ANS. INST. PAT., Punta Arenas (Chile), Vol. 7, 1976.

CONTAMINACIÓN POR PETROLEO DEL B/T "METULA" EN VEGETACION FANEROGAMICA LITORAL.

Observaciones preliminares *

EDMUNDO PISANO V. **

SUMARIO

Se describe el área de Puerto Espora, Chile (52º 30' S - 69º 31' W) y su fitogeografía y se exponen los daños causados sobre la vegetación fanerogámica litoral por la contaminación por petróleo derivada de la varadura y posterior reflotamiento del B/T "Metula". Este estudio se inició once meses después de ocurrido el accidente.

ABSTRACT

The area of Puerto Espora, Chile (52º 30' S - 69º 31' W) and its phytogeography are described, and the damages on the litoral phanerogamic vegetation by oil contamination derived from the grounding and refloating of the supertanker "Metula" are exposed. This study began eleven months after the accident.

INTRODUCCION

La varadura del B/T "Metula" en el Bajo Satélite, al SO de la Primera Angostura del estrecho de Magallanes, el 9 de agosto de 1974 y su posterior reflotamiento, el 25 de septiembre del mismo año, originó el derrame de una cantidad de petróleo crudo liviano, procedente de Arabia Saudita, estimada en unas 51.500 toneladas, más un volumen de alrededor de 2.000 toneladas de Bunker C (HAYES y GUNDLACH, 1975; GUNNERSON y PETERS, 1976; GUZMAN, 1976 y STRAUGHAM, 1976).

Una parte considerable de este petróleo, en forma de *mousse* (emulsión de agua de mar en petróleo), fue arrastrado a las playas cercanas, donde produjo efectos de distinta naturaleza (BAKER, 1974; BAKER *et al.*, 1976; CAMPODONICO, 1975 a y 1975 b; HANN, 1974 y 1975; HAYES y GUNDLACH, 1975; PISANO, 1975 a y 1975 b; VENEGAS, 1975; GUZMAN, 1976; STRAUGHAN, 1976).

El objeto de la presente comunicación es dar cuenta de las observaciones sobre los daños causados en la vegetación fanerogámica. Estas observaciones se iniciaron en julio de 1975 y continúan hasta la fecha, como parte de un programa multidisciplinario establecido por el Instituto de la Patagonia para evaluar la evolución de los daños producidos por este fenómeno en la biota del área más afectada.

Las observaciones de que se da cuenta se refieren a los efectos de la contaminación detectados el primer año después de ocurrido el accidente, confinándose a las efectuadas en las dos entradas de mar ubicadas en el área de Puerto Espora (Puerto Progreso) (52º 30' S - 69º 31' W),

---

* Aceptado para su publicación en diciembre 1976. Corresponde al Programa "Estudio Multidisciplinario del área de Puerto Espora en Relación a la Contaminación producida por el B/T "Metula".

** Sección Botánica, Departamento de Recursos Naturales.

en la costa fueguina de la Primera Angostura del estrecho de Magallanes, zona elegida como área-tipo para el estudio.

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AREA

Las características físicas de la zona contaminada han sido descritas por HAYES y GUNDLACH (1975) y GUNNERSON y PETER (1976), sin embargo, se estima de interés proporcionar información adicional sobre el área referida en este trabajo, o sea las dos entradas de mar ubicadas en la península que limita la Primera Angostura del estrecho de Magallanes en la isla grande de Tierra del Fuego y el territorio que las circunda (Fig. 1).

Al igual que en el resto del estrecho de Magallanes, la actual geomorfología costera ha sido determinada por los efectos de las glaciaciones pleistocénicas, así la Primera Angostura representa la morrena terminal de la III Glaciación de Caldenius, correspondiente a su período Gotiglacial (CALDENIUS, 1932), excavada posteriormente por las aguas. Además de conformar físicamente el área estas glaciaciones han contribuido a determinar la naturaleza de los sedimentos de los ambientes costeros del estrecho, los que fueron depositados primero por fenómenos de naturaleza fluvio-glacial y más tarde por efectos de las corrientes marinas y los vientos.

El substrato geológico sobre el que descansan los sedimentos glaciales, fluviales y lacustrinos del Cuaternario está conformado por rocas sedimentarias del Terciario, ricas en hidrocarburos en proceso de explotación.

En las playas se pueden distinguir tres sectores de diferente granulometría, resultantes de la acción combinada de las mareas, corrientes, oleaje y vientos, ellos son: el inframareal, formado predominantemente por sedimentos finos (arenilla, limo y arcilla) en el que se encuentran embebidos rodados de diámetro variable; el intermareal, formado mayoritariamente por ripios y rodados medianos y el supramareal, constituido principalmente por arena de grano mediano a grueso. Frecuentemente sobre la sección supramareal se encuentran dunas de arenas finas acarreadas por el viento, las que están en gran parte estabilizadas por la vegetación.

El transporte de estas arenas por el viento sobre el substrato glacial de la península que limita por el sur la Primera Angostura (en la costa de Tierra del Fuego), dio origen a sus suelos predominantemente arenosos y areno-limosos y a un paisaje de dunas fijas, orientadas desde el oeste al este.

Los efectos del sobrepastoreo por ovinos, incrementados por la acción de la grave plaga de conejos que asoló el sector entre los años 1950 a 1955 (BIANCHI *et al.*, 1953), contribuyeron a alterar la cubierta vegetal original que fijaba las dunas y suelos arenosos, trayendo como consecuencia una reactivación del movimiento de dunas, que solamente pudo ser controlado entre los años 1963/65 por la siembra masiva de fajas de *Elymus arenarius* y la implantación entre ellas de praderas artificiales.

Al presente gran parte de la zona arenosa de la playa superior no ha recuperado o ha perdido su cubierta vegetal debido a la continuada acción del ganado y en parte a movimientos de tierra y tráfico de vehículos asociados con las labores locales de prospección y explotación de petróleo. Sin embargo, no se detecta un apreciable movimiento de arena debido a su estabilización por *E. arenarius*, artificialmente sembrado o establecido en forma espontánea.

El clima del área corresponde al de Estepa Fría (BSk') de la clasificación de Köppen, caracterizado por una precipitación anual comprendida entre 200 a 400 mm., sin una estación seca y con temperaturas medias inferiores a 18º C, valor que tampoco es sobrepasado por la del mes más cálido. Debido a la modificación de los valores térmicos por las masas oceánicas la temperatura mínima media de los meses más fríos rara vez desciende a valores inferiores a 0º C. Se presentan pequeños máximos mensuales de precipitación en enero-febrero y en mayo.

No existen observaciones en Punta Espora, por lo que para caracterizar el clima del área se deben usar los valores de Punta Delgada (52º 28' S - 69º 31' O) a

aproximadamente 7 km. hacia el NO de esta localidad y los de Punta Dungeness (52º 24' S - 68º 25' O), a unos 75 km. hacia el ENE de ella, ambas en la costa continental de la Primera Angostura. En la tabla I se indican los valores disponibles para estas estaciones y se comparan con los de Punta Arenas (53º 10' S - 70º 54' W), localidad frecuentemente usada para la caracterización climática del área.

