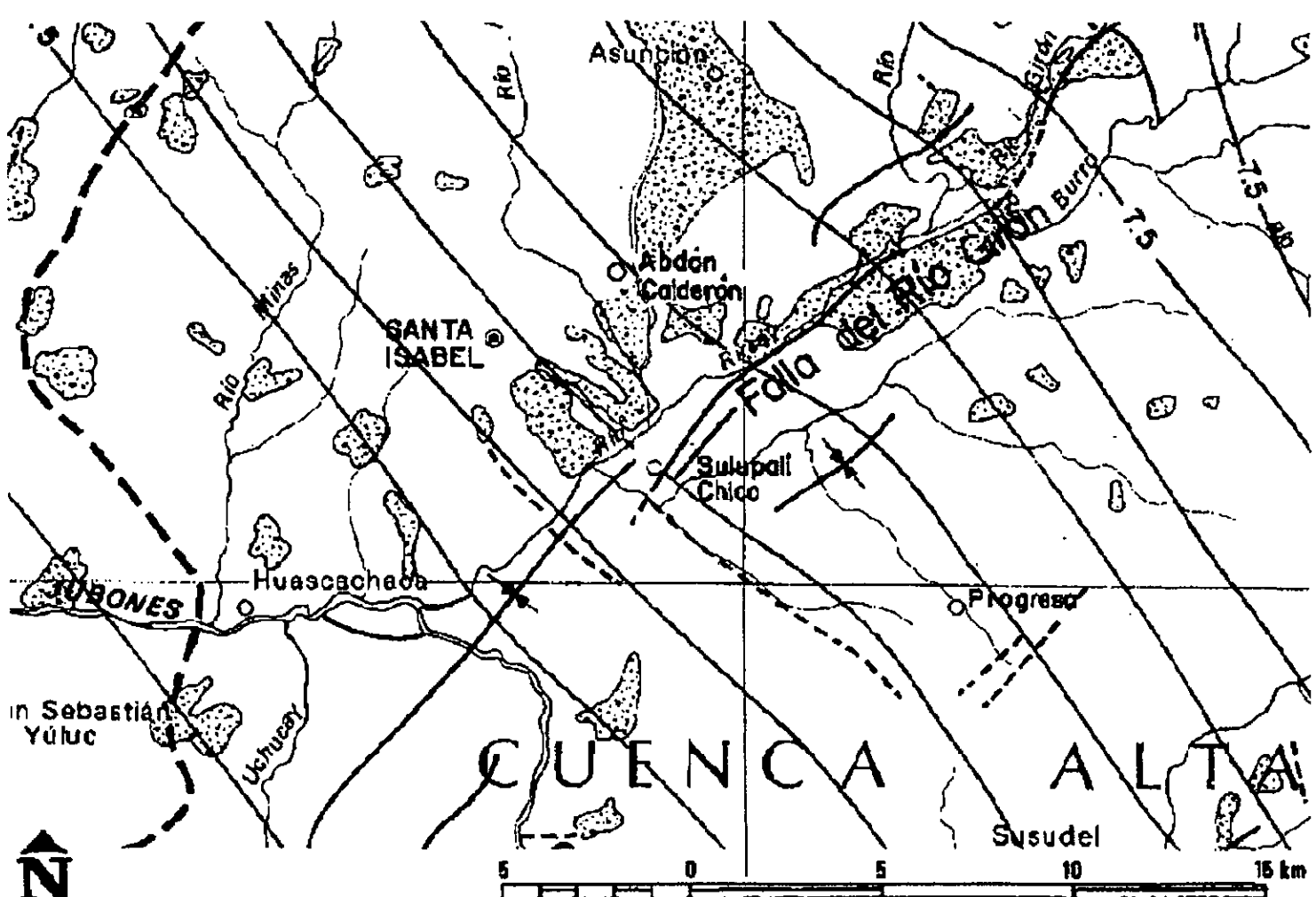


Muy alto riesgo

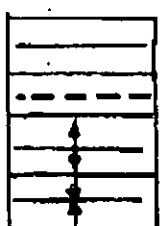
AREAS DE SUELOS PELIGROSOS

Las áreas demarcadas son zonas de muy alto riesgo de salinización y alcalinización. También fueron identificadas áreas con alto riesgo de erosión.

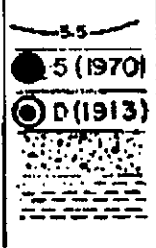
Fig 5



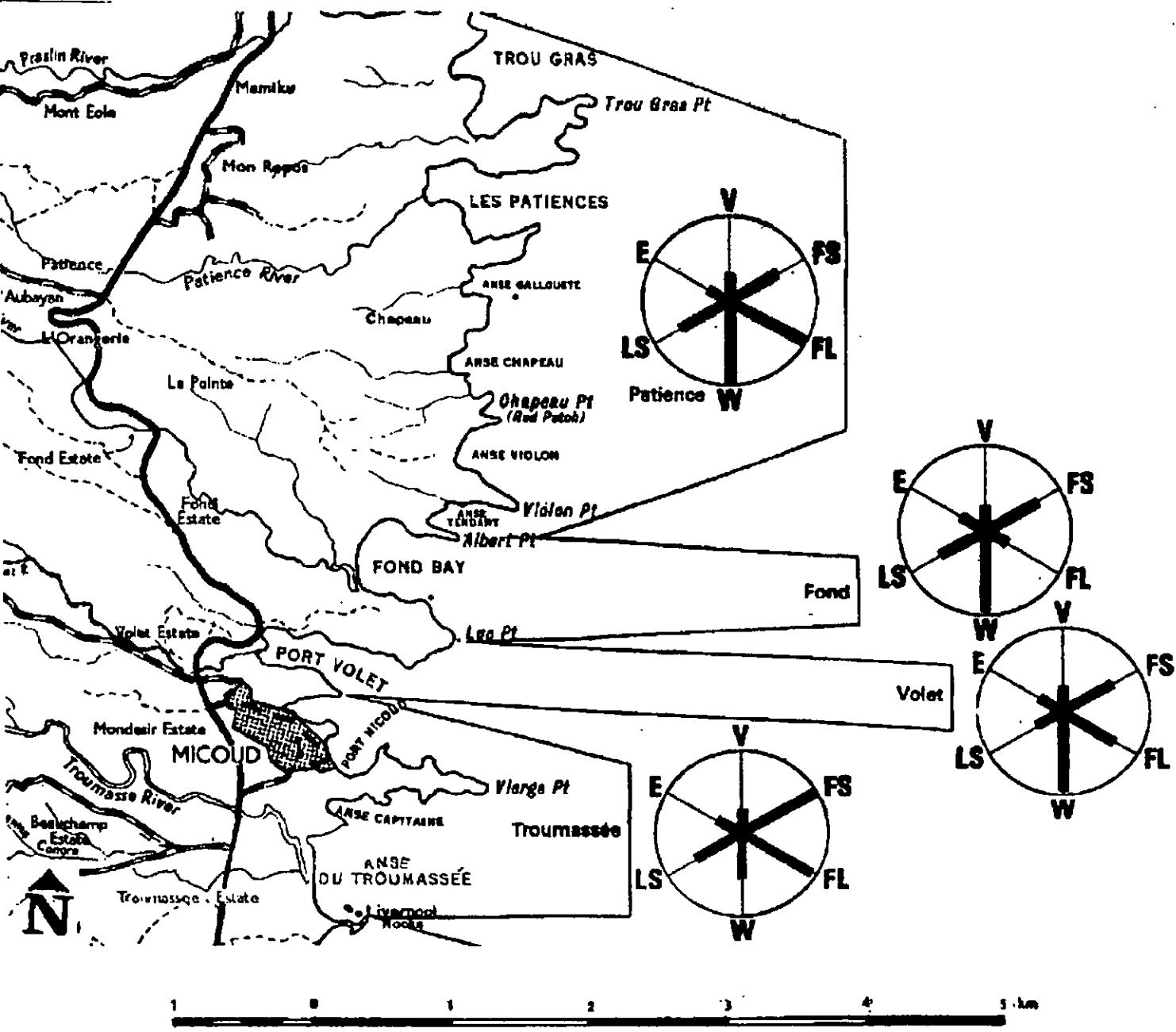
Leyenda:



Falla
Falla Infrida
Eje Anticlinal
Eje Sinclinal



Isolíneas de Intensidad de Terremoto
Intensidad de Terremoto (año)
Terremoto Destructivo (año)
Deslizamiento de Tierra
Inundación



Leyenda:

Niveles de Severidad en la Línea Costera

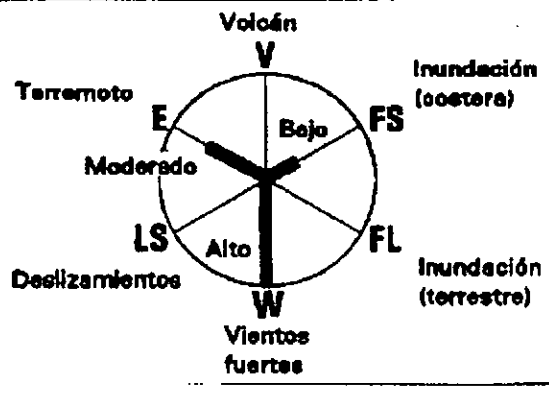


Fig 10

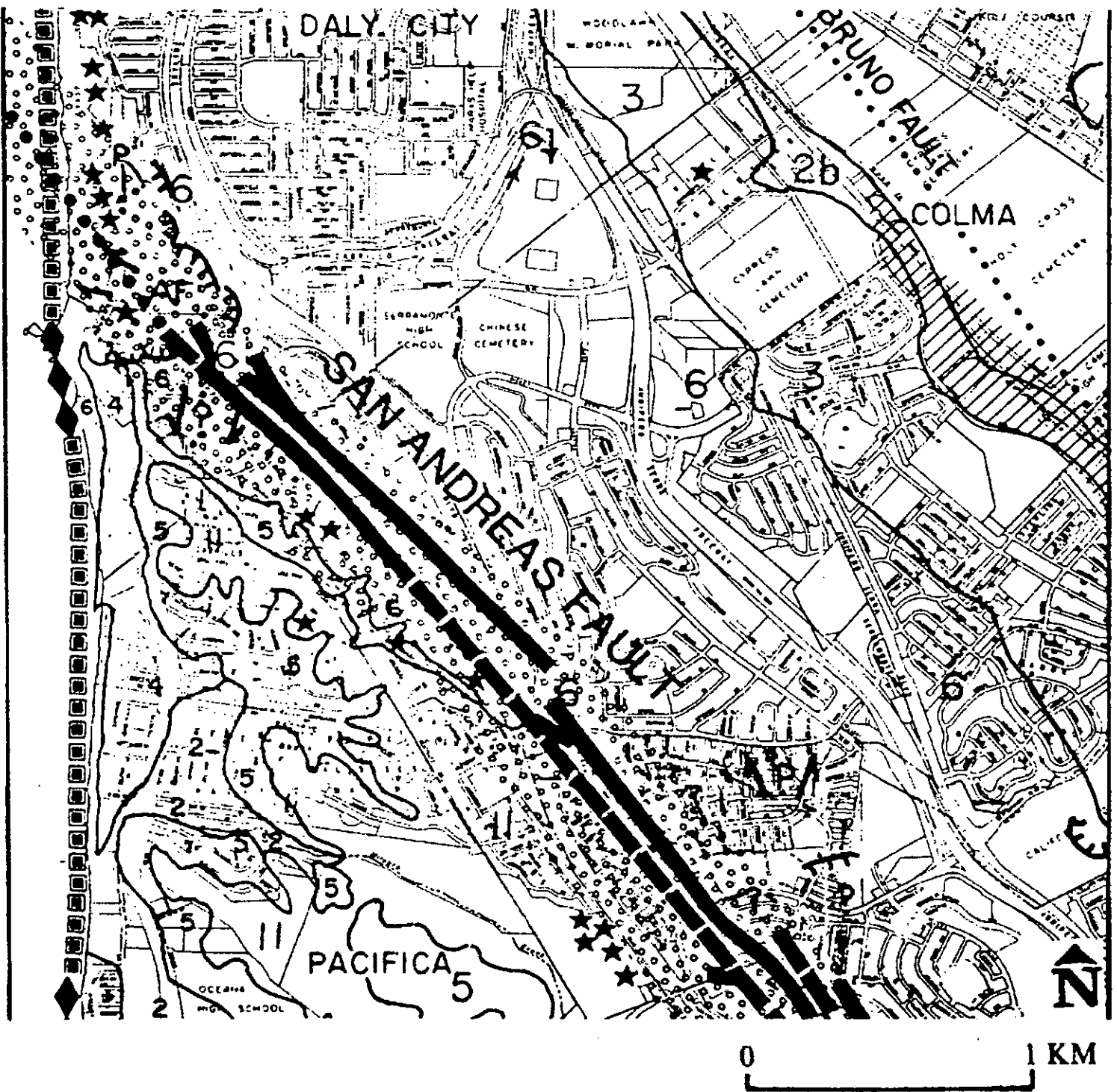
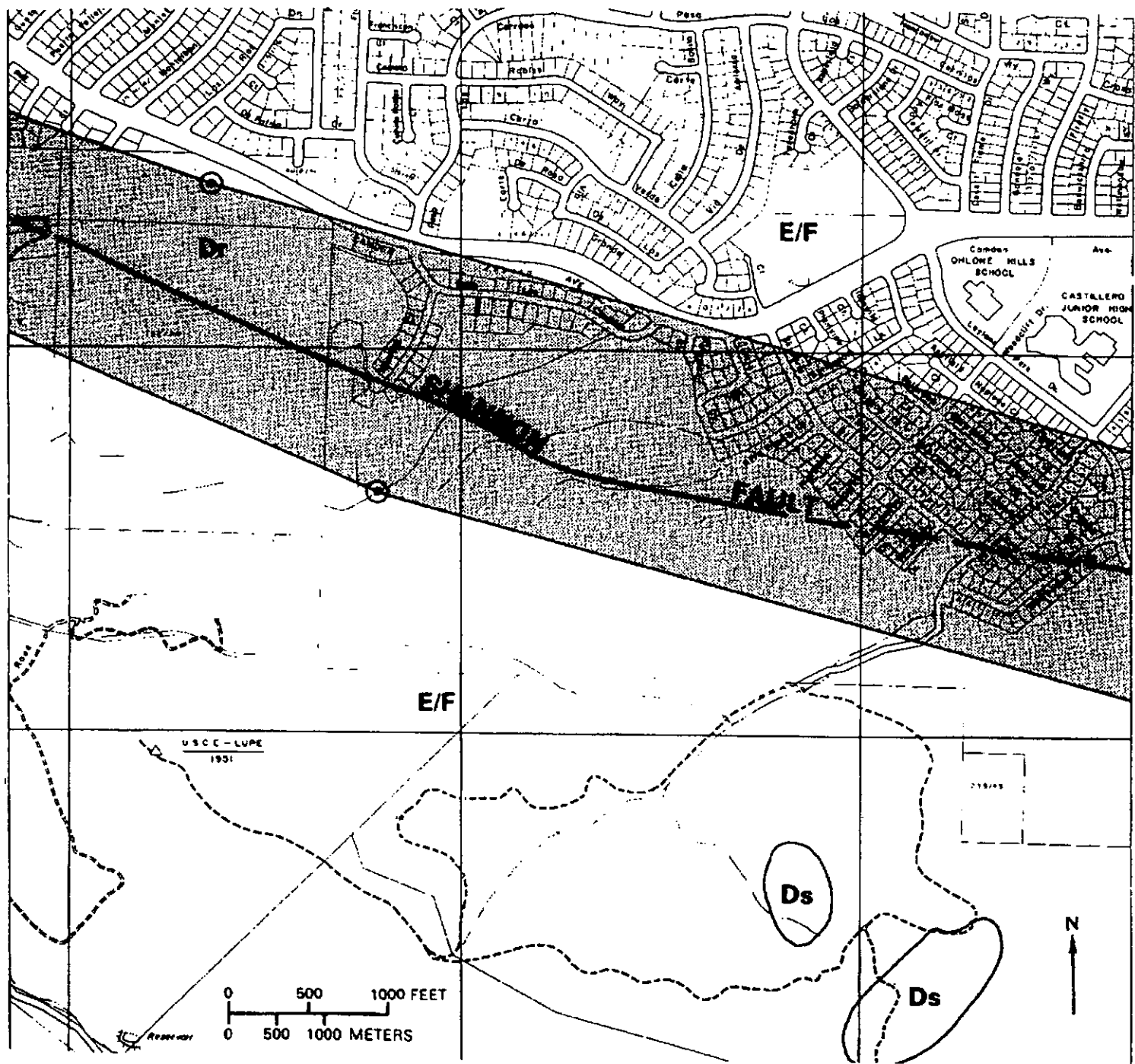


Fig 11



About 1 m (3 ft) right-lateral offset likely

SURFACE FAULTING

No surface faulting likely

GROUND SHAKING

Strong bedrock shaking (75-125 cm/s; 30-50 m/s) decreasing with distance to moderate bedrock shaking (10-30 cm/s; 5-15 m/s)

Amplification for frequencies < 1.5 Hz

Increased amplification for frequencies < 1.5 Hz

FLOODING

Not possible

Partial inundation possible

LIQUEFACTION

Low potential

High potential (where clean granular layers exist)

LANDSLIDING

No potential (except in lake and streambeds)

Several large and small landslides likely

Few small landslides likely

Lateral spreading associated with liquefaction

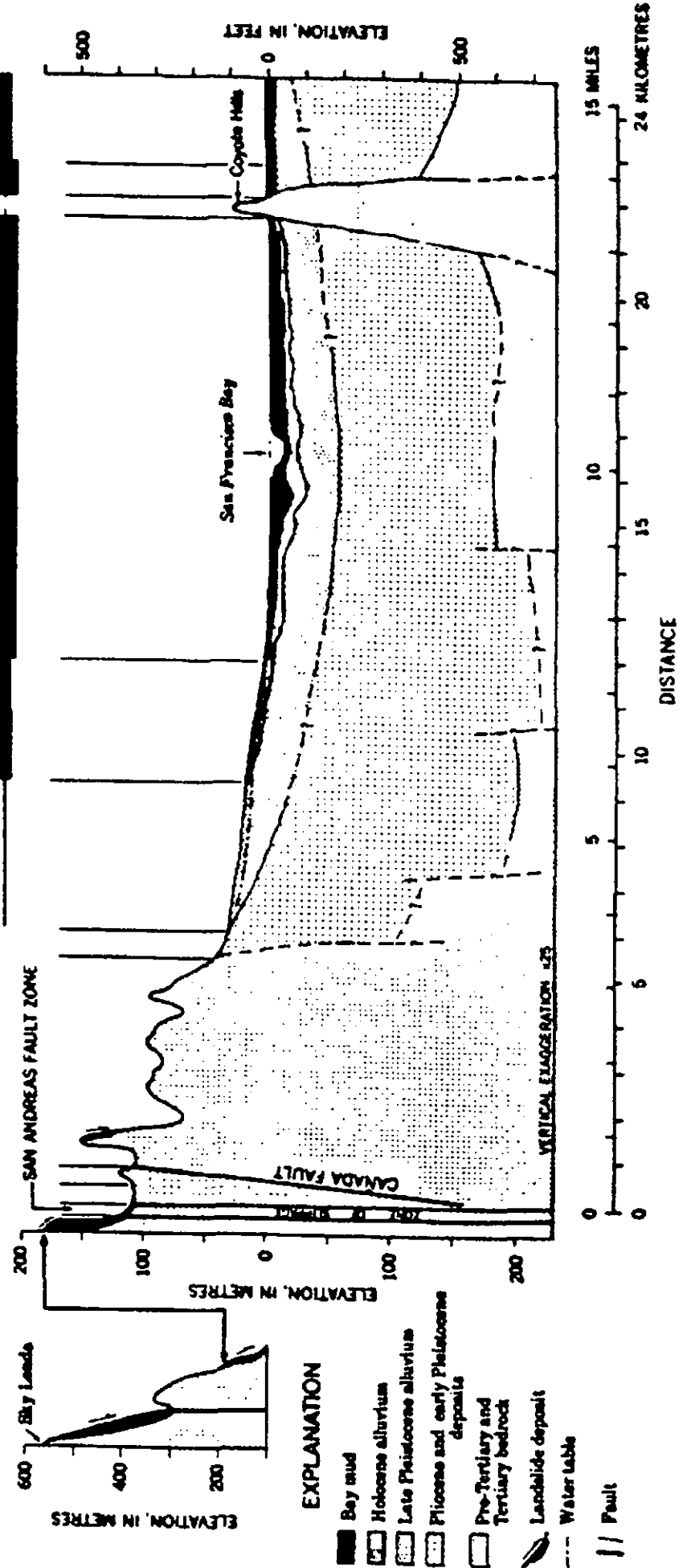
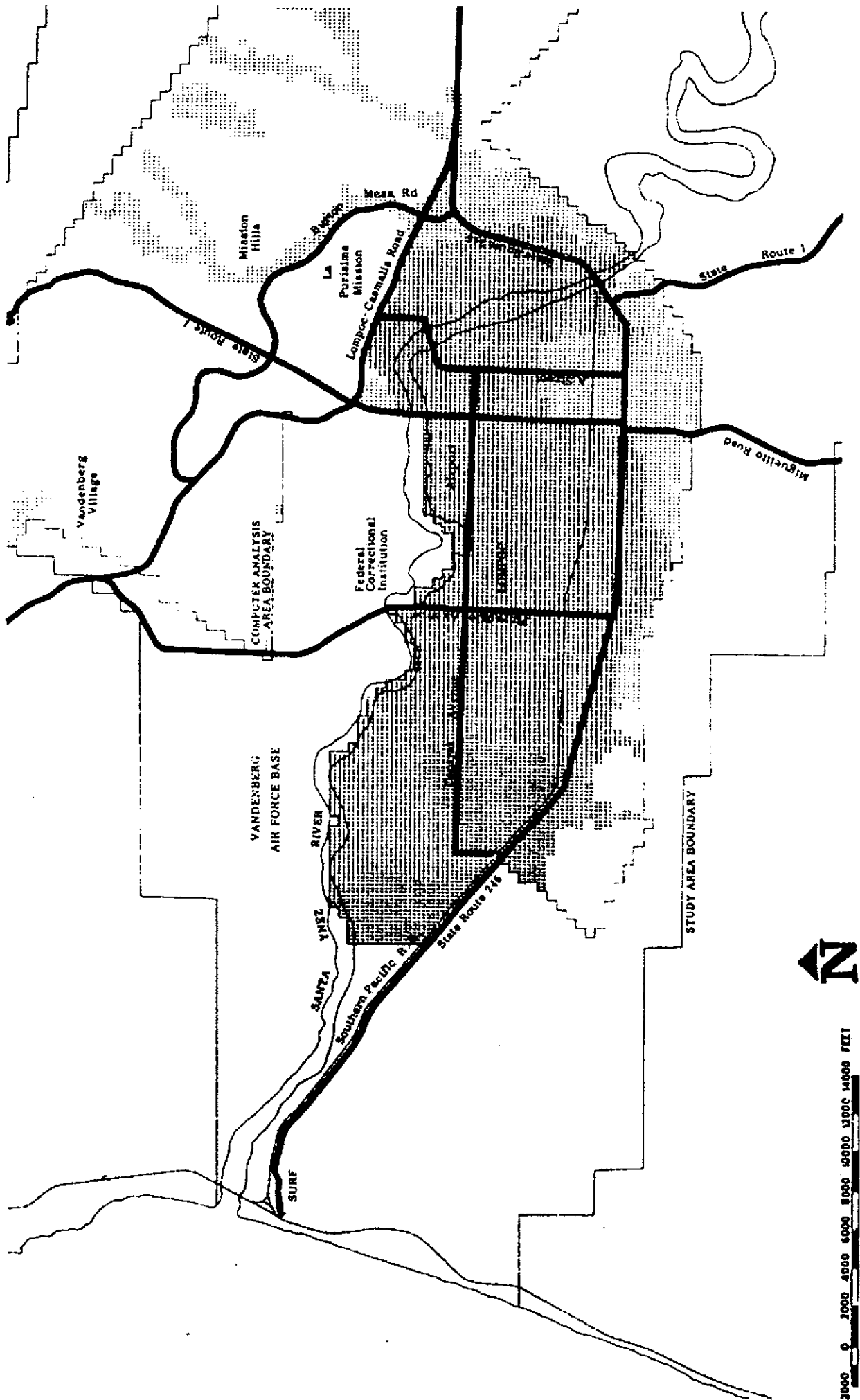


Fig 43



Consideraciones sobre los aspectos de amenazas geológicas en la región Centro-Norte de Venezuela

Luis A. Acosta / Adolfo López

Al intentar establecer las amenazas geológicas a las cuales está expuesta la zona Centro-Norte de Venezuela, nos vemos tentados a utilizar términos y teorías muy especializadas que harían que incurriéramos en el error de perder nuestro eje fundamental, el cual está referido a conocer con exactitud como la geología *per se*, puede ser, y de hecho es lo suficientemente poderosa como para convertirse en una factor de riesgo para una determinada población urbana (ver figura).

