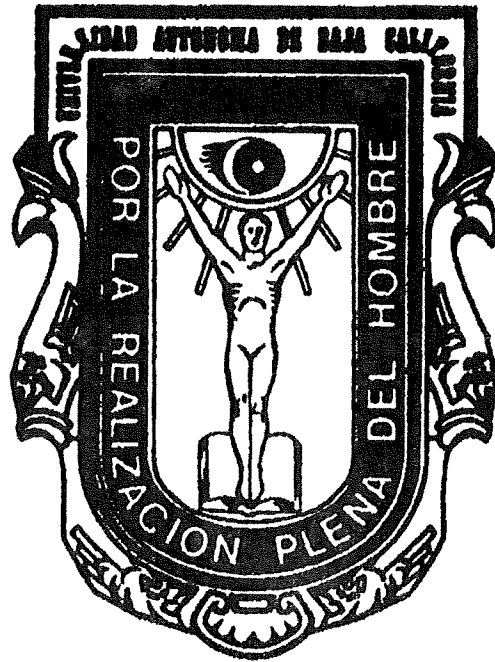


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS



VARIACION ESPACIAL DE LAS MACROALGAS  
DEL INTERMAREAL ROCOSO DE LA ZONA  
CONTAMINADA POR LAS AGUAS RESIDUALES  
DE TIJUANA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

TESIS PROFESIONAL QUE COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE

**B I O L O G O**

PRESENTA

MARIA CONCEPCION PARRA COVARRUBIAS

ENSENADA, B.C.

OCTUBRE DE 1987.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS

VARIACION ESPACIAL DE LAS MACROALGAS  
DEL INTERMAREAL ROCOSO DE LA ZONA  
CONTAMINADA POR LAS AGUAS RESIDUALES  
DE TIJUANA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

T E S I S P R O F E S I O N A L

QUE PRESENTA

MARIA CONCEPCION PARRA COVARRUBIAS

APROBADO POR:



M.C. GORGONIO RUIZ CAMPOS

PRESIDENTE DEL JURADO



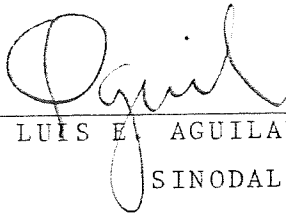
OC. EVARISTA ARELLANO GARCIA

SINODAL



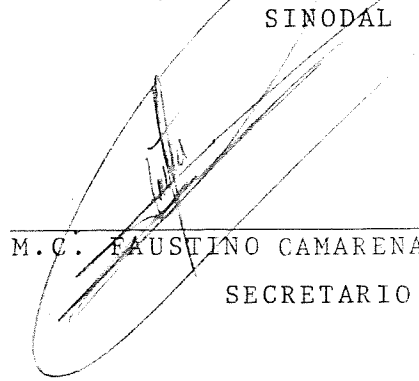
BIOL. EUSEBIO BARRETO ESTRADA

SINODAL



OC. LUIS E. AGUILAR ROSAS

SINODAL



M.C. FAUSTINO CAMARENA ROSALES

SECRETARIO

DEDICATORIA

A TI SEÑOR PORQUE NUNCA ME HAS OLVIDADO

A MIS PADRES: GENARO Y ASCENCION

A MIS HERMANOS: EVANGELINA  
ROGELIO  
SERGIO  
EMMA +  
GENARO  
RUBEN  
BERTHA ALICIA  
MAVY LETICIA  
AMERICA JANNETH

A FRANCIS, JOE Y VANESSA

A ENRIQUE

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES POR SU APOYO Y CONFIANZA

AL OC. LUIS AGUILAR R. POR ACEPTAR LA DIRECCION DE ESTE TRABAJO.

A LOS SINODALES OC. LUIS AGUILAR R., M.C. GORGONIO RUIZ C., M.C. FAUSTINO CAMARENA, OC. EVARISTA ARELLANO Y BIOL. EUSEBIO BARRETO, POR EL TIEMPO DEDICADO A LA ASESORIA, REVISION Y COMPLEMENTACION DEL MANUSCRITO, Y POR SU COLABORACION COLMADA DE BUENOS CONSEJOS, TENDIENTES A LOGRAR UNA MEJOR PRESENTACION DEL TRABAJO REALIZADO.

AL OC. ENRIQUE BALTAZAR V. ESPECIALMENTE, Y CON DEUDA DE GRATITUD POR LA DEDICACION Y EL ESFUERZO REALIZADO, ASI COMO EL APOYO MORAL Y PROFESIONAL QUE EN MOMENTOS ME FUE TAN VALIOSO. LE EXPRESO MI AGRADECIMIENTO POR LA AYUDA INCONDICIONAL QUE ME BRINDO.

A DANIEL LOYA POR SU ASESORIA EN EL MANEJO DEL PAQUETE LIPREC DEL CENTRO DE COMPUTO DEL C.I.C.E.S.E. AL M.C. ADOLFO GONZALEZ C. Y OC. ASDRUBAL MARTINEZ D. POR LAS FACILIDADES BRINDADAS EN LA ELABORACION DEL MANUSCRITO EN EL CENTRO DE COMPUTO DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS-U.A.B.C.

## RESUMEN

En siete sitios de la zona de entremareas comprendida entre Punta Bandera y Punta Los Buenos B.C., se efectuaron dos muestreos florísticos durante Febrero y Mayo de 1987, para determinar las variaciones espaciales de las macroalgas de una zona expuesta e influenciada por descargas de aguas negras. Se identificaron 55 especies, siete pertenecen a Chlorophyta, cinco a Phaeophyta y 43 a Rhodophyta. Se encontró un menor número de especies en la zona de descarga y un aumento en la riqueza de especies para el mes de Mayo. Las mayores coberturas corresponden a pocas especies, principalmente para la zona de descarga. El análisis de agrupamiento de sitios de muestreo mostró baja similitud en base al coeficiente de Jaccard. Se discuten los posibles factores que determinan el agrupamiento de sitios de muestreo a un alto nivel de similitud según el índice de Morisita. La diversidad de especies según Snannon-Wiener disminuyó en la zona de descarga presentando altas dominancias respecto al resto de los sitios, según Shannon-Wiener. Se correlacionaron los resultados con la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Concentración de nitratos, fosfatos y oxígeno disuelto, y se atribuyen los cambios en la diversidad y abundancia al efecto de la contaminación orgánica del área de estudio. Las especies más representativas según el Índice de Valor Biológico fueron: Gigartina canaliculata , Ulva costata , Egregia menziesii , Gigartina leptorhynchos , Porphyra perforata , Gracilaria sjoestedtii , Ulva californica , Prionitis lyalli y Corallina vancouveriensis .

## ABSTRACT

During February and May, 1987 were carried out two algal sampling over seven sites on tidal zone from Punta Bandera to Punta Los Buenos, B.C., to determine spatial variations of an exposed and influenced zone by sewage discharges. Fifty-six species were identified, seven belongs to Chlorophyta, five to Phaeophyta and forty-three to Rhodophyta. Low species richness was found on May for all sampling sites. The highest coverages belong to few species. The dendrogram analysis for sampling sites showed low similarity following Jaccard's criteria. The possible factors that determine the agrupation of sampling sites for a high similarity level following Morisita's criteria were discussed. The species diversity from Shannon-Wiener was lower for sewage discharges zone, presenting high dominance respected to other sampling sites. The results were correlated versus Biochemical Oxygen Demand, nitrates and fosfates concentration and dissolved oxygen, and both, the diversity and abundance changes were attributed to the effect of organic pollution from the study area. Gigartina canaliculata, Ulva costata, Egregia menziesii, Gigartina leptorhynchos, Porphyra perforata, Gracilaria sjoestedtii, Ulva californica, Prionitis lyallii and Corallina vancouveriensis, were the most representative species following the Biological Value Index criteria.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	12
AREA DE ESTUDIO.....	13
METODOLOGIA.....	16
RESULTADOS.....	20
DISCUSION.....	44
CONCLUSIONES.....	56
LITERATURA CITADA.....	57
APENDICE.....	67

INDICE DE TABLAS

PAG.

TABLA I. FLORA ALGAL IDENTIFICADA DEL AREA DE ESTUDIO..... 20

TABLA II. COBERTURA PROMEDIO DE LAS MACROALGAS PARA CADA SITIO Y PERIODO DE MUESTREO..... 30

INDICE DE FIGURAS

PAG.

FIGURA 1.	LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO Y SITIOS DE MUESTREO.....	14
FIGURA 2.	DISTRIBUCION DEL NUMERO TOTAL DE ESPECIES POR DIVISION TAXONOMICA DEL AREA DE ESTUDIO..	27
FIGURA 3.	NUMERO TOTAL DE ESPECIES POR DIVISION TAXONOMICA Y SITIOS DE MUESTREO PARA FEBRERO.....	28
FIGURA 4.	NUMERO TOTAL DE ESPECIES POR DIVISION TAXONOMICA Y SITIOS DE MUESTREO PARA MAYO.....	29
FIGURA 5.	DENDROGRAMA DE LA AGRUPACION DE SITIOS DE MUESTREO PARA CADA PERIODO SEGUN EL COEFICIENTE DE JACCARD.....	34
FIGURA 6.	REPRESENTACION DE LA COBERTURA TOTAL POR DIVISION TAXONOMICA Y SITIOS DE MUESTREO PARA FEBRERO.....	36
FIGURA 7.	REPRESENTACION DE LA COBERTURA TOTAL POR DIVISION TAXONOMICA Y SITIOS DE MUESTREO PARA MAYO.....	37
FIGURA 8.	DENDROGRAMA DE LA AGRUPACION DE SITIOS DE MUESTREO PARA CADA PERIODO SEGUN EL COEFICIENTE DE MORISITA.....	39
FIGURA 9.	VARIACION DEL INDICE DE DIVERSIDAD H' Y DOMINANCIA 1/J' DE SHANNON-WIENER PARA CADA SITIO Y PERIODO DE MUESTREO.....	41
FIGURA 10.	INDICE DE VALOR BIOLÓGICO DE LAS ESPECIES MAS REPRESENTATIVAS A NIVEL DE 0.95 PARA CADA SITIO DE MUESTREO ENTRE FEBRERO Y MAYO.....	42
FIGURA 11.	VALORES PROMEDIO DE LOS PARAMETROS DE LA CONTAMINACION ORGANICA DEL AREA DE ESTUDIO (TOMADOS DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS- U.A.B.C. FEBRERO, 1987).....	47

## **INTRODUCCION.**

En la costa noroccidental de Baja California, existen condiciones ambientales que propician el desarrollo favorable de la flora marina bentónica, debido a que es una zona influenciada por la corriente fría de California (Sverdrup et al. 1942; Gómez y Vélez, 1982), y por fenómenos de surgencias (Chávez - García, 1975), ocasionando una disminución de la temperatura, un incremento en la concentración de nutrientes y una alta solubilidad de oxígeno (Wyllie, 1966); provocando en consecuencia un aumento en la riqueza y abundancia de especies de algas marinas.

En Baja California el medio ambiente costero tiene localidades que funcionan como receptoras de las descargas municipales de los centros urbanos, particularmente de la Ciudad de Tijuana y Playas de Tijuana, Baja California. Los desechos orgánicos llegan a la zona costera provocando alteraciones en la calidad sanitaria del agua y en el aspecto estético de sus playas ocasionando cuadros de degradación ecológica. La materia orgánica oxidable ejerce efectos sobre el ecosistema originando ambientes anóxicos y de baja diversidad de especies, siendo los organismos bentónicos los principalmente afectados (North et al. 1972), además produce cambios en la abundancia relativa y

en la diversidad de especies, asociados a un decremento en la estabilidad de las poblaciones (Munda, 1974; Read et al. 1983 y Rygg, 1986).