TABLA I.— Valores de precipitación y temperatura

	P(mm)	*T(ºC)*	*p.(ll)*	*p(sec)*	*t(cal)*	*t(fr)**
Punta Delgada	285,4	—	34,6	14,3	—	—
Punta Dúngeness	295,0	7,4	36,0	14,5	11,6	3,1
Punta Arenas	427,7	6,6	52,9	23,5	11,0	1,8

* P(mm) = precipitación anual; T(ºC) = temperatura media; p(ll) = precipitación del mes más lluvioso; p(sec) = precipitación del mes más seco; t(cal) = temperatura del mes más caluroso; t(fr) = temperatura del mes más frío.

Al considerar las temperaturas de Punta Dungeness como representativas para el área, ellas indican una amplitud anual de 8,5º C, lo que señala las claras características oceánicas de este clima.

Aunque los valores térmicos medios en las dos estaciones consideradas en la tabla I, son superiores a 0º C, las heladas son frecuentes y no existe ningún mes libre de ellas (FUENZALIDA, 1967).

En Punta Delgada el 27% de la precipitación cae en verano; el 28% en otoño; el 18% en invierno y el 10% en primavera (ALMEYDA, 1958). Las nevadas invernales son frecuentes, pero, corrientemente, la cubierta de nieve es de poca duración.

Un elemento de gran importancia en la caracterización climática del área es el viento que sopla con gran fuerza e intensidad especialmente en el período primavera a otoño, proviniendo principalmente del cuadrante oeste. En la tabla II se indican algunas de sus características para Punta Arenas ya que no existen informaciones locales.

TABLA II.— Características del viento en Punta Arenas

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
						Vientos promedios y máximos absolutos (Km/hora)						
Velocidad media	22	22	21	19	20	18	19	19	21	23	22	22
V. máxima absoluta	138	143	138	123	138	110	130	128	148	138	130	120
						Velocidades máximas (rachas máximas) (Km/hora)						
Dirección	O	O	ONO	ONO	ONO	ONO	O	O	O	O	O	ONO
V. máxima absoluta	150	154	160	130	150	130	135	150	200	150	160	150
						Promedio de días con más de 30 y más de 90 Km/h.						
Días con + de 30	18	16	18	13	11	10	12	4	16	21	22	20
Días con + de 90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Estos vientos, altamente unidireccionales y de gran frecuencia e intensidad han tenido y tienen un notable impacto en la determinación de la geomorfología del área debido a su capacidad erosiva sobre un territorio con vegetación esteparia baja.

Las mareas, de acuerdo con la información proporcionada por HAYES y GUNDLACH (1975), se caracterizan por ser marcadamente semidiarias y su amplitud presenta un 20% de aumento en zizigias. No existen datos para el área de Punta Espora, pero estos autores proporcionan información (de Tablas de Mareas para 1975 del U. S. Department of Commerce) para Banco Dirección y Bahía Santiago, al nor-este y sud-oeste de la Primera Angostura, respectivamente, dando 8,53 m. de amplitud para marea media y 10,36 para las de zizigias para la primera y de 4,27 y 5,43 para la segunda de estas localidades.

Indican igualmente, que las corrientes son increiblemente rápidas, alcanzando, según sus fuentes de información, velocidades de 8 a 9 nudos (14,8 a 16,7 Km/hora). El oleaje, en cambio, no es nunca fuerte debido a la estrechez del pasaje, habiendo observado olas de aproximadamente 50 cm. de altura con vientos del orden de 37 Km/hora.

Un rasgo geomorfológico importante presente en el área de Puerto Espora lo constituyen las dos entradas de mar que penetran profundamente al interior del territorio.

Por el momento se carece de antecedentes como para determinar con certeza su origen, no pudiéndose afirmar si representan vallecillos modernos entre sistemas de dunas fijas, sobre-excavados por erosión; si corresponden a estuarios de antiguos arroyos originados en algunos de los períodos más lluviosos postpleistocénicos determinados por AUER (1956) o si son remanentes de lechos de escurrimiento de aguas provenientes de la fusión de los hielos de la III Glaciación de CALDENIUS (1932), sin embargo, el trayecto de sus cauces y otras características parecen excluir la primera hipótesis.

Debido a que durante las pleamares de zizigias todo su curso es inundado por aguas marinas y a falta de un mejor nombre, se prefiere denominarlos como "entradas de mar".

Ellas, sin presentar un flujo continuo, encauzan estacionalmente el drenaje de sus actualmente reducidas hoyas hidrográficas durante los períodos de altas precipitaciones o en la época de fusión de las nevadas invernales.

Aquella que desemboca al sur-oeste de Bahía Azul (actual embarcadero), presenta un curso inferior más o menos paralelo a la línea costera, orientado al comienzo, de oeste a este en una extensión aproximada a los 300 m.; ahí forma un ángulo aproximadamente recto hacia el sur, extendiéndose en esa dirección unos 700 m. y encontrándose separado de la playa por un sistema de dunas y arenales de unos 60 a 150 m. de ancho. Al final de esta sección de su curso forma un ángulo de aproximadamente 45º hacia el este, extendiéndose en esa dirección por alrededor de unos 1.000 m. En ninguna de las dos secciones su curso es recto, presentando en ambas, curvaturas irregulares de radios amplios.

En la sección paralela a la playa, su cauce es angosto y relativamente profundo, ya que atraviesa un territorio con acumulación de dunas irregulares. Está excavado por las aguas en un substrato de arcilla glacial denso y limitado bilateralmente por un plano ubicado bajo el límite superior de las mareas de zizigia, el que soporta una marisma con la asociación Salicornietum ambiguae. Los bordes externos de este plano están formados por los taludes de dunas fijas, cubiertas por la asociación Lepidophylletum cupressiformis. La sección superior de su lecho, a partir desde el punto de inflexión, es ancha, plana y poco profunda y se encuentra en proceso de relleno por arenas y limos principalmente de procedencia marina, pero son también de importancia materiales acarreados por el viento y el escurrimiento de las aguas dulces. Aunque está en gran parte desvegetado, se ha comenzado a manifestar un proceso de colonización vegetacional, íntimamente relacionado con los procesos de relleno e inundaciones periódicas, el que está demostrado por la presencia localizada de