La amenaza geológica en la región en discusión, está compuesta por diferentes elementos (fallas activas, formaciones geológicas con grandes espesores y un alto grado de rocas descompuestas, grandes desniveles topográficos, cuencas hidrológicas susceptible a los fenómenos climáticos, cuencas sedimentarias soportando metrópolis) que en algunas situaciones pueden funcionar de manera independiente, pero que en la mayoría de los casos se encuentran en absoluta interrelación. Ello puede convertirse en una excelente base para diseñar grandes y seguros urbanismos, o, en caso de no considerarse, puede significar un caldo de cultivo de verdaderas catástrofes, como por ejemplo la ocurrida en 1999 en el Estado Vargas.

Los fenómenos naturales ocurren luego de cumplirse condiciones y leyes naturales muy precisas, por tanto, no son aleatorios. Por el momento estos fenómenos no pueden ser predichos, pues ignoramos sus leyes.

Lo que queda muy claro en lo antes expuesto, es que nuestra incapacidad para predecir estos fenómenos naturales no tiene que ver tan sólo con el hecho de que el fenómeno sea muy difícil de conocer; lo que ocurre es que todavía no hemos podido precisar las leyes que lo regulan. Esto se convierte en una exigencia más a la cual estamos expuestos los profesionales de la ciencia de la tierra y del urbanismo, en cuanto a la necesidad de interiorizar en la cultura del RIESGO.

Hablar de la cultura del riesgo implica que los profesionales de la materia deben conocer cuáles son los peligros naturales de las regiones en donde proyectan realizar sus obras. Para ello es necesario explorar la geografía y las características naturales y urbanas, teniendo en cuenta que cada geografía implica ciertas amenazas específicas para el ser humano que viva y se desplace en ella. El fin último, en todos los casos, es lograr la Prevención de cualquier tragedia.

Esta tarea, que definitivamente se hace titánica y compleja cuando el profesional, consciente de su labor social y creyente en la Prevención como única medida para evitar tragedias, tropieza con un vacío de información escrita y con la ausencia de cartografía completa que refiera las amenazas geológicas a nivel nacional y regional.

El presente escrito no pretende sustituir lo insustituible, pero sí, de manera muy modesta y con base en nuestra experiencia y conocimiento teórico en cuanto a amenazas geológicas, mostrar una propuesta de zonificación de las amenazas regionales, por medio de un corte esquemático de lo que serían las franjas de los riesgos geológicos de la zona Centro-Norte de Venezuela (ver figura).

A manera de resumen y justificando nuestro escrito, trataremos de

Meteorización: La meteorización presenta, como efectos paulatinos, la descomposición físico-química de la masa rocosa de las formaciones geológicas, el aumento de los espesores de suelos y cambios en las características geomecánicas originales de las litologías originales. Dicho de manera coloquial, es el proceso de descomposición de la roca transformándose en suelo residual. Su origen se debe a los efectos generados por los agentes del medio ambiente que actúan sobre las rocas a lo largo del tiempo, los cuales varían de acuerdo a las condiciones de contorno e internas de la roca, produciendo procesos químicos o físicos, los cuales pueden actuar tanto de manera independiente como en conjunto. Este elemento de amenaza geológica en la región Centro-Norte, no tomado en cuenta por muchos profesionales de la geotecnia en los estudios geotécnicos, puede manifestarse en campo, por alcanzar de 10 a 30 metros de profundidad, por lo cual es susceptible de formar cárcavas profundas y de evidenciar la presencia de deslizamientos de gran tamaño y profundidad, dependiendo también de la pendiente.

Cuencas sedimentarias: La grandes poblaciones de la región capital se encuentran establecidas en depresiones aluviales - coluviales intra montañas. En estas cuencas existen profundos espesores de sedimentos de edad reciente, con niveles de agua subterránea elevados. Estas cuencas pueden ser elementos de amenaza cuando interactúan con las ondas sísmicas, ya que dicha combinación puede manifestar fenómenos de la amplificación de las ondas sísmicas (sismo de Caracas, 1967), así como también cambios en el estado físico de las arenas, las cuales adquieren un comportamiento de líquido (licuefacción), pudiendo presentarse posibles hundimientos por extracción de agua.

Facturación y discontinuidades en la roca: estas características de algunas zonas rocosas, asociadas a deformaciones geológicas como fallas y pliegues, son factores de amenaza geológica asociados con la estabilidad de laderas y taludes de corte, desprendimientos de roca, filtraciones en presas de agua, etc.

Agentes antrópicos: se basan en la degradación de la geología y relieve original ocasionada por la intervención del ser humano, dando como resultado una serie de consecuencias negativas en el medio físico natural con repercusiones directas en la población; tal es el caso de la alteración drástica del relieve original, debida a cortes y rellenos generados por inadecuados movimientos de tierra; del cambio de las condiciones de áreas de alta inestabilidad y de la eliminación de la cobertura vegetal, rompiendo el equilibrio natural y exponiendo el área a los agentes erosivos, movimientos de masa e implantación de grandes presas de agua.

Inundaciones: se originan por diversas causas, por ejemplo: grandes lluvias, desbordes de ríos o embalses, obturaciones de cuencas o drenajes, tormentas, maremotos, etc. Pueden ser localizadas o de gran extensión, así como muy violentas, en cuyo caso ocasionan cuantiosos daños. Su magnitud está en relación directa con los niveles que alcancen las aguas en la inundación, con la violencia y rapidez con que se produzca y con el área geográfica que abarque. Del mismo modo, puede considerarse la calidad de los diseños y construcciones de las obras, en cuanto haber o no considerado las precauciones de un cierto nivel de seguridad previsto; la calidad del terreno donde se sitúan las

describir la geomorfología de la región capital, a fin de que ustedes, los profesionales del área, tengan un conocimiento general de aquellas zonas que van a intervenir.

La región capital presenta paisajes que aparecen reiteradamente, es por ello que en este momento y a manera de ejercicio, le proponemos al lector, hacer un vuelo virtual sobre la región capital para visualizar las características geomorfológicas de la misma. Lo primero que observará, con vista de pájaro, es el característico paisaje de costa muy recta con dirección Este-Oeste, desde las poblaciones de Chirimena hasta Morón. Esta geografía tiene un fuerte componente tectónico (contacto de placas tectónicas), dado que la falla activa de San Sebastián controla la regularidad de la línea de costa; luego, inmediatamente y de manera abrupta, se encontrará con fuertes desniveles topográficos que pertenecen al grupo de filas Este-Oeste de la Cordillera de la Costa, notando que existen valles intramontanos incluidos y desarrollados en el mismo sentido (E-O), como lo son Caracas, Guarenas-Guatire y los Valles del Tuy. Un poco al Sur de Caracas encontrará seguidamente los grandes desarrollos de los altos mirandinos ubicados en sentido Este-Oeste. Por último, le pedimos al lector que penetre también virtualmente la superficie de la tierra y desde el subsuelo mire como un topo, en dirección Este-Oeste; de este modo observará por lo menos cuatro líneas aproximadamente verticales, las cuales constituyen zonas de fallas sísmicas donde los planos de falla se extienden Este-Oeste y se profundizan a más de 10 km. bajo la superficie de nuestra región capital. Encontrará además, entre otros elementos, grandes espesores de roca descompuesta y transformada en suelo, muchas veces en relieves con altas pendientes como los de San Antonio de Los Altos. También observará coincidentalmente que las grandes poblaciones se encuentran sobre grandes espesores de suelos recientes, emplazados dentro de cuencas con dirección Este-Oeste alineadas con fallas activas, como lo son los valles de Caracas, Guarenas y La Victoria.

Las fuentes de amenazas geológicas así definidas son clasificadas, según su origen, en tres tipos:

- a) Naturales: originadas sin intervención humana en la región (sismicidad, deslizamientos, inundaciones)
- b) Inducidas: Agravadas por la actividad humana (Inestabilidad de taludes, erosión de suelos, desertificación, degradación de cuencas)
- c) Antrópicas: Originadas por la actividad del hombre (contaminación, ruptura de presas, movimientos de tierra)

Esta zona está expuesta, como lo dijimos anteriormente, a un sin número de amenazas, entre las cuales cabe destacar las siguientes:

Sismos: La Región Capital debido a su cercanía al contacto de Placas Tectónicas del Caribe y Sur América, está interceptada por varios sistemas de falla, entre los cuales destaca el sistema de falla de San Sebastián como el de más peligro regional, seguido del de la Victoria; también están otros secundarios como el de Macuto y el de Tacagua - El Ávila. Dichos sistemas constituyen una agrupación de fallas que van en sentido aproximado Este-Oeste.

Históricamente, a los sistemas de San Sebastián y de La Victoria se les atribuyen sismos destructores; no obstante, la historia también arroja datos de daños en las poblaciones de la región por sismos que han ocurrido fuera de la influencia geográfica de los sistemas de falla antes mencionados.

Los efectos que se presentan a la hora de la ocurrencia de un sismo son: vibración, amplificación de la onda, espectros, aceleraciones e intensidades, todos los cuales producen licuefacción, deslizamientos, erosión, cambios de elevación topográficas y grandes olas (tsunamis).

Movimientos de masas: El origen de estos fenómenos geológicos de inestabilidad de laderas es gravitacional, relacionado o no con la actividad sísmica o de lluvia. Los mismos, agrupados como deslizamientos de tierra, desprendimientos de bloque de

obras en cuanto a su capacidad de resistir o no la erosión que puedan provocar las inundaciones, así como la calidad de los terrenos adyacentes a las obras, en cuanto al riesgo de derrumbes o deslizamientos de tierra que podrían provocar lluvias torrenciales o persistentes.

Aquellos que pertenecemos al club de la "cultura del riesgo", adoptamos una estructura muy particular de pensamiento, que está determinada por criterios muy precisos al momento de involucramos en un proyecto. A continuación les presentamos una experiencia en la cual nuestra compañía realizó una evaluación de amenaza geológica.

La evaluación se realizó en la ciudad de Valencia. Los propietarios tenían como objetivo realizar la construcción de una edificación. Por medio de una investigación histórico-documental y varias visitas a la zona en la cuales se obtuvo una información muy completa, se llegó a lo siguiente:

El caso se encontraba en una cuenca sedimentaria, en donde se sospechaba la existencia de un riesgo geológico relacionado con la presencia de la traza de una falla supuestamente activa (Falla de Las Trincheras), la cual después de un largo período de aparente inactividad, pudiera generar una ruptura superficial a causa de un futuro terremoto, deformando la estructura a nivel de fundaciones. Por ello se decidió realizar un análisis fotointerpretativo del área con la finalidad de ubicar la traza de la falla y su posible intersección con la parcela. Este análisis arrojó que no existía la posibilidad de intersección de esta falla con la parcela, lo cual garantizaba la no ocurrencia de deformaciones a nivel de fundaciones, debido a la ruptura superficial de la traza de la falla.

Por otro lado, el análisis desde un punto de vista global del sitio evidenció la presencia de otro riesgo geológico importante, relacionado con un fenómeno natural continuo que tenía que ver con el caudal del río Cabriales y con la posición de la parcela, la cual estaba emplazada a nivel de anteproyecto en la segunda terraza de inundación de este río.

Se decidió entonces realizar un análisis de los sedimentos que conformaban estas planicies de inundación, llegando a la conclusión de que se trataba de sedimentos que, al momento de un sismo, poseen alta probabilidad de licuefacción. Por tales motivos, se decidió mover la construcción 500 metros hacia un sector con menos posibilidad de licuefacción y con ningún riesgo de inundación.

Casos como estos son verdaderas experiencias del valor que tienen las evaluaciones de amenazas geológicas, tanto para el cliente como para la comunidad en general.

Para lograr adquirir este tipo de pensamiento en donde el factor riesgo esté presente, es necesario no sólo tener la intención, sino también tomar las medidas más estructurales y sistémicas a fin de que todos participemos de esta cultura.

Uno de los primeros pasos a dar en este sentido sería la adecuación de los pensum de estudios en distintas carreras, como arquitectura, ingeniería civil, geológica, etc., en donde el estudio de los distintos riesgos debe ser eje fundamental de formación. Por otra parte, se requeriría la obligatoriedad, por parte de los entes gubernamentales, en cuanto a la exigencia de estudios de riesgos geológicos entre los estudios preliminares de desarrollo urbano. Además de esto, sería de gran interés y provecho poder abrir espacios de discusión no sólo de riesgos geológicos, sino también de otros riesgos que puedan producir daños en nuestro entorno.

Todo esto hará que nuestros profesionales aprendan a vivir pensando en los riesgos, teniendo en cuenta que es imposible

a, aludes torrenciales y coladas de barro, adquieren
porciones catastróficas con lluvias intensas, e interactúan con
grandes perfiles de roca descompuesta de la región,
siéndose presentes por medio de efectos de destrucción de
terrazas, aludes, avalanchas, represamiento del drenaje, erosión,
obstrucción de cauces, sedimentación, pérdidas de nutrientes y
contaminación.

vivir sin ellos. De nuestra parte está el que podamos conocerlos,
ubicarlos y prepararnos para su eventual visita.

s A. Acosta / Adolfo López
Ingenieros Geólogos. Proyectos Geolook C.A. Ingeniería Geológica Aplicada
Email: geolook@usa.net

[Volver al Contenido](#)



Capítulo 10. Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra

A. Visión general de la cartografía del peligro de deslizamientos de tierra y el proceso de planificación para el desarrollo

B. Deslizamientos de tierra, evaluación del peligro de deslizamientos de tierra y áreas a ser consideradas

C. Cartografía de factores físicos y preparación de un mapa del peligro de deslizamientos de tierra

Conclusión

Referencias

Apéndice

RESUMEN

Este capítulo presenta (1) términos importantes, conceptos y consideraciones relacionadas con la susceptibilidad a deslizamientos de tierra; (2) una técnica - cartografía de zonificación de peligros- para el examen de los riesgos de deslizamientos; y (3) los temas críticos que deben ser tratados al incorporar los peligros de deslizamientos al proceso de planificación para el desarrollo.

En 1974, uno de los deslizamientos de tierra más grandes en la historia ocurrió en el valle del río Mantaro en los Andes del Perú (Hutchinson and Kogan, 1975). Una laguna temporal fue formada cuando el deslizamiento represó el río Mantaro causando la inundación de granjas, tres puentes, y unos veinte kilómetros de carretera. Casi 500 personas en el pueblo de Mayunmarca y en sus alrededores perdieron la vida. Este desastre es un ejemplo del potencial destructivo de los deslizamientos de tierra y el por qué son considerados como peligros. Si bien no todos los deslizamientos producen catástrofes, los daños causados por muchos pequeños pueden ser igual a o exceder el impacto de un solo gran deslizamiento. Así, los deslizamientos tanto grandes como pequeños son capaces de causar daños significativos y pérdidas de vida.

El propósito del método que se describe en este capítulo es la evaluación del peligro relativo de deslizamientos de tierra. Su producto primario, un mapa de peligro de deslizamientos de tierra, proporciona a los planificadores un método práctico y costo-efectivo para zonificar áreas susceptibles a deslizamientos.

El método puede ser utilizado tanto por planificadores como por los técnicos especialistas en deslizamientos. El planificador logrará un conocimiento operativo de los conceptos y consideraciones para incorporar la evaluación del peligro de deslizamientos al proceso de planificación, usando un nivel adecuado de evaluación para cada etapa del proceso, y así podrá formular las preguntas apropiadas al técnico especialista y preparar los términos de referencia que aseguren que se ha de obtener la información necesaria. El técnico especialista encontrará una revisión de los temas sobre el peligro de deslizamientos y lineamientos para realizar la zonificación de deslizamientos. Como frecuentemente es el caso en el manejo de peligros naturales, los estudios de planificación son el vínculo entre la información científica y el proceso general de planificación para el desarrollo.

El método presentado, uno de varios que están disponibles, tiene las siguientes características:

- Se hace uso de diversos mapas temáticos e información de percepción remota, generalmente disponible para un estudio de desarrollo.
- Está diseñado para proporcionar información apropiada sobre el peligro de deslizamientos, para cada una de las etapas del proceso de planificación.
- Se utiliza la susceptibilidad relativa a deslizamientos, como medida del peligro potencial en el área.
- Es aplicable a regiones con diferentes características geomorfológicas y de vegetación.
- Generalmente puede ser utilizado dentro de las restricciones de tiempo y presupuesto de un estudio de planificación.

A. Visión general de la cartografía del peligro de deslizamientos de tierra y el proceso de planificación para el desarrollo

1. Determinación de riesgo aceptable

2. Cartografía del peligro de deslizamientos de tierra

3. La integración de mapas de zonificación de peligros de deslizamiento de tierra al proceso de planificación para el desarrollo

La susceptibilidad de determinada área a los deslizamientos se puede determinar y describir en base a la zonificación del peligro. Se puede preparar un mapa del peligro de deslizamientos muy al inicio del estudio de planificación y desarrollarlo en mayor detalle a medida que avanza el estudio. Se puede usar como herramienta para identificar las áreas de terrenos mejor caracterizadas para el desarrollo, examinando el riesgo potencial de los deslizamientos. Aún más, una vez que se identifique la susceptibilidad a los deslizamientos, se pueden desarrollar proyectos de inversión que eviten, prevengan o mitiguen significativamente el peligro.

Para determinar la extensión del peligro de deslizamientos, se requiere identificar aquellas áreas que podrían ser afectadas por un deslizamiento dañino y evaluar las probabilidades de ocurrencia en un determinado período de tiempo. Sin embargo, en

general es difícil precisar un período de tiempo para la ocurrencia de un deslizamiento, aún bajo condiciones ideales. Como resultado, el peligro de deslizamiento frecuentemente se presenta como la susceptibilidad a deslizamientos (Brabb, 1985). De manera similar al concepto de áreas inundables (ver Capítulo 8), la susceptibilidad a deslizamientos sólo identifica las áreas potencialmente afectables y no implica un período de tiempo durante el cual podría ocurrir un deslizamiento. Para simplificar estos conceptos, en este capítulo se hará referencia a la susceptibilidad a deslizamientos como peligro de deslizamientos. Comparando la ubicación de un área propuesta para el desarrollo con el respectivo grado de peligro de deslizamientos, el planificador puede estimar los riesgos de los deslizamientos. Esto es útil para definir la capacidad del uso de la tierra e identificar medidas apropiadas de mitigación.

DEFINICIONES

- **Peligro de deslizamientos de tierra:** representado por la susceptibilidad, que es la probabilidad de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra potencialmente dañino en una determinada área.
- **Vulnerabilidad:** es el nivel de poblaciones, propiedades, actividades económicas, incluyendo los servicios públicos, etc., en riesgo en determinada área como resultado de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra de determinado tipo.
- **Riesgo (específico):** el monto de las pérdidas esperadas por causa de un fenómeno particular de deslizamiento.

Se puede generar un mapa del peligro de deslizamientos de tierra que identifica áreas con diferente potencial para los deslizamientos. La necesidad de información sobre peligros de deslizamientos puede variar de acuerdo con el uso futuro de las tierras. El grado del peligro de deslizamiento presente es considerado relativo ya que se refiere a la expectativa de ocurrencia de futuros deslizamientos de tierra, en base a las condiciones de esa área particular. Otra área podría parecer similar pero, en realidad, puede tener diferente grado de peligro de deslizamiento debido a pequeñas diferencias en la combinación de las condiciones para los deslizamientos. Es así que la susceptibilidad a deslizamientos es relativa a las condiciones de cada área específica, y no se puede suponer que la susceptibilidad sea idéntica a la de una área que sólo parece ser igual.

Aún con una investigación detallada y monitoreo, es extremadamente difícil pronosticar el peligro de deslizamientos de tierra en términos absolutos. Sin embargo, existe suficiente conocimiento de los procesos de los deslizamientos de tierra, como para poder estimar el potencial del peligro de deslizamientos. El planificador puede utilizar esta estimación para tomar ciertas decisiones con respecto a cuan adecuado es determinado lugar, el tipo de desarrollo, y las medidas apropiadas de mitigación. De esta manera, el planificador podrá determinar el riesgo aceptable.

1. Determinación de riesgo aceptable

La decisión sobre la necesidad de información sobre el peligro de deslizamientos es el primer paso para asegurar que el peligro de deslizamientos no exceda un grado aceptable para la planificación del uso futuro del terreno. El objetivo de la información sobre deslizamientos es identificar las áreas relativamente susceptibles a deslizamientos y determinar qué tipos de actividades de desarrollo son las más adecuadas. Por ejemplo, la evaluación del peligro de deslizamientos tendría baja prioridad en las áreas de planificación designadas para parques nacionales o reservas de fauna o para la caza. En cambio, los deslizamientos pueden ser factor importante para el desarrollo de áreas de bosques recientemente talados o para la construcción de infraestructura en montañas o terrenos escarpados. Claramente, la cantidad de información que se necesita sobre deslizamientos depende del nivel y tipo de desarrollo que se anticipa en una área. No entender los efectos potenciales que los deslizamientos pueden tener sobre un proyecto, o cómo el proyecto podría afectar el potencial de deslizamientos, conduce a mayor riesgo.

Los cambios naturales así como aquellos inducidos por el hombre pueden afectar la susceptibilidad a deslizamientos y se deben comprender al evaluar el potencial de deslizamientos de una área. Es crítico para un planificador apreciar estos aspectos al inicio del proceso de planificación. Eventualmente se toma la decisión sobre el grado de riesgo que es aceptable o no aceptable para un proyecto. En este punto son diseñadas las estrategias de mitigación para reducir el riesgo. Estos conceptos son discutidos con mayor detalle en este capítulo.