La contaminación del agua en la zona costera noroccidental de Baja California, se debe al rápido crecimiento urbano e industrial y a la falta de una infraestructura adecuada para el tratamiento y control de aguas residuales (Segovia - Zavala, 1982)

La Ciudad de Tijuana, genera 1500 litros por segundo de aguas residuales en la zona de descarga localizada en el km 17.7 de la autopista Tijuana-Rosarito, B.C. Las aguas negras de la Cd. de Tijuana son descargadas al Océano Pacífico sin tratamiento alguno, alterando las características fisicoquímicas y biológicas del cuerpo receptor (Sañudo y Suárez, 1984; Segovia y Galindo, 1984)

Se ha encontrado que en lugares contaminados, las descargas de aguas residuales, industriales y domésticas con un alto contenido de desechos orgánicos han provocado serios problemas de salud pública y modificaciones del ecosistema marino en los lugares adyacentes a las descargas (Golubic, 1970). La introducción de materia orgánica al medio marino puede ocasionar una disminución en la penetración de la luz afectando la razón entre fotosíntesis

y respiración, así como cambios en abundancia y diversidad de poblaciones, principalmente bentónicas, pudiendo alterar los flujos de energía entre las especies (Dugan, 1972)

Las condiciones ambientales determinan la distribución y abundancia de los organismos, por eso los parámetros que definen la comunidad son vías importantes para interpretar perturbaciones, principalmente en el bentos de zonas contaminadas (Warren, 1971). En particular las algas bentónicas al ser sésiles se pueden considerar representativas de ciertas zonas y de sus condiciones ambientales (Littler y Murray, 1975 ; Levine, 1984)

El uso de comunidades bentónicas como indicadoras de contaminación comenzó a tener aceptación mundial, y recientemente se ha adoptado la tendencia de expresar la división de zonas de contaminación en términos de la diversidad de especies. Las algas han sido usadas como monitoras de contaminación a nivel comunidad, la ocurrencia y abundancia de grupos taxonómicos se toman como una indicación de las condiciones ambientales, además existen intentos de emplear especies individuales que respondan a ciertas condiciones ambientales como indicadoras para evaluar medios ambientes contaminados (Levine, 1984).

Ahora bien, los estudios de distribución, sistemática, comportamiento espacio-temporal y diversidad de especies de

algas bentónicas aportan el conocimiento para determinar la metodología para su explotación racional y llevar a cabo su aprovechamiento de una manera eficiente. Estos estudios de comunidades de algas bentónicas de la zona de entremareas son auxiliares para evaluar el impacto ecológico producido por el contaminante sobre su estructura (Littler y Murray, 1975), además contribuyen a asentar la necesidad de establecer posibles normas de regulación de las descargas y evitar así trastornos ecológicos y de salud pública

En particular la zona de descargas de aguas negras de la Cd. de Tijuana posee altos valores de contaminación fecal, considerándose así, como un punto de alto riesgo a la salud del hombre, ya que éstos lugares son utilizados por la población con fines turísticos y eventualmente ingieren productos marinos de esta área (Segovia y Orozco, 1986). Por lo tanto, debido a la posible alteración del medio ambiente en esta zona se pretende conocer la composición florística de la zona de entremareas comprendida entre Punta Bandera y Punta Los Buenos, y determinar las posibles variaciones espaciales de la flora, que al parecer son provocados por la contaminación orgánica y determinar si existen especies que reflejen las condiciones presentes o sean representativas de ambientes contaminados.

## ANTECEDENTES

Entre los trabajos relacionados con la flora marina bentónica regional, se encuentran los de Setchell y Gardner (1924, 1930 y 1937); la serie de estudios realizados por Dawson (1953, 1954, 1960, 1961, 1962, 1963a y 1963b), en los que efectuó más de veinte exploraciones en la costa Pacífica de Baja California, poniendo énfasis en las Rhodophyta y el de Hollenberg (1961), que trabajó específicamente el género Polysiphonia en Baja California.

A partir de 1960, investigadores mexicanos como Chapa Saldaña y Guzmán del Pro (1963) y Guzmán et al. (1974), iniciaron estudios de la flora bentónica de Baja California, los cuales se enfocaron a las algas de importancia económica y comercial. Existen otros reportes efectuados por González (1979), Aguilar - Rosas (1981 y 1982), Aguilar - Rosas et al. (1982), Aguilar - Rosas y Bertsh (1983), los cuales reportan la sistemática y variaciones estacionales de la flora de la parte norte de Baja California. Recientemente Pacheco - Ruíz (1982); Pacheco - Ruíz y Aguilar - Rosas (1984); Aguilar - Rosas et al. (1984) y Aguilar - Rosas y Pacheco - Ruíz (1985) muestran la distribución de algas rojas y ampliación de rango de la flora ficológica de Baja California. Aguilar - Rosas et al. (1985), Skeen de Alba (1985), Martínez -

Piceno (1985), y Aguilar - Rosas y Pacheco - Ruíz (1986) describen las variaciones espaciales y estacionales de la flora de entremareas de la Bahía de Todos Santos, B.C.

Existen diversos trabajos en relación a los efectos de las descargas residuales, domésticas e industriales sobre las comunidades de algas marinas; Golubic (1970), estudió los efectos del incremento de la contaminación orgánica, encontrando un cambio significativo cualitativo y cuantitativo de las algas a medida que aumentan los niveles de la contaminación en puertos de Yugoslavia. La presencia de Ulva lactuca y Codium tormentosum indican de acuerdo a su presencia y abundancia un incremento en la contaminación orgánica.

Johnston (1972), hace una revisión histórica del deterioro de poblaciones de macroalgas debido al incremento de la contaminación por descargas sin tratamiento en la costa de Escocia, encontrando en la zona más contaminada a Gigartina stellata y Chondrus crispus y un desarrollo muy limitado de algas pardas.

Borowitz (1972) encontró una reducción de algas pardas y rojas en número de especies y una proliferación de algas verdes como Enteromorpha sp y Chaetomorpha sp en la zona más contaminada de la costa de Sidney, Australia. Littler y Murray (1975), estudiaron la región de Wilson

Cove de la Isla San Clemente, California, encontrando una flora menos diversa en un área adyacente a la descarga doméstica, con la presencia de algas tolerantes a los efectos críticos de las aguas domésticas como: Ulva californica, Gelidium pusillum y Pterocladia capillacea.

Maher y Clarke (1984), en un estudio de la costa sur de Australia encontraron elevadas concentraciones de arsénico principalmente en las algas pardas Cystophora platylobium y Sargassum bracteolosum.

Otros autores han utilizado las algas marinas como indicadoras de contaminación de acuerdo a su presencia y abundancia. Boney (1978) realizó un estudio en la costa de Escocia, indicando que las algas marinas pueden ser usadas como un sistema de evaluación de restos de mineral de hierro debido a derrames accidentales. Los contaminantes son asimilados por el talo del alga y pueden ser evaluados en: Nemalion sp., Callithamnion sp., Codium sp., Fucus sp. y Laminaria sp.

Read et al. (1983), encontraron en la costa Escocesa marcados cambios en la flora bentónica de entremareas, con la desaparición de poblaciones de algas y la aparición de otras especies debido al impacto ambiental de las descargas domésticas. No se observó reducción en la abundancia de las algas asociadas a condiciones con riqueza de nutrientes,

habiendo crecimientos extensivos de especies como: Enteromorpha sp. y Ulva lactuca. Dicho estudio forma parte de un programa de monitoreo de las zonas de descargas de la costa sur de Escocia.

La importancia de medir los efectos de la contaminación mediante el empleo de atributos ecológicos ha sido referida por Bellamy (1972), indicando que la reducción de la diversidad y estabilidad de las poblaciones se ha usado para vigilar el ambiente costero a lo largo de dos gradientes de contaminación en la costa de Gran Bretaña.

Hoyle (1975), indica que la presencia , abundancia o excesivo crecimiento de Ulva y Enteromorpha se atribuye a la contaminación de aguas por descargas domésticas y están catalogadas como indicadores cualitativos y cuantitativos de contaminación orgánica.

Levine (1984), indica que las algas marinas reflejan las condiciones del medio, y que pueden caracterizar una localidad y también pueden ser usadas como un sistema de vigilancia del agua de mar para evaluar la contaminación.

Algunas algas pardas han sido empleadas como indicadores (Fucus sp. y Laminaria sp.), rojas (Chondrus sp.) y verdes (Ulva sp. y Enteromorpha sp.). Estas tienen el potencial para monitorear aguas costeras debido a sus ventajas estructurales y características ecológicas.

Estudios recientes sobre la detección de especies indicadoras de contaminación en comunidades bentónicas han sido efectuados por Rygg (1985), quien intenta detectar especies indicadoras de impacto por contaminación en fiordos Noruegos, correlacionando diversidades en respuesta a la contaminación. Rygg (1986), estudia cambios inducidos por la contaminación por metales pesados en comunidades bentónicas, correlacionando la diversidad faunística con contaminantes en áreas de descargas en fiordos en Noruega.

Entre los estudios regionales del impacto de las descargas domésticas sobre las comunidades de macroalgas se tiene a Littler y Murray (1978), quienes determinaron la influencia de desechos domésticos sobre comunidades de la zona de entremareas del ecosistema de Wilson Cove de la Isla San Clemente, California, indicando que para la zona contaminada prevalecen especies de algas oportunistas con altas tasas de crecimiento y productividad, entre las principales se encuentran: Ulva californica, Pachydictyon coriaceum y Gelidium purpurascens

Baltazar - Valenzuela (1984), realizó un estudio de las macroalgas de la rada del Puerto de Ensenada B.C. encontrando un bajo número de especies y una alta cobertura algal atribuido a la alta acumulación de materia orgánica, favoreciendo el desarrollo de especies como Ulva

californica y Enteromorpha intestinalis. Skeen de Alba (1985) y Martínez - Piceno (1985), estudiaron las variaciones estacionales y espaciales de la macroflora de entremareas de la Bahía de Todos Santos encontraron valores de mayor abundancia para Enteromorpha sp. y Ulva californica en las áreas cercanas a descargas industriales, coincidiendo con una baja diversidad de especies.

Este estudio intenta detectar los cambios que provoca la contaminación orgánica en el área de descarga de aguas negras sobre las macroalgas de la zona de entremareas, considerando que es un lugar con características muy particulares, ya que es una zona expuesta en costa abierta con factores físicos como dirección de la corriente litoral que puede modificar los patrones de dispersión de contaminantes, ejerciendo una influencia muy especial en la distribución y abundancia de especies de macroalgas, y podría determinar la posible presencia de otras especies que no hayan sido reportadas en éstas condiciones.

Estudios de contaminación de la zona fronteriza del noroeste de Baja California han sido realizados por Sañudo y Suárez (1982 y 1984), los cuales indican la variación de la carga orgánica en las descargas de la Cd. de Tijuana, B.C. Por otra parte Segovia y Orozco (1986), reportan la calidad bacteriológica del agua costera en la zona de

descargas municipales de Tijuana B.C.