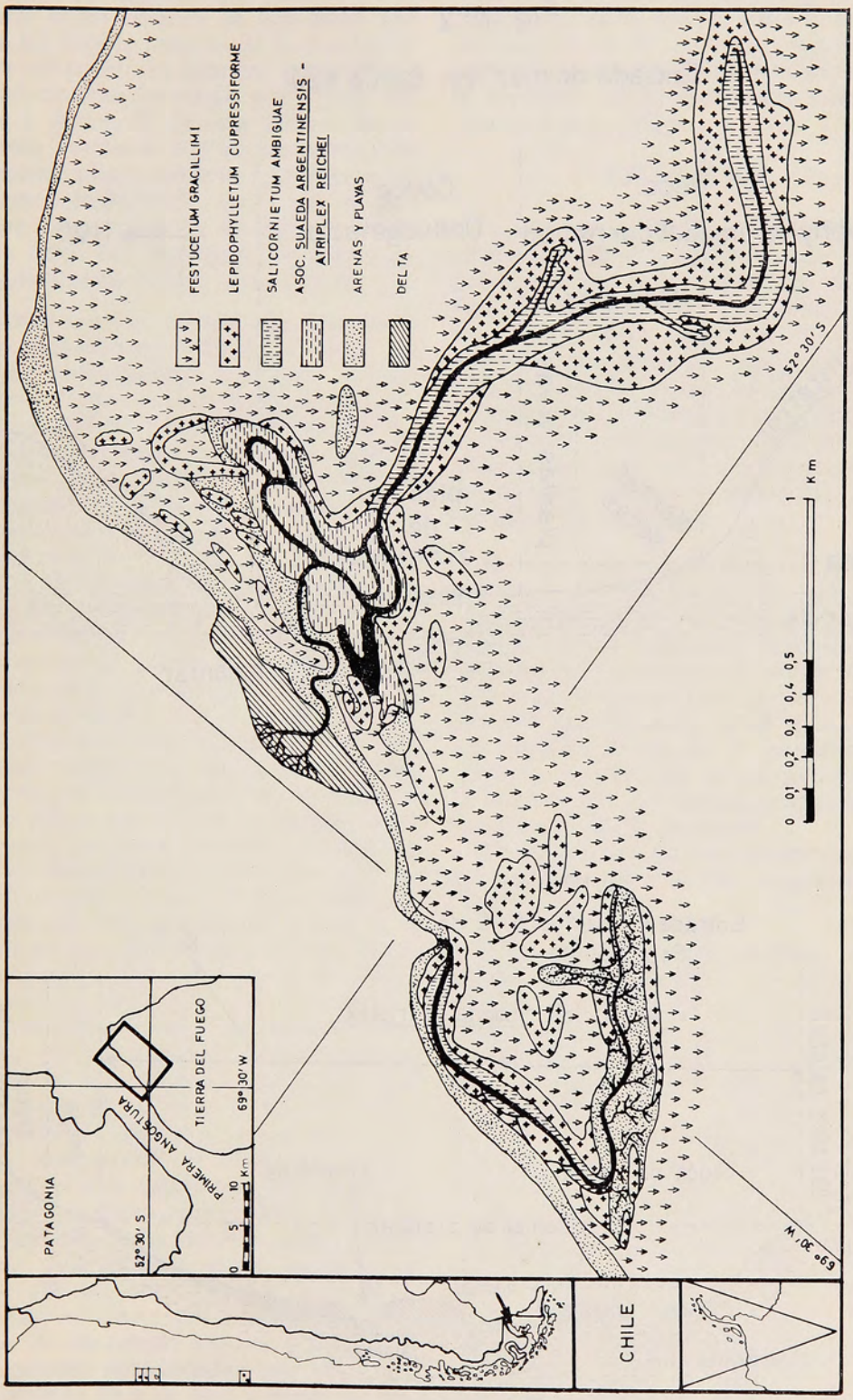

FESTUCETUM GRACILLIMI
LEPIDOPHYLLETUM CUPRESSIFORME
SALICORNIETUM AMBIGUAE
ASOC. SUAEDA ARGENTINENSIS - ATRIPLEX REICHEI
ARENAS Y PLAYAS
DELTA
52° 30' S
69° 30' W
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 1 Km
PATAGONIA
PRIMERA ANGOSTURA
TIERRA DEL FUEGO
52° 30' S
69° 30' W
0 5 10 Km
CHILE

Fig. 1

Fig. N° 2

"Entrada de mar" en Bahía Azul

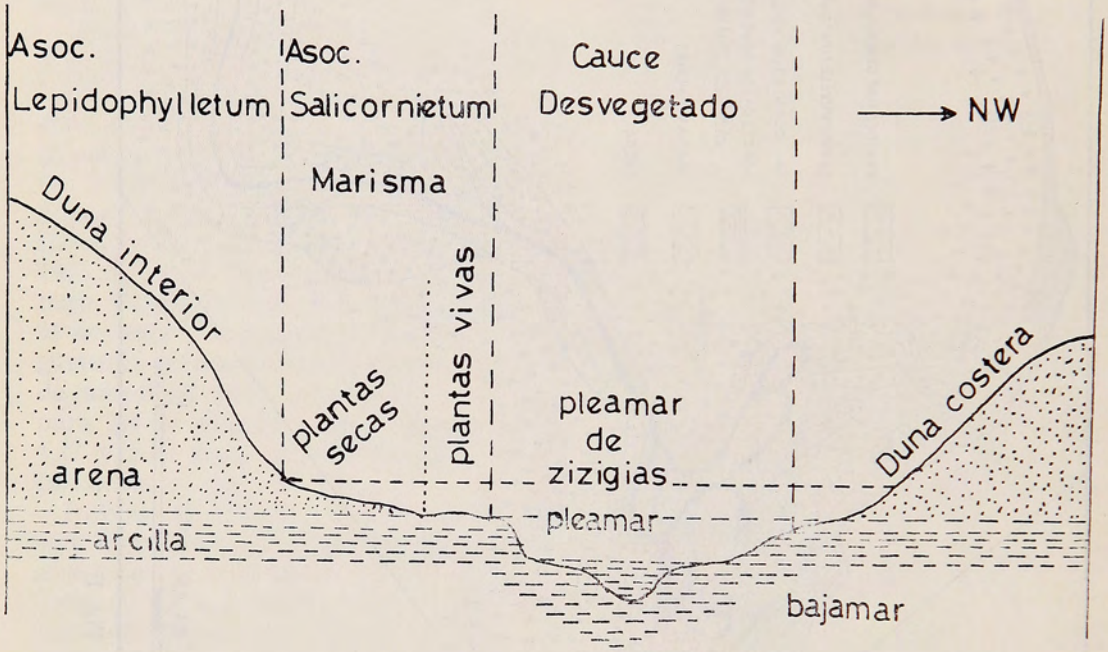
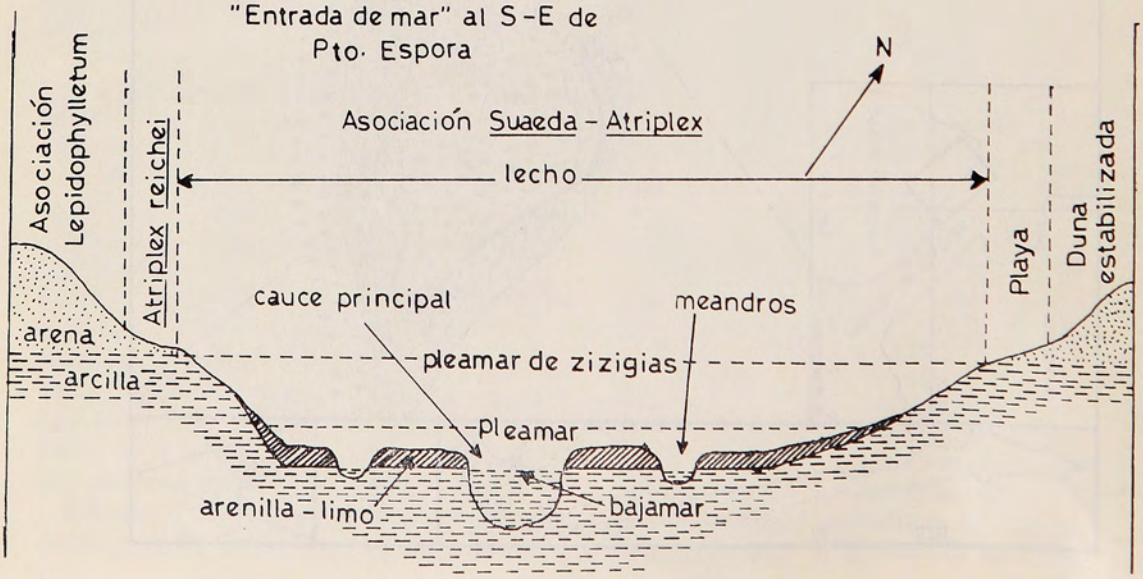