Se recomienda consultar a técnicos especialistas en deslizamientos, lo más temprano posible, para que ellos puedan evaluar el riesgo de las actividades propuestas en una área con peligro de deslizamientos. Si bien no se espera que el planificador sea un técnico experto en la materia, debe saber qué preguntas formular al especialista en deslizamientos. Con las preguntas correctas, el planificador podrá identificar y evaluar medidas para minimizar o evitar la vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra.

2. Cartografía del peligro de deslizamientos de tierra

La interpretación de la ocurrencia de futuros deslizamientos requiere el conocimiento de las condiciones y procesos que controlan los deslizamientos en el área de estudio. Tres factores físicos - la historia, la calidad de las pendientes y la roca firme - son el mínimo de componentes necesarios para evaluar el peligro de deslizamientos. También es necesario añadir el factor hidrológico para reconocer el importante rol que las aguas subterráneas tienen frecuentemente en la ocurrencia de deslizamientos. Señales de este factor se obtienen de manera indirecta observando la vegetación, la orientación de las pendientes o las zonas de precipitación. Todos estos factores se pueden graficar; sus combinaciones específicas están asociadas con diferentes grados del peligro de deslizamiento. La identificación de la extensión de estas combinaciones en el área que se está evaluando da como resultado un mapa del peligro de deslizamiento. La técnica empleada para preparar estos mapas es conocida como Análisis Combinado de Factores y está descrita en detalle en la Sección C de este capítulo.

3. La integración de mapas de zonificación de peligros de deslizamiento de tierra al proceso de planificación para el desarrollo

La información sobre el peligro de deslizamiento es útil como uno de los muchos componentes del estudio de planificación para el desarrollo integrado. Dado que los deslizamientos pueden afectar adversamente a la actividad humana, o interferir con ella, el peligro de deslizamiento restringe o limita la capacidad de uso de tierras. Por esta razón es importante identificar los grados relativos de este peligro muy al comienzo del proceso de planificación. Esto permite a los planificadores determinar el grado de riesgo de deslizamiento que es aceptable o no para un programa de desarrollo. Así, se puede decidir sobre cuales medidas tomar: evitar, prevenir, o mitigar el peligro de deslizamiento actual y futuro en el programa de desarrollo. El método que se describe en este capítulo hace hincapié en la identificación del peligro de deslizamiento y su uso en un estudio de planificación integrada, a medida que se evalúa los recursos naturales, se formula una estrategia de desarrollo y se identifica los proyectos de inversión a nivel de perfil.

a. Misión Preliminar

Durante la misión preliminar de un estudio de planificación para el desarrollo integrado, se hace una revisión inicial del tipo y

contenido de la información disponible, incluyendo información sobre peligros naturales (ver Apéndice A). Se verifica la disponibilidad de mapas geológicos, topográficos, hidrológicos y de vegetación, y de fotografías aéreas. Esta información es esencial para la zonificación del peligro de deslizamientos (ver Figura 10-1). Durante esta etapa del estudio, también se debe recolectar y revisar la información disponible sobre las evaluaciones de peligros naturales, incluyendo los deslizamientos, y los desastres que se conoce han afectado el área del estudio. Ver el Capítulo 1 para una discusión más detallada del proceso de planificación para el desarrollo integrado.

b. Fase I - Diagnóstico del desarrollo.

En el contexto de la planificación para el desarrollo de una cuenca fluvial, provincia u otra unidad de planificación, el diagnóstico del desarrollo ayuda a identificar áreas con el más alto potencial de desarrollo. Estas áreas son determinadas como "áreas objetivo", en las cuales se concentran los estudios más detallados subsiguientes. Parte del proceso de diagnóstico del desarrollo comprende identificar y delinear los factores de recursos naturales que favorecen o limitan el desarrollo de un área en particular. *El peligro de deslizamiento es un factor indeseable y cuanto mayor sea el peligro más podrá influir sobre el potencial de desarrollo.*

MISSION PRELIMINAR (DISEÑO DEL ESTUDIO) PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Se dispone de mapas geológicos, topográficos, hidrológicos y de vegetación? ¿A qué escala?
- ¿Se dispone de fotografías aéreas? ¿A qué escala?
- ¿Tiene el área de estudio una historia de deslizamientos y/o de desastres causados por deslizamientos?
- ¿Existe información disponible sobre evaluaciones del peligro de deslizamientos?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Es probable que los deslizamientos afecten porciones grandes o significativas del área de estudio?
- ¿Tendrá acceso el estudio a información sobre evaluaciones del peligro de deslizamientos que no sean las que el estudio mismo ha de producir?

Figura 10-1: ESTUDIO DE PLANEAMIENTO DEL DESARROLLO y ACTIVIDADES DE EVALUACION DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

FASE I: DIAGNÓSTICO DEL DESARROLLO (ESTRATEGIA E IDENTIFICACION DE PROYECTOS)

PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Se dispone de suficiente información para preparar un mapa de inventario de deslizamientos, un mapa isopleta de deslizamientos existentes, y/o un mapa del peligro de deslizamientos en base al análisis de factores?
- ¿Cómo se llevará a cabo la evaluación? ¿Durante qué período de tiempo?
- ¿Cómo se integrará la información de evaluaciones al estudio de estrategias de desarrollo y a las actividades de identificación de proyectos en su conjunto?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Se necesita un mapa del peligro de deslizamientos?
- ¿A qué escala se debe preparar ese mapa?
- ¿Quién hará la evaluación?
- ¿Quién será responsable de incorporar la información de evaluación en las actividades del estudio en su conjunto?

Quando un peligro potencial está presente en el área de estudio, el primer paso es realizar un breve análisis para establecer si han ocurrido deslizamientos en épocas recientes. Las carreteras, ferrocarriles y las orillas de los ríos son buenos lugares para buscar huellas de anteriores deslizamientos. La conversación con autoridades locales responsables de obras públicas y de actividades de silvicultura y agricultura, puede ser una valiosa fuente de información ya que estas personas probablemente están familiarizadas con los deslizamientos del pasado en una determinada área. Sin embargo, es importante tener presente que las nuevas actividades de desarrollo pueden aumentar el peligro de deslizamientos, y la ausencia de evidencia de anteriores deslizamientos no garantiza que los deslizamientos no serán un problema en el futuro.

La extensión del área y la variedad de actividades de desarrollo que se consideran, hace que la determinación de la susceptibilidad a deslizamientos en base a todos los deslizamientos existentes sea un método apropiado, cualquiera que fuere el tipo de deslizamiento en cada caso (DeGraff, 1982). Un simple inventario de anteriores deslizamientos, junto con datos sobre la roca firme, calidad de pendientes y el factor hidrológico si estuviera disponible, produce un mapa del peligro de deslizamiento que ha de satisfacer las necesidades del diagnóstico del desarrollo (ver Figura 10-1). Las escalas adecuadas para mapas del peligro de deslizamiento van desde 1:250.000 a 1:50.000. (Ver Figura 10-2 para una descripción de las necesidades de identificación de peligros y las escalas adecuadas para los mapas en las diferentes etapas de planificación).

Un problema frecuentemente enfrentado en el nivel del diagnóstico de desarrollo, es encontrarse con datos limitados o insuficientes para preparar el análisis combinado de factores. Cuando se da esta situación, se tienen dos opciones: (1) invertir el dinero y los recursos humanos que fueran necesarios a fin de obtener datos para producir un mapa del peligro de deslizamientos, o (2) preparar un mapa isopleta de deslizamientos existentes (se describe en la Sección C de este capítulo). El mapa isopleta muestra las áreas de ocurrencia de deslizamientos frecuentes o no frecuentes. Si bien este tipo de mapa da una idea sobre dónde los deslizamientos pueden tener una influencia importante sobre el desarrollo, sólo es una aproximación para determinar donde se podrá encontrar un problema durante el desarrollo. Los mapas isopletas son una opción aceptable en esta etapa del desarrollo, pero son totalmente inadecuados para un uso más detallado en las etapas de planificación.

El grado del peligro de deslizamientos en una área es un factor limitante sólo para aquellas actividades que pueden alterar el balance existente entre las fuerzas que producen el desplazamiento del terreno y aquellas que lo resisten en una pendiente que

no ha fallado. Los planificadores deben entender los efectos que puedan tener las actividades de desarrollo sobre este balance de fuerzas. Por ejemplo, colocar un cerco alrededor de un campo no ha de producir un deslizamiento ni ha de evitarlo. La eliminación de la cobertura forestal para crear un campo para cultivo de sembríos, puede propiciar un deslizamiento porque altera el balance de fuerzas y puede aumentar la susceptibilidad a una falla de la pendiente por algún evento "gatillo", como una prolongada precipitación que no habría producido deslizamiento en las condiciones originales. Desde luego, puede bien ocurrir que esta mayor susceptibilidad no sea aparente de manera inmediata.

Figura 10-2
CONSIDERACIONES DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DE TIERRA EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE PLANIFICACION

Etapa de Planificación	La necesidad de identificar los peligros	Nivel de inventario de deslizamientos	Escalas adecuadas para mapas de peligro
Misión Preliminar	Identificar aspectos de los peligros	Como fuera disponible	Como fuera disponible
Fase I Diagnóstico del desarrollo	Grado de peligros de todo tipo de deslizamiento	Simple	1:250.000 a 1:62.500
Fase II Plan de acción y formulación de proyecto	Grado de peligro de todo tipo de deslizamiento complementado por el peligro de algunos tipos específicos	Intermedio	1:62.500 a 1:10.000
Implementación de proyectos	Peligro específico en base a modelos geotécnicos	Detallado	1:12.500 a 1:500

La zonificación del peligro de deslizamiento se puede representar como un factor individual, que limita la capacidad de la tierra o puede ser combinado con la zonificación de peligro, como uno adicional, agregado a otros peligros naturales. Existen por lo menos 10 diferentes métodos usados para generar mapas de capacidad de tierras (Hopkins, 1977). El capítulo 3 discute la capacidad de tierras con más detalle. La evaluación del peligro de deslizamiento presentada en este capítulo conlleva la producción de un mapa. Por lo tanto, puede ser considerado en la aplicación de métodos para la capacidad del uso de la tierra.

Hay dos aplicaciones principales de la evaluación del peligro de deslizamiento a la capacidad del uso de la tierra, que incluyen estudios relativos. Primero, en la planificación en conjunto del desarrollo para dar énfasis a la naturaleza subjetiva de asignar una capacidad de uso de la tierra. Por ejemplo, en la etapa de diagnóstico del desarrollo, la clasificación relativa de "más alta" capacidad puede ser evaluada en relación con las restricciones que representa el posible mayor peligro de deslizamiento para las actividades de desarrollo propuestas. Segundo, se puede mostrar dónde el desarrollo existente puede tropezar con algún riesgo previamente no identificado. Esto permite la priorización de actividades de mitigación a ser asignadas a diferentes actividades del desarrollo.

c. Fase II - Estrategia de desarrollo y formulación de proyectos

Se define un plan de acción con el propósito de facilitar el desarrollo de áreas objetivo identificadas en la Fase I. Los proyectos de desarrollo considerados para el área objetivo son formulados en esta etapa. También en este momento, se afina la evaluación del peligro de deslizamiento en el área de estudio. La evaluación general del peligro de deslizamiento debe ser complementada con un inventario intermedio para mostrar el grado del peligro de tipos específicos de deslizamientos que pueden impactar las actividades de desarrollo propuestas. Por ejemplo, la introducción de actividades agrícolas de envergadura en un ambiente forestal, requiere mayor conocimiento del peligro de deslizamiento superficial que de deslizamiento sobre rocas profundas.

Debe seleccionarse medidas de mitigación en las áreas de desarrollo que presentan peligro de deslizamiento, si ellas no son ya parte de la información de identificación de proyectos. Es posible reducir el impacto probable de actividades naturales de deslizamientos y restringir los deslizamientos que ocurren como resultado de la actividad humana (Kockelman, 1985). Se cuenta con dos opciones básicas: primero, evitar las áreas susceptibles a deslizamiento y, segundo, diseñar medidas para compensar las acciones que inducen deslizamientos (ver el recuadro a continuación). Por ejemplo, la toma de decisiones sobre ubicación, a fin de colocar construcciones tales como viviendas e infraestructura crítica fuera de las áreas con alta probabilidad de ocurrencia natural de deslizamientos. En algunos casos, los efectos potenciales de un deslizamiento pueden ser mitigados. Se puede reducir el peligro de deslizamiento, como resultado del desarrollo, diseñando cambios para contrarrestar el impacto que el desarrollo puede tener sobre la integridad de la pendiente. Una forma será permitir que sólo se construyan almacenes o depósitos en las áreas de mayor peligro, para reducirla vulnerabilidad de la población ante un posible deslizamiento.

ACCIONES DESENCADENANTES DE DESLIZAMIENTOS, METODOS DE MITIGACION, y VARIABLES DEL DESARROLLO

- Acciones desencadenantes de deslizamientos:

De otros peligros:

Terremotos

Inundaciones

Incendios (como resultado de pérdida de vegetación)

Volcanes

Las relacionadas con el desarrollo:

Cambios en la cobertura de vegetación

Presas de tierra

Excavación y minería

Irrigación

Infraestructura y construcción de estructuras

Disposición de líquidos (sanitarios, alcantarillados, letrinas, etc.)

Apilamientos

Depósitos de suelos

- Métodos de mitigación

Evitar

Seguros e impuestos

Zonificación de uso de tierras

Estabilización

Diseño estructural

- Variables del desarrollo

En la formulación de proyectos de inversión se necesita un mapa de zonificación de peligros más detallado. Se necesita un inventario intermedio de deslizamientos que proporcione mayores detalles para poder distinguir entre los diferentes tipos de deslizamientos. Estos datos se pueden usar para un nuevo análisis del análisis combinado de factores, que produce un mejor mapa de peligro de deslizamiento. Si el factor hidrológico no fuera parte del anterior análisis de peligro de deslizamiento, su inclusión en esta etapa mejorará enormemente el mapa de peligro resultante.

En esta etapa, el valor de un mapa del peligro de deslizamiento para los planificadores, puede ser realizado presentando áreas donde predominan ciertos tipos de deslizamientos. Esto se logra con un mapa isopleta como se mencionó en la Fase 1. La preparación, sin embargo, debe ser modificada para satisfacer las necesidades específicas de esta etapa de planificación. Se describe en detalle la modificación del mapa isopleta en la Sección C: "Compensación por la insuficiencia de datos: el Mapa Isopleta". El mapa producido presenta la intensidad de ocurrencia de anteriores deslizamientos en una forma que se asemeja a un mapa topográfico. Las líneas isopletas son similares a las curvas de nivel que indican elevaciones. El mapa isopleta final es usado como transparencia sobre el mapa del peligro de deslizamiento.

Se debe tomar nota que un mapa isopleta no cambia las zonas básicas de peligro que fueron determinadas previamente. Todavía es un mapa analítico que, en este caso, muestra el predominio variable de un tipo específico de deslizamiento en una determinada área. Proporciona un criterio adicional para que el planificador decida cual área puede ser la mejor o más adecuada para determinadas actividades de desarrollo. Esto es especialmente útil en la evaluación de zonas de peligros moderados.

FASE II: FORMULACION DE PROYECTOS Y DEFINICION DEL PLAN DE ACCION

PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Se proporciona información suficiente en el análisis inicial combinado de factores para el mapa del peligro de deslizamiento, como para proceder con la formulación de proyectos de inversión?
- ¿Si no se ha incluido ya, hay algún factor hidrológico que debería ser añadido para mayor detalle sobre las zonas de peligro?
- ¿Se deberá añadir una transparencia isopleta al mapa de zonificación de peligros?
- ¿Hay ciertos usos de tierras propuestos, para los cuales las recomendaciones de mitigaciones se debe incluir en la formulación de proyectos de inversión?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Quién ejecutará la evaluación intermedia del peligro de deslizamiento?
- ¿Qué áreas deberán incluirse en la evaluación adicional?
- ¿Quién será responsable de incorporar información adicional en las actividades de formulación de proyectos de inversión?

Cuando el uso de tierras propuesto es reconocido como susceptible a un cierto tipo de deslizamiento, la actividad debe ser ubicada en una zona de poco o moderado peligro, con la menor frecuencia de ocurrencias, es decir, con un menor valor isopleta para este tipo de deslizamiento. El mapa mejorado del peligro de deslizamiento, y la transparencia de la isopleta, requerirán la preparación de un inventario intermedio de deslizamientos en este nivel de la planificación. El mapa de peligro de deslizamiento, adecuado para formular proyectos de desarrollo, debe ser a escala de 1:62.500 a 1:12.500 (ver Figura 10.2).

d. Implementación de proyectos

El mapa de peligro de deslizamiento puede contribuir a la planificación de la implementación de un proyecto. Hay dos situaciones en las que este mapa puede resultar ser beneficioso, ambas relacionadas con la mitigación de los efectos potenciales de los deslizamientos. En un caso, si las áreas identificadas con peligro moderado de deslizamientos también son identificadas para el desarrollo, se necesitarán mayores detalles sobre ellas para asegurar que el diseño del proyecto compensa el mayor potencial del peligro. Por ejemplo, las áreas con peligro moderado o mayor, pueden no ser totalmente evitables cuando se trata de una carretera propuesta. La investigación detallada puede proporcionar información sobre las condiciones de aguas subterráneas, así como de las características de estabilidad del suelo y la roca para lograr un diseño estable (Morgenstern y Sangrey, 1978).

En otro caso, la infraestructura existente, o las comunidades, pueden estar ubicadas en zonas no identificadas previamente como de alto peligro. A estas áreas se les debe dar prioridad para introducir algunas medidas de mitigación. Por ejemplo, el efecto de deslizamiento que invade una zona habitada y que baja por las quebradas de las montañas, podría ser mitigado construyendo cuencas de derrubio para atrapar la mayor parte del material. Cuando tal mitigación no es posible y se identifica el riesgo como extremadamente alto, se puede considerar la reubicación hacia áreas más seguras.

En esta etapa de diseño del proyecto, es necesario un mapa detallado de peligros para un lugar específico. La preparación de un inventario detallado de deslizamientos también es ahora necesario. Los rasgos a gran escala que se presentan en los deslizamientos cartografiados en este inventario detallado, son valiosos para la perforación exploratoria de un lugar y para otras actividades de muestreo en los trabajos de diseño de ingeniería. Los inventarios detallados de los deslizamientos y la respectiva interpretación de los resultados de las pruebas requieren mapas a escalas de 1:12.500 a 1:500 (ver Figura 10-2).

La siguiente sección ofrece una discusión detallada de los tipos y la naturaleza de los deslizamientos, la base para la evaluación del peligro de deslizamiento, y los factores asociados con la actividad de deslizamientos.

B. Deslizamientos de tierra, evaluación del peligro de deslizamientos de tierra, y áreas a ser consideradas

1. Deslizamientos de tierra y susceptibilidad a los deslizamientos

Los deslizamientos son causados cuando la fuerza de la gravedad moviliza la roca, el derrubio o los suelos por la pendiente. Son una de las formas de erosión que se llama desgaste de masas y que es definido, de manera general, como la erosión que involucra como agente causante del movimiento a la gravedad. Dado que la gravedad actúa permanentemente sobre una pendiente, los deslizamientos sólo ocurren cuando la fuerza de la gravedad excede la resistencia del material. Esto es distinto a algunas otras formas de erosión como las causadas por una corriente de agua, cuando cae una precipitación sobre una pendiente o el canal de un río. La Figura 10-3 presenta una lista y un diagrama con la terminología usada más frecuentemente para describir a los deslizamientos.

IMPLEMENTACION DEL PROYECTO PREGUNTAS QUE DEBEN FORMULAR LOS PLANIFICADORES:

- ¿Qué tipo de problemas de deslizamientos existen?
- ¿Qué condiciones específicas del lugar deben ser conocidas para el diseño final de un proyecto de inversión con una vulnerabilidad a los deslizamientos de tierra?

DECISIONES IMPORTANTES A SER TOMADAS EN ESTA ETAPA:

- ¿Quién ejecutará la evaluación detallada del peligro de deslizamiento?
- ¿Qué medidas de mitigación deben ser consideradas para reducir el riesgo a nivel aceptable?
- ¿Quién será responsable de incorporar la información adicional en las actividades de implementación del proyecto?

El movimiento de los deslizamientos es perceptible y puede tomar la forma de caldas, realces, deslizamientos, o flujos. Puede consistir en material de libre caída de los acantilados, o en masas fragmentadas o íntegras que se deslizan por los cerros y montañas, o en flujos fluidos. Los materiales pueden trasladarse a velocidades hasta de 200 kilómetros por hora o más y los deslizamientos pueden durar unos pocos segundos o minutos, o pueden ser movimientos graduales más lentos durante varias horas o aún días. En consecuencia, los deslizamientos son reconocidos en función del tipo de su movimiento.

El esquema de clasificación que se usa más generalmente divide a los deslizamientos en diferentes tipos de acuerdo con el material que es trasladado y al tipo de movimiento (Varnes, 1978). La velocidad del movimiento y la cantidad de agua mezclada con el material son parámetros secundarios que definen algunos tipos de deslizamientos. Reconocer el tipo de deslizamiento presente en determinada área, ayuda a explicar cómo y dónde han contribuido los factores a la inestabilidad de la pendiente natural en el pasado.

Los factores que influyen donde han de ocurrir los deslizamientos se pueden dividir en dos tipos: permanentes y variables (Sharpe, 1938). Los factores permanentes son las características de un terreno que permanecen sin cambio, o que varían muy poco desde el punto de vista de la perspectiva humana. La calidad de pendiente o el tipo de roca, por ejemplo, presentan cambios sólo después de períodos de tiempo muy largos. Los factores permanentes tales como tipo de roca y calidad de pendiente se pueden reconocer e identificar para algunos deslizamientos específicos mucho después de su ocurrencia (DeGraff, 1978). Del examen de deslizamientos existentes en un área, es posible reconocer los factores permanentes que contribuyeron a la falla de pendientes. La identificación de las condiciones y los procesos que propiciaron la inestabilidad, hace posible considerar esos mismos factores para estimar deslizamientos futuros (Varnes, 1985).

Los factores variables son las características del terreno que cambian rápidamente como resultado de algún evento gatillo. Son ejemplos de factores variables la vibración del suelo debido a los terremotos, una rápida elevación de nivel de aguas subterráneas y mayor cantidad de humedad en el suelo debido a intensas precipitaciones. Frecuentemente, para evaluar estos factores, es necesario estar presente en el momento que ocurre un deslizamiento, o poco después. Los factores permanentes son los que permiten estimar el peligro de deslizamiento si faltan datos históricos suficientes sobre la relación de los deslizamientos con los terremotos, tormentas o demás factores que los inician. En consecuencia, la identificación de áreas de deslizamientos no es una ciencia exacta y conduce, en general, a describir las áreas propensas al peligro en base a estimaciones. En el mejor de los casos, las áreas de deslizamientos o susceptibles a deslizamientos, se pueden identificar junto con los eventos desencadenantes esperados. En el peor de los casos algunas áreas pueden ser no detectadas del todo.