Actualmente la sección de contaminación marina del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, efectúa un estudio de los parámetros que definen la contaminación orgánica de la zona costera comprendida entre Playas de Tijuana y Ensenada B.C.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la variación espacial de las macroalgas, en relación al grado de contaminación orgánica, en el intermareal rocoso de una zona expuesta e influenciada por descargas de aguas residuales

## AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la costa noroccidental de Baja California, en el municipio de Tijuana, entre los 32 grados 25' y 32 grados 30' Latitud Norte y los 117 grados 05' y 117 grados 08' Longitud Oeste, con límites, 1km al Norte de Punta Bandera y 1 km al Sur de Punta Los Buenos sobre la autopista Playas de Tijuana-Rosarito, B.C. (Figura 1).

Esta costa está constituida morfológicamente por acantilados, playas arenosas y rocosas; las zonas rocosas se encuentran expuestas al oleaje y corrientes. El tipo de roca es ígnea, extrusiva basáltica principalmente y con pendiente suave, con una anchura de 10-15 metros en la zona de entremareas. Los acantilados tienen una altura aproximada entre 15-20 metros. La mayoría de las puntas rocosas corresponden a extremos de playas arenosas.

El estudio comprende tres sitios de muestreo al norte, tres al sur de la zona de descarga y un sitio en la misma; comprendiendo una distancia de 3.6 km de línea de costa. La zona de descarga se encuentra localizada aproximadamente en el km 17.7 de la autopista Playas de Tijuana-Rosarito B.C. (Figura 1). Los sitios de muestreo 1, 2 y 3 se localizan a 1800, 800 y 300 metros al norte de la zona de descarga respectivamente, cuyo acceso es a través del retorno Punta

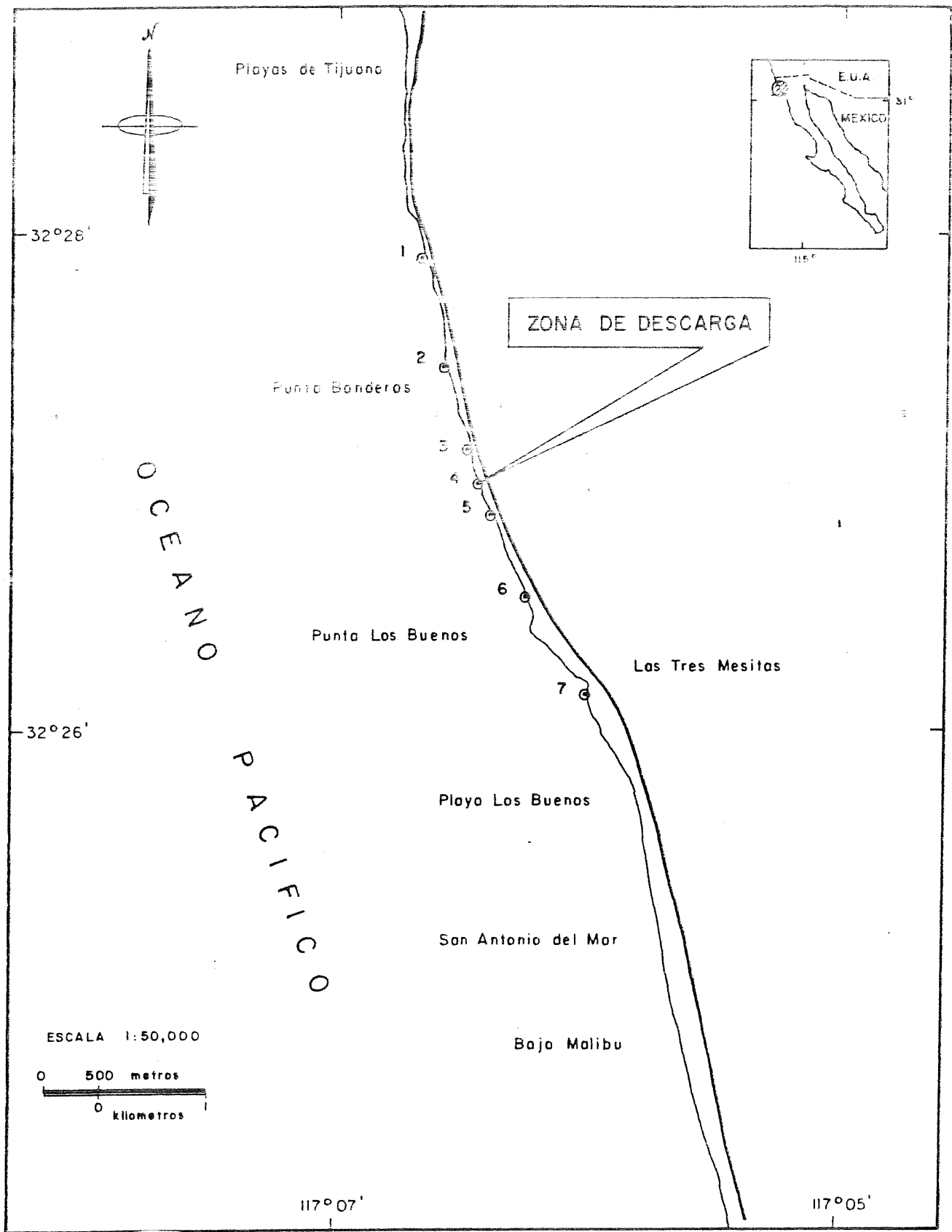


FIG. 1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO Y SITIOS DE MUESTREO.

Bandera. El sitio 4 corresponde a la zona de descarga. Los sitios de muestreo 5, 6 y 7 se localizan a 300, 800 y 1800 metros al sur de la zona de descarga respectivamente

Las corrientes litorales tienen un movimiento neto predominante hacia el Norte concomitando con la dirección de incidencia del oleaje; entre Punta Los Buenos y Playas de Tijuana B.C. existe un transporte litoral neto de Sur a Norte (Ureña - Portales, 1986)

## **METODOLOGIA**

Con el propósito de elegir los sitios de muestreo se efectuó una prospección del área comprendida entre Playas de Tijuana y Rosarito, B.C., a lo largo de la línea de costa durante el mes de octubre de 1986. Se seleccionaron siete sitios considerando que tuvieran condiciones similares en cuanto a sustrato rocoso, pendiente similar de la zona de entremareas, grado igual de exposición al oleaje y accesibilidad a los distintos sitios

El método de muestreo fue el tipo aleatorio simple por cuadrantes, con réplicas según Brower y Zar (1977), ya que es ampliamente usado para estudios de organismos sésiles. Para obtener una estimación confiable del número de muestras en cada sitio de muestreo, se obtuvo una curva acumulativa del número de especies contra el número de muestras (cuadrantes lanzados). El número mínimo de muestras se consideró suficiente después de que la curva se estabilizó. Para uniformizar el área muestreada se consideró en todos los sitios el número mayor de lances determinado. El mayor número de muestras fue nueve y correspondió al sitio 1. Esta curva fue auxiliar para determinar el tamaño de la muestra física (cuadrante) según Brower y Zar (1977). El tamaño de la unidad de muestreo fue de un metro cuadrado.

Considerando las mareas más bajas mediante una tabla de ciclo de mareas, se realizaron dos muestreos, uno en el mes de febrero de 1987 y otro en mayo de 1987, en la zona de entremareas de cada sitio de muestreo.

En cada sitio se tomaron lecturas de cobertura de las macroalgas que representaron al menos el 1% del arte de muestreo. Esto consiste en obtener el porcentaje de área cubierta, en una vista perpendicular por las macroalgas existentes en un cuadrante de pvc (cloruro de polivinilo) de un metro cuadrado, cuya localización fue al azar, según el procedimiento previamente descrito. Se obtuvo una tabla de especies-cobertura promedio, por sitio y período de muestreo, cuyos datos se utilizaron para calcular el índice de diversidad y dominancia de Shannon-Wiener, con el propósito de determinar como varía la diversidad de especies y cuales especies ejercen mayor dominancia en las comunidades. Este índice es empleado para medir cambios en la diversidad indicando la riqueza de especies, haciendo énfasis en la proporción de cobertura entre especies (Littler y Murray, 1978). La información de presencia-ausencia se utilizó para calcular en cada sitio y período de muestreo el coeficiente de similitud de Jaccard. Este coeficiente es muy útil cuando se hacen estudios de zonas contaminadas donde se desea comparar la similitud entre sitios considerando la presencia-ausencia de especies

en cada sitio de muestreo (Brower y Zar, 1977). Además se obtuvo el índice de similitud de Morisita que es de gran utilidad cuando nos interesa hacer estudios en aguas contaminadas, en donde se desea comparar similitudes entre sitios, tomando en cuenta la proporción y abundancia de especies. Por otro lado se calculó el índice de valor biológico para los siete sitios de muestreo entre los dos periodos. Este índice determina cuales son las especies más representativas de cada sitio de muestreo y considera además de la abundancia, su distribución espacial (Sanders, 1960).

En cada sitio se colectó manualmente un ejemplar de las macroalgas presentes cuya cobertura en el cuadrante fue mayor al 1%, es decir, que fué cuantificable al observador. Las muestras se etiquetaron y preservaron de acuerdo a Dawson (1956), y posteriormente en el laboratorio se identificaron los ejemplares según Dawson (1953, 1954, 1956, 1960, 1961, 1962, 1963a, 1963b y 1963c); Hollenberg (1961) y Abbott y Hollenberg (1976). Se formó una colección de referencia de las macroalgas identificadas que fueron depositadas en el Herbario de la Escuela Superior de Ciencias - UABC.

Los resultados se utilizaron para interpretar los cambios en la diversidad y abundancia de la flora en el

espacio y tiempo, y se relacionaron con valores de los parámetros que definen la contaminación orgánica del área de estudio, obtenidos por la Sección de Contaminación Marina del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la U.A.B.C. Estos parámetros son la demanda bioquímica de oxígeno y oxígeno disuelto. Además se correlacionaron con los niveles de nitratos y fosfatos de la misma área.

A partir de los datos obtenidos y utilizando la Librería de Programas de Ecología del sistema PRIME 400 del Centro de Cálculo Electrónico del C.I.C.E.S.E., se calculó el coeficiente de similitud de la comunidad de Jaccard y Morisita, el índice de valor biológico (Sanders, 1960) y el índice de diversidad y dominancia de especies de Shannon-Wiener y se obtuvieron los dendrogramas de similitud. Se discutieron los parámetros ecológicos obtenidos, como la similitud, diversidad y dominancia de especies del área de estudio y su relación con los valores de la contaminación orgánica. El análisis de los parámetros ecológicos se discutió de acuerdo al criterio de Brower y Zar (1977).

## RESULTADOS

Los resultados de la identificación de las macroalgas encontradas en el área de estudio se resume en la Tabla I. Se identificaron 55 especies de los principales grupos de macroalgas, de las cuales siete corresponden a la División Chlorophyta, cinco a la Phaeophyta y 43 a la Rhodophyta, lo que representa el 12.7%, 9.1% y 78.2% del total de especies respectivamente.

TABLA I. FLORA ALGAL IDENTIFICADA DEL AREA DE ESTUDIO.					
DIVISION	ORDEN	FAMIL- IA	GENERO	ES- PECIE	% ES- PECIE
CHLOROPHYTA	2	2	4	7	12.7
PHAEOPHYTA	3	4	5	5	9.1
RHODOPHYTA	6	16	28	43	78.2
TOTAL	11	12	37	55	100.0

## SISTEMATICA

A continuación se presenta el listado florístico de las macroalgas del área de estudio, siguiendo la guía sistemática de las algas de California de Abbott y Hollenberg (1976).