Fig. N° 3

"Entrada de mar" al S-E de Pto. Espora



fanerógamas aisladas, que pueden considerarse como especies de una etapa pionera del establecimiento de la vegetación sobre un substrato arenoso, permeable y periódicamente inundado por aguas marinas y dulces. Toda esta sección terminal está bordeada por un territorio relativamente plano cubierto con vegetación esteparia duriherbosa, en el que se presentan bajos cordones de dunas estabilizadas tanto por vegetación esteparia como por arbustiva baja (Figs. 1 y 2).

La otra entrada de mar, que desemboca a aproximadamente 400 m. al norte del antiguo embarcadero de Puerto Espora (Puerto Progreso), forma un amplio delta arcillo-limoso con algo de arenilla, cuya sección superior ha sido excavada en la antigua línea costera. Su curso inferior es meándrico, formado por varias curvas bien marcadas. Tiene una extensión total aproximada a los 6.250 m., penetrando unos 4.600 m. hacia el interior del territorio. Por aproximadamente unos 650 m. aguas arriba de su desembocadura, presenta un lecho amplio formando una poza plana de unos 1.000 por 450 m. con su eje mayor paralelo a la playa, con un cauce central bien marcado del que se desprenden numerosos cauces secundarios, en forma de meandros, algunos ciegos y otros afluyentes al cauce principal, constituyendo un área meándrica originada por el desplazamiento paulatino del canal de drenaje y que no ha sido totalmente rellenada por sedimentos debido a la acción erosiva de las corrientes de marea. Esta área ha sido excavada en el territorio cubierto de dunas que se encuentra entre el supralitoral y los terrenos esteparios interiores. Su fondo, inundable por pleamares de zizigias coincidentes con temporales del nor-este, es arcillo-limoso, presentando depósitos superficiales de fango, limo, arenilla y arcilla, en los que se desarrolla la asociación *Suaeda argentinensis - Atriplex reichei*. Más arriba de esta sección, su lecho se angosta, adquiriendo una anchura media variable de 100 a 180 m., por el centro del cual se extiende su cauce de escurrimiento, en forma de un zanjón angosto y profundo, con paredes aproximadamente verticales y solamente libre de agua durante las mareas muertas; sus dimensiones van disminuyendo aguas arriba, hasta finalmente desaparecer en el territorio estepario. La vegetación encontrada en esta sección, es la marisma con la asociación Salicornietum ambiguae (Figs. 1 y 3).

VEGETACION

La vegetación del área presenta una fisonomía esteparia duriherbosa, correspondiendo a la provincia biótica de la Estepa Patagónica, cuya asociación típica es el Festucetum gracillimi. Se pueden reconocer sin embargo, varias comunidades, de distintos rangos sociológicos, distribuidas preferentemente en respuesta a condiciones particulares edáficas y de drenaje. Así, siguiendo una línea desde la playa a los territorios interiores se encuentran las siguientes:

a) Una comunidad pura de *Elymus arenarius*, fijando las arenas en la zona supramareal. Está formada por grandes champas de esta gramínea, en líneas aproximadamente paralelas al mar y más o menos discontinuas, con un valor de cobertura variable entre el 20 al 40%. En los espacios libres de *E. arenarius*, la arena es detenida en su movimiento por la intercepción del viento producida por las champas de la gramínea.

En sitios favorables se encuentran plantas aisladas de *Phacelia magellanica* y *Senecio candicans*.

b) Una faja de ancho variable, dependiendo del microrrelieve, que está determinada por la existencia de pequeños cordones perpendiculares a la playa formados por microdunas estabilizadas. En ella *E. arenarius* forma stands más densos y continuos que en la faja anterior. Los suelos, siempre fuertemente arenosos y a veces ripio-arenosos, comienzan a desarrollar un perfil con un horizonte A, conteniendo cierta cantidad de materia orgánica, lo que permite el establecimiento de especies psammófitas nativas, como *Acaena lucida, A. microcephala, A. pinnatifida, A. sericea, Adesmia lotoides, Atriplex reichei, Azorella trifurcata, Boopis australis, Chenopodium antarcticum, Jaborosa magellanica, Phacelia magella-*

nica, Plantago maritima y otras pocas. En los sitios secos con acumulaciones salinas se establece *Atriplex reichei* en comunidades casi puras, pero con escaso valor de cobertura y en aquellos salinos y húmedos *Salicornia ambigua* forma densas marismas, asociada con bajos porcentajes de *Puccinellia magellanica;* mientras que en lugares inundables por las altas mareas y con suelos predominantemente limosos domina el pequeño arbusto *Suaeda argentinensis.*

c) Una comunidad sobre suelo arenoso, más o menos delgado y de microrrelieve plano, sobre un substrato ripioso consolidado por arcilla y limo, presentando un horizonte A bien definido, en la cual *E. arenarius* es reemplazado por las especies psammófitas mencionadas, a las cuales se agregan los arbustos reptantes *Baccharis magellanica, Berberis empetrifolia, Frankenia chubutensis* y *Senecio patagonicus* (todos sobre substratos permeables); en sitios con suelos desarrollados sobre substratos arcilloso superficiales, domina *Suaeda argentinensis.* La cubierta herbácea se enriquece con *Acaena magellanica. Armeria maritima* ssp. *andina, Azorella caespitosa, A. fuegiana, Daucus montanus, Polemonium micranthus, Viola maculata* var. *microphylla,* y escasas otras especies.