Figura 10-3: DEFINICION DE TERMINOS BASICOS DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

NOMENCLATURA

Escarpa principal: Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferie del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpa debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura.

Escarpa secundaria: Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante.

Cabeza: La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.

Cima: El punto más alto de contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.

Pie de la superficie de ruptura: La intersección (a veces enterrada) entre la parte inferior de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.

Punta del pie: El margen de material desplazado más lejano de la escarpa principal.

Puntera: El punto más lejano de la margen desde la cima del deslizamiento.

Ple: La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura.

Cuerpo principal: Aquella parte del material desplazado suprayacente a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el

pie y la base de la superficie de ruptura.

Flanco: El costado de un deslizamiento de tierras.

Corona: El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal.

Superficie original del terreno: La pendiente que existía antes que ocurra el movimiento que se está considerando. Si ésta es la superficie de un deslizamiento anterior, el hecho debe ser anotado.

Izquierda y derecha: Las direcciones con una brújula son preferibles para describir las pendientes pero si se usa "derecha o izquierda" se refiere al deslizamiento visto desde la corona.

Superficie de separación: Es la superficie que separa el material desplazado del material estable pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló.

Material desplazado: El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme

Zona de agotamiento: El área dentro de la cual el material desplazado queda debajo de la superficie original del terreno.

Zona de acumulación: El área dentro de la cual el material desplazado queda encima de la superficie original del terreno.

Fuente: Adaptado de Varnes, D. "Slope Movement and Processes" en *Landslides: Analysis and Control*, Special Report 176, Chapter 2 (Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1978).

TIPOS DE DESLIZAMIENTOS

- **Caidas:** Una masa que se desprende de una pendiente fuerte o de un acantilado y desciende por caída libre, a saltos o rodando.
- **Realces:** Una masa se da vuelta o *rota* hacia adelante como una unidad.
- **Deslizamientos:** Una masa se desplaza sobre una o más superficies reconocibles, que pueden ser curvas o planas.
- **Flujos:** Una masa se desplaza pendiente abajo con un movimiento fluido. Una cantidad significativa de agua puede o no ser parte de la masa.

2. Evaluación del peligro de deslizamiento de tierra

Usualmente los deslizamientos no están sujetos a una evaluación del peligro pues no hay una base para determinar la probabilidad de su ocurrencia en determinado período de tiempo. La evaluación de peligro es posible y se puede hacer en vez de la evaluación del riesgo. Las evaluaciones de peligro son estimaciones de la susceptibilidad de una área a los deslizamientos en base a unos pocos factores importantes. Cada uno de estos factores se puede cartografiar y permiten que diferentes áreas sean evaluadas respecto a su relativa susceptibilidad a deslizamientos.

Tres principios orientan la evaluación del peligro de deslizamiento. Primero, los deslizamientos futuros probablemente ocurrirán bajo las mismas condiciones geomórficas, geológicas y topográficas en que se han producido en el pasado y en la actualidad. Segundo, las condiciones y procesos subyacentes que causan los deslizamientos son comprendidos. Tercero, la importancia relativa de las condiciones y procesos que contribuyen a la ocurrencia de los deslizamientos puede ser determinada y se puede asignar a cada cual alguna medida que refleje su contribución (Varnes, 1985). El número de condiciones presentes en un área puede ser tratado como un conjunto de factores para establecer el grado de peligro potencial presente.

El peligro de deslizamiento ha sido determinado con un alto grado de confiabilidad sólo para unos pocos lugares. Estos han requerido de estudios cuidadosos y detallados sobre la interacción de condiciones pertinentes, permanentes y variables, en el área objetivo. Esto puede ser un proceso muy costoso y que requiera mucho tiempo, que no sería justificado para los propósitos de la planificación para el desarrollo a gran escala. La zonificación del peligro de deslizamiento es una técnica que se puede usar en las primeras etapas de un estudio de planificación.

La mayoría de los procedimientos de evaluación para la zonificación del peligro de deslizamiento, emplean unos pocos factores físicos importantes o significativos para estimar el peligro relativo. El método aquí descrito requiere un mínimo de tres factores que ya fueron mencionados: la distribución de deslizamientos anteriores, el tipo de roca firme, y la calidad de la pendiente, y se puede añadir un cuarto, el factor hidrológico, para reflejar el importante rol que frecuentemente tienen las aguas subterráneas en la ocurrencia de deslizamientos (Varnes, 1985, y USGS, 1982).

Cada factor está representado de manera cuantitativa o semi-cuantitativa para facilitar la identificación de diferentes grados de peligro de deslizamiento en un área. Dado que todos estos son características permanentes, usualmente es posible cartografiar cada factor. Las combinaciones específicas de estos factores pueden ser asociadas con diferentes grados de peligro de deslizamiento. Ampliando estas combinaciones a toda el área, se produce un mapa de peligro de deslizamiento.

3. Factores asociados con la actividad de deslizamientos de tierra

La distribución de deslizamientos anteriores dentro del área, el tipo de roca firme y la calidad de la pendiente representan, respectivamente, los factores geomórficos, geológicos y topográficos (Varnes, 1985, y USG, 1982). Cada uno de estos factores se describe en mayor detalle más adelante, para dar al planificador un mayor conocimiento de su contribución a los deslizamientos. La sección final, "C. Cartografía de factores físicos y preparación de un mapa de peligro de deslizamiento", proporciona información sobre la cartografía.

a. Deslizamientos del pasado y su distribución

A fin de interpretar la probabilidad de futuros deslizamientos se requiere comprender las condiciones y procesos que controlaron los deslizamientos anteriores en el área de interés. Esto se puede lograr examinando y cartografiando los anteriores deslizamientos. Las circunstancias geológicas, topográficas, e hidrológicas asociadas con anteriores deslizamientos indican cuales circunstancias naturales, o artificialmente creadas, son las más probables a producir deslizamientos en el futuro.

Una consideración primaria del planificador es el efecto del uso actual de tierras sobre los deslizamientos. Ciertos tipos de deslizamientos pueden estar asociados con ciertos usos de tierra. Por ejemplo, ciertos deslizamientos sólo pueden ocurrir en cortes de carreteras o excavaciones. Podría haber una relación crítica de altura con inclinación de taludes, inferior a la cual no ocurrirán deslizamientos. Los estudios de campo pueden dar luces sobre los diferentes factores que han contribuido a las fallas. En algunas investigaciones se han empleado formatos especiales para asegurar la recolección consistente de información complementaria (ver Figura 10-4). Un resumen de las observaciones sobre condiciones de deslizamientos y procesos está incorporado en cada inventario de deslizamientos, p.e., en Pomeroy (1979), y cartografiado.

A FIN DE LLEVAR A CABO LA PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO EN AREAS EXPUESTAS A DESLIZAMIENTOS, UN PLANIFICADOR NECESITA SABER:

- La distribución de deslizamientos en el pasado
- Tipos de roca firme
- Que tan fuerte son las pendientes
- Las medidas indirectas disponibles de las características hidrológicas del área
- Los efectos que las actividades de desarrollo pueden tener sobre la susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

b. Roca firme

La roca firme tiene influencia sobre la ocurrencia de deslizamientos de varias maneras. Una roca débil, incompetente, probablemente ha de fallar más que roca fuerte y competente. (Ver Figura 10-5 para un ejemplo). En pendientes donde queda expuesta roca débil cubierta por roca fuerte, la diferencia de resistencia también aumenta el potencial de deslizamiento de la roca más fuerte, dado que la roca débil tiende a erosionar y socavar la roca más fuerte.

La resistencia de una masa rocosa depende del tipo de roca y de la presencia y naturaleza de discontinuidades tales como uniones u otras fracturas. Cuanto más discontinuidades se encuentren en la roca firme, mayor será la probabilidad de inestabilidad de la roca. El tipo de roca puede ejercer control sobre deslizamientos por su influencia sobre la resistencia del material de superficie en el área. Por ejemplo, los suelos (en términos de ingeniería, no de la agricultura) derivados de esquistos o pizarras, contendrán mayores porcentajes de arcilla. Estos suelos tendrán características de resistencia diferentes a los suelos de granos gruesos tales como aquellos derivados de roca granítica. Hay muchas formas, entonces, según las cuales el tipo de roca o su estructura contribuyen a la inestabilidad, lo cual puede ser presentado en un mapa.

c. Calidad de pendientes o inclinación

La influencia de la calidad de pendiente sobre la ocurrencia de deslizamientos es el factor más fácil de comprender. Generalmente, las pendientes más pronunciadas tienen mayor probabilidad de deslizamientos (ver Figura 10-6). Esto no impide que ocurran deslizamientos en pendientes suaves. Otros factores pueden contribuir a que una pendiente suave sea especialmente propensa a fallar y así, en esta situación, se podría determinar que tiene un potencial relativamente alto de peligro. Por ejemplo, en condiciones de aguas subterráneas cercanas a la superficie y suelos arenosos, podría ocurrir licuefacción durante un terremoto. Esto puede causar deslizamientos en pendientes tan pequeñas como del 5% a 10%. A la inversa, las pendientes más pronunciadas pueden no ser siempre las más peligrosas. Las pendientes pronunciadas son menos proclives a acumular una gruesa capa de material en superficie, la cual estaría sujeta a ciertos tipos de deslizamientos. La calidad de la pendiente puede ser cartografiada usando mapas topográficos generalmente disponibles.

d. Factor hidrológico

El agua se reconoce como factor importante en la estabilidad de las pendientes - casi tan importante como la gravedad. La información sobre nivel de la napa freática y sus fluctuaciones, raramente se encuentra disponible. Para representar el factor hidrológico en las evaluaciones de peligro de deslizamiento, se pueden usar medidas indirectas que pueden ser cartografiadas para mostrar la influencia de la hidrología del área, tal como la vegetación, la orientación de las pendientes (aspecto), o zonas de precipitación.

El tipo y densidad de vegetación frecuentemente reflejarán las variaciones en las aguas subterráneas de un área determinada; ciertas especies buscan el agua (freatofíticas). La presencia de estas especies sugiere una napa freática cerca de la superficie y presencia de manantiales. En las regiones montañosas los diferentes microclimas producen diversas condiciones hidrológicas que, a su vez, producen comunidades de plantas que varían de acuerdo con la cantidad de humedad disponible a la pendiente y su distribución durante el año.

La orientación de las pendientes (aspecto) se refiere a la dirección hacia la cual da cara a la pendiente. Puede ser una medida indirecta de la influencia climática sobre las características hidrológicas del paisaje. Algunas características importantes asociadas con los deslizamientos están relacionadas con factores tales como la recarga de aguas subterráneas resultante de los vientos dominantes y su influencia sobre las tormentas locales frontales o de la nieve acumulada. En otros casos, una pendiente puede experimentar un mayor número de ciclos hielo/deshielo o húmedo/seco, lo cual puede reducir la resistencia del suelo y hacer más susceptible a deslizamientos al área. En general, debido a la complejidad de estos factores y las actividades de desarrollo existentes, usualmente no hay una correlación directamente observable entre la orientación de la pendiente y el peligro de deslizamiento.

Figura 10-4: FORMATO PARA EL INVENTARIO y LA INFORMACION PARA EL ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

Fuente: Carrara, A. and Merenda, L. "Landslide Inventory in Northern Calabria, Southern Italy" en Geological Society of American Bulletin, vol 87 (1976), pp. 1153-1162.

Figura 10-5 LA ROCA FIRME COMO FACTOR EN LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

Figura 10-6 CALIDAD DE LA PENDIENTE ASOCIADA CON LA ACTIVIDAD DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

e. Efectos iniciados por el ser humano

Además de los fenómenos naturales, las actividades humanas pueden aumentar la tendencia natural para que ocurra un deslizamiento. Los deslizamientos que resultan de las actividades de desarrollo, usualmente se originan por el aumento de humedad en los suelos o el cambio de forma en la pendiente. Las actividades de desarrollo tales como cortes y rellenos a lo largo de los caminos y la supresión de toda vegetación, pueden alterar enormemente la forma de la pendiente y las condiciones

de las aguas subterráneas (Swanson y Dyrness, 1975). Así alteradas, éstas pueden aumentar significativamente el actual nivel de deslizamientos (Varnes, 1985, y Sidle, Pearce, y O'Lughlin, 1985).

9

Por ejemplo, convertir un área de bosques en pastizal, o en terreno de cultivo, puede aumentar tanto la humedad en el suelo como para causar problemas de deslizamiento (DeGraff, 1979). Construir un camino que corta la base de una pendiente pronunciada puede aumentar la susceptibilidad a deslizamientos. Considerando estos efectos muy al inicio del estudio, es posible reducir el impacto potencial de la actividad natural de deslizamientos, y limitar la ocurrencia de los iniciados por el desarrollo (Kockelman, 1985).

Ahora que han sido cubiertos los puntos generales con respecto a la cartografía de diferentes características del terreno, la sección final proporciona detalle sobre las técnicas para ello, además presenta un método paso-a-paso para preparar un mapa de peligro de deslizamiento.

C. Cartografía de factores físicos y preparación de un mapa del peligro de deslizamientos de tierra

1. Cartografía de factores físicos asociados con deslizamientos de tierra
2. La interpretación del peligro de deslizamientos de tierra: el mapa del peligro de deslizamientos
3. Análisis de factores: La técnica para preparar un mapa de peligros
4. Compensación por la insuficiencia de datos: el mapa isopista
5. Cartografía generada por computadora

Un inventario de deslizamientos produce un mapa descriptivo de datos (Cotecchia, 1978). Sobreponiendo una transparencia del mapa del inventario de deslizamientos sobre los mapas de tipo de roca firme, calidad de pendientes y medidas hidrológicas indirectas, se puede reconocer la asociación de los deslizamientos del pasado con los factores que controlan su ocurrencia. El método que se describe a continuación emplea estas asociaciones al sintetizar un mapa de peligro de deslizamiento. La extrapolación de los datos a áreas con características similares a las que se encuentran asociadas a anteriores deslizamientos, es una herramienta efectiva para pronosticar donde, pero no cuando, es más probable que ocurran deslizamientos en el futuro.

Esta sección presenta las técnicas utilizadas para la cartografía de cada uno de los factores importantes asociados con los deslizamientos. Con estos mapas se puede preparar uno de peligro de deslizamiento. La zonificación de los peligros es una manera de identificar áreas con diferentes niveles de peligro de deslizamiento. Se describe el método paso-a-paso, o de análisis factorial, usado para preparar un mapa de peligro de deslizamiento.

1. Cartografía de factores físicos asociados con deslizamientos de tierra

Cada factor es cartografiado por separado, con una técnica diferente.

a. Cartografía del inventario de deslizamientos existentes

Un mapa de los deslizamientos existentes sirve como fuente básica de datos para entender las condiciones que contribuyen a la ocurrencia de deslizamientos. Normalmente, el mapa es preparado en base a la interpretación de fotografías aéreas y al examen de campo de los lugares seleccionados. Si bien este mapa podría ser compilado exclusivamente en base a estudios de campo, el tiempo y el costo correspondiente sólo sería justificado si no hubiera cobertura fotográfica. Cualquiera de las dos maneras de preparar los mapas requiere los conocimientos de un geólogo con experiencia en la interpretación de deslizamientos o formas del terreno.

La fotografía aérea puede servir como fuente de datos sobre deslizamientos existentes, tipos de roca firme y cobertura de vegetación. Típicamente, se necesita la fotografía a gran escala para estudiar los deslizamientos existentes. La escala de la fotografía depende del tamaño de los deslizamientos más comunes en el área de estudio. La fotografía a pequeña escala es menos importante donde existe roca firme y vegetación, dado que la demarcación de áreas con textura y apariencia semejante, es más fácil que reconocer rasgos discretos. Las imágenes de satélite no suelen ser adecuadas para la cartografía de deslizamientos, excepto donde los datos producidos puedan ser ampliados a una escala por lo menos de 1:50.000. La información fotográfica y de satélites es valiosa para la cartografía de otra información espacial y para uso conjunto con técnicas de cartografía con computadora, como parte del estudio de planificación para el desarrollo (ver Capítulos 4 y 5 para una discusión más detallada).

Dependiendo de la cobertura vegetativa, la calidad de las fotografías y la habilidad del intérprete, es bastante realista lograr una exactitud del 80 al 85 por ciento para una identificación general, usando fotografías aéreas (Rib y Liang, 1978). El rango de escalas útiles de fotografías aéreas para trabajos de inventario de deslizamientos, está limitado a 1:40.000 o mayor. La escala seleccionada dependerá del tamaño de los deslizamientos comunes al área de estudio y hasta cierto punto del relieve del área. Los grandes deslizamientos de cuatro o más kilómetros cuadrados son extremadamente difíciles de detectar sobre fotografías aéreas a escalas menores de 1:40.000. Donde la mayoría de los deslizamientos son de una hectárea o más pequeños en tamaño, es necesaria la fotografía a gran escala del orden de 1:4.800. La utilidad de la fotografía blanco y negro, a color, o color-infrarrojo para el trabajo de inventario de deslizamientos, ha de variar según las condiciones locales y la persona responsable de la interpretación. Cada tipo de fotografía tiene sus ventajas y desventajas, que han de variar en importancia de acuerdo con las características del área donde se lleva a cabo el levantamiento cartográfico.

El mapa se puede preparar a diferentes niveles de detalle respecto a los deslizamientos existentes (USGS, 1982). Un simple inventario identifica áreas definitivas y probables de deslizamientos existentes y es el nivel mínimo necesario para una evaluación del peligro de deslizamiento. Se produce un mapa sobre el cual cada deslizamiento está indicado y se dibuja una flecha para indicar la dirección del movimiento. (Ver la Figura 10-7 de un mapa sencillo de inventario).

Se puede ofrecer más información si se produce un inventario intermedio. A ese nivel el mapa producido mostrará un esquema de tipos de deslizamientos y distinguirá entre áreas de origen y de depósitos. La primera es el área donde en alguna época existió el material que fue la fuente del deslizamiento, y aparece como una huella. La segunda es el material depositado por el deslizamiento. (Ver Figura 10-8 para un ejemplo de mapa de inventario intermedio). La mayor información es obtenida produciendo un inventario detallado (Wieczorek, 1984). Las características a gran escala, tales como escarpas secundarias, hondonadas y patrones de grietas en el terreno, pueden ser presentadas en deslizamientos individuales. (Ver Figura 10-9 para un mapa detallado de deslizamientos).

Se pueden preparar tres tipos de inventario a medida que se avanza en el estudio de planificación para el desarrollo. Reiterando lo presentado en la Sección A de este capítulo, el inventario simple es adecuado para la Fase I de las actividades de diagnóstico de desarrollo; el inventario intermedio proporciona mayores detalles para un mejor mapa de peligros de una

área-objetivo de la Fase II; y los rasgos a gran escala del inventario detallado son necesarios para el diseño final del proyecto, en la etapa de implementación. Referirse a la Figura 10-2 para las escalas apropiadas de mapas.

Hay varias consideraciones que se deben tener en mente al compilar datos sobre paisajes existentes. En primer lugar, el tiempo y el esfuerzo que se requiere para llevar a cabo un inventario varía de acuerdo con (1) la complejidad geológica y topográfica; (2) el tamaño del área; y (3) el nivel de detalle de inventario deseado (Varnes, 1985). La Figura 10-10 caracteriza la relación entre el tiempo y el esfuerzo para estas tres variables. Segundo, para los inventarios más detallados se necesitarán escalas mayores de mapa a fin de revelar los pequeños rasgos de este mayor detalle. Tercero, la obtención de datos adicionales puede aumentar el detalle de un inventario existente. Esto permite que un inventario sencillo, previamente terminado, sea transformado en un inventario intermedio con menos tiempo y esfuerzo que si se produce el inventario intermedio solamente en base a trabajos de campo y de fotografías aéreas.

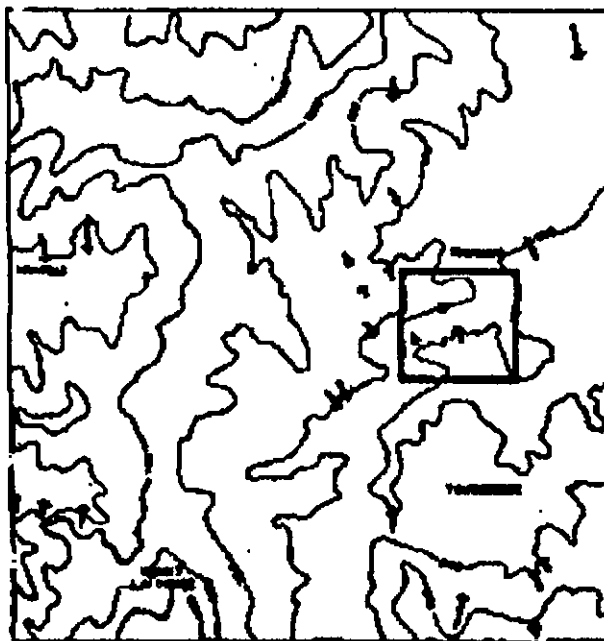
b. Cartografía de los tipos de roca firme que contribuyen a la inestabilidad

Usando la roca firme como un factor en la evaluación del peligro de deslizamiento, se muestran las muchas maneras de como el tipo de roca o de estructura contribuyen a la inestabilidad. Comparando un mapa de roca firme con el mapa de deslizamientos, uno puede discriminar entre unidades de roca asociadas con deslizamientos existentes y aquellas que están libres o casi libres de actividad de deslizamientos.

Para producir un mapa de roca firme útil para una evaluación del peligro, debe trazarse los bordes de las unidades de roca firme para producir nuevas y más adecuadas unidades. Los mapas geológicos universales que existen definen unidades de acuerdo con factores tales como edad, composición, litología (tipo de roca), y estructura (fallamiento, plegamiento, etc.). Por ejemplo, un mapa geológico normal puede mostrar una serie de depósitos de ceniza volcánica de composición mineral similar, pero con variación de edades. En la mayoría de los casos, estas diferentes unidades afectarán la ocurrencia de deslizamientos de manera similar y deben ser identificadas como una sola unidad de roca firme en un mapa revisado para los trabajos de evaluación del peligro. El geólogo debe usar su propio juicio profesional para asegurarse que el número de unidades de roca firme sea suficiente como para distinguir diferencias en sus efectos sobre la ocurrencia de deslizamientos.

Cuando no existe un mapa geológico, la alternativa es un mapa de roca firme basado en fotografías aéreas con alguna verificación de campo. Este mapa puede no ser más detallado que la demarcación de tipos de roca sedimentaria, ígnea y metamórfica. Obviamente, es preferible un mapa de roca firme, generalizado de un mapa más detallado. Pero esta es una alternativa aceptable en tales circunstancias. La demarcación de áreas de similar textura y apariencia es más fácil que reconocer rasgos discretos. Escalas tan pequeñas como 1:62,500 son útiles para este trabajo. Las fotografías a escalas de 1:20,000 o mayores, son difíciles de utilizar porque muestran un área reducida que restringe la comparación con áreas adyacentes contrastantes. También aumenta significativamente el número de fotografías a ser examinadas como resultado de la cartografía del área. Las fotografías en blanco y negro, color y color infrarrojo son todas adecuadas para la cartografía de roca firme. Las imágenes de satélite suelen no ser útiles para esta cartografía, excepto cuando las imágenes son ampliadas a escalas utilizables. Por ejemplo, las imágenes a una escala de 1:50,000, producidas de imágenes de satélites, son aceptables para esta cartografía (ver Capítulo 4).