### CHLOROPHYTA

#### CHLOROPHYTA

##### CHLOROPHYCEAE

##### ULOTRICHALES

##### ULVACEAE

Enteromorpha linza (L.) J. AG.

Ulva californica WILLE

U. costata (HOWE) HOLLENBERG

U. dactylifera SETCHELL & GARDNER

U. lactuca L.

##### CLADOPHORALES

##### CLADOPHORACEAE

Chaetomorpha linum (MULL) KUTZ

Cladophora sp KUTZING

PHAEOPHYTA

PHAEOPHYTA

PHAEOPHYCEAE

SCYTOSIPHONALES

SCYTOSIPHONACEAE

Petalonia fascia (MULL.) KUNTZE

LAMINARIALES

ALARIACEAE

Egregia menziesii (TURN) ARESCH

FUCALES

CYSTOSEIRACEAE

Cystoseira osmundacea (TURN) C. AG.

Halydris dioica GARDN

SARGASSACEAE

Sargassum muticum (YENDO) FENSH

RHODOPHYTA

RHODOPHYTA

BANGIOPHYCEAE

BANGIALES

BANGIACEAE

Porphyra perforata J. AG.

FLORIDEOPHYCEAE

NEMALIALES

ACROCHAETIACEAE

Acrochaetium sp. NAGELI

GELIDACEAE

Gelidium coulteri HARV

CRYPTONEMIALES

CORALLINACEAE

Lithothamnium californicum FOSLIE

Lithothrix aspergillum GRAY

Corallina officinalis (DEC) KUTZ

C. vancouveriensis YENDO

Bossiella orbigniana (DEC) SILVA

CRYPTONEMACEAE

Grateloupia doryphora (MONT) HOWE

G. prolongata J. AG.

Prionitis lanceolata (HARV) HARV

P. lyalli HARV

KALLIMENACEAE

Callophyllis linearis (KYL) ABB. & NORR

GIGARTINALES

SOLIERACEAE

Neoagardhiella baileyi (KUTZ) WYNNE & TAYL

PLOCAMIACEAE

Plocamium cartilagineum (L.) DIX

P. violaceum FARL

GRACILLARIACEAE

Gracilaria sjoestedtii KYL

G. verrucosa (HUDS) PAPENF

PHYLLOPHORACEAE

Gymnogongrus leptophyllus J. AG.

G. linearis (C. AG.) J. AG.

GIGARTINACEAE

Gigartina canaliculata HARV

G. exasperata HARV & BAIL

G. harveyana (KUTZ) S. & G.

G. leptorhynchos J. AG.

G. papillata (C. AG.) J. AG.

G. spinosa (KUTZ) HARV

G. volans (C. AG.) J. AG.

Iridaea cordata (TURN) BORY

Rhodoglossum californicum (J. AG.) ABB

R. roseum (KYL) SMITH

RHODYMENIALES

RHODIMENACEAE

Rhodymenia californica KYL

R. pacifica KYL

CHAMPICACEAE

Gastroclonium coulteri (HARV) KYL

CERAMIALES

CERAMIACEAE

Centroceras clavulatum (C. AG.) MONT

DELESSERACEAE

Acrosorium uncinatum (TURN) KYL

Cryptopleura corallinara (NOTT) GARDN

C. crispa KYL

C. lobulifera (J. AG.) KYL

C. violacea (J. AG.) KYL

Botryoglossum farlowianum (J. AG.) DETONI

RHODOMELACEAE

Polysiphonia sp. GREVILLE

Laurencia spectabilis POST. & RUPR

L. splendens HOLLENB

## DISTRIBUCION

Un primer análisis descriptivo de la distribución de la ficoflora marina, se presenta en la Figura 2, en donde se muestra el número total de especies por división taxonómica a lo largo del área de estudio, observándose que en general el número de especies para las Rhodophyta tiende a disminuir hacia la zona de descarga (sitio 4). Las Phaeophyta y Chlorophyta en general tienden a mantener su número de especies, a excepción de las Phaeophyta que no están presentes en los sitios 4 y 5. Así mismo las Figuras 3 y 4 que muestran el número de especies por división taxonómica y período de muestreo, tienen un comportamiento similar al total de especies.

A partir de los datos de presencia-ausencia de especies de algas por sitio y período de muestreo contenidas en la Tabla II, se obtuvieron los dendrogramas de afinidad (Figura 5), en los que se muestra la similitud que existe en cuanto a la composición florística entre los siete sitios de colecta. Para ello se utilizó el coeficiente de similitud de Jaccard.

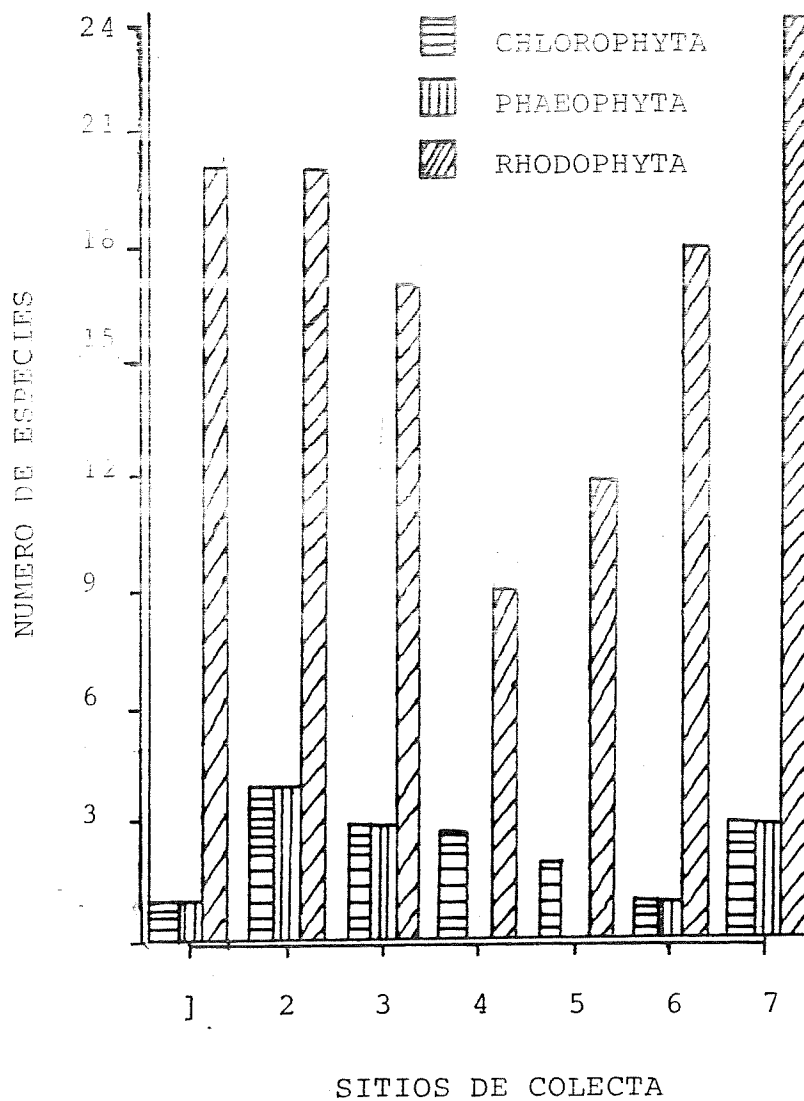


FIG. 2 DISTRIBUCION DEL NUMERO TOTAL DE ESPECIES POR DIVISION TAXONOMICA DEL AREA DE ESTUDIO.