d) Las dunas estabilizadas están cubiertas por una asociación caracterizada por *Lepidophyllum cupressiforme,* que forma un matorral relativamente denso alcanzando una altura media de 0,75 m. y asociándose con *Baccharis magellanica, Berberis buxifolia, B. empetrifolia, Nardophyllum bryoides* y *Senecio patagonicus.* La cubierta herbácea está formada por las especies de la comunidad anterior, pero enriquecida con *Agropyron magellanicum. Anemone multifida, Arjona patagonica, Calceolaria uniflora, Carex maritima, Cerastium arvense, Draba magellanica, Erophila verna, Festuca gracillima, Huanaca acaulis, Juncus scheuchzerioides, Luzula alopecurus, Microsteris gracilis, Oxalis enneaphylla, Perezia recurvata,, Phaiophleps biflorus. Poa alopecurus* ssp. *alopecurus, Saxifraga magellanica, Taraxacum gilliesii, Valeriana carnosa, Vicia bijuga* y otras pocas de menor importancia.

e) En los vallecillos más o menos planos o levemente pendientes ubicados entre los cordones formados por las dunas estabilizadas se encuentran suelos impermeables determinados por la existencia de un horizonte arcilloso o arcillo-limoso a poca profundidad, lo que permite su inundación periódica, ya sea por agua dulce proveniente de las precipitaciones y los deshielos de primavera o por agua marina de las altas mareas. En ambos casos se desarrollan comunidades pratiformes cerradas pero con muy distinta composición florística; en el primero se encuentran "vegas" y en el segundo, marismas. Su composición se expone separadamente:

e_1) Vegas: Si bien es cierto que en ellas la acumulación de humedad está determinada por el escurrimiento de aguas provenientes de precipitaciones, no se pueden considerar como "dulces" o no salinas, ya que por corresponder a un área con una baja suma anual de precipitaciones y suelos en gran parte formados por arena marina, siempre contienen cierta cantidad de cloruro de sodio y otras sales, que se concentran por evaporación. Sin embargo, los rebalses periódicos y el consecuente escurrimiento producido por el deshielo en años con gran acumulación invernal de nieve o en los otoños muy lluviosos, impiden una salinificación progresiva del suelo. La vegetación, si bien no puede ser considerada como definitivamente halófita, presenta un grado de halofitia superior al desarrollado en situaciones comparables en las que no se producen acumulaciones de aguas salinas. Está formada principalmente por *Acaena magellanica, Carex maritima, Festuca magellanica, Gentianella magellanica, Luzula alopecurus, Poa alopecurus* ssp. *alopecurus* y otras de menor frecuencia entre las que se destacan *Festuca gracillima* y especies de *Puccinellia.*

e_2) Las marismas, sujetas a inundaciones periódicas por efectos de las pleama-

res, como las encontradas en las dos llamadas entradas de mar en el área de Punta Espora, presentan una vegetación fuertemente halófita, dominada por *Salicornia ambigua*, que forma un tapiz ininterrumpido cubriendo totalmente el terreno; con ella se asocia *Pucinellia magellanica* en escasa proporción. Representan la asociación Salicornietum ambiguae.

f) La estepa duriherbosa se extiende en los territorios planos o ligeramente ondulados, con suelos derivados de procesos glaciales y glacifluviales, corrientemente ricos en arena aportada por el viento. Su composición florística presenta variaciones locales, determinadas por diferencias edáficas, que pueden considerarse fitosociológicamente como asociaciones distintas. Las más importantes son las siguientes:

f_1) Asociación Festucetum gracillimi o estepa duriherbosa, dominada y caracterizada por *Festuca gracillima*. Se asocian con el dominante, formando un estrato herbáceo, frecuentemente cerrado: *Acaena magellanica, A. pinnatifida, Agropyron magellanicum, Anemone multifida, Arjona patagonica, Azorella caespitosa, A. trifurcata, Adesmia lotoides, A. pumila, Festuca magellanica, Hypochoeris incana, Huanaca acaulis, Luzula antarctica, L. alopecurus, Oxalis enneaphylla, Poa alopecurus* ssp. *alopecurus, P. patagonica, Ranunculus peduncularis, Taraxacum gilliesii, Trisetum spicatum, Valeriana carnosa, Vicia bijuga, V. magellanica* y otras de menor frecuencia. Presentan un estrato arbustivo ralo, con una altura media de 0,40 - 0,50 m., dominado por *Chiliotrichium diffusum*, asociado con *Berberis buxifolia* apareciendo también, como arbustos rastreros, *Empetrum rubrum* y las especies cespitosas de *Azorella: A. caespitosa* y *A. tridentata*. Esta comunidad es comúnmente conocida como "coironal".

f_2) Una asociación dominada por *Empetrum rubrum*, que se encuentra en sitios en los que el suelo yace sobre un substrato ripioso profundo que facilita el drenaje por infiltración del agua y crea condiciones superficiales de aridez. Esta comunidad es fuertemente acidófita, subarbustiva, rastrera y frecuentemente la cobertura vegetal alcanza a solamente un 70 - 80% de la superficie del suelo. Con el dominante se asocian las especies cespitosas pulvinadas de *Azorella* ya mencionadas, *Acaena pinnatifida, Festuca gracillima, F. magellanica, Poa alopecurs* ssp. *alopecurus* y el subarbusto *Baccharis magellanica*. Corresponde a la asociación Empetretum rubri. Esta comunidad recibe el nombre vernáculo de "Murtillar".

f_3) Vegas determinadas por aguas dulces o ligeramente salobres, semejantes a las mencionadas en el punto a^2, pero enriquecidas por *Hordeum comosum* y *Deschampsia antarctica*, que frecuentemente llegan a la categoría de dominante y subdominante, respectivamente, abundan también especies de *Carex*, como *C. acaulis, C. atropicta, C. fuscula, C. gayana* y *C. macloviana*. Corresponde a la asociación Hordeetum comosi.

En la figura 1 se indica la distribución espacial de las principales de estas comunidades vegetales.

CONTAMINACION DE LA VEGETACION POR PETROLEO

Como se indicó anteriormente, el petróleo que llegó a las playas lo hizo en forma de un *mousse* de consistencia pastosa.

La acción del oleaje; el flujo de las mareas y los efectos de las corrientes marinas han desplazado a este *mousse* a lo largo de las playas, impregnando la zona intermareal y liberando también en forma periódica una parte de los restos del petróleo contenido hacia aguas libres. Mucho del *mousse* depositado en las partes superiores de las playas, por efectos de las más altas mareas y temporales, fue impregnándose en el substrato y en muchos casos, cubierto por capas de arena y ripios finos. En todo caso, los componentes más volátiles han sido evaporados y permanece una mezcla de hidrocarburos pesados que, a lo menos, en su superficie, ha adquirido una consistencia espesa comparable a la del alquitrán o brea. Una cantidad considerable de *mousse* perma-

nece hasta el presente, tanto depositada sobre la superficie de las playas como cubierta superficialmente por capas de arena y materiales ripiosos finos o impregnando substratos permeables, masas de algas muertas y la parte basal de las champas de *Elymus arenarius*. La liberación periódica de parte del petróleo contenido en el *mousse* y de masas de este mismo *mousse*, constituye una fuente constante de contaminación de las aguas libres.

En las dos largas entradas de mar que desembocan al sur-oeste de Bahía Azul y al norte de Punta Espora, respectivamente (Fig. 1), el *mousse* se introdujo profundamente hacia el interior del territorio, cubriendo las superficies inferiores a las de las pleamares de zizigias, muchas de las cuales soportan comunidades vegetales fuertemente halófitas.