Figura 10-7: MAPA DE UN INVENTARIO SIMPLE DE DERRUMBE (a)



Escala 1:50.000

EXPLICACION



Deslizamiento

Figura 10-8: MAPA DE UN INVENTARIO INTERMEDIO DE DERRUMBE (b)

Figura 10-9: MAPA DE UN INVENTARIO DETALLADO DE DERRUMBE

Un mapa de suelos es un sustituto inadecuado para un mapa de roca firme. Los mapas de suelos están basados en factores concentrados en el metro superior (o menos), del material de superficie que afecta las actividades agrícolas. Generalmente hay poca o ninguna correlación entre las características de suelos "agrícolas" y la probabilidad de fallas que se originan en

superficies de unos cuantos metros a decenas de metros de profundidad de material superficial.

c. Cartografía de la calidad de pendientes o inclinación

La calidad de la pendiente es un factor que asocia la efectividad de la acción de la gravedad sobre una pendiente con la susceptibilidad a deslizamientos de tierra. Un mapa topográfico es la base para preparar un mapa de calidad de pendientes. El mapa de calidad de pendientes muestra los valores de la pendiente asociados con la mayoría de los deslizamientos existentes y se deriva de un mapa topográfico actualizado. La calidad de pendiente para la evaluación del peligro de deslizamiento es comúnmente expresada como un porcentaje en vez de usar grados. Las categorías o agrupación de valores de la calidad de pendiente para uso en el análisis del peligro de deslizamiento, se deben aproximar a aquellos de las pendientes presentes en la área de estudio. Demasiadas clases de pendientes harán difícil identificar a aquellas que son críticas para la ocurrencia de deslizamientos y demasiado pocas clases han de ser igualmente inútiles.

d. Factor hidrológico opcional - cartografía de medidas indirectas

Dado que rara vez se encuentra disponible la información sobre los niveles de napa freática y sus fluctuaciones, la cartografía de medidas indirectas tales como la vegetación y la orientación de pendientes puede revelar la influencia de la hidrología sobre un área. Cualquier mapa de vegetación que se utilice para presentar el factor hidrológico en la evaluación del peligro de deslizamiento, debe usar unidades que son dependientes del agua. Esto puede ser tan sencillo como presentar comunidades de plantas pireáticas o no pireáticas, o tan complejo como distinguir entre diferentes tipos de bosque. La selección de un mapa apropiado de vegetación para indicar los efectos del agua en motivar deslizamientos de tierra, requiere del geólogo un cuidadoso trabajo de campo.

La fotografía aérea es una fuente apropiada de datos para preparar mapas de vegetación. Al preparar estos, tal como el caso de la cartografía de roca firme, la escala es de menor importancia. Aquí, también, la demarcación de áreas con características similares es más fácil que reconocer rasgos discretos. La escala de 1:62.000 es útil para identificar la vegetación ya que escalas de 1:20.000 o mayores, no revelan las características contrastantes de áreas adyacentes. Las fotografías en blanco y negro, color y color infrarrojo son todas adecuadas para esta cartografía. Las imágenes de satélite son aceptables sólo cuando son ampliadas a una escala adecuada.

La dirección a la cual da cara una pendiente también puede ser cartografiada y usada como un indicador indirecto del factor hidrológico. La orientación de la pendiente, o su aspecto están descritos en términos de ocho direcciones cardinales, es decir, norte, noreste, etc. Para conveniencia al establecer una base de datos, la orientación de la pendiente se mide en grados de acimut que van desde 0° para el N, hasta 360° grados, en dirección del reloj. Cada punto cardinal está definido por un conjunto de valores acimutales. Por ejemplo, las laderas que dan cara al noreste pueden tener una serie de lecturas de acimut que van desde los 22.5° grados a 67.5° grados.

2. La interpretación del peligro de deslizamientos de tierra: el mapa del peligro de deslizamientos

Un mapa de peligro de deslizamiento es generado para identificar áreas vinculadas de diversas maneras con este fenómeno. Se produce un mapa de peligros para cada etapa del proceso de planificación, desde el más generalizado en la etapa inicial, hasta uno detallado de zonificación para uso en lugares específicos. Tal como lo sugiere el nombre, este mapa divide la totalidad del área de estudio en sub-áreas basadas en el grado del peligro potencial de deslizamiento. El mapa de peligro de deslizamiento es producido interpretando los datos presentados por los mapas de inventario de deslizamientos y los factores permanentes que influyen sobre la ocurrencia de deslizamientos.

Como con cualquier otro mapa la escala es una consideración importante. Hay dos puntos que se deben mantener en la mente respecto a la escala del mapa de peligro de deslizamiento. Primero, el mapa debe ser producido a una escala capaz de presentar la información necesaria para un determinado nivel de planificación. La compatibilidad de escala será importante cuando el mapa del peligro habrá de ser combinado con otros mapas para producir uno de capacidad de tierra (ver Capítulo 3). Segundo, el mapa de peligro de deslizamiento tendrá que estar a una escala no marcadamente diferente de los otros mapas de datos que se usaron para producirlo. En otras palabras, la confiabilidad podrá ser cuestionada cuando un mapa de peligro de deslizamiento, producido a escala de 1:50.000, se ha basado en un mapa de (calidad de pendientes a escala de 1:250.000).

Se identifican cuatro niveles de peligros relativos sobre un mapa de peligro de deslizamiento: (1) bajo; (2) moderado; (3) alto; y (4) peligro extremo. El nivel de peligro de deslizamiento se mide sobre una escala ordinal con este método y es una representación cuantitativa de los niveles de peligro que se diferencian, y que muestra solo el orden de peligro relativo en un sitio determinado y no un peligro absoluto. La predicción de un peligro absoluto está más allá de la capacidad actual.

En consecuencia, no hay manera de comparar zonas de peligros en diferentes lugares o de determinar, por ejemplo, la probabilidad que un área de alto peligro sea dos o más veces proclive que las áreas de bajo peligro a fallar en el futuro. Se debe hacer hincapié en el hecho que estas zonas de peligros relativos están basadas en los deslizamientos existentes y en las condiciones que influyen sobre su ocurrencia en una área específica. Las zonas de peligro que han sido determinadas para una área dada, sólo son válidas para el área para la cual fueron preparadas. Condiciones similares que se encuentren fuera del área evaluada, pueden no producir el mismo grado de peligro, por causa de alguna diferencia aparentemente muy pequeña en alguno de los factores.

3. Análisis de factores: La técnica para preparar un mapa de peligros

El análisis de factores es un método paso-a-paso usado para preparar mapas de zonificación de peligro de deslizamiento de un área. Son cuatro los pasos para completar el análisis de factores y producir un mapa del peligro: (1) cartografía de los deslizamientos existentes y preparación de un mapa combinando los factores permanentes (roca firme, calidad de pendiente, factores hidrológicos) en unidades individuales del mapa; (2) sobreposición del inventario de deslizamientos sobre el mapa de factores combinados; (3) preparación de un análisis para todas las combinaciones de los factores y las combinaciones de grupos de factores, de manera que se definan los cuatro grados de peligro de deslizamiento; y (4) producir un mapa con cuatro zonas, para el peligro de deslizamiento, a partir de las combinaciones agrupadas.

Figura 10-10: MAPA DEL AREA DE ESTUDIO

Leyenda

Una presentación sobre como se determina la proporción de combinaciones de roca firme/pendiente, sujetas a anterior actividad de deslizamientos. Tomar nota que mientras la combinación B3 obviamente más deslizamientos que la combinación C4, el menor tamaño del área C4 probablemente resultará en que tenga una mayor proporción que B3.

a. Paso uno: Mapa combinado de factores permanentes

El primer paso es preparar un mapa de deslizamientos existentes inventariados. También compilar un mapa que combine la roca firme, calidad de pendiente y, cuando fuera posible, las unidades o categorías de factores hidrológicos en unidades cartográficas individuales. Como ejemplo, suponga que sólo se ha de usar la roca firme y la calidad de pendiente. El mapa compilado estará compuesto de unidades cartográficas que identifiquen ciertos tipos de roca firme y de calidad de pendiente, p.e., roca firme B3 sobre pendientes de 25 a 50 por ciento (ver Figura 10-10).

b. Paso dos: Sobreposición del inventario de deslizamientos de tierra

El segundo paso es colocar una transparencia del mapa de inventario de deslizamientos sobre el mapa de factores combinados. Esto identificará cuales combinaciones están asociadas con anteriores deslizamientos y cuales no lo están. La tabulación del inventario de deslizamientos se desarrolla indicando el área total de deslizamientos que ocurren en cada unidad específica de roca firme en combinación con la calidad de pendiente (y otros factores, si son considerados) (ver Figura 10-12). Cuando se usa un factor hidrológico tal como zona vegetativa u orientación de pendiente, la tabulación incluirá el área de deslizamiento para cada combinación específica de roca firme y calidad de pendiente, más el factor hidrológico. Sumando las áreas de todas las combinaciones que se encuentran en la tabla se obtendrá el área total de deslizamientos en el área de estudio. Esta es una manera de verificar que todas las combinaciones estén incluidas en el análisis. La figura 10-11 muestra la extensión hasta donde está presente cada combinación en el área de estudio. Por ejemplo, en roca firme B, sobre pendientes entre 25 y 50 por ciento se observan 784 hectáreas de deslizamientos.

c. Paso tres: Combinación de grupos usando el análisis de factores

El tercer paso es agrupar las combinaciones de estos factores de manera que definan cuatro grados de peligro de deslizamiento. La agrupación se logra mediante un análisis de factores combinado o una evaluación de matrices (DeGraff y Romesburg, 1989). Este análisis permite incorporar la interacción entre factores que afectan la ocurrencia de deslizamientos, sin necesidad de entender explícitamente aquellas interacciones.

Para comenzar, se mide el área total de cada combinación de roca firme, el grado de deslizamiento y factores hidrológicos del área de estudio, representados en la tabla preparada en el paso 2. Ha de ser calculada el área total con estas combinaciones y no sólo aquellas áreas asociadas con actividad de deslizamientos. Continuando con el ejemplo, suponga que se determinó un área total de 2.327 hectáreas de roca firme B, sobre pendientes mayores de 25% pero menores de 50%. La tabla del inventario de deslizamientos preparada en el Paso 2, muestra sólo el área de anteriores deslizamientos que se encuentra para cada combinación. Entonces el área total para cada combinación asociada con los deslizamientos, que se encuentran en la tabla de inventarios de deslizamientos, se divide por el área para la misma combinación de factores que se encuentra en el área de estudio (ver Figura 10-12). En el ejemplo, esto sería 784 dividido entre 2.327. Esto da una proporción para cada combinación que está sujeta a la ocurrencia de anteriores deslizamientos, p.e. 0.34. Esta cifra representa la proporción de la combinación perturbada por anteriores deslizamientos en esa área (ver Figura 10-11).

Figura 10-11
FACTOR PERMANENTE COMBINADO (MUESTRA DE ROCA FIRME y CLASE DE PENDIENTE)y COBERTURA DE AREAS DEL TERRENO (EN HECTAREAS)

GRUPO DE ROCA FIRME	CLASE DE DESLIZAMIENTO				AREA TOTAL (HA)
	0<12% (1)	12<25% (2)	25<50% (3)	>50% (4)	
A	-	52	78	-	130
					Area de deslizamientos
	1.570	722	512	237	3.041
					Areas combinada ^a
B	-	301	784	-	1.085
					Area de deslizamientos
	-	1.776	2.327	-	4.103
					Areas combinada ^a
C	78	-	351	180	609
					Area de deslizamientos
	673	2.450	1.790	793	5.796
					Areas combinada ^a

^a Area combinada = Area de factor permanente combinado

Figura 10-12: ZONAS DE PELIGRO DE DESLIZAMIENTO

La combinación de roca firme, calidad de pendiente y los factores hidrológicos asociados con el área más grande, afectada por deslizamientos, puede no ser la más peligrosa: puede simplemente ser la combinación que es más común en el área de estudio. ya que tal área es la combinación predominante, tiene la mayor probabilidad de estar asociada con anteriores deslizamientos y no necesariamente la de ser la más peligrosa. El proceso aquí descrito asegura que la comparación del peligro de deslizamiento entre las diferentes combinaciones, se realice sobre bases iguales.

Habrà un valor proporcional para cada combinación de roca firme, calidad de pendiente y otros factores asociados con los deslizamientos existentes que va desde , 01 hasta 1,0. Las proporciones son ordenadas de la más pequeña a la más grande. Este rango de valores se divide en tres grupos para representar el peligro relativo de deslizamientos en el área de estudio. Para asegurar que los puntos usados para definir los tres grupos han sido determinados objetivamente, se hace uso del análisis de grupo no-jerárquico. (Ver el Apéndice de este capítulo para un ejemplo de cálculo).

Se logra una división inicial en tres grupos separando en partes iguales el rango presente de valores proporcionales. Los límites superior e inferior de cada grupo se retienen o se ajustan para asegurar que la división final represente la suma mínima de las desviaciones al cuadrado, alrededor de los tres promedios de grupo. Esto está basado en la función W (Anderberg, 1973).

$$W = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^n (X_{ij} + X_i)^2 = W_1 + W_2 + W_3$$

d. Paso cuatro: Producción de zonas de peligro de deslizamientos de tierra

El cuarto y último paso hace uso de combinaciones agrupadas para producir zonas de peligro de deslizamiento extremo, alto, moderado y bajo. Una vez que se dividen las proporciones en tres grupos, se identifican las combinaciones de roca firme, calidad de pendiente y factores hidrológicos que representan diferentes niveles de peligro relativo a deslizamientos. El grupo de proporciones con los valores más altos, es decir, hacia el extremo 1,0 del rango, representa combinaciones que definen peligros extremos de deslizamiento. El grupo de proporciones con los valores menores, representa combinaciones que definen un alto peligro de deslizamiento. El grupo de proporciones con los menores valores, es decir, hacia el extremo 0,1 del rango, representa combinaciones que definen un peligro moderado de deslizamiento. Todos los factores de roca firme, pendientes e hidrológicos que no estén asociados con deslizamientos existentes, definen un bajo peligro de deslizamiento.

Las transparencias de los mapas usados para determinar áreas de roca firme, calidad de pendientes y factores hidrológicos presentes en todo el área de estudio, pueden ser ahora revisadas para hacer el mapa de zonificación de peligros. La Figura 10-12 muestra los mapas originales vueltos a dibujar como zonas de peligro. Las combinaciones con peligros extremos son redibujadas y retituladas como zonas de peligros extremos. Redibujar y retitular las combinaciones que representan zonas de otros peligros produce un mapa completo de zonificación de peligros, que muestra los cuatro niveles de peligro relativo. La relación empírica de los factores físicos, como los define el análisis de factores, es válido sólo para el área evaluada, y no se puede extrapolar para cubrir otras áreas adicionales.

Una vez que se ha identificado estas áreas de peligro, se puede tomar una decisión respecto a las actividades apropiadas de desarrollo, el tipo de medidas de mitigación a ser incluidas en el proceso, o las áreas que deben de ser descartadas. Es importante tomar nota que los mapas esenciales de roca firme y de calidad de pendiente no siempre están disponibles. Sin estos mapas, se puede producir un mapa isopleta que es un sustituto aceptable.

4. Compensación por la insuficiencia de datos: el mapa isopleta

En la ausencia de mapas de roca firme y de calidad de pendientes, se pueda usar el mapa de inventario de deslizamientos para producir un mapa analítico adecuado para representar la actividad de deslizamientos en una área. Se recomienda para este propósito un mapa de isopletas de la frecuencia de deslizamientos. Un mapa isopleta o cualquier otro mapa analítico puede servir sólo como una evaluación inicial de la actividad de deslizamiento y no como un sustituto de mapas de peligro de deslizamiento. Las condiciones subyacentes que dan lugar a los deslizamientos seguirán siendo desconocidas, lo que impedirá que se haga una distinción entre los grados relativos del peligro de deslizamiento.

Es razonable suponer que las áreas con alta frecuencia de deslizamiento tienen mayor probabilidad de sufrir futuros deslizamientos que aquellas áreas de baja frecuencia. Un mapa isopleta se puede hacer en base a esta suposición. Para preparar un mapa isopleta se comienza con un mapa de inventario de deslizamientos (Wright *et al.*, 1974). Se coloca una transparencia con una grilla de 2 cm x 2 cm sobre el mapa de inventario de deslizamientos. (Ver Figura 10-13 para una descripción gráfica de cada paso). Sobre cada intersección en la grilla se dibujan círculos cuadrículados transparentes de 2,5 cm de diámetro. Se cuenta el número de cuadrados de la grilla, dentro del círculo, a través del cual se pueden observar depósitos de deslizamientos. Se divide ese número por el número total de unidades de cuadrados de la grilla dentro del círculo dibujado. Esto da la proporción de la unidad de área dentro del círculo que está cubierta por depósitos de deslizamientos. Esta proporción se multiplica por 100 y se hace la aproximación al número entero más cercano, para obtener el porcentaje de terreno afectado por deslizamientos. El valor de este porcentaje se escribe en la transparencia al lado de la respectiva intersección de la grilla.

Una vez que todas las intersecciones queden identificadas con valores porcentuales, se pueden dibujar las líneas isopletas. Las líneas isopletas conectan puntos de igual valor. Estas líneas muestran la frecuencia generalizada de la actividad de deslizamiento representada por el porcentaje del área perturbada por ellos. Así dibujadas, el intervalo entre isopletas para producir el mapa dependerá del uso propuesto. Una sola línea que representa el lindero entre áreas de deslizamiento frecuente y de deslizamiento poco frecuente, muestra las áreas en las que este fenómeno es un factor principal en la modulación del paisaje y aquellas otras en las que no lo es. Esto sirve como una primera evaluación de áreas expuestas a problemas de deslizamientos cuando no se dispone de información sobre factores adicionales para el área bajo estudio. Es importante recordar que esta es una técnica analítica que produce una evaluación limitada del área, más que una técnica desarrollada por un proceso interpretativo.

Figura 10-13: PASOS PARA LA PREPARACION DE UN MAPA ISOPLETA

Durante la Fase II del proceso de planificación, además del inventario intermedio de deslizamientos, se recomienda la preparación de un mapa isopleta que proporcionará a los planificadores la información disponible, mejor elaborada. Usando las técnicas ya descritas, la preparación del mapa es modificada de dos maneras: (1) para compilar este mapa isopleta sólo se utilizaría los tipos específicos de deslizamiento identificados en el inventario intermedio, que son los que probablemente se iniciarán por el uso de tierras propuesto; la selección de tipos de deslizamiento deberá ser gobernada por la información sobre la actividad de deslizamientos, desarrollada por el geólogo que completó el inventario intermedio de los deslizamientos existentes, y por el actual uso de tierras y el uso propuesto; y (2) las isopletas están dibujadas a intervalos regulares de manera similar a como se presenta la elevación con curvas de nivel, en vez del valor único que usa un mapa isopleta. Por ejemplo, en algunos mapas isopletas aplicados a la planificación del uso de la tierra, ha sido utilizado un intervalo de 10 por ciento en algunos mapas (Campbell, 1980, y Pomeroy, 1978). Esto produce un mapa que representa la intensidad de la ocurrencia de anteriores deslizamientos en una forma que se parece a un mapa topográfico. Las líneas isopletas aparecerían como las curvas de nivel que indican elevaciones. El mapa isopleta final es usado como una transparencia sobre el mapa del peligro de deslizamiento.

5. Cartografía generada por computadora

El método descrito en este capítulo se puede adaptar fácilmente a la cartografía generada por computadora (Brabb, 1984). Los mapas de factores usados para generar el mapa del peligro de deslizamiento pueden ser codificados a un sistema de información geográfica (SIG) y manipulados con una computadora. (Ver Capítulo 5 para una discusión de las aplicaciones de cartografía con computadora y el SIG). Esto permite la rápida preparación de tablas que muestren el área para diferentes combinaciones de factores. En algunos casos, los mapas de datos usados en la evaluación del peligro de deslizamiento pueden ser parte del SIG creado para planificación generada del uso de tierras, por ejemplo un mapa de vegetación. Una segunda ventaja de este método es que las escalas de los mapas a ser superpuestos en transparencias, en una evaluación del peligro de deslizamiento, pueden ser apareados sea cual fuere su escala original. Por ejemplo, la escala de un mapa publicado de roca

firme puede diferir de los mapas de otros factores. Usando técnicas manuales, sería necesario redibujar el mapa de roca firme a la escala de los demás mapas, mientras que el sistema basado en computadora permite el apareamiento de las escalas de mapas sea cual fuere la escala original, de tal modo que los mapas pueden ser sobrepuestos y analizados en conjunto.

El apareamiento computarizado de diferentes escalas de mapas requiere identificar ciertos puntos referenciales en cada mapa para asegurar el control adecuado entre mapas. Una vez que los mapas están computarizados, pueden ser actualizados o usados para mejorar las evaluaciones del peligro de deslizamiento. Un mapa más detallado del inventario de deslizamientos, también puede ser codificado y usado para producir un mejor mapa de zonificación de peligros con los mapas ya codificados.

Las únicas limitaciones importantes para usar un sistema en base a computadora, son la cantidad de tiempo y el gasto que se requiere para codificar los mapas y establecer una base de datos, para una evaluación del peligro de deslizamiento a una escala suficientemente grande que permita el cálculo del porcentaje del área cubierta por deslizamientos existentes. La creación de tal base de datos usualmente requiere que se planifique un proyecto importante o una serie de proyectos para justificar la asignación de recursos, o que ya exista una base de datos de mapas computarizados. Una última consideración es la posibilidad de tener acceso a equipos de cómputo, ya que las computadoras pueden ser escasas o pueden soportar gran demanda para muchos otros usos. Sin embargo, las computadoras personales son fácilmente accesibles y de poco costo relativo; los programas de cómputo adecuados y disponibles para la evaluación del peligro de deslizamiento hace posible que algunos estudios de planificación tengan su propio sistema.

Conclusión

Las áreas susceptibles a deslizamientos se pueden proyectar en base a los factores físicos asociados con la actividad de deslizamiento: la historia de deslizamientos pasados, la roca firme, la calidad de pendiente y la hidrología. No es posible la predicción de dónde y cuándo han de ocurrir los deslizamientos, aún con la mejor información disponible. Sin embargo, es posible identificar áreas susceptibles a deslizamiento. Este capítulo ha discutido algunos de los conceptos relacionados con la susceptibilidad a los deslizamientos: los diferentes tipos de deslizamientos, la naturaleza relativa de la zonificación del peligro de deslizamiento; su relación con las actividades de desarrollo; y cómo mitigar los efectos de los deslizamientos. El punto esencial ha sido demostrar la importancia de considerar los deslizamientos al inicio del estudio de planificación y de proporcionar una técnica que se pueda usar en todas las etapas del proceso de planificación. Se han destacado las diferentes preguntas que deben ser formuladas en las diferentes etapas de la planificación. Se pueden generar muchas respuestas del uso de la zonificación del peligro de deslizamiento en cada etapa del estudio de planificación. También se presentó el análisis de factores combinados paso-por-paso para preparar mapas de peligros. Todo esto permitirá al planificador a tener un conocimiento práctico de los términos, conceptos y de las importantes consideraciones relacionadas con deslizamientos y con la cartografía del peligro de deslizamiento.