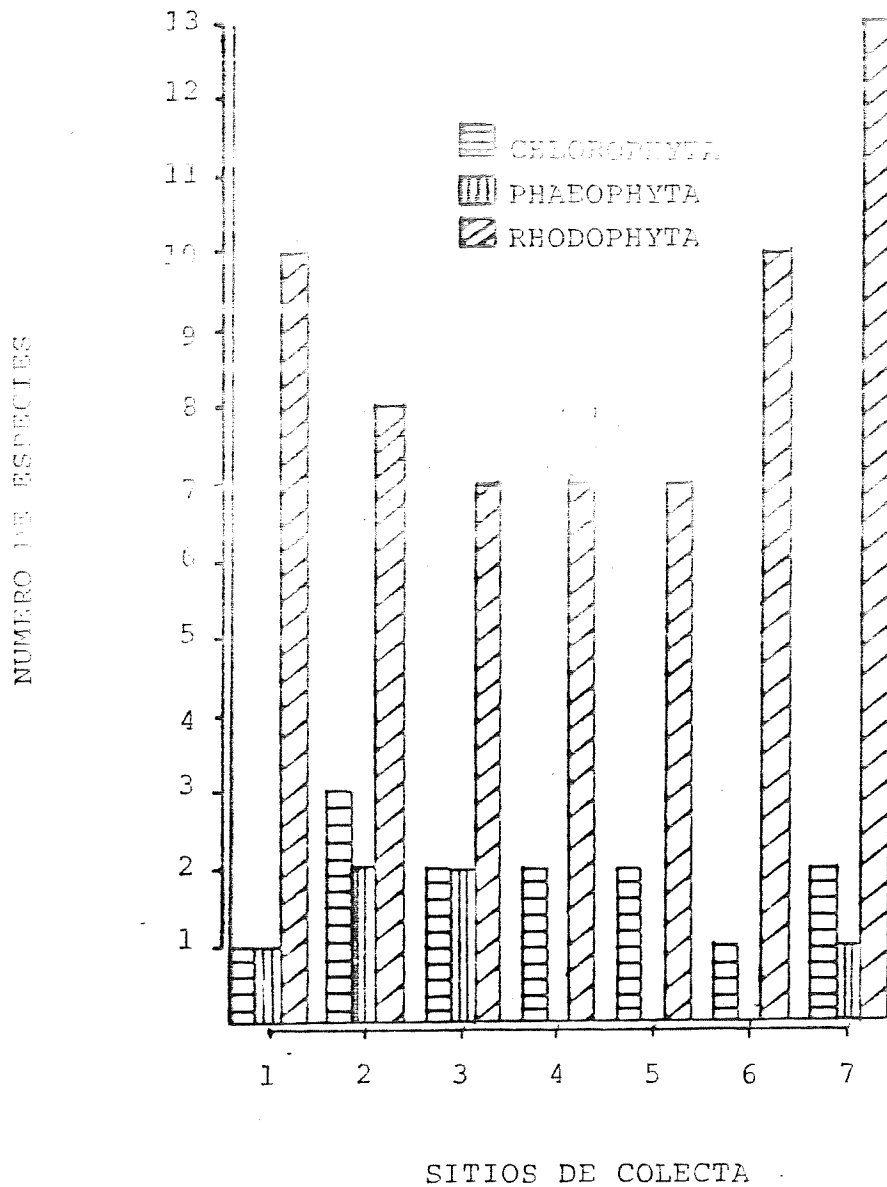


FIG. 3 NUMERO TOTAL DE ESPECIES POR DIVISION TAXONOMICA Y SITIO DE MUESTREO PARA FEBRERO

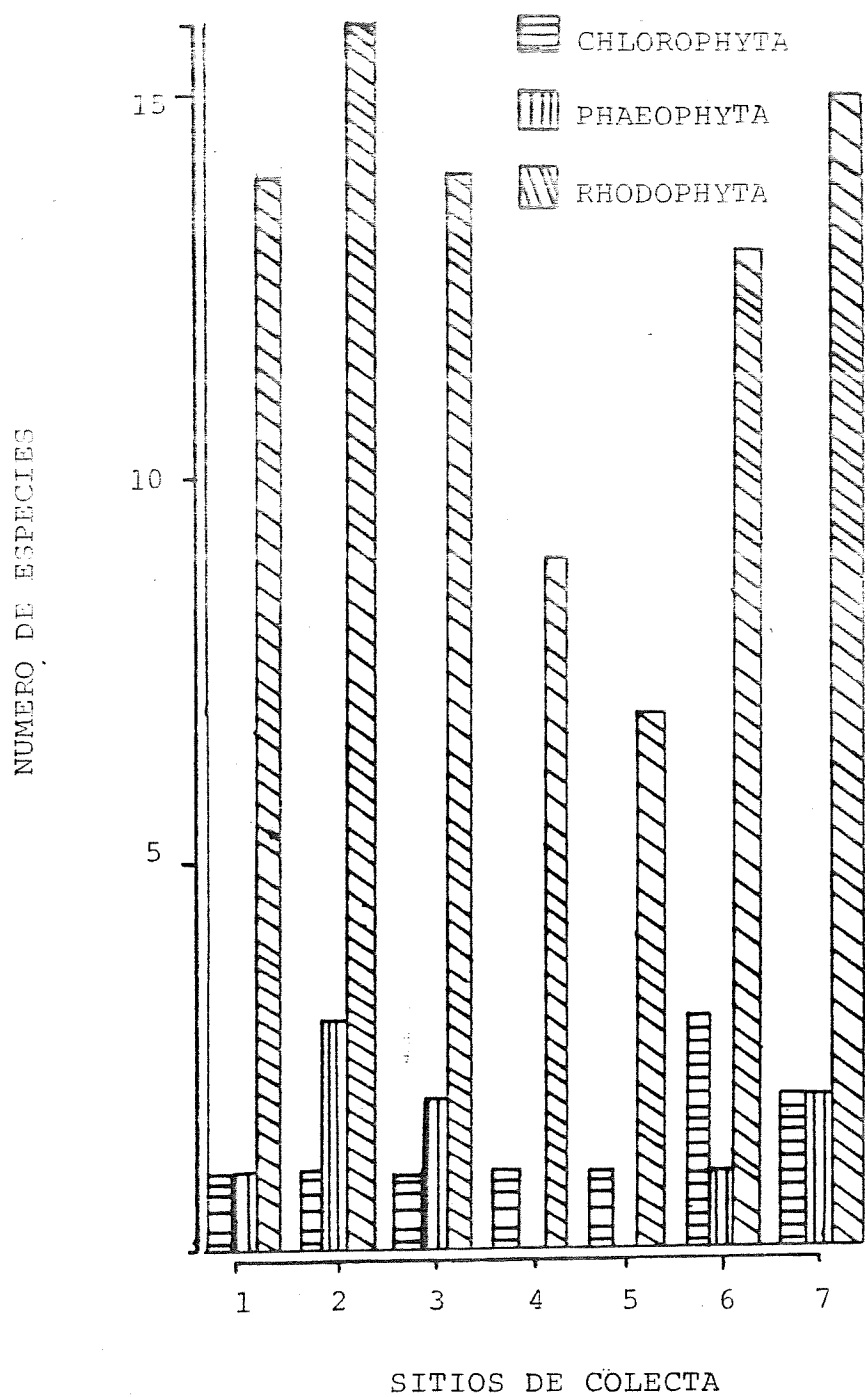


FIG. 4 NUMERO TOTAL DE ESPECIES POR DIVISION TAXONOMICA Y SITIO DE MUESTREO PARA MAYO

Tabla II. Cobertura promedio en % de las macroalgas para cada sitio período de muestreo.

FEBRERO	SITIOS DE MUESTREO						
ESPECIE	1	2	3	4	5	6	7
<i>Enteromorpha linza</i>				0.3			0.4
<i>Ulva californica</i>			37.	64.	45.	38.	38.
<i>U. costata</i>	2.8	23.					
<i>U. dactilifera</i>							
<i>U. lactuca</i>							
<i>Chaetomorpha linum</i>		2.2	0.5	0.8			
<i>Cladophora</i> sp.		0.4					
<i>Petalonia fascia</i>		1.0	3.9				0.2
<i>Egregia menziesii</i>	2.2	0.6	0.6				
<i>Cystoseira osmundacea</i>							
<i>Halydris dioica</i>							
<i>Sargassum muticum</i>							
<i>Porphyra perforata</i>	2.6	15.		0.5	1.1	0.6	4.0
<i>Acrochaetium</i> sp.							
<i>Gelidium coulteri</i>			0.5				
<i>Lithothamnium californicum</i>		0.5	1.2		2.3	0.4	
<i>Lithothrix aspergillum</i>							
<i>Corallina officinalis</i>						0.6	
<i>C. vancouveriensis</i>	0.5	1.6			1.6	0.2	0.5
<i>Bossiella orbigniana</i>	0.5		1.0				0.7
<i>Grateloupia doryphora</i>							
<i>G. prolongata</i>							
<i>Prionitis lanceolata</i>							
<i>P. lyalii</i>		1.4		0.3		1.0	0.4
<i>Callophyllis linearis</i>							
<i>Neogardhiella baileyi</i>							

Plocamium cartilagineum	4.5		0.5			0.6	
P. violacea							
Gracilaria sjoestedtii	2.0		0.3	0.2	0.6	0.3	0.5
G. verrucosa							
Gymnogongrus leptophyllus						0.2	3.1
G. linearis							
Gigartina canaliculata	4.9	3.5		11.	4.6		1.4
G. exasperata	1.6						
G. harveyana							
G. leptorhynchus	1.3	3.5	6.0	5.5	3.8		8.7
G. papillata				0.4			
G. spinosa							
G. volans		0.9		1.3			
Iridaea cordata	0.9						
Rhodoglossum californicum					12.		
R. roseum							0.7
Rhodymenia californicum							2.3
R. pacifica	1.4						
Gastroclonium coulteri							
Centroceras clavulatum						0.4	0.8
Acrosorium uncinatum							0.4
Cryptopleura corallinara							
C. crispa							0.4
C. lobulifera	1.2						
C. violacea						0.3	
Botryoglossum farlowianum			1.0				
Polysiphonia sp.							
Laurencia spectabilis		0.8					

L. splendens							
MAYO							
ESPECIE	1	2	3	4	5	6	7
Enteromorpha linza							
Ulva californica				41.	22.	0.9	6.7
U. costata	2.6		0.8				
U. dactilifera		11.				2.6	
U. lactuca							0.8
Chaetomorpha linum						0.8	
Cladophora sp.							
Petalonia fascia							
Egrecia menziesii	3.0	3.4	7.3				3.1
Cystoseira osmundacea			0.6				
Halydris dioica		1.4					
Sargassum muticum		1.7				1.3	1.7
Porphyra perforata		2.3		0.8	1.3		
Acrochaetium sp.	3.1		0.8				
Gelidium coulteri		1.7		0.4			
Lithothamnium californicum							2.6
Lithothrix aspergillum							0.4
Corallina officinalis							0.6
C. vancouveriensis	0.3		0.8			6.2	
Bossiella orbigniana		0.9	0.6		0.9		1.3
Grateloupia doryphora				0.9	0.8	2.4	
G. prolongata					2.1		
Prionitis lanceolata		1.2					
P. lyalii		0.8		0.8		5.0	
Callophyllis linearis							3.0
Neogardhiella baileyi	3.0	1.1					2.2
Plocamium cartilagineum	0.7	1.1	1.8				1.3

<i>P. violaceum</i>			1.6				
<i>Gracilaria sjoestedtii</i>	0.6	1.8	20.	8.7		8.2	
<i>G. verrucosa</i>		3.5					0.4
<i>Gymnogongrus leptophyllus</i>		2.2				2.0	
<i>G. linearis</i>							0.6
<i>Gigartina canaliculata</i>	7.0	6.3	0.3		17.		1.2
<i>G. exasperata</i>		1.8	0.6	0.5			0.8
<i>G. harveyana</i>							3.7
<i>G. leptorhynchos</i>	0.7	6.5	22.	20.	19.	4.7	0.9
<i>G. papillata</i>				4.8	3.4		
<i>G. spinosa</i>	1.3					1.5	
<i>G. volans</i>			11.	0.6		7.3	
<i>Iridaea cordata</i>							
<i>Rhodoglossum californicum</i>						1.6	
<i>R. roseum</i>	2.1	2.0					
<i>Rhodymenia californicum</i>			0.6				
<i>R. pacifica</i>							
<i>Gastroclonium coulteri</i>		1.8	6.1			5.0	
<i>Centroceras clavulatum</i>	7.5	6.0	11.			4.1	
<i>Acrosorium uncinatum</i>							0.8
<i>Cryptopleura corallinara</i>	1.0						
<i>C. crispa</i>							
<i>C. lobulifera</i>							
<i>C. violacea</i>			1.5				0.9
<i>Botryoglossum farlowianum</i>	3.4					5.4	
<i>Polysiphonia sp.</i>	1.3						
<i>Laurencia spectabilis</i>	1.3						
<i>L. splendens</i>						2.1	