Los efectos producidos por el petróleo sobre la vegetación fanorogámica (cormófitas) de playas y entradas de mar son diferentes y se describen a continuación:

1.— *Efectos sobre la vegetación litoral*

En aquella faja formada por champas más o menos aisladas de *Elymus arenarius* el petróleo, ya sea en forma de *mousse* o de salpicaduras producidas por el rompimiento de las olas y la acción del viento ha impregnado profundamente las masas de raíces y arena que forman la base de las champas. Este efecto se hace más notorio hacia el lado expuesto al mar. Las salpicaduras han afectado también la parte inferior de los tallos y hojas y han cubierto los restos vegetales y semillas depositados entre ellos, los que han sido incorporados al *mousse*.

Una gran mayoría de las plantas presentan rizomas, raíces y tallos muertos en la zona de máxima contaminación, aunque a la fecha presentaban evidencias de que el crecimiento anual no habría sido mayormente afectado.

Las semillas impregnadas en petróleo parecen haber perdido su capacidad germinativa, ya que no se notó el establecimiento de plántulas nuevas.

Algunas de las dicotiledóneas que crecen entre estas champas, como *Phacelia magellanica* y *Senecio candicans* se encontraban también impregnadas, presentando hojas muertas y tallos y coronas infiltrados en petróleo o en sus hidrocarburos.

En la faja de vegetación que se extiende inmediatamente más arriba de aquella dominada por *E. arenarius* se observó una notoria impregnación, tanto, por salpicaduras como por mousse llevado por las aguas, principalmente en plantas de *Atriplex reichei*, muchas de las cuales habían muerto o presentaban daños que parecían irreversibles.

2.— *Efectos sobre la vegetación de las entradas de mar*

Los efectos de la contaminación en su vegetación por el petróleo transportado por los pleamares son diferentes en cada una de ellas, dependiendo de sus características físicas y vegetacionales, por lo que serán expuestos separadamente:

2.1. Entrada de mar en Bahía Azul

El petróleo, en forma de *mousse*, arrastrado por las altas mareas ha penetrado profundamente, llegando hasta casi su punto de origen, produciendo daños de diversa intensidad en la vegetación.

En su sección terminal, o sea en aquella con curso paralelo a la playa, el daño principal se localiza en las marismas con la asociación Salicornietum ambiguae, desarrollándose sobre substratos arcillo-arenosos, como son los ubicados inmediatamente al pie de los cordones de dunas, en ellos un alto porcentaje de las plantas de *Salicornia*, estimado en un 80 a 90% se encontraba muerto.

En las expresiones de esta comunidad uibcadas sobre suelos francamente arcillosos, a orillas del cauce permanente, el porcentaje de plantas muertas era de solo aproximadamente un 10% (Fig. 2).

En la sección superior de la entrada de mar, donde su cauce es ancho y de poca profundidad, los daños se manifestaban tanto en la depositación de *mousse* cerca o en las orillas, el que en muchas partes está cubierto por arena, dañando las plan-

tas del ecotono con las comunidades limítrofes, como también sobre la vegetación pionera del cauce mismo. Esta vegetación está formada principalmente por plantas establecidas en las partes más altas del microrrelieve, presentando una forma de crecimiento pulvinada, formando cojines convexos. Corrientemente las partes centrales de estos cojines han retenido gran cantidad de *mousse*, parte del cual se ha infiltrado hacia la base, produciendo la muerte de las secciones centrales en forma centrífuga. Se encuentran en este caso las siguientes especies: *Atriplex reichei, Azorella trifurcata* y *Frankenia chubutensis*.

2.2. Entrada de mar al S-E de Punta Espora

Una considerable cantidad de petróleo ha penetrado a esta entrada de mar, gran parte del cual permanecía hasta la época de observación, por lo que los daños causados a su vegetación, especialmente en su sector terminal, pueden considerarse como muy graves.

Los terrenos planos ubicados en el fondo del sector inferior de su lecho, que soportan la asociación *Suaeda argentinesis - Atriplex reichei* (Fig. 3) se encuentran totalmente cubiertos por *mousse*. Este se ha depositado tanto sobre la vegetación como en los sedimentos sobrepuestos al substrato, impregnándolos en todo su espesor. Como consecuencia, la totalidad de la vegetación había muerto y el substrato estaba totalmente inhabilitado como para permitir el establecimiento de reproducción tanto por semillas como vegetativamente.

Se encontró también abundante *mousse* depositado en las secciones supramareales de las playas, donde fue arrojado por efectos del oleaje y los vientos; en la zona intermareal, tanto libre como recubierto por sedimentos recientes e hidrocarburos flotando en forma de una película sobre las aguas retenidas permanentemente en el cauce central y sus meandros.

Este *mousse* está constantemente filtrando componentes hidrocarbonados hacia las aguas libres por lo que es llevado a lo largo de todo su curso por la acción de las mareas.

En la sección superior del lecho de esta entrada de mar, donde el cauce atraviesa la marisma de *Salicornia*, los daños son más restringidos, apreciándose principalmente en los bordes, donde esta comunidad contacta la psammófita de dunas fijas y terrenos arenosos y que coincide aproximadamente con el nivel más alto de las pleamares de zizigia. En esta ubicación se depositó una amplia franja de *mousse* mezclado con detritus vegetales, que alcanzaba un ancho de 3 - 4 m. y que está causando la muerte de las plantas de *S. ambigua*, pese a su arraigamiento en un substrato arcilloso y por lo tanto aparentemente impermeable al petróleo.

Algunos arbustos aislados de *Lepidophyllum cupressiforme*, desarrollados en sitios en los que se había acumulado arena sobre el nivel general de la marisma, estaban también fuertemente contaminados.

Hacia el término de la depresión, donde el efecto del viento eleva el nivel de las aguas de las pleamares, el mousse había penetrado en los suelos arenosos y también contaminado las partes inferiores de los arbustos y los cojines de *Acaena lucida, Empetrum rubrum* y *Frankenia chubutensis*.

DISCUSION

Las observaciones y trabajos experimentales de BAKER (1971) referidas a derrames únicos de petróleo sobre marismas graminosas en Milford Haven, Inglaterra indican que la vegetación, si bien, sufre daños a corto plazo, como muerte de tallos y partes empetroladas, éstos son de poca duración y las plantas se recuperan por nuevo crecimiento basal. Sin embargo, durante el período de recuperación puede reducirse la germinación y floración, disminuye la población de anuales y algunas especies pueden experimentar una estimulación del crecimiento.

En las áreas afectadas por la contaminación del B/T "Metula", se ha acumulado en las playas una cantidad apreciable de petróleo en forma de *mousse*. Muchas plantas, si bien han sido empetrola-

das una sola vez, permanecen aún cubiertas por petróleo, por lo que la acción contaminante de este compuesto perdura y puede esperarse que ellas manifiesten daños permanentes o durante períodos largos de tiempo. Otras, en cambio, han sido limpiadas del petróleo por factores climáticos o han producido nuevo crecimiento que no ha sido contaminado. En estos casos se puede esperar que los daños no sean de carácter permanente.