Referencias

Anderberg, M.R. Cluster Analysis for Applications (New York: Academic Press, 1973).

Brabb, E.E. "Innovative Approaches to Landslide Hazard and Risk Mapping" *in* IV International Symposium on Landslides, vol. 1 (Toronto, 1984), pp. 307-323.

Campbell, R.H. Landslide Maps Showing Field Classifications, Point Dume Quadrangle, California, U.S. Geological Survey Field Studies Map MF-1167 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1980).

Carrara, A., and Merenda, L. "Landslide Inventory in Northern Calabria, Southern Italy" *in* Geological Society of America Bulletin, vol. 87 (1976), pp. 1153-1162.

Cotecchia, V. "Systematic Reconnaissance Mapping and Registration of Slope Movements" *in* Bulletin of the International Association of Engineering Geology. no. 17 (1978), pp. 5-37.

DeGraft, J.V. "Regional Landslide Evaluation: Two Utah Examples" *in* Environmental Geology, vol. 2 (1978), pp. 203-214.

- "Initiation of Shallow Mass Movement by Vegetative-type Conversion" *in* Geology, vol. 7 (1979), pp. 426-429.

- "Quantitative Approach to Assessing Landslide Hazard to Transportation Corridors on a National Forest" *in* Transportation Research Record 892 (1982), pp. 64-68.

DeGraft, J.V., and Romesburg, H.C. "Regional Landslide-Susceptibility Assessment for Wildland Management: A Matrix Approach" *in* D.R. Coates, and J. Vitek (eds.), Thresholds in Geomorphology (Boston: George Allen & Unwin, 1980), pp. 401-414.

Hutchinson, J.N., and Kogan, E. "The Mayunmarca Landslide of 25 April 1974" *in* UNESCO Serial No. 3124/RMO.RD/SCE (Paris: UNESCO, February, 1975).

Hopkins, L.D. "Methods for Generating Land Suitability Maps: A Comparative Evaluation" *in* American Institute of Planning Journal, vol. 43 (1977), pp. 386-400.

Kockelman, W.J. "Some Techniques for Reducing Landslide Hazards" *in* Bulletin of the Association of Engineering Geologists (vol. 22, 1985).

Morgenstern, N.R., and Sangrey, D.A. "Methods of Stability Analysis" *in* R.L. Schuster, and R.J. Krizek (eds.), Landslides, Analysis, and Control, Special Report 176 (Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1978), pp. 155-171.

Organization of American States. Integrated Regional Development Planning: Guidelines and Case Studies From OAS Experience (Washington, D.C.: Organization of American States, 1984).

Pomeroy, J.S. Isopleth Map of Landslide Deposits, Washington County, Pennsylvania, U.S. Geological Survey Field Studies Map MF-1010 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1978).

- Map Showing Landslides and Areas Most Susceptible to Sliding in Beaver County, Pennsylvania, U.S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Series Map 1-1160 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1979).

Rib, H.T., and Liang, T. "Recognition and Identification" *in* R.L. Schuster and R.J. Krizek (eds.), Landslides, Analysis, and Control, Special Report 176 (Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1978), pp. 34-80.

Sharpe, C.F.S. Landslides and Related Phenomena (New York: Columbia University Press, 1938).

Swanson, F.J., and Dyrness, C.T. "Impact of Clearcutting and Road Construction on Soil Erosion by Landslides in the Western Cascade Range, Oregon" in *Geology*, vol. 3 (1975), pp. 393-396.

U.S. Geological Survey. *Goals and Tasks of the Landslide Part of a Ground-Failure Hazards Reduction Program*, U.S. Geological Survey Circular 880 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1982).

Varnes, D.J. "Slope Movement Types and Processes" in R.L. Schuster and R.J. Krizek (eds.), *Landslides, Analysis, and Control*, Special Report 176 (Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1978), pp. 12-33.

Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practices, UNESCO Natural Hazards Series No. 3 (Paris: UNESCO, 1985).

Wieczorek, G.F. "Preparing a Detailed Landslide-Inventory Map for Hazard Evaluation and Reduction" in *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, vol. 21 (1984).

Wright, R.H., Campbell, R.H., and Nilson, T.H. "Preparation and Use of Isopleth Maps of Landslide Deposits" in *Geology*, vol. 2 (1974), pp. 483-385.

Apéndice

EJEMPLO DE UN CALCULO DE LA FUNCION W

Como se indica en la Sección C-3, Análisis Factorial, la función W es calculada de la fórmula:

W = \sum_{i=1}^{i=3} \sum_{j=1}^{j=n_i} (X_{ij} + X_i)^2 = W_1 + W_2 + W_3

Donde:

X_{ij} = j^{ava} observación i^{avo} grupo
n_i = número de observaciones en el i^{avo} grupo

Para el ejemplo, se supone que el análisis factorial combinado produjo las siguientes dieciséis proporciones:

0.53, 0.01, 0.19, 0.03, 0.39, 0.04, 0.05, 0.88, 0.11, 0.01, 0.21, 0.03, 0.61, 0.01, 0.04, 0.11

Paso 1: Las proporciones son entonces arregladas en orden ascendente:

0.01, 0.01, 0.01, 0.03, 0.03, 0.04, 0.04, 0.05, 0.11, 0.11, 0.19, 0.21, 0.39, 0.53, 0.61, 0.88

Los datos van de 0.01 a 0.88. Este rango es dividido en partes iguales para formar tres grupos basados en una partición de intervalos iguales:

0.01 \le X < 0.29, 0.29 \le X < 0.58, y 0.58 \le X < 0.88

Paso 2: El factor W es calculado usando los valores en cada grupo formado bajo la partición inicial de intervalos iguales:

[0.01 \le X < 0.29]	[0.29 \le X < 0.58]	[0.58 \le X < 0.88]
0.01, 0.01, 0.01, 0.03, 0.03, 0.04, 0.04, 0.05, 0.11, 0.11, 0.19, 0.21	0.39, 0.53	0.61, 0.88
X1 = 0.07	X2 = 0.46	X3 = 0.745
W1 = 0.0534	W2 = 0.0098	W3 = 0.0365

W = W1 + W2 + W3 = 0.0534 + 0.0098 + 0.0365 = 0.0996

El objetivo es minimizar el valor de W. En otras palabras, encontrar los valores más pequeños de W que puedan ser calculados para tres grupos de los valores proporcionales. Esto aplica el principio de mínimos cuadrados, un método estadístico común, a este problema unidimensional minimizando la suma de las desviaciones al cuadrado en relación con los promedios de grupos.

Paso 3: El borde es desplazado hacia la derecha para buscar la disminución deseada en la función W:

[0.01 \le X < 0.39]	[0.39 \le X < 0.58]	[0.58 \le X < 0.88]
0.01, 0.01, 0.01, 0.03, 0.03, 0.04, 0.04, 0.05, 0.11, 0.11, 0.19, 0.21, 0.39	0.53	0.61, 0.88
X1 = 0.0946	X2 = 0.53	X3 = 0.745
W1 = 0.1479	W2 = 0	W3 = 0.0365

W = W1 + W2 + W3 = 0.1479 + 0 + 0.0365 = 0.18435

Debido a que el valor recalculado es mayor que el valor de W inicialmente calculado, éste fue un movimiento en la dirección contraria. Se trasladará el borde hacia la izquierda del borde inicial en búsqueda de una disminución del valor W.

Paso 4: El borde al extremo de la izquierda se mueve hacia la izquierda por un valor. Se recalcula la función W y se compara con el valor W inicial para constatar si ocurrió la deseada disminución:

[0.01 \le X < 0.19]	[0.19 \le X < 0.58]	[0.58 \le X < 0.88]
---------------------	---------------------	---------------------

0,01, 0,01, 0,01, 0,03, 0,03, 0,04 0,04, 0,05, 0,11 0,11, 0,19	0,21, 0,39, 0,53	0,61, 0,88
X1 = 0,0573	X2 = 0,3767	X3 = 0,745
W1 = 0,0320	W2 = 0,0515	W3 = 0,0365

$$W = W1 + W2 + W3 = 0,0320 + 0,0515 + 0,0365 = 0,12$$

Esta no es una disminución. Por lo tanto, la partición del borde, al extremo de la izquierda se mantiene en su valor inicial.

Paso 5: Ahora el segundo borde o sea el borde al extremo de la derecha se desplaza a la derecha:

[0,01 ≤ X < 0,29]	[0,29 ≤ X < 0,61]	[0,61 ≤ X < 0,88]
0,01, 0,01, 0,01, 0,03, 0,03, 0,04 0,04, 0,05, 0,11 0,11, 0,19, 0,21	0,39, 0,53, 0,61	0,88
X1 = 0,07	X2 = 0,51	X3 = 0,88
W1 = 0,0534	W2 = 0,0248	W3 = 0

$$W = W1 + W2 + W3 = 0,0534 + 0,0248 + 0 = 0,0782$$

Esto si es una disminución del valor de W. Si quedaran otros valores en el tercer grupo, el borde se trasladaría paso-a-paso hacia la derecha hasta que no se obtuviera mayor disminución de los valores W. Sin ningún otro valor presente, esto minimiza la suma de las desviaciones al cuadrado en relación con los promedios de grupos, lo más posible y retiene tres grupos. Si el traslado a la derecha hubiera conducido a un valor más alto de W, se hubiera intentado un traslado a la izquierda del borde de la derecha. Habiendo determinado la ubicación de los bordes para obtener el menor valor de W, se ha logrado el mejor agrupamiento de los valores proporcionales presentes.

Como resultado de este proceso iterativo, la partición inicial en grupos con los siguientes rangos:

0,10 ≤ W < 0,29
0,29 ≤ W < 0,58
0,58 ≤ W < 0,88

se cambia a una agrupación más consistente con los valores proporcionales involucrados, en base al rango de los valores siguientes:

0,01 ≤ X < 0,29
0,29 ≤ X < 0,61
0,61 ≤ X < 0,88



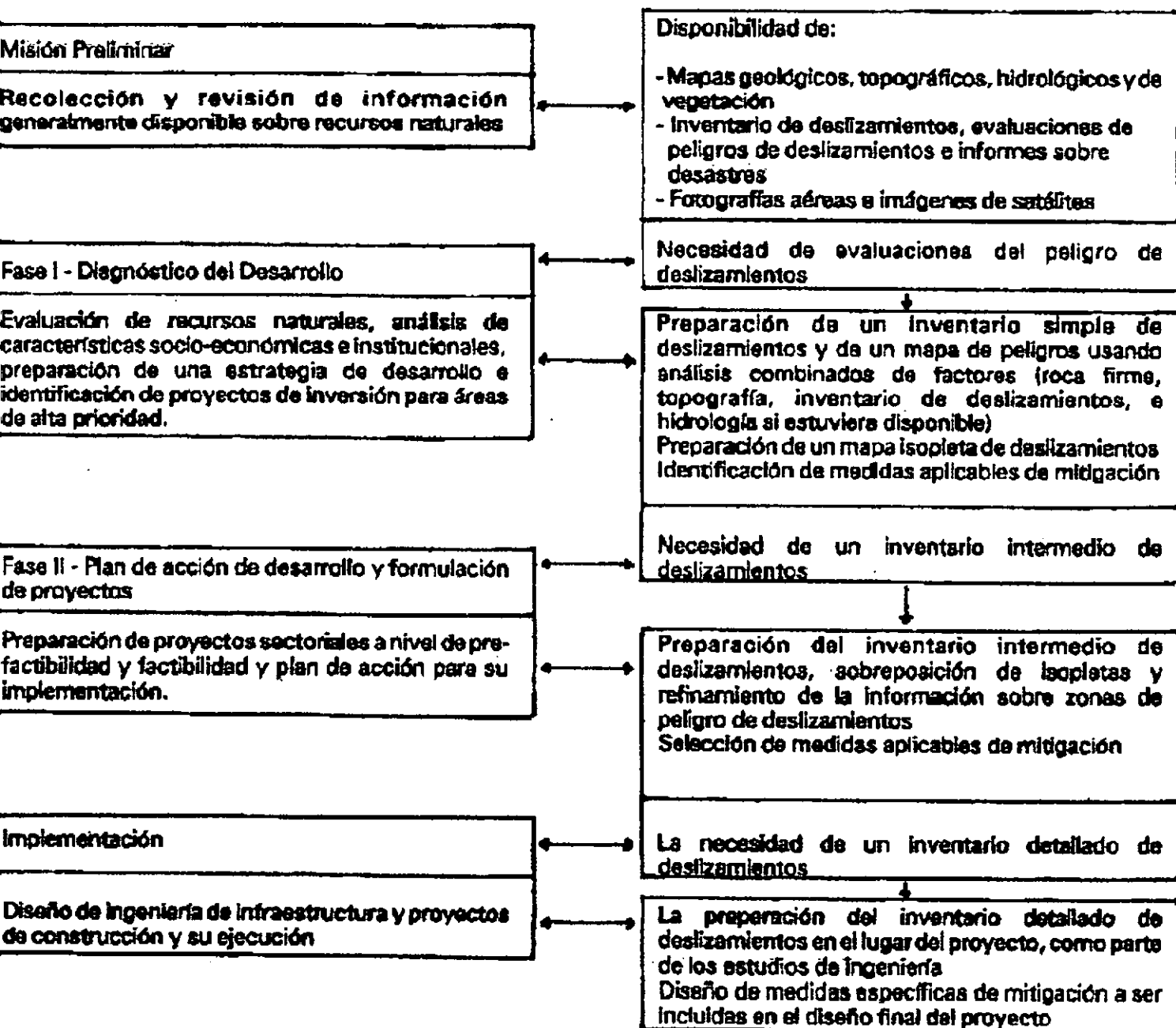
Conditions and Disclaimer

Condiciones de descargo y responsabilidad


This page was last updated on Tuesday, July 16, 2002

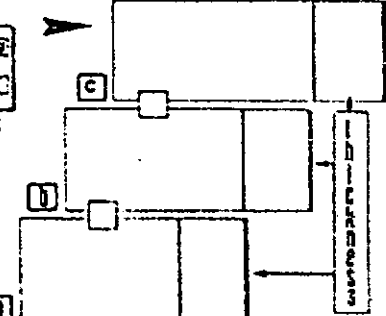

ACTIVIDADES DE LOS ESTUDIOS DE PLANIFICACION PARA EL DESARROLLO

ACTIVIDADES DE EVALUACION DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS




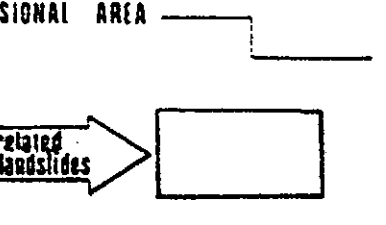
.n.r. irpi INVENTORY AND STATISTICAL ANALYSIS OF LANDSLIDES

Sheet =	Surveyor init. and form number	Date	LANDSLIDE <input type="checkbox"/>	
			LANDSLIDE ZONE <input type="checkbox"/>	
Name			STREAM EROSION <input type="checkbox"/>	
Township	Drainage Basin		EROSIONAL ZONE <input type="checkbox"/>	

SOIL ON <input type="checkbox"/> a <input type="checkbox"/> b <input type="checkbox"/> c thickness		MONOLITHIC		LITHOLOGY ALTERNATED			
		PERILL GEOLOGICO					
		a	b	c	S		
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	solid		P
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	partly solid	L			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	loose	C			
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	cohesive	

STRUCTURES <input type="checkbox"/> LAYERING <input type="checkbox"/> JOINTS <input type="checkbox"/> FOLDS	DIPPING				VERT	HORIZ.	DAMAGE <input type="checkbox"/> town, village etc. (houses n°) <input type="checkbox"/> country houses <input type="checkbox"/> main roads <input type="checkbox"/> country roads <input type="checkbox"/> railroad <input type="checkbox"/> aqueduct <input type="checkbox"/> bridge-viaduct <input type="checkbox"/> retaining walls and similar structures
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ROCK CONDITIONS							great social <input type="checkbox"/> economic implications
a	b	c	fresh	a	b	c	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	weathered	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fractured

SLOPE BUILDUP NON UNIFORM SLOPE	UNIFORM SLOPE <input type="checkbox"/>	rectlin. <input type="checkbox"/>	concave <input type="checkbox"/>	convex <input type="checkbox"/>	EXPOSURE 	VEGETATION <input type="checkbox"/> barren <input type="checkbox"/> occasionally <input type="checkbox"/> permanently <input type="checkbox"/> sown <input type="checkbox"/> grass <input type="checkbox"/> other <input type="checkbox"/> pasture <input type="checkbox"/> shrubbery	LOGGING <input type="checkbox"/> FIRE <input type="checkbox"/> OTHER	vineyard <input type="checkbox"/> trees with sawn <input type="checkbox"/> orchard <input type="checkbox"/> oakgrove <input type="checkbox"/> bush <input type="checkbox"/> forest <input type="checkbox"/> chestnut <input type="checkbox"/> pine <input type="checkbox"/> beech <input type="checkbox"/> other		
	NON UNIFORM SLOPE <input type="checkbox"/>	terraces <input type="checkbox"/>	nat. <input type="checkbox"/>	art. <input type="checkbox"/>					THICK <input type="checkbox"/>	THIN <input type="checkbox"/>
		hummocky <input type="checkbox"/>								

TYPE OF EROSION <input type="checkbox"/> EROSIONAL AREA <input type="checkbox"/> if related to landslides <input type="checkbox"/> STREAM EROSION		<input type="checkbox"/> sheet-rill erosion <input type="checkbox"/> gully erosion <input type="checkbox"/> bad lands <input type="checkbox"/> erosion niches	<input type="checkbox"/> lateral erosion <input type="checkbox"/> incision	
			SHAPE	GROUND AREA
			<input type="checkbox"/> circular <input type="checkbox"/> parabolic <input type="checkbox"/> elongated <input type="checkbox"/> other	<input type="checkbox"/> from 0 to 5000 <input type="checkbox"/> from 5000 to 10.000 <input type="checkbox"/> from 10.000 to 25.000 <input type="checkbox"/> from 25.000 to 50.000 <input type="checkbox"/> from 50.000 to 100.000 <input type="checkbox"/> over 100.000
			ELEVATION	MAP AREA
SLOPE ANGLE		CORRECTIVE MEASURES		
<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO		<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO		

CAUSES <input type="checkbox"/> lithology <input type="checkbox"/> climate-exposure <input type="checkbox"/> morphology <input type="checkbox"/> slope	<input type="checkbox"/> structures <input type="checkbox"/> deforestation <input type="checkbox"/> cultivation <input type="checkbox"/> landslides	CORRECTIVE MEASURES <input type="checkbox"/> groins <input type="checkbox"/> dams <input type="checkbox"/> drainage ditches	<input type="checkbox"/> afforestation <input type="checkbox"/> trellis-works <input type="checkbox"/> walls-terraces		
				initial <input type="checkbox"/>	old <input type="checkbox"/>
				initial <input type="checkbox"/>	old <input type="checkbox"/>
				initial <input type="checkbox"/>	old <input type="checkbox"/>