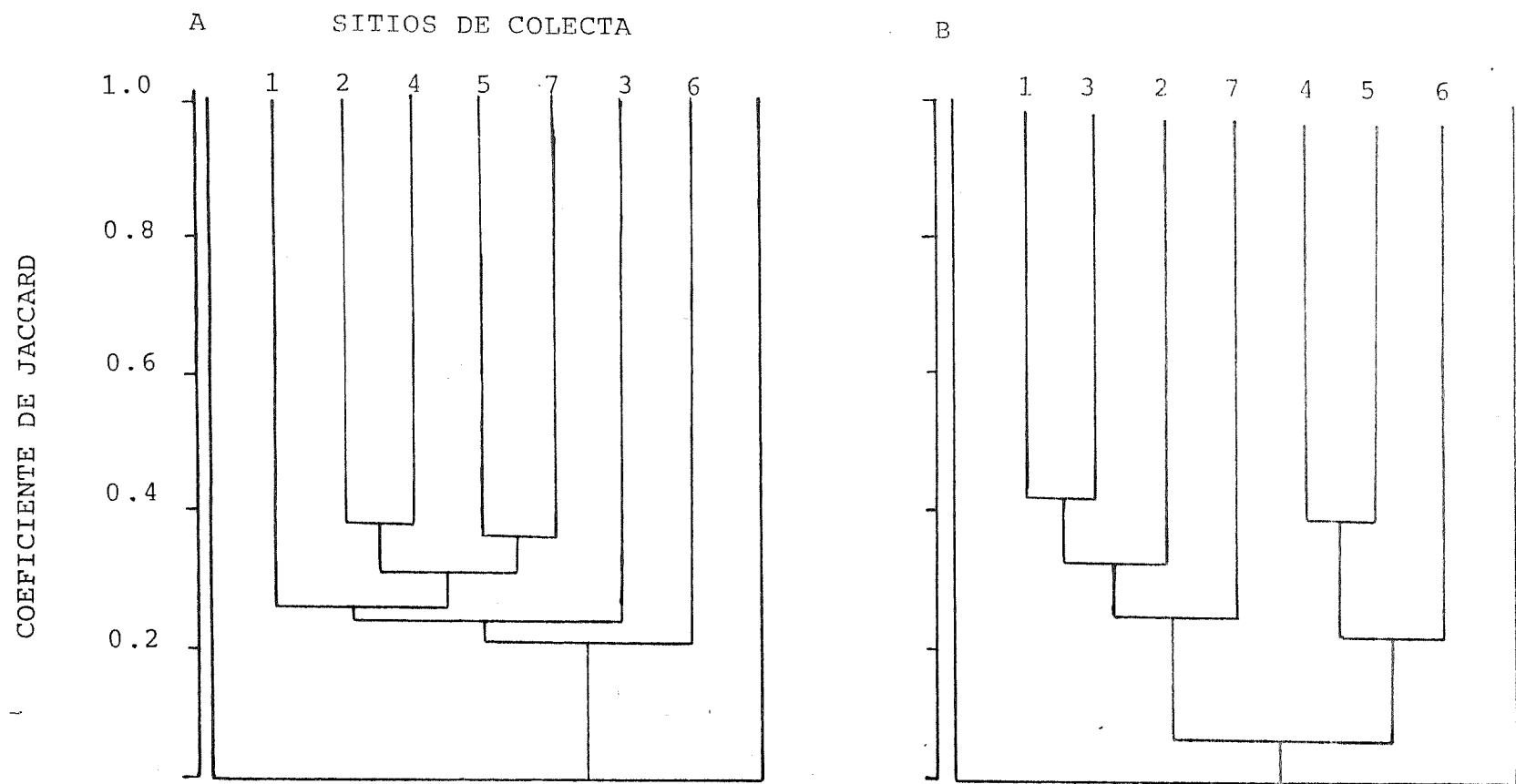


FIG. 5 DENDROGRAMA DE LA AGRUPACION DE SITIOS DE MUESTREO PARA CADA PERIODO SEGUN EL COEFICIENTE DE JACCARD. A. FEBRERO B. MAYO

Para considerar que entre un sitio de colecta y otro se tenga una buena similitud, debemos tener un valor de referencia, que para éste caso se tomó un nivel de 0.6 como un valor de alta similitud expresada por el coeficiente de Jaccard. Basados en éste criterio tenemos que no existe similitud entre los sitios de muestreo para ambos períodos, ya que las agrupaciones son abajo de 0.5.

La Tabla II, presenta los porcentajes de cobertura promedio de las macroalgas para ambos períodos y para cada sitio de muestreo, de donde se obtiene la abundancia por período y por división taxonómica expresadas en las Figuras 6 y 7, en las que se muestra una tendencia general a aumentar la cobertura total de algas hacia la zona de descarga. Siendo en febrero las Chlorophyta más abundantes, presentando un incremento en su cobertura hacia la zona de descarga.

Las Rhodophyta presentan menos abundancia que las anteriores y no tienen un patrón definido, y por último las Phaeophyta poseen poca abundancia y no se encuentran presentes en los sitio 4, 5 y 6.

Para el mes de mayo las Chlorophyta y Phaeophyta tuvieron un comportamiento similar que el período anterior, mientras que las Rhodophyta incrementan su abundancia en éste mes.

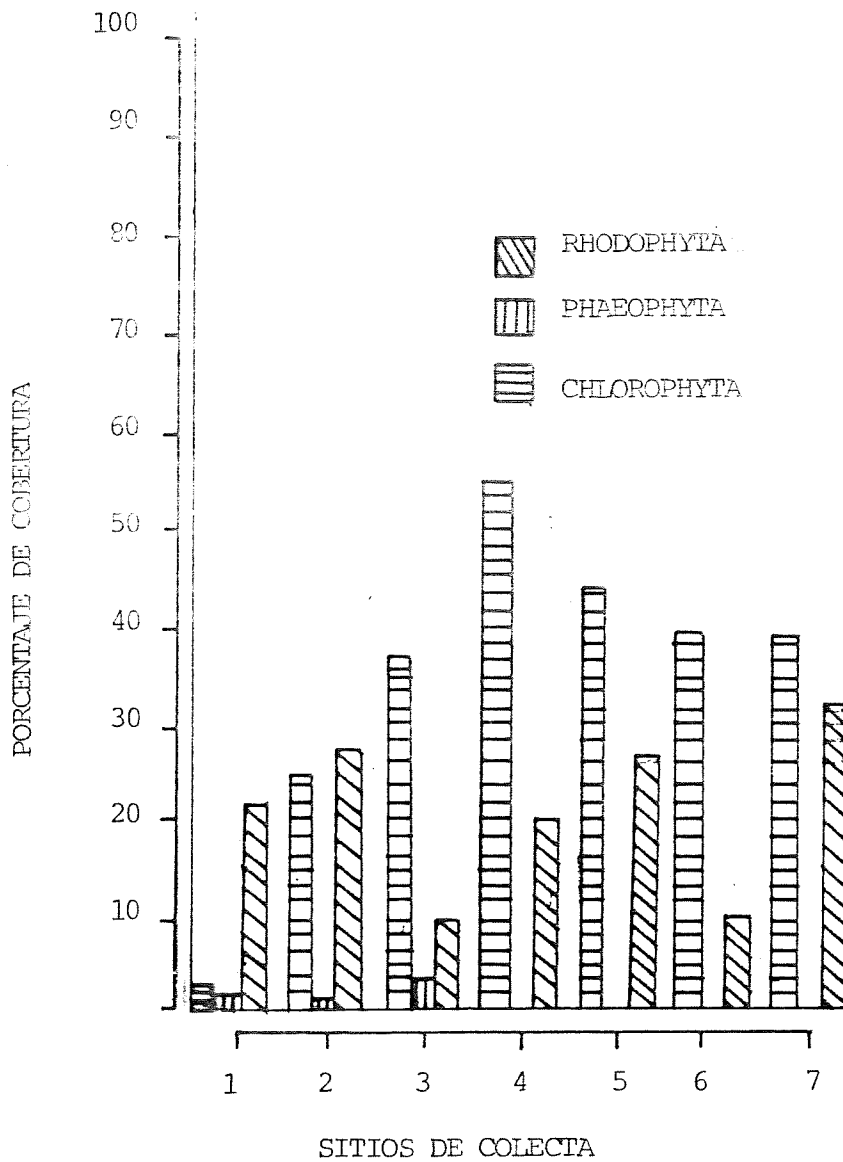


FIG. 6 REPRESENTACION DE LA COBERTURA TOTAL POR DIVISION TAXONOMICA Y SITIOS DE MUESTREO PARA FEBRERO.

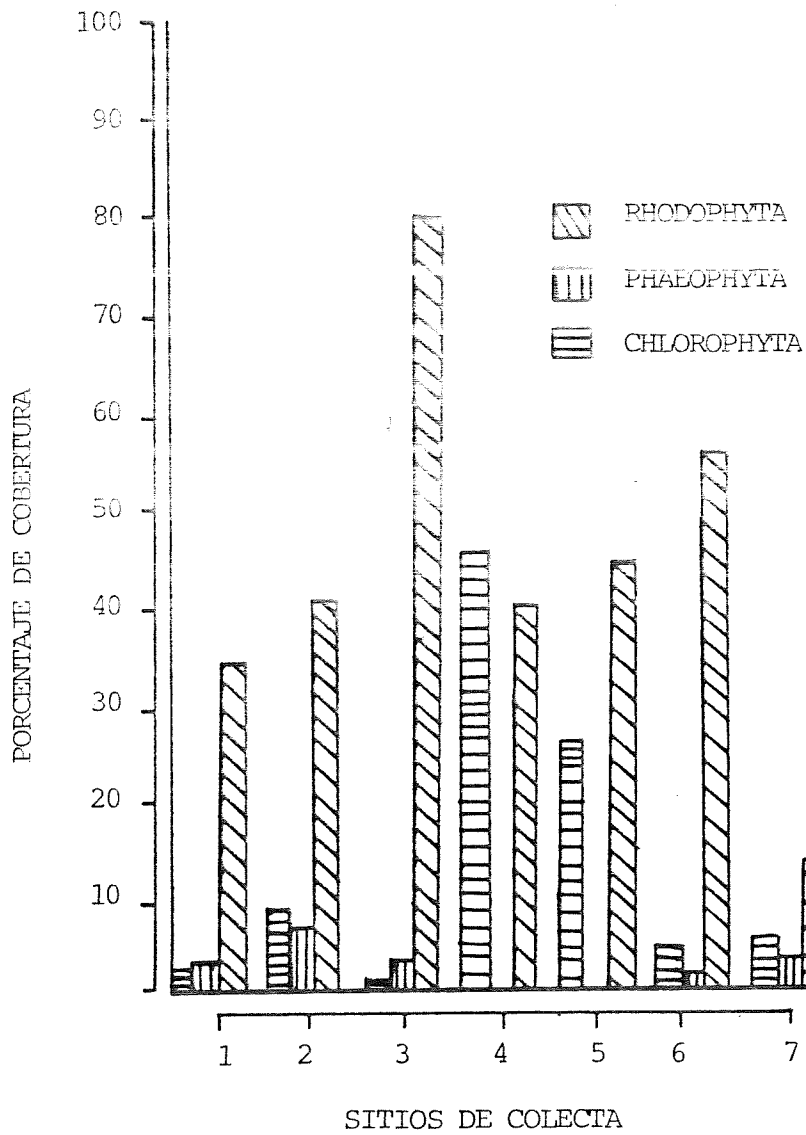


FIG. 7 REPRESENTACION DE LA COBERTURA TOTAL POR DIVISION TAXONOMICA Y SITIO DE MUESTREO PARA MAYO.