La falta de reproducción por semilla de *Elymus arenarius* puede ser atribuida a daños experimentados por las semillas en contacto con el *mousse* y/o a la impregnación del suelo por un período largo con este contaminante. Se ha notado también una reducción en la floración de plantas afectadas, pero no se ha observado en ninguna especie evidencias de estimulación del crecimiento.

La misma autora (BAKER, 1971 b) constata que en empetrolamientos recurrentes de la vegetación, en las comunidades y condiciones estudiadas por ella, se presenta una buena recuperación de la vegetación hasta después de cuatro empetrolamientos mensuales sucesivos, pero un número mayor produce una rápida declinación. Determina, además, que la tolerancia a empetrolamientos sucesivos varía considerablemente para distintas especies y establece una agrupación tentativa en seis grupos de tolerancia, de acuerdo con la siguiente pauta: *Grupo 1 — muy susceptibles:* plantas de arraigamiento superficial, sin o con muy escasas reservas alimenticias, rápidamente eliminadas por una aplicación de petróleo. *Grupo 2 — susceptibles:* plantas perennes arbustivas con los extremos de las ramas expuestos los que son gravemente dañados por el petróleo. *Grupo 3 — susceptibles:* algas verdes filamentosas (no consideradas en este ensayo). *Grupo 4 — intermedias:* plantas perennes, que toleran hasta cuatro empetrolamientos, pero declinan rápidamente con más. *Grupo 5 — resistentes:* plantas perennes, usualmente de hábito rosetiforme, con grandes reservas de alimento (principalmente en raíces pivotantes), la mayor parte de ellas soportan de ocho a doce empetrolamientos una vez al mes. *Grupo 6 — muy resistentes:* plantas perennes del grupo 5 con una resistencia adicional a nivel celular a los aceites.

La permanencia del *mousse* en gran parte de los sitios en que fue originalmente depositado constituye una fuente permanente de contaminación. Este *mousse*, además, libera constantemente pequeñas cantidades de petróleo y/o fracciones de sus componentes, que son llevados hacia el mar por las mareas y el escurrimiento de las precipitaciones, pudiéndose esperar, que, a lo menos, parte de él sea nuevamente acarreado a las costas por efectos del oleaje y los vientos, contaminando constantemente la vegetación litoral y el nuevo crecimiento de plantas que soportaron la contaminación primitiva. Existiría, así, aunque en forma localizada, una contaminación recurrente por hidrocarburos de petróleo en parte de la vegetación.

El caso es más grave en la entrada de mar ubicada al S-E de Punta Espora, que constituye un sistema semicerrado, con poco intercambio de agua con el mar y en el cual permanecen cantidades considerables de *mousse*. Este fenómeno se manifiesta principalmente en la muerte de los componentes de la asociación *Suaeda argentinensis - Atriplex reichei;* individuos de esta última especie, desarrollándose a orillas del agua y algunos arbustos de *Lepidophyllum cupressiforme*, recurrentemente contaminados.

En la entrada de mar al sur de Bahía Azul, el petróleo ha impregnado el substrato arcilloso-arenoso de la marisma con *Salicornia ambigua* ubicado al pie de las dunas que la bordean, desde donde no ha sido eliminado por las aguas ya que excepcionalmente su nivel se eleva lo suficientemente como para cubrirlo (solamente cuando coinciden las pleamares de zizigias con temporales del noreste, existiendo, por lo tanto, una contaminación de carácter permanente que afecta la base y las partes subterráneas de las plantas.

En toda el área afectada por la contaminación que se discute, las plantas anuales o aquellas con arraigamiento superficial y sin o con escasas reservas alimenticias que BAKER *(op cit.)* ubica en su

grupo 1 son las excepciones. Podrían considerarse tentativamente, en base a las observaciones efectuadas, en su grupo 2: *Suaeda argentinensis, Frankenia chubutensis* y *Acaena spp.;* en el grupo 4: *Lepidophyllum cupressiforme* y *Atriplex reichei;* mientras que se ubicarían en el 5: *Armeria maritima* ssp. *andina,* las especies cespitoso-pulvinadas de *Azorella, Phacelia magellanica, Puccinella* spp., *Salicornia ambigua* y *Senecio candicans.* No se han observado especies que pudieran ubicarse en su grupo 6.

Al estudiar los efectos de una contaminación continuada por efluyentes de refinerías BAKER, 1971 c, supone que la muerte de las plantas se produciría debido a la fijación de películas de petróleo durante las pleamares de zizigias (o sea, a consecuencia de un empetrolamiento mensual). De igual manera, estas películas evitarían la recolonización de los suelos desvegetados por muerte de la cubierta vegetal.

Pudo también comprobar que el empetrolamiento de semillas durante el invierno puede reducir la germinación en la primavera siguiente y que los daños son aparentemente mayores durante la estación cálida (BAKER, 1971 d).

Todas estas últimas conclusiones parecen coincidir con lo observado en el área que se discute.

Las observaciones de DICKS (1976) sobre marismas graminoides dominadas por *Spartina anglica* en Southampton, Inglaterra, sometidas a efectos prolongados de efluyentes de refinería, demuestran que la adopción de medidas tendientes a controlar la contaminación permite la recolonización de parte de las áreas afectadas por algunas de las especies más comunes de la comunidad de las marismas, pero detecta evidencias de que la comunidad final puede estar formada por grupos de especies distintas a las que originalmente formaban esa comunidad.

Si se considera la naturaleza del fenómeno de contaminación consecuente del derrame del "Metula" según lo determinado por STRAUGHAN (1976) que indica: 1) que el petróleo formó un *mousse* (con contenido variable de agua), lo que aumentó significativamente el volumen del derrame y puede aumentar el área expuesta a contaminación; 2) que el área contaminada no fue sometida a procesos de limpieza, por lo que ha estado experimentando los efectos del contaminante por un prolongado período de tiempo; 3) como el petróleo, por el hecho de haber formado un *mousse,* no se ha secado, sino que permanece en una forma pastosa y pegajosa, no semejando ningún tipo de hábitat original, los daños producidos han tenido una influencia significativa sobre la biota aún sin considerar la toxicidad química del petróleo en sí mismo y que finalmente; 4) no se conoce el tiempo necesario para su degradación total, es evidente la diferencia entre este tipo de contaminación y la producida por los efluyentes de refinería. Por ésto, al considerar los casos extremos de destrucción de la vegetación, como lo acontecido en la sección terminal de la entrada de mar al S-E de Puerto Espora, se podría esperar que si eventualmente el área desvegetada se recolonizara, ninguno de los componentes actuales de la comunidad eliminada encontraría condiciones óptimas para establecerse y al tomar en cuenta la aparente resistencia de *Salicornia ambigua* al empetrolamiento y a la inundación periódica de su substrato por agua marina, se podría esperar el establecimiento de una marisma dominada por esta especie, siempre que las condiciones edáficas le sean favorables, es decir, si el substrato quedara libre de petróleo y si los procesos de erosión eliminaran los depósitos fangosos depositados sobre el fondo arcilloso de esa parte del cauce.