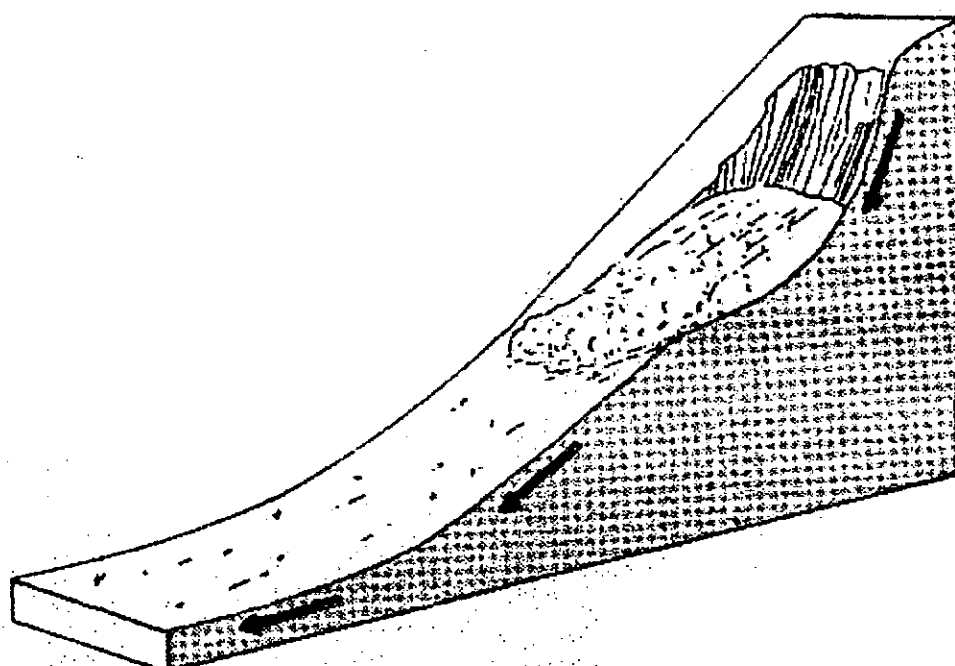
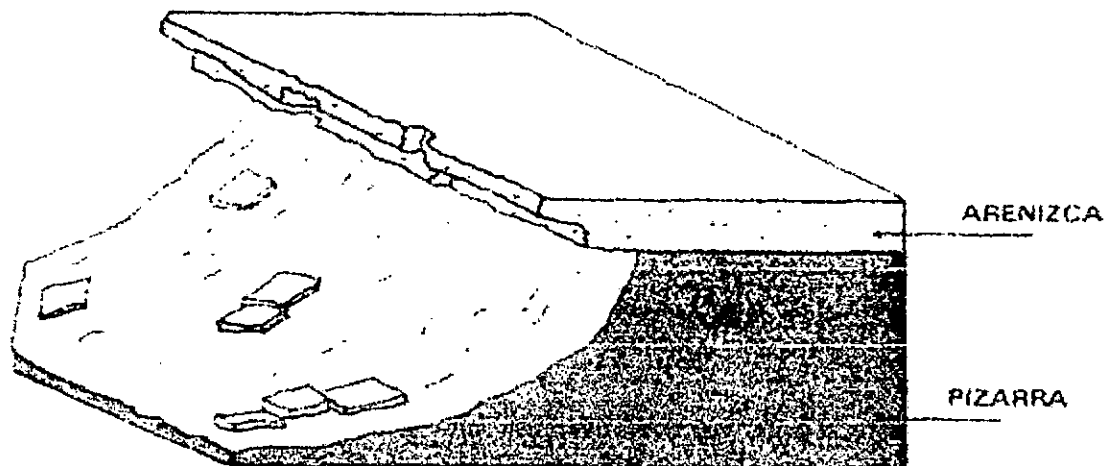
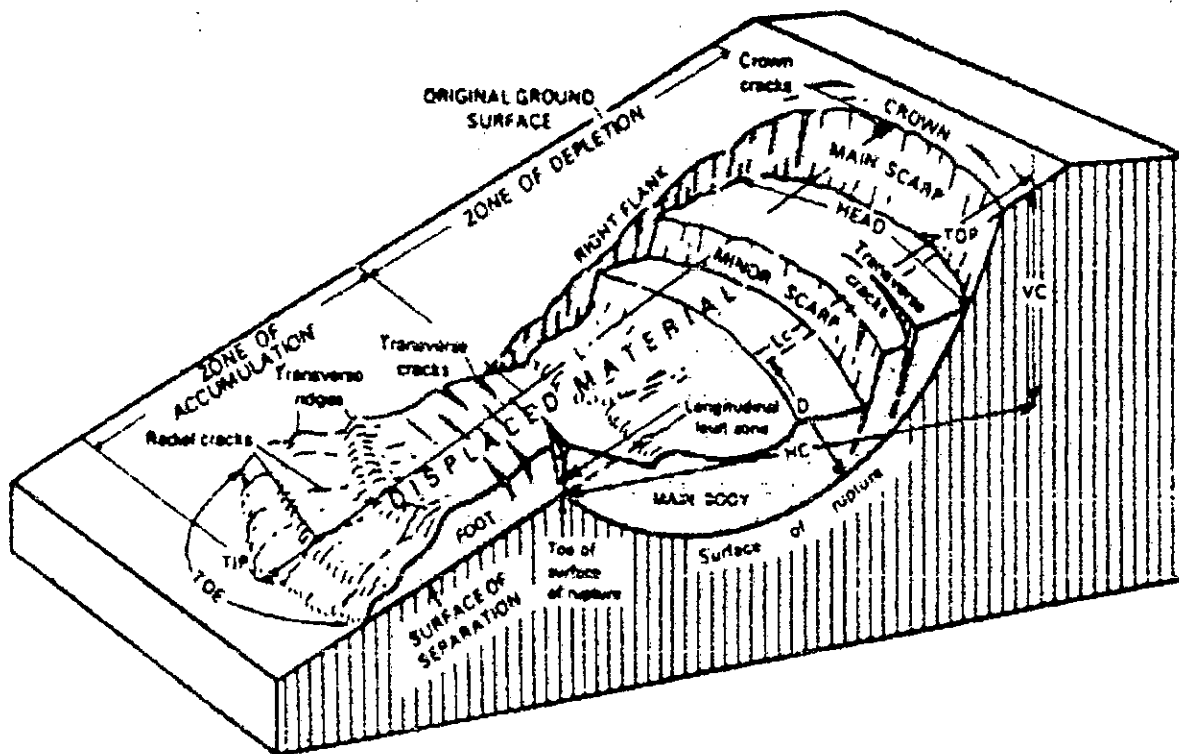
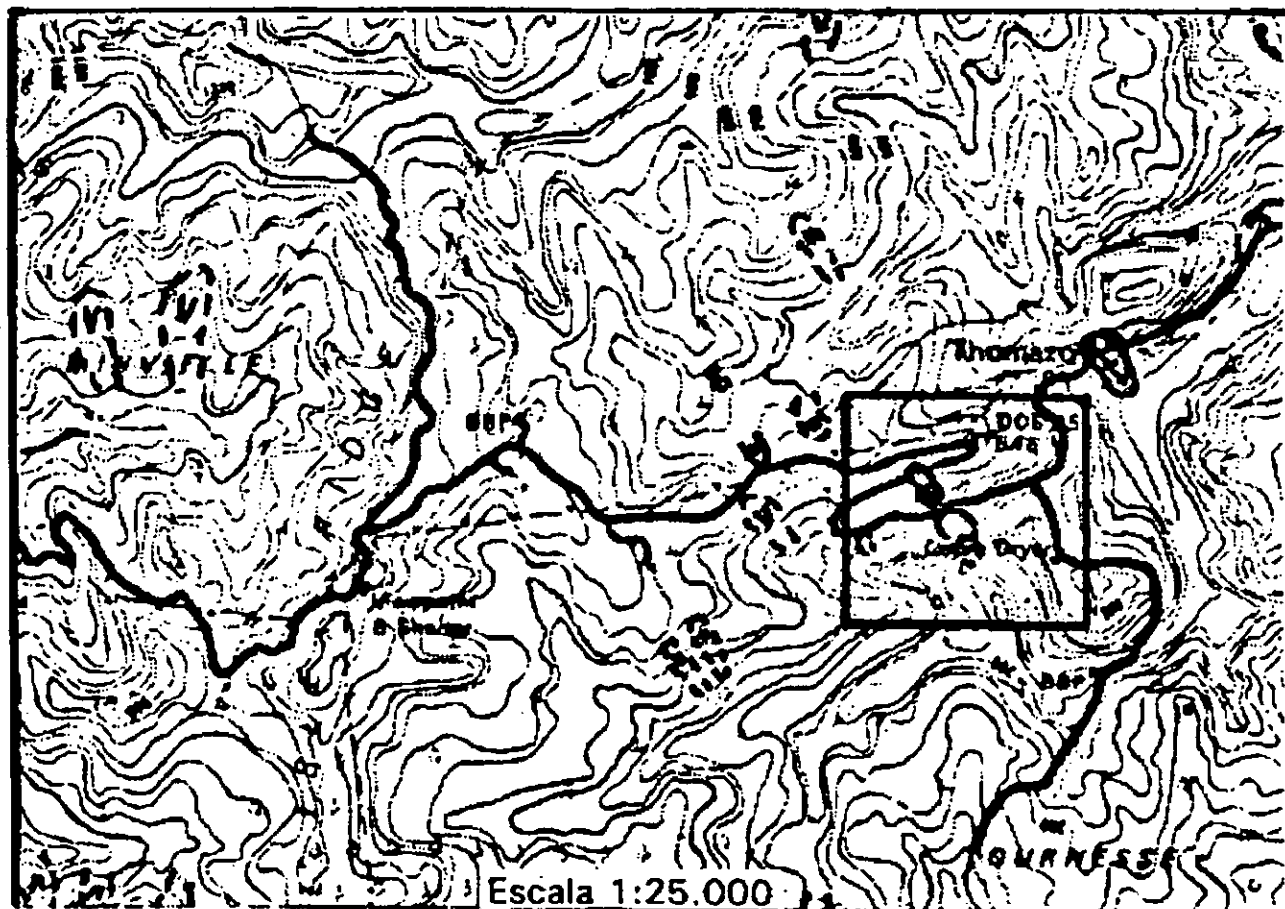


Fig 8



LEYENDA

DERRUMBE O DESIZAMIENTO DE ROCAS



traza



depósito

Falla Superficial

FLUJO DE ESCOMBROS



traza



depósito

DESIZAMIENTO DE ESCOMBROS



traza



depósito

Falla Profunda

DERRUMBE COMPUESTO

Puede consistir de muchos derrumbes demasiados pequeños para ser representados en forma individual, algún rasgo de un derrumbe antiguo erosionado, o un derrumbe mostrando más de un tipo de movimiento.



DESIZAMIENTO DE ROCAS O FLUJO DE TIERRA



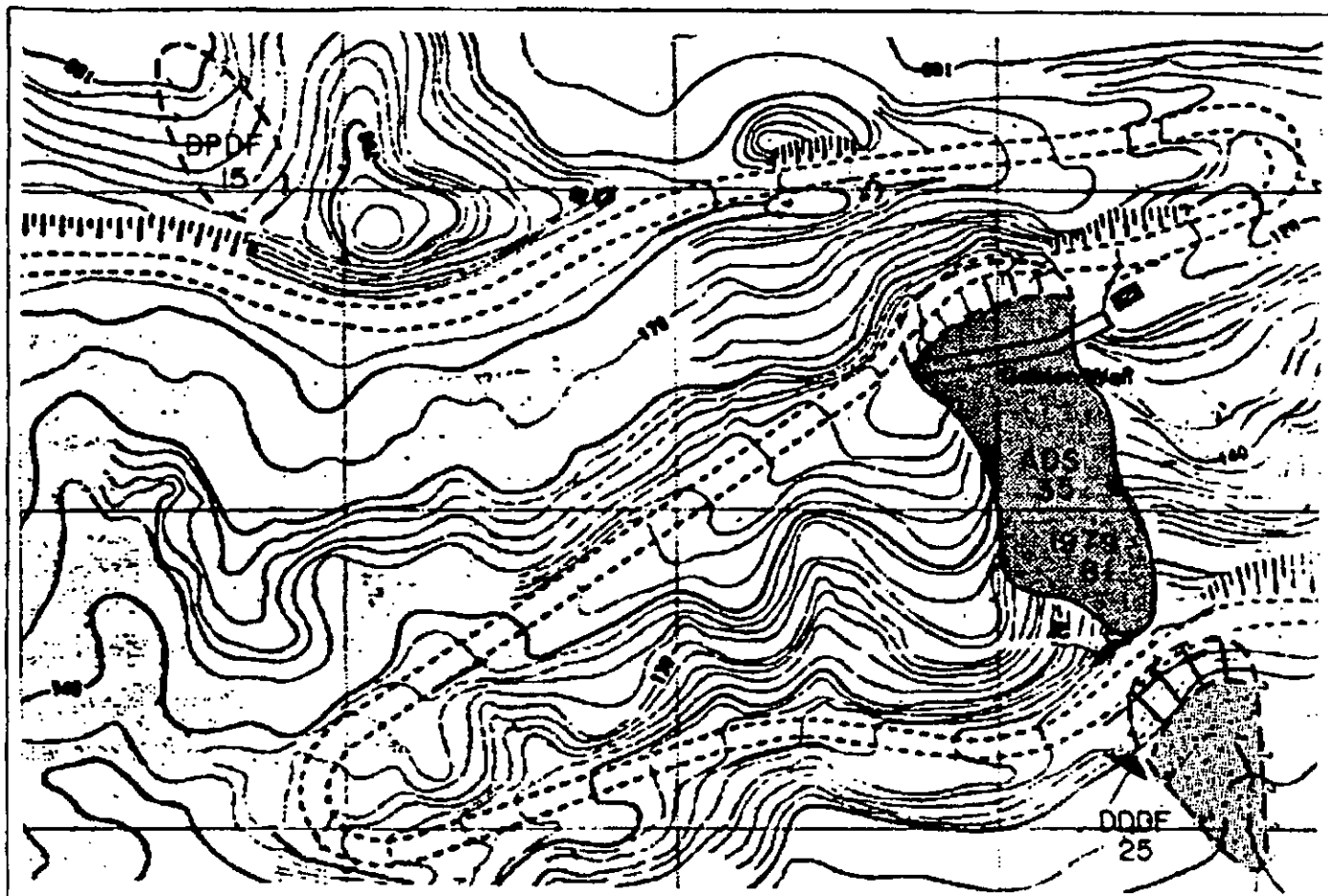
traza



depósito

NOTA: Los derrumbes trazados con líneas sólidas pueden ser identificados como derrumbes definitivos. Las líneas interrumpidas muestran posibles derrumbes.

Fig 9



LEYENDA

Área de escarpa

Área de depósito

Límites del depósito de un derrumbe (Interrumpida cuando está aproximadamente localizado, con signo de interrogación cuando su ubicación es incierta).

Primera letra: estado de actividad

A - Activo o recientemente activo (oscuro)

D - Durmiente (claro)

Segunda letra: certeza de la identificación del derrumbe

D - Definitivo

P - Probable

Q - Cuestionable

Tercera y cuarta letras: tipo predominante de movimiento de pendiente

SP - Flujo de tierra compuesto

DS - Deslizamiento de escombros

DF - Flujo de escombros

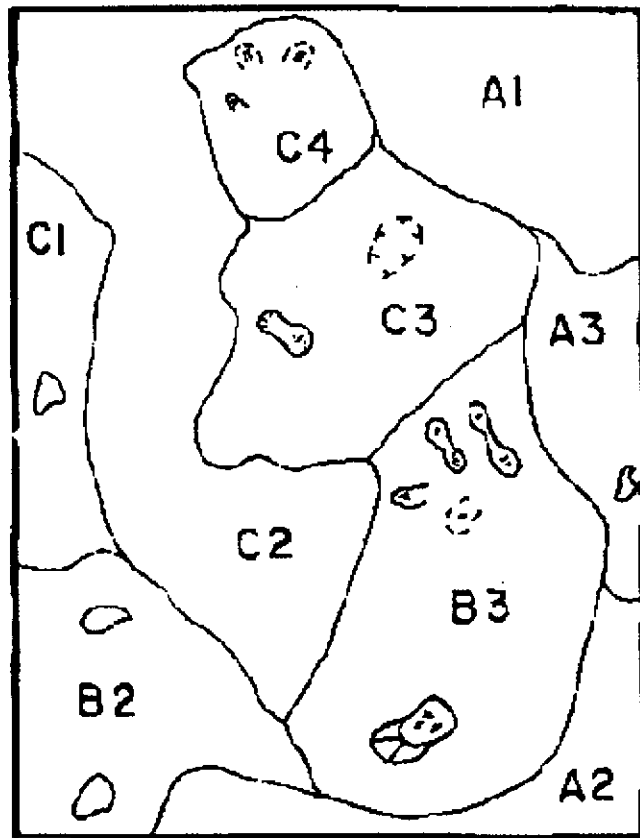
EP - Flujo de tierra

S - Desplome, hundimiento

Máxima profundidad del derrumbe (pies)

Año del movimiento

Fig 10



Area de Deslizamiento

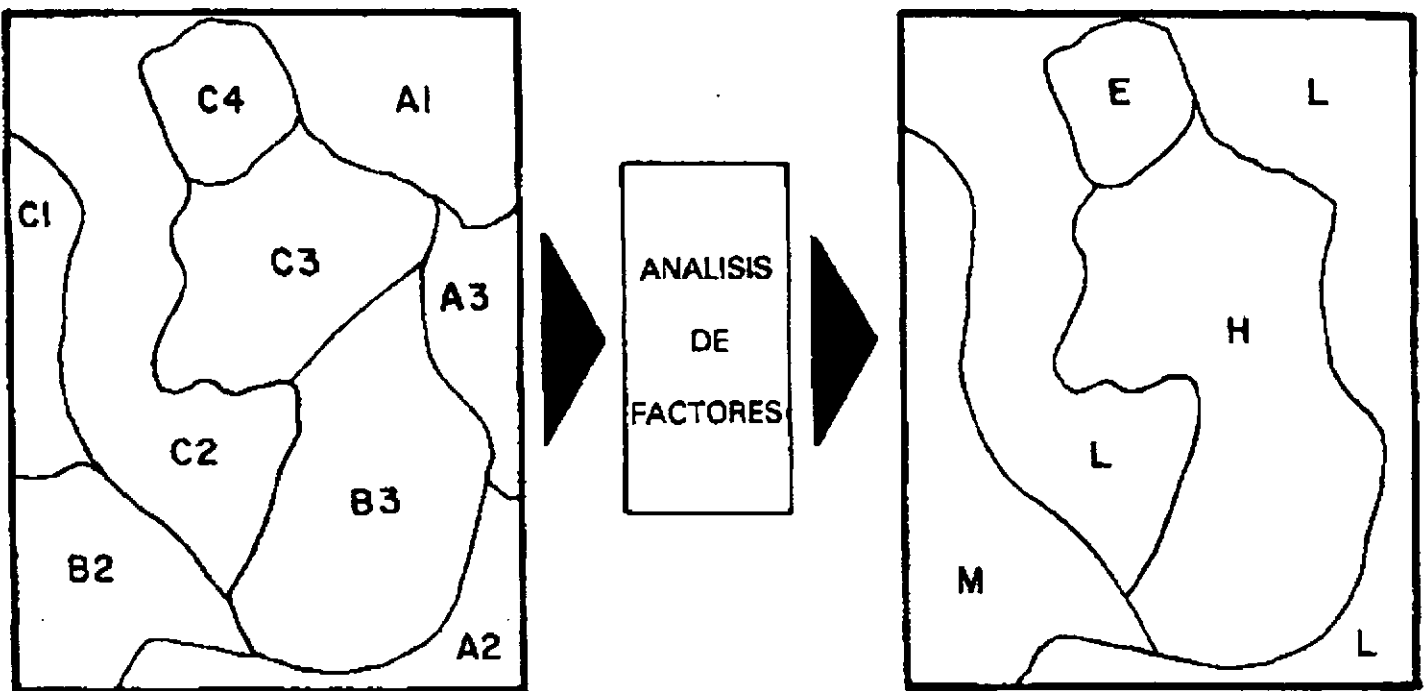
= Proporción

Roca firme/Pendiente del área

(Area de Factores Permanentes)

Fig 32

ISO RIESGO



A-C: Grupos de roca firme
(agrupación en base a información
geológica previamente definida)

1-4 Tipo de pendiente (agrupado por clasificaciones
de pendientes previamente definidas)

LEYENDA

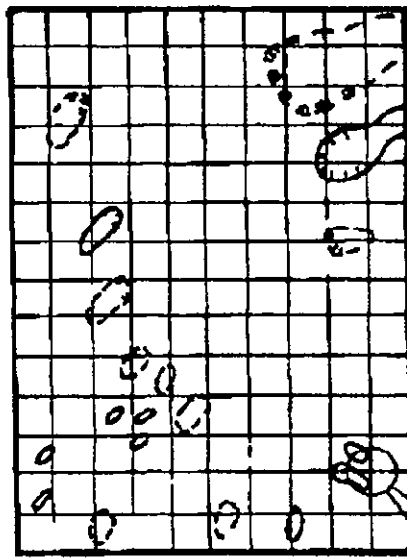
Diferentes grados de deslizamientos

E: Extremo
L: Bajo
H: Alto
M: Moderado

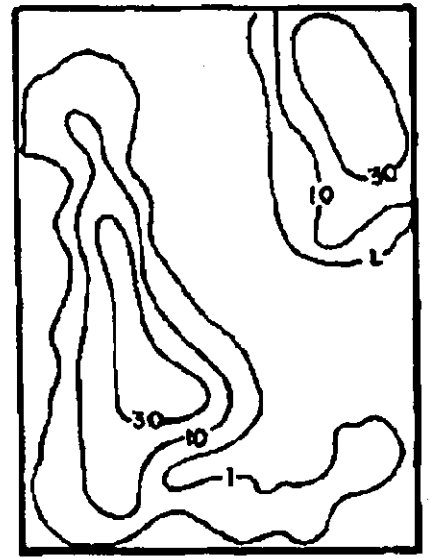
Fig 13



Mapa del inventario de deslizamientos

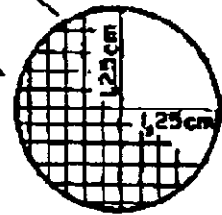


Transparencia cuadriculada
(celdas de 2 cm x 2 cm)



Mapa isopleta

Círculo cuadriculado, 2,5cm de diámetro, centrado sobre cada punto de intersección del cuadriculado



Cambios rápidos en la costa de caleta Valdés, Chubut

Jorge O. CODIGNOTTO^{1,2}, Roberto R. KOKOT^{1,2} y Alejandro J.A. MONTI³

¹Departamento Ciencias Geológicas, F.C.E.yN., UBA

²CONICET, Museo Argentino de Ciencias Naturales, Av. Angel Gallardo 470, (1405) Buenos Aires

³Universidad Nacional San Juan Bosco, CENPAT, Boulevard Brown S/N. Puerto Madryn
E-mail: barnes@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN. La caleta Valdés está representada por un cuerpo de agua longilíneo de rumbo N-S, tiene aproximadamente 30 km de largo y 3 km de anchura máxima. Se encuentra flanqueada por una espiga de barrera que presenta un notable crecimiento hacia el sur. Este crecimiento es acelerado e importante, ya que entre 1971 y 1987, o sea en 16 años, la espiga creció 400 m, unos 25 m por año. Entre 1987 y 1996 creció 800 m, o sea 90 m por año, y entre 1996 y 1999, creció 500 m, aproximadamente 170 m por año. Este fenómeno de crecimiento acelerado, implica el transporte promedio durante los últimos tres años, de unas 1400 ton de grava por día. Se representa la tendencia en el crecimiento por una ecuación polinomial de tercer orden. A partir de ella, se obtuvo que la fecha del cierre de la caleta Valdés ocurrirá antes del año 2002, convirtiéndose a partir de ese momento en una laguna marginal. Este cambio morfológico también implica cambios drásticos en la hidrodinámica así como en las condiciones ecológicas por modificaciones en la salinidad y temperatura del agua. Se confirma la tendencia general de deriva litoral hacia el sur en el área de estudio.

Palabras clave: Deriva litoral, Cambios rápidos, Patagonia, Argentina

ABSTRACT. *Rapid changes in Caleta Valdés, Chubut.* Caleta Valdés is a N-S oriented elongated arm of the sea, which is approximately 30 km long and 3 km wide at its widest point. Caleta Valdés is flanked by a barrier spit with a remarkable rate of growth toward the south. This growing process is both accelerated and important inasmuch as, between 1971 and 1987 (i.e. within a 16-year time span), the spit grew by 400 m, i.e. at a rate of 25 m per annum. Between 1987 and 1996, the spit increased by a further 800 m (90-m per annum), and between 1996 and 1999, the spit has increased by 500 m more, i.e. at a rate of 170 m per annum. Such an accelerated growth phenomenon implies that an average of 1,400 tons of gravel a day have been accumulating at the end of the spit for the last three years. Representation of this growth rate by means of a third-order polynomial equation suggests that Caleta Valdés will be closed by 2002 and thus become a marginal lagoon. Such a morphological change also implies drastic changes in hydrodynamics on the one hand, and changes in ecological conditions due to modifications in both water salinity and temperature on the other. Studies in progress suggest there is a general tendency for a southerly coastal drift in this area.

Key words: Littoral drift, Rapid changes, Patagonia, Argentina

Introducción

La caleta Valdés se encuentra situada en el extremo NE de la península homónima. Posee una disposición aproximadamente meridiana. Al norte limita con la punta Norte, y en el sur con los acantilados de la punta Cantor (Fig. 1).

Es una albufera, delimitada en el oriente por espigas de barrera orientadas en dirección norte-sur. La caleta presenta un desarrollo paralelo a la línea de costa, con una elongación aproximada de 30 kilómetros. Su anchura varía desde los 3.000 m, en el ambiente de islas desarrollado en el extremo norte de la albufera, hasta los 200 m en las proximidades de la desembocadura, donde se encuentra un canal (estrecho de mareas) que permite una restringida comunicación con el mar abierto.

La dinámica dominante en el Holoceno condicio-

no la formación de las espigas que flanquean la caleta Valdés. Esta situación ha suscitado distintas opiniones en las últimas décadas, particularmente vinculadas con los sentidos de transporte y permanencia de las corrientes de deriva litoral, responsables de las modificaciones registradas en las mencionadas geoformas.

El Proyecto 367 del *International Geological Correlation Program*, denominado «Registros Costeros de Cambios Rápidos en el Cuaternario Tardío», se encargó de documentar y explicar los cambios rápidos (eventos que ocurren en la escala de segundos a miles de años) en zonas costeras durante el Cuaternario tardío.