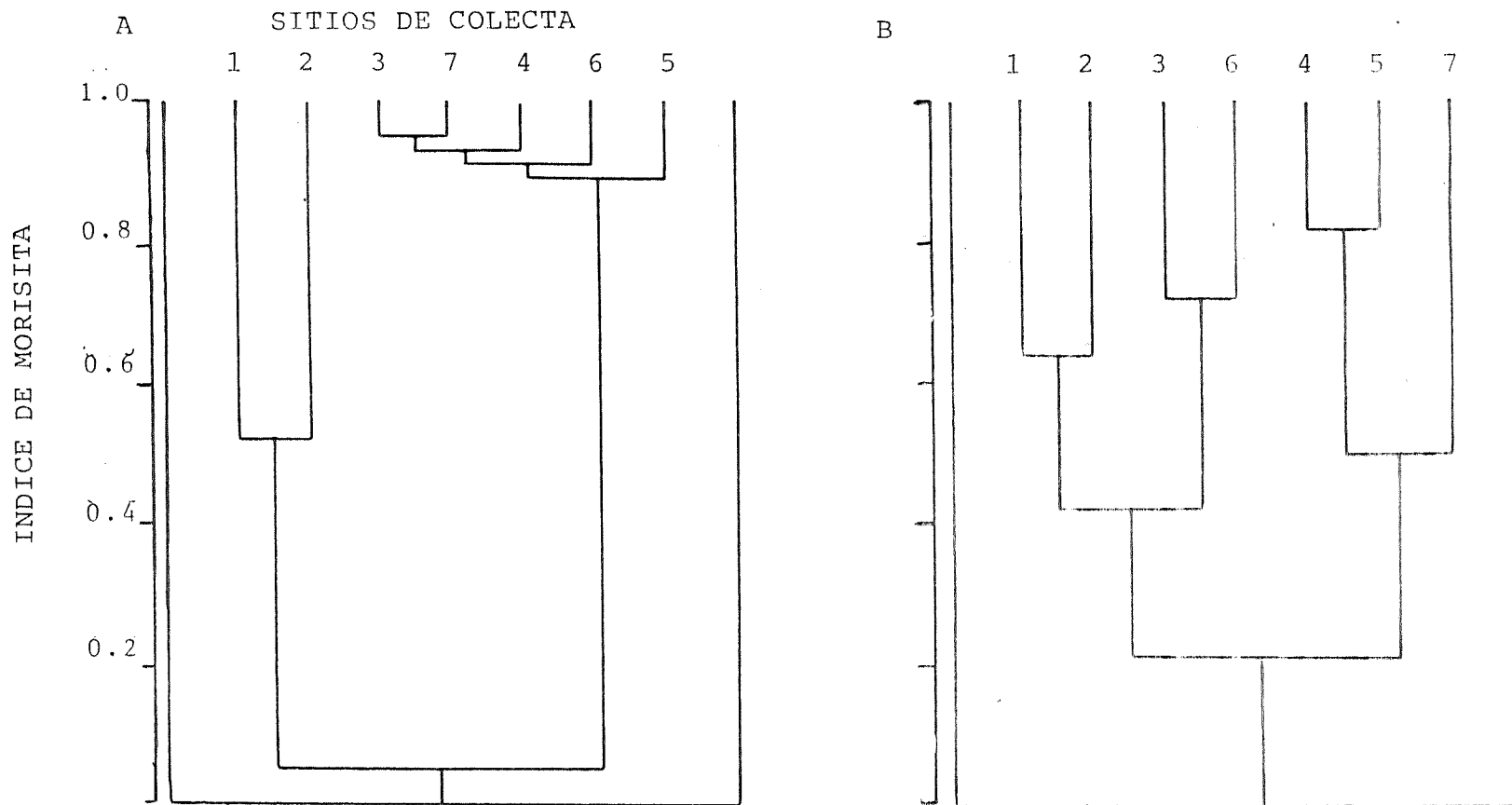


FIG. 8 DENDROGRAMA DE LA AGRUPACION DE SITIOS DE MUESTREO PARA CADA PERIODO, SEGUN EL INDICE DE MORISITA. A. FEBRERO B. MAYO

La Figura 9, muestra la variación espacial de diversidad y dominancia para cada período de muestreo, donde se observa que conforme nos aproximamos a la zona de descarga disminuye la diversidad y aumenta la dominancia; además se muestra la Diversidad Máxima de Shannon-Wiener ( $H'$  max) para cada sitio para saber la máxima diversidad cuando las abundancias se reparten equitativamente entre las especies.

#### INDICE DE VALOR BIOLÓGICO.

La Figura 10, muestra el IVB de las especies para cada sitio de muestreo en ambos períodos, indicando el número de especies representativas considerando el 95% de abundancia acumulativa, mostrando que los sitios 4 y 5 tienen el menor número de especies dominantes respecto al resto de los sitios de muestreo.

Las especies más dominantes para el sitio 1 fueron: Gigartina canaliculata con 7% de cobertura, Ulva costata con 2.5% y Egregia menziesii con 2%. Para el sitio 2, Gigartina leptorhynchos con 6.5%, G. canaliculata 6.3% y Porphyra perforata con 15%. El sitio 3, Gigartina leptorhynchos 22.4%, Egregia menziesii 7.3% y Gracilaria sjoestedtii 20.7%. Para el sitio 4, Ulva californica 64%, G. leptorhynchos 20.4% y G. canaliculata, 11.1%. Para el sitio 5, Ulva californica con 45.5%, Gigartina canaliculata

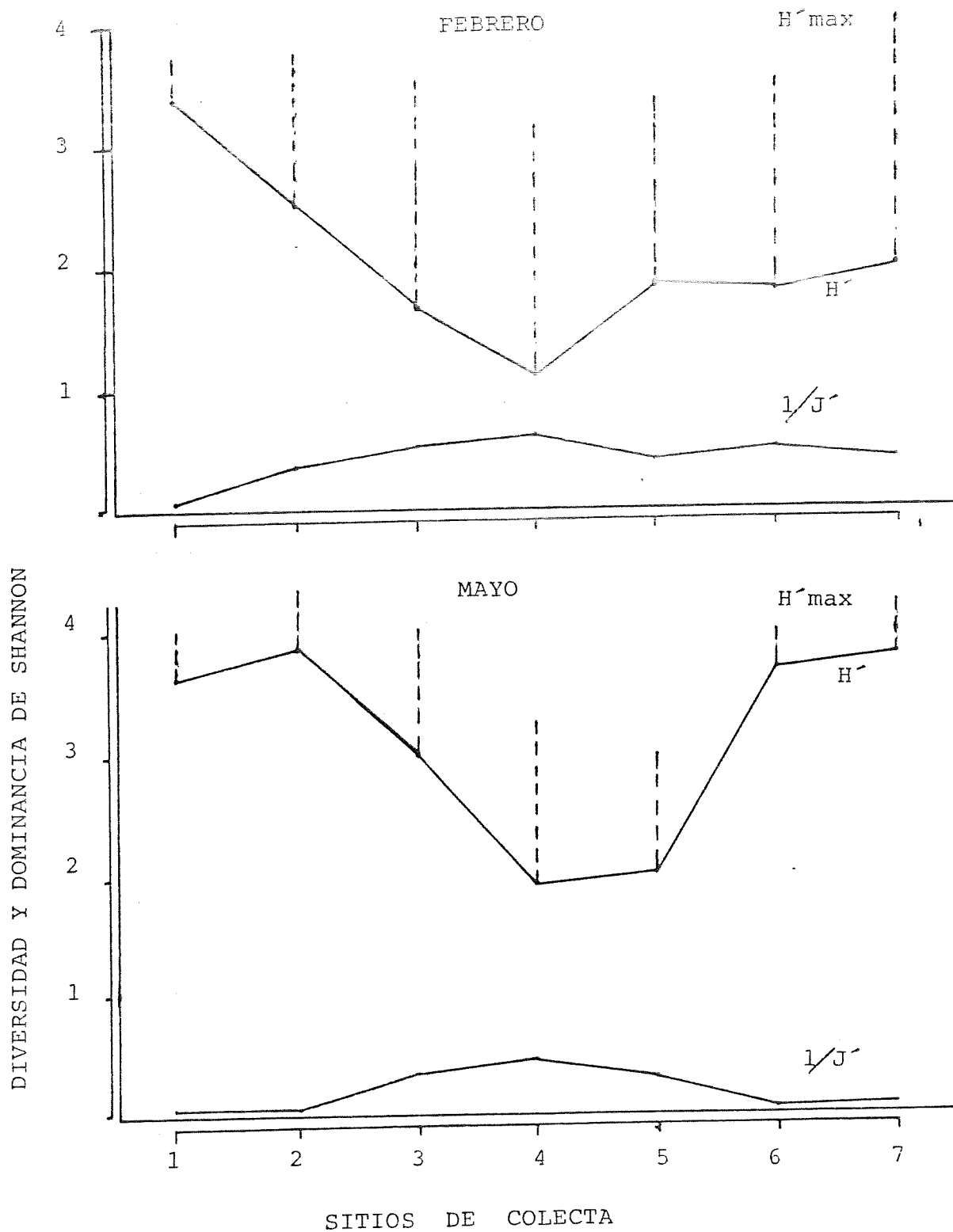


FIG. 9 VARIACION DEL INDICE DE DIVERSIDAD ( $H'$ ) Y DOMINANCIA ( $1/J'$ ) DE SHANNON-WIENER PARA CADA SITIO Y PERIODO DE MUESTREO.

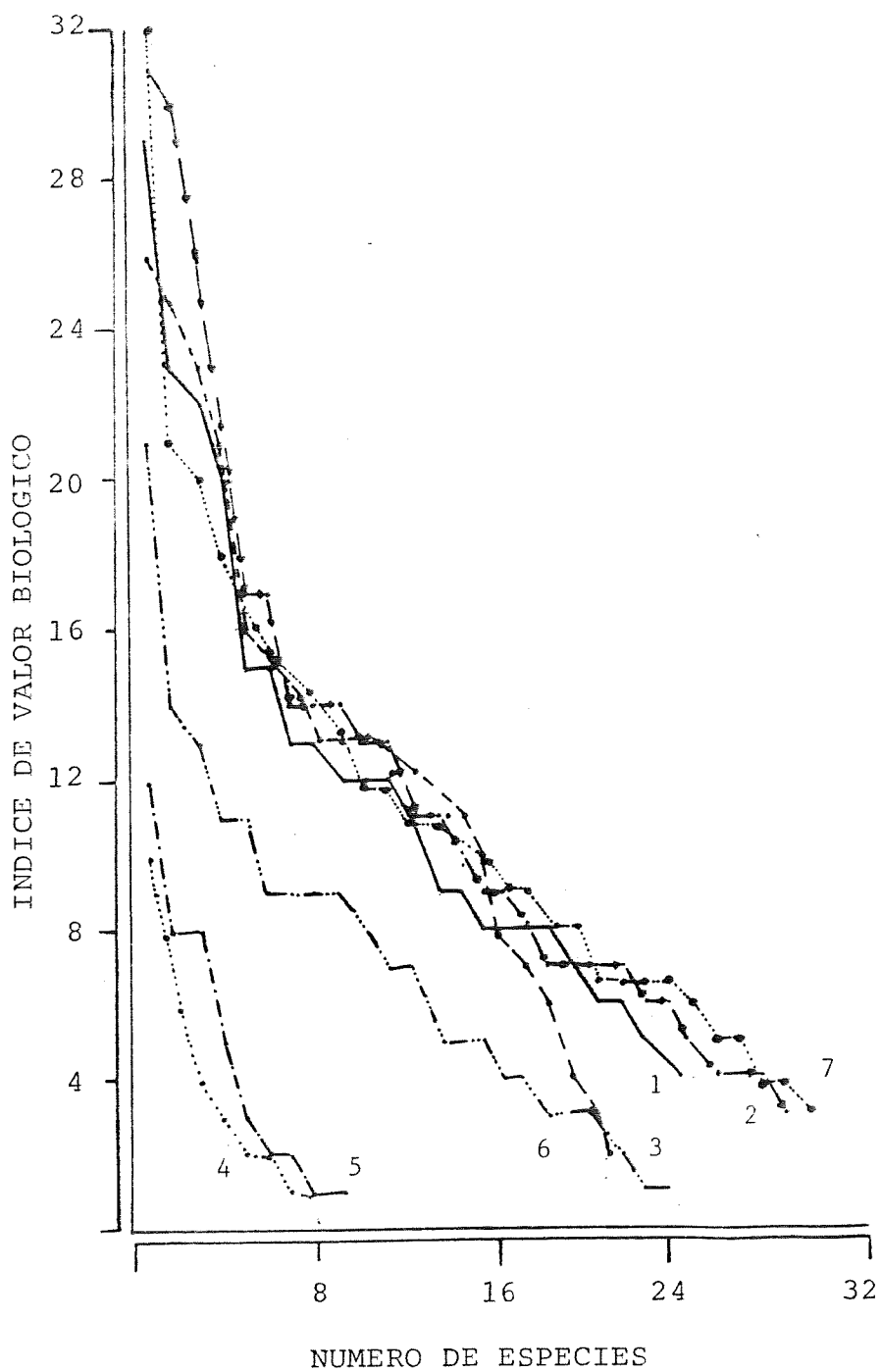


FIG. 10 INDICE DE VALOR BIOLÓGICO DE LAS ESPECIES MAS REPRESENTATIVAS A NIVEL DE 0.95 PARA CADA SITIO DE MUESTREO ENTRE FEBRERO Y MAYO.