Respecto al rebrote de las especies constituyentes de las marismas en el área de Puerto Espora a través del *mousse* que impregna el substrato, STRAUGHAN (1976) establece que es prematuro considerarlo como indicación de la recuperación de la comunidad, ya que lo observado en relación con el derrame producido por el B/T "Arrow" en Nova Scotia, Canadá, demostró que dos años después del derrame el petróleo arrastrado a las costas se endureció, tomando la consistencia de asfalto, lo que causó la muerte de las plantas que habían emergido a través de él.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las observaciones efectuadas y con los antecedentes proporcionados en la literatura se puede esperar la muerte de gran parte de las plantas de *Elymus arenarius* sujetas a una contaminación recurrente.

Este hecho, asociado a las alteraciones de carácter antrópico producidos en la vegetación de psammófitas nativas que fijaban la arenas antes de la introducción de esa especie, permite predecir una reactivación del movimiento de arenas en el área y la formación de dunas activas, con todas las consecuencias que ello traerá y relacionadas con el aprovechamiento de las praderas naturales del área, la explotación petrolífera y faenas asociadas, la mantención de la red vial, etc.

Se estima que una de las soluciones prácticas para evitar el problema puede ser el replante de *E. arenarius* en la faja litoral superior no contaminada por petróleo y de donde actualmente se encuentra ausente, de esta manera se formaría una barrera de contención que impediría el avance de las arenas hacia el interior del territorio, evitándose la formación de dunas.

En consideración con la importancia del problema creado por la contaminación por petróleo en el área de Puerto Espora y a la carencia de antecedentes sobre el desarrollo del proceso de recuperación biótica en esas condiciones, el Instituto de la Patagonia a través de su Departamento de Recursos Naturales ha puesto en marcha un *"Estudio Multidisciplinario del Area de Puerto Espora en Relación a la Contaminación producida por el B/T Metula"*. Este programa incluye subproyectos en Biología Marina, Ornitología, Entomología y Botánica, cada uno de ellos destinado a obtener información en sus campos respectivos.

LITERATURA CITADA

ALMEYDA A., E., 1958. *Recopilación de datos climáticos de Chile y Mapas sinópticos*. Min. de Agric. Depto. de Coop. Agríc. Proyecto 14. Santiago.

AUER, V., 1956. The Pleistocene of Fuegopatagonia. I. The Ice and Interglacial Ages. *Acad. Fenn. Ann. Ser. A. III*. Geol. Geogr., 45. 226 p.

BAKER, J. M., 1971a. The Effects of a Single Oil Spillage. In *The Ecological Effects of Oil Pollution on Littoral Communities*. Ed. by E. B. Cowell. Applied Science Publishers Ltd.: 16-20.

1971b. Successive Spillages. *Id.*: 21-32.

1971c. Refinery Effluent. *Id.*: 33-43.

1971d. Seasonal Effects. *Id.*: 44-51.

1974. Grounding of "Metula' Magellan Straits Ecological Survey, 9th September - 4th October, 1976. Report presented to Shell International Marine Ltd. London.

BAKER, J. N., I. CAMPODONICO, L. GUZMAN, J. JORY, B. TEXERA, C. VENEGAS y A. SANHUEZA, 1976. An Oil Spill in the Straits of Magellan. Proc. Oil Poll. Conf., Aviemore, Scotland (Marine Ecology and Oil Pollution. Ed. Baher Applied Science Publishers Ltd.: 441-471.

BIANCHI G., V., O. ALVARADO, G. OLALQUIAGA, C. YAÑEZ y C. STRAUSS, 1953. Informe sobre plaga de conejos en Magallanes. Min. de Tierras y Colonización. Santiago (mimeo). 42 p.

CALDENIUS, C., 1932. Las Glaciaciones Cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego. *Dir. Gral. Minas*, Publ. 95. Buenos Aires.

CAMPODONICO, I., 1975a. *Informe de la Reunión sobre el B/T "Metula" efectuada en Boulder, Colorado, EE. UU.* Instituto de la Patagonia, Punta Arenas (Chile). (Informe mecanografiado).

1975b. Antecedentes generales sobre la contaminación por petróleo causada por el B/T "Metula" en el estrecho de Magallanes. *Conferencia presentada durante la Vª Semana de los Recursos Naturales Renovables*. Instituto de la Patagonia, Punta Arenas, (Chile).

DICKS, B., 1976. The Effects of Refinery Effluents: The Case History of a Saltmarsh. Proc. Oil Poll. Conf., Aviemore, Scotland. Marine Ecology and Oil Pollution. Ed. J. Baher. Applied, Science Publishers Ltd.: 227-245.

FUENZALIDA P., H., 1967. Clima. En *Geografía Económica de Chile*. Texto refundido. CORFO. Santiago: 99-152.

GUNNERSON, C. G. y G. PETER, 1976. The Metula Oil Spill. MESA. U.S. Dept. of Commerce, National Oceanic and Athmospheric Administration. Environmental Research Laboratory. 37 p.

GUZMAN M., L., 1976. Algunas consideraciones ecológicas en torno a la contaminación producida por el B/T "Metula" en el Estrecho de Magallanes. En *Preservación del Medio Ambiente Marino*. Ed. F. Orrego V. Instituto de Estudios Internacionales. Universidad de Chile. Santiago: 178-198.

HANN, R. Jr., 1974. Regarding Oil Pollution from the Tanker "Metula". *Report to the U. S. Coast Guard*. Research and Development Program. Texas A & M. University. Environmental Engeneering Division. Civil Engeneerin Dept.

1975. Follow-up Fied Study of the Oil Pollution from Tanker "Metula". *Id.*

HAYES, M. O. y E. R. GUNDLACH, 1975. *Coastal Geomorphology and Sedimentation on the METULA Oil Spill in the Straits of Magellan. Final Report.* Sept. 30, 1975. Coastal Research Division. Department of Geology, Univ. of South Carolina. (Mimeo) 103 p.

PISANO V., E., 1975 a. *Contaminación de la vegetación superior del litoral por petróleo del "Metula".* Conferencia presentada durante la Vª Semana de los Recursos Naturales Renovables. Instituto de la Patagonia, Punta Arenas (Chile).

1975 b. *Efectos del derrame de petróleo del B/T "Metula' sobre la vegetación fanerogámica litoral en el sector de Punta Espora.* Instituto de la Patagonia, Punta Arenas (Chile). (Informe mecanografiado).

STRAUGHAN, D., 1976. *Biological Survey of the Intertidal Areas of the Straits of Magellan in January 1975, Five month after the Metula Oil Spill.* National Oceanic and atmospheric Administration. Boulder, Colo, NOAA TM ER, MESA - 10. 57 p.

VENEGAS, C., 1975. *La avifauna marina del Estrecho de Magallanes y la contaminación por petróleo.* Conferencia presentada durante la Vª Semana de los Recursos Naturales Renovables. Instituto de la Patagonia, Punta Arenas (Chile).