El presente trabajo está estrechamente vinculado con los conceptos del proyecto precitado. El concepto de «cambios rápidos», según Mörner (1996), es aplicado a aquéllos que ocurren en períodos de

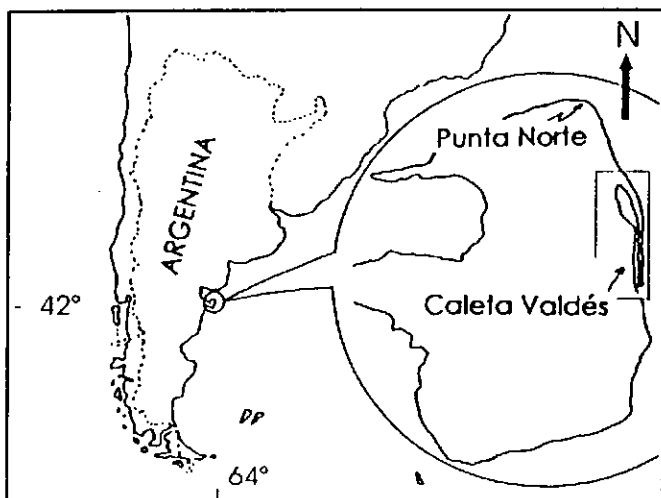


Figura 1: Mapa de ubicación.

una centuria o menos, incluyendo en ellos los cambios «instantáneos, tales como los producidos por olas de tormenta y tsunamis en el mar y por un sistema tectónico en tierra».

Por otra parte, Barusseau y Radakovitch (1996) atribuyen los cambios rápidos a las fluctuaciones en el volumen de los sedimentos aportados y a las condiciones hidrodinámicas imperantes.

También Goodfriend y Stanley (1999) mencionan cambios rápidos en la configuración costera debidos a gran aporte de sedimentos.

En numerosos lugares de la costa atlántica argentina ocurren fenómenos evolutivos naturales que implican un rápido cambio morfológico. En el ámbito internacional han sido descriptos numerosos fenómenos de este tipo. Sin embargo, en el nivel nacional, estos rasgos evolutivos son casi desconocidos.

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer los resultados de monitoreos recientes y de estudios geomorfológicos efectuados sobre los cambios morfodinámicos ocurridos en las espigas de la caleta Valdés durante los últimos 28 años. Las mediciones se hicieron en forma directa, mediante un distanciómetro y comparación de fotografías aéreas.

Se considera importante el conocimiento pleno del fenómeno que ocurre en la caleta Valdés, ya que influirá notoriamente en el manejo del turismo ecológico que se lleva a cabo en el área. Asimismo permitirá investigaciones biológicas naturalmente concatenadas con las predicciones geomorfológicas.

Antecedentes

La génesis de la caleta Valdés fue interpretada por Rovereto (1921), quien propuso entre otros conceptos un origen tectónico por fallamiento. Posteriormente, fue estudiada por Codignotto (1983), quien

señala edades pleistocenas y holocenas para los depósitos cordoniformes aflorantes.

Fasano *et al.* (1983) aportan edades pleistocenas coincidentes con el autor anterior y mencionan una inversión de deriva en el Holoceno, la que de un sentido norte a sur, en un principio, cambió de sur a norte en la actualidad, evidenciado esto a partir del desarrollo de una espiga menor, progradante hacia el norte. Ellos señalan que los diseños de los cordones litorales regresivos holocénicos indican una deriva litoral neta de N a S durante su formación.

Codignotto y Kokot (1988) caracterizan a la caleta Valdés como una albufera enmarcada por un sistema de espigas dobles. Asimismo, prueban que la inversión de deriva sostenida por Fasano *et al.* (1983), ocurrida en algún momento del Holoceno, no se mantiene en la actualidad. Sobre la base de reconocimientos fotográficos aéreos del sector, establecen una notable progradación de la espiga norte hacia el sur, ocurrida entre los años 1971 y 1987. Señalan que la espiga norte ha progradado en los últimos 16 años unos 400 m indicando una deriva neta de norte a sur, tanto en el pasado como en la actualidad, en oposición a Fasano *et al.* (1983), que indican una inversión en la deriva litoral. Luego, Codignotto *et al.* (1993) lo reafirman en un trabajo general de la costa argentina donde expresan que a partir de estudios geomorfológicos se determinó que aproximadamente al sur del paralelo 42°S, la corriente de deriva predominante es hacia el sur, incluyendo la caleta Valdés, bahía Engaño y bahía Solano.

Codignotto *et al.* (1995) realizan nuevos vuelos de reconocimiento fotográfico y determinan un aumento en la velocidad de progradación de la espiga norte hacia el sur, expresando que el control de las geoformas durante los últimos 24 años permitió detectar un pulso de crecimiento reciente que permite confirmar las tendencias evolutivas previstas, pero evidenciando una aceleración que duplica la velocidad de progradación en los últimos ocho años. También señalan que en períodos de tiempo relativamente cortos se producirán variaciones en la conformación de la costa, que conducirán a la desactivación de la caleta Valdés.

Contemporáneamente, Isla y Bujalesky (1995) afirman que la desembocadura de la caleta Valdés está formada por espigas complejas canibalizadas y que la existencia de dos espigas complejas (norte y sur) indica una inversión de la deriva. La interpretación morfológica de los citados autores (página 83) fue realizada sobre una fotografía aérea del Servicio de Hidrografía Naval obtenida en 1971. También indican una deriva actual de sur a norte sobre la base de un trabajo de Schnack *et al.* (1982). Asimismo, mencionan una deriva actual de sur a norte, expresando que el traslape de playas, progradación de ambientes mareales o el grado de vegetación de las dunas indica deriva de norte a sur, sobre la base del trabajo de Schnack *et al.* (1982). El llamado «tras-

«tipo de playas» fue mostrado en Codignotto y Kokot (1988), como inverso al señalado por Schnack *et al.* (1982).

Relacionado con esto último, cabe destacar que Codignotto y Kokot (1988) publicaron la misma fotografía, precisamente para documentar los cambios morfológicos ocurridos en las espigas de la caleta Valdés entre 1971 y 1987; y posteriormente integraron la misma con nuevas fotografías aéreas y controles de campo para obtener las conclusiones expuestas por Codignotto *et al.* (1995).

Monti (1997) estudió la Caleta Valdés y determinó las secuencias de los depósitos marinos pleistocenos y holocenos, determinando una deriva litoral hacia el sur.

Kokot (1999), en un trabajo de evolución costera, también señala la tendencia hacia el sur en la deriva litoral para el área de la caleta Valdés.

Resultados

Las mediciones del crecimiento de la espiga norte se realizaron a través de la comparación de fotografías aéreas de distintos años y mediciones en el terreno efectuadas con un distanciómetro. El método de comparación de fotografías aéreas fue utilizado por numerosos autores en diversas localidades; entre ellos, Fox *et al.* (1995) determinaron velocidades de depositación y erosión en la bahía Gasé (Canadá), a partir de mapas y fotos aéreas de crestas de playa con datos desde 1765 a 1981, indicando las velocidades de crecimiento de la espiga Penouille.

Binderup (1997) estudia la evolución de una espiga en Vejro Island (Dinamarca), a partir del análisis de fotografías aéreas de 34 años, pudiendo determinar cambios en la configuración de la línea de costa.

El crecimiento de la espiga norte fue verificado

por medio de mediciones realizadas durante veintiocho años (Codignotto y Kokot 1988; Codignotto *et al.* 1995; Monti 1997; Kokot 1999). Con los datos obtenidos, y tomando como punto de partida el año 1971, se determinaron los valores de crecimiento y las velocidades correspondientes.

Los resultados obtenidos, según mediciones realizadas en distintos períodos, indican una importante aceleración que puede ser representada por una curva (Fig. 2). La misma se aproxima a una curva de tendencia polinomial de tercer orden. En la figura se observa una superposición casi total entre ambas curvas.

Para determinar el volumen de gravas transportadas a lo largo de la costa es necesario calcular la sección de la espiga norte en el sector distal. Ella se asemeja a un trapecio, cuyo techo corresponde a la anchura de la espiga, siendo aproximadamente de 100 metros. Las playas aledañas tienen una pendiente de aproximadamente 10°. Con estos datos se obtiene la anchura de la base del trapecio, 230 m aproximadamente. La altura del mismo, 12 m, surge de considerar la profundidad de la boca de entrada de la caleta, 5 m según Servicio de Hidrografía Naval (1962), y el promedio en altura de las crestas litorales, aproximadamente 7 metros sobre el nivel del mar. Con los datos anteriores, se deduce que la sección de la espiga es de aproximadamente 2.000 metros cuadrados. Ello significa que 100 m de avance de la espiga norte, equivalen al transporte de 200.000 m³ de gravas (Cuadro 1). El depósito está constituido por gravas caladas con escasa matriz arenosa, con elastos de volcánitas discoidales, y ocasionalmente proladas de tamaño promedio (según eje b) de 10 centímetros. El peso específico del depósito de gravas tiene un valor promedio de 1,6 ton/m³.

A fin de visualizar los volúmenes involucrados, se realiza una analogía con el número de camiones necesarios para movilizar los volúmenes calculados, suponiendo cajas con capacidad de carga de 7 metros cúbicos.

Analizando el cuadro 1 y la figura 2, es factible estimar el año en el cual, según la tendencia registrada, la espiga crecerá los 700 m que restan para alcanzar los depósitos litorales aledaños a la punta Cantor y así cerrar la caleta Valdés.

De acuerdo a la figura 2 y con la tendencia señalada, el cierre se producirá en el año 2002, sin descartar por ello una mayor aceleración del proceso y el consecuente cierre, en fecha anterior a la calculada.

Dinámica costera

El crecimiento de la espiga norte implica dos etapas. La primera etapa fue lenta, debido al gran volumen de gravas necesario para lograr un crecimiento subcúeo. En la segunda (más rápida), se generó

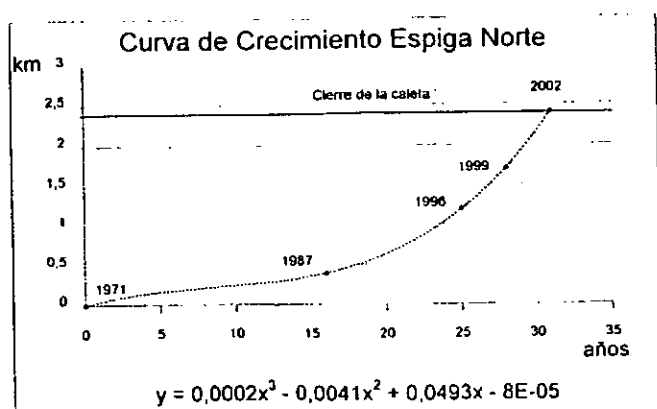


Figura 2: Curva de tendencia polinomial y curva de crecimiento de la espiga de la caleta Valdés, donde se puede apreciar la superposición casi total de ambas.

Cuadro 1: Cuadro comparativo entre velocidad de crecimiento de la espiga norte y volumen de sedimentos transportados.

Año	Período (años)	Crecimiento (km)	Velocidad (m/año)	Volumen (m ³)	Peso (ton)	Velocidad (ton/día)	Camiones diarios
1971	0	0	0	0	0	0	0
1987	16	0,4	25	800.000	1.280.000	220	20
1996	9	0,8	89	1.600.000	2.560.000	780	70
1999	3	0,5	167	1.000.000	1.600.000	1.460	130

la espiga (en ámbito subaéreo), permitiendo la consolidación y crecimiento visible de la geoforma.

Esto explica la aceleración de crecimiento observada durante los últimos años y permite predecir el cierre de la boca de la caleta Valdés, aún sin considerar la existencia de los depósitos sumergidos (visibles por rompiente de olas en baja marea).

La velocidad de los cambios descriptos, permite encuadrar el proceso dentro de los denominados «cambios rápidos».

Debido a que el cierre predicho de la caleta Valdés involucra cambios en el área del estrecho de mareas, se considera conveniente señalar las condiciones morfodinámicas que favorecieron la conformación de la espiga sur.

Durante el inicio del Holoceno, la punta Cantor se proyectaba varios centenares de metros hacia el mar, lo cual está evidenciado por la extensión actual de la plataforma de abrasión marina. Dicha protopunta configuraba el extremo sur de una paleobahía muy abierta, hoy rectificada por el retroceso de los acantilados de la punta Cantor y por el crecimiento del sistema de espigas de barrera (Codignotto y Kokot 1988).

La configuración relictica de la protopunta permite inferir un diseño asimétrico evidenciando una mayor rectitud del flanco sur, con una alineación aproximada norte-sur y un flanco norte más curvo, con una alineación aproximada oeste-este.

La coincidencia en la dirección del flanco sur con la de la corriente de deriva, imposibilitó la acumulación de material en ese sector. Como contrapartida, el ángulo conformado entre el flanco norte del cabo y la corriente de deriva, favoreció el crecimiento de una espiga de barrera hacia el norte (visible en la fotografía del Servicio de Hidrografía Naval tomada en el año 1971) (Fig. 3), aún cuando la tendencia general de la deriva litoral, como lo indica el crecimiento de la espiga norte, fue hacia el sur durante el Holoceno. Lo mencionado coincide con el modelo de evolución de cabos y bahías según Zenkovich (1967).

La espiga sur actualmente constituye un relicto de escasas dimensiones, respecto de la espiga del año 1971.

Discusión

El proceso de destrucción de la espiga sur resulta de la combinación de la dinámica del estrecho de

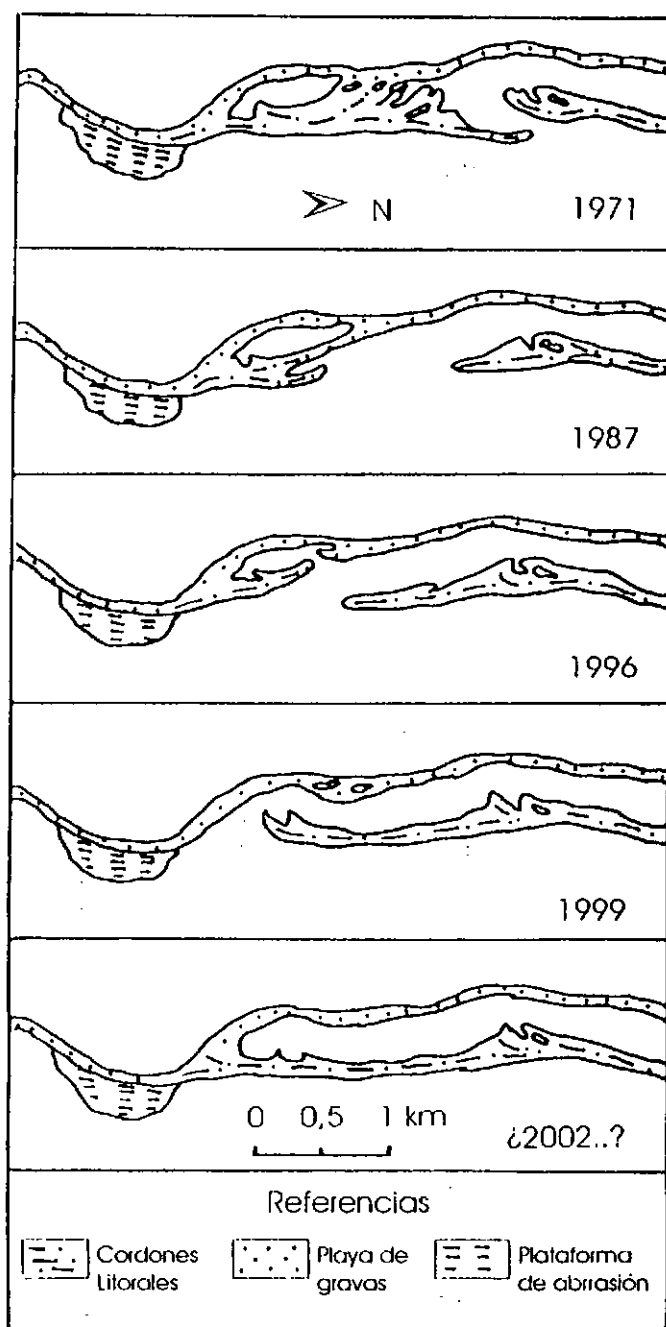


Figura 3: Evolución de la Espiga Norte, entre 1971 y 1999. Cierre previsto no más allá del año 2002.

marea y deriva litoral dominante con sentido nort-sur.

La dinámica de los estrechos de marea pone en juego diversas variables, entre ellas, las corrientes de marea, corrientes litorales y aporte de sedimentos (Leatherman 1980).

En la región costera ubicada al sur del estado de San Pablo (Brasil), Tessler y de Mahiques (1993) indican que el crecimiento de las formas predominantes (espigas y bancos de arena) está relacionado no solamente a la deriva litoral, sino también a la interacción entre estos procesos y la dinámica interna, condicionada fuertemente por la acción de mareas. Esta intensa interacción toma lugar especialmente en las proximidades de la boca de la albufera.

En la desembocadura de la caleta Valdés, el gran aporte de sedimentos desde el norte obliga a la migración del estrecho de mareas hacia el sur. Debido a las importantes corrientes de flujo y reflujo de mareas en la boca (Servicio de Hidrografía Naval 1962), la migración de la boca de la caleta ocurre a costa de la erosión de la espiga sur. De no ser así, se produciría cierre de la caleta durante el crecimiento de la espiga, sin erosionar la espiga sur.

La anterior existencia de una espiga que creció hacia el norte, indica que hubo una célula de circulación local por refracción de olas sobre la punta Cerro (en erosión), que dio origen a una deriva en igual sentido.

Si se destruye la espiga sur, es porque la deriva hacia el sur hizo que la espiga norte migrara notoriamente y con ella también migró y se concentró en igual dirección el flujo y reflujo de marea ubicado en la boca, confirmando la deriva litoral hacia el sur. La espiga norte crece y se aproxima a la espiga sur; ello hace que el estrecho de marea sea cada vez más angosto. Esto provoca la aceleración del flujo y reflujo de marea, con la consecuente erosión del extremo de la espiga sur.

El aumento de velocidad en el crecimiento de la espiga norte, no es el resultado de un aumento de la velocidad de la corriente de deriva litoral, sino de un balance de energía entre corriente de deriva y corrientes de flujo/reflujo de mareas. En consecuencia, dicha aceleración tiene su causa en la disminución progresiva del volumen que resta colmatar.

El cierre de la caleta Valdés, impedirá el acceso de fauna, como peces y cetáceos. El ingreso de agua va a ser restringido y se producirá sólo por filtración a través de los rodados de la espiga. Al cambiar las condiciones en la dinámica litoral del interior de la caleta, se acelerará el crecimiento de las espigas cuspidadas (Codignotto y Kokot 1988). Esto conducirá indefectiblemente a la segmentación de la laguna, constituyendo grupos de lagunas litorales menores. Asimismo ocurrirán cambios en las condiciones ecológicas por variación en los parámetros

físicos y químicos del agua y por cambios en la sedimentación.

Conclusiones

El proceso de avance confirmado de la espiga norte, hacia el sur, en los últimos 28 años, involucró la movilización de más de 5.000.000 ton de gravas, ratificando la tendencia general hacia el sur de la deriva litoral.

El cierre previsto de la caleta Valdés calculado como máximo para el año 2002, convertirá la albufera en una laguna litoral, con los consecuentes cambios ecológicos por modificaciones en la salinidad del agua, temperatura y también en la hidrodinámica.

Agradecimientos

El presente trabajo fue parcialmente subvencionado por el subsidio UBACYT TW-96.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Barousseau, J.P. and Radakovitch, O., 1996. Geological record of littoral sedimentary processes at short time scales. *Journal of Coastal Research*, 12(4): 801-810.
- Binderup, M., 1997. Recent changes of the coastline and nearshore zone, Vejro Island, Denmark: possible consequences for future development. *Journal of Coastal Research*, 13(2): 417-420.
- Codignotto, J.O., 1983. Depósitos elevados y/o de acreción Pleistoceno-Holoceno en la costa fueguino-patagónica. *Actas Simposio Oscilaciones del nivel del mar durante el Último Hemicielo Deglacial en la Argentina (IGCP)*: 12-26. Mar del Plata.
- Codignotto, J.O. y Kokot, R.R., 1988. Evolución geomorfológica holocena en Caleta Valdés. Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 43 (4): 474-481. Buenos Aires.
- Codignotto, J.O., Kokot, R.R. y Marcomini, S.C., 1993. Desplazamientos verticales y horizontales de la costa argentina en el Holoceno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 48 (2): 125-132. Buenos Aires.
- Codignotto, J.O., Kokot, R.R. y Monti, A.J.A., 1995. Formas de acreción aceleradas. Caleta Valdés, Chubut. *Actas 6º Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar*: 53. Mar del Plata.
- Fasano, J.L., Isla, F.T. y Schnack, E.J., 1983. Un análisis comparativo sobre la evolución de ambientes litorales durante el Pleistoceno tardío-Holoceno: Laguna Mar Chiquita (Buenos Aires)-Caleta Valdés (Chubut). *Actas Simposio Oscilaciones del nivel del mar durante el Último Hemicielo Deglacial en la Argentina (IGCP)*: 27-47. Mar del Plata.
- Fox, W.T., Haney, R.L. and Allen Curran, H., 1995. Penouille Spit, evolution of a complex spit, Gaspé, Quebec, Canadá. *Journal of Coastal Research*, 11(2): 478-493.
- Goodfriend, G.A. and Stanley, D.J., 1999. Rapid strand-plain accretion in the Northeastern Nile Delta in the 9th Century A.D. and the Demise of the Port of Pelusium. *Geology*, 27(2): 147-150.
- Isla, F.I. y Bujalesky, G.G., 1995. Tendencias evolutivas y disponi-

- bilidad de sedimentos en la interpretación de formas costeras. Casos de estudio de la costa argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 2 (1-2): 75-89.
- Kokot, R.R., 1999. Cambio climático y evolución costera en Argentina. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 254 p. (Inédito).
- Leatherman, S.P., 1980. Barrier Island Handbook. National Park Service, Cooperative Research Unit. The Environmental Institute. University of Massachusetts at Amherst, 101 p.
- Monti, A.J.A. 1997. Morfodinámica y ciclicidad de acreción en el Holoceno costero. Chubut, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 160 p. (Inédito).
- Mörner, N.-A., 1996. Rapid changes in coastal sea level. *Journal of Coastal Research*, 12(4): 797-800.
- Rovereto, G., 1921. Studi di Geomorfologia Argentina. *Bolletino della Società Geologica Italiana*, 40 (5): 1-47.
- Schnack, E.J., Fasano, J.L. and Isla, F.I., 1982. The evolution of Mar Chiquita lagoon, Province of Buenos Aires, Argentina. In: Colquhoun, D. J. (Ed.): *Holocene Sea-level Fluctuations: Magnitudes and causes*. IGCIP 61, p. 143-155. University of South Carolina, Columbia.
- Servicio de Hidrografía Naval, 1962. *Derrotero Argentino, Parte II. Costa del Atlántico*. Publicación H202. 435p.
- Tessler, M.G. and de Mahiques, M.M., 1993. Utilization of coastal geomorphic features as indicators of longshore transport: Examples of the southern coastal region of the State of Sao Paulo, Brasil. *Journal of Coastal Research*, 9(3): 823-830.
- Zenkovich, V.P., 1967. *Processes of Coastal Development*. Oliver & Boyd, 783 p., Edinburgh and London.

Recibido: 28 de octubre, 1999

Aceptado: 31 de octubre, 2000