17.1% y G. leptorhynchos 20.4%. Para el sitio 6, Gracilaria sjoestedtii 8.2%, Prionitis liayii 5.0% y Corallina vancouveriensis con 6.2%. Y para el sitio 7 Ulva californica 38.8%, G. leptorhynchos 8.7 y G. canaliculata 1.4 de cobertura.

## DISCUSION.

El número de especies de macroalgas encontradas en el área de estudio fue de 55, de las cuales 43 son algas rojas (RHODOPHYTA), siete son algas verdes (CHLOROPHYTA), y cinco son algas pardas (PHAEOPHYTA) (Tabla I).

Otros estudios realizados en Punta Bandera por Pacheco - Ruíz (1982), Pacheco - Ruíz y Aguilar - Rosas (1984), Aguilar - Rosas y Pacheco - Ruíz (1986) reportan 60 especies de algas rojas, 10 de algas verdes y ocho de algas pardas, lo que representa un ligero decremento en el número de especies para el área de estudio, lo cual se debe a que nuestro estudio considera solo macroalgas cuantificables desde el 1% y los estudios anteriores toman en cuenta además a las algas con coberturas menores al 1%.

Estudios realizados en la costa noroccidental de Baja California por Aguilar - Rosas (1981), Aguilar - Rosas (1982), Urbieta - González (1982), Bórquez - Garcés (1982) y Aguilar - Rosas M. (1982), muestran un alto número de especies en zonas expuestas no influenciadas por descargas de origen humano, correspondiendo los porcentajes más altos a las Rhodophyta, seguido por las Phaeophyta y por último las Chlorophyta. Al comparar los resultados del presente estudio con los trabajos anteriores, se muestra una diferencia en cuanto al orden por División, siendo las

Rhodophyta las de mayor número de especies, seguidas por las Chlorophyta y por último las Phaeophyta (Tabla I). Esta variación en el orden de proporción del número de especies de algas verdes, puede deberse a que el área contaminada por descargas (sitio 4), presenta condiciones favorables al desarrollo de algas verdes. Al respecto Borowitzka (1972), encontró que la adición de nitratos y fosfatos provenientes de las descargas de aguas negras probablemente favorece el crecimiento de algas verdes, y que los detergentes afectan la permeabilidad de la membrana celular siendo tóxicos para algunas algas, y sugiere además que la reducción en el número de especies de Phaeophyta y Rhodophyta sea el resultado de tales efectos.

La sistemática de las algas identificadas, está en concordancia con la flora reportada por Abbott y Hollenberg (1976), para las costas de California. El hecho de encontrarse especies similares en el área de estudio, se puede explicar por la similitud de las condiciones ambientales entre la costa de Baja California y California, y a que ambas son influenciadas por la corriente de California (Wyllie, 1966).

En las Figuras 2, 3 y 4, el número de especies de algas pardas y rojas muestran una tendencia a disminuir hacia la zona de descarga (sitio 4), y el número de

especies de algas verdes tiende a mantenerse más constante en todos los sitios de muestreo. Este comportamiento se atribuye a los posibles efectos de la alta contaminación orgánica de la zona de descarga (Figura 11). Al respecto algunos autores como Borowitzka op. cit. y Munda (1974) encontraron que conforme la contaminación se incrementa provoca cambios en la composición y biomasa de especies de algas bentónicas, favoreciendo el desarrollo de algas verdes y afectando a las rojas y pardas.

En las Figuras 3 y 4, se puede observar un notable aumento del número de especies de Rhodophyta por sitio entre el período de Febrero y Mayo, presentando Mayo un número mayor de especies debido a la presencia de Grateloupia doryphora , Grateloupia prolongata , Callophyllis linearis , Neoagardhiella baileyi , Gymnogongrus linearis , Polysiphonia sp. y Laurencia splendens entre otras. Esta tendencia se debe a las condiciones favorables de primavera presentes en este período, que traen como consecuencia un enriquecimiento de nutrientes, baja temperatura por eventos de surgencias, un aumento de horas luz del día y la disminución de la energía del oleaje. Las condiciones de invierno, desfavorecen el éxito de la fijación de nuevos organismos al sustrato debido principalmente a la acción de alta energía del oleaje.

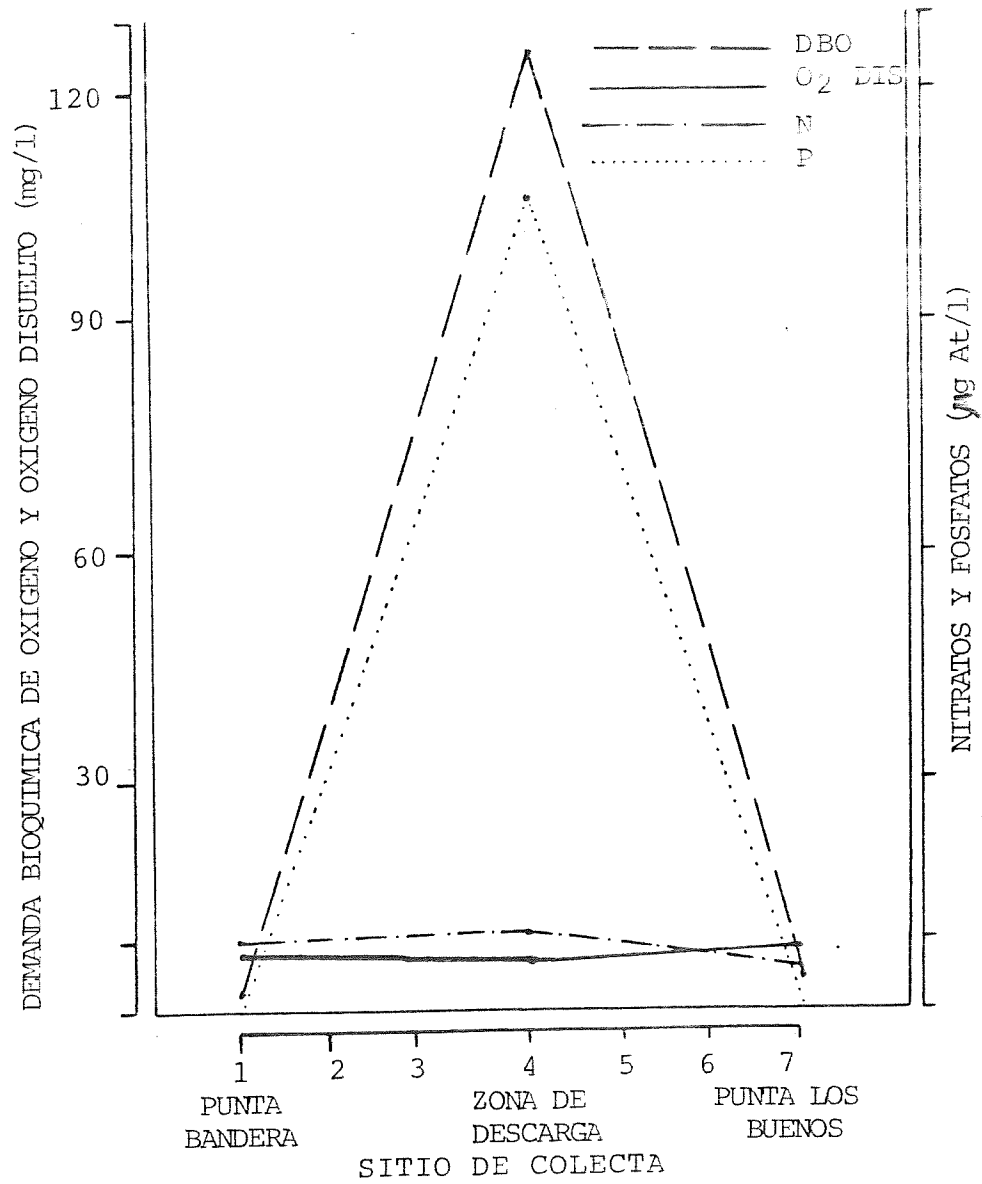


FIG.11 VALORES PROMEDIO DE LOS PARAMETROS DE LA CONTAMINACION ORGANICA DEL AREA DE ESTUDIO (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS-U.A.B.C. FEBRERO, 1987).

A partir de los datos de presencia-ausencia contenidos en la Tabla II, se obtuvieron los dendrogramas que agrupan a los sitios de mayor similitud utilizando el coeficiente de Jaccard (Fig. 5). Los dendrogramas de Febrero y Mayo agrupan los sitios a un nivel de similitud muy bajo, esta disimilitud se debe al gran número de especies de ocurrencia ocasional que se presenta en los diferentes sitios de colecta, y en consecuencia hace que la composición de especies sea diferente. Entre las especies de ocurrencia ocasional tenemos a Ulva lactuca , Cystoseira osmundacea , Halydris dioica , Grateloupia prolongata , Lithothrix aspergillum , Prionitis lanceolata , Gymnogongrus linearis e Iridaea cordata entre otras (Tabla II).

La Tabla II, presenta además de la distribución de las especies, su cobertura promedio de donde se generan las Figuras 6 y 7, que muestran que para el sitio 4 se presenta la mayor abundancia de Chlorophyta seguida de Rhodophyta y por último Phaeophyta. y conforme nos aproximamos a los sitios 1 y 7 ( los sitios más alejados de la descarga) las Rhodophyta son más abundantes que las Chlorophyta y Phaeophyta. La tendencia de las Chlorophyta de aumentar en abundancia hacia la zona de descarga, se atribuye a los altos valores de contaminación orgánica encontrados en la zona de estudio (Figura 11). Esta

tendencia ha sido explicada por Golubic (1970) y Hoyle (1975), indicando altas abundancias de las algas verdes como Ulva y Enteromorpha en sitios afectados por contaminación orgánica.

Los dendrogramas de la Figura 8, muestran los sitios de mayor similitud para Febrero y Mayo, según el índice de Morisita.

En Febrero se distingue un grupo de sitios con alta similitud florística (3, 7, 4, 6 y 5), a un nivel de 0.88 debido a la presencia y abundancia de especies en común. Esto se asume que es debido a las condiciones físicas adversas que se presentan en Invierno (González - Calvillo, en prensa), como la alta energía del oleaje; que trae como consecuencia un efecto de abrasión sobre la zona costera, afectando el desarrollo y fijación de organismos, y permitiendo que solo las especies más tolerantes sobrevivan. Los sitios de muestreo se ven alterados por este factor, presentando una igualdad de condiciones físicas que repercute en una alta similitud en la composición y abundancia de especies, agrupando así a los sitios de muestreo. Sin embargo para mayo desaparece la época de tormentas y disminuye la acción del oleaje, por lo que se asume que el medio ambiente tiende a estabilizarse, permitiendo la colonización y desarrollo de los organismos.

Bajo estas condiciones el medio permite que se forme un patrón de agrupamiento de sitios con similar composición florística, en la que se hace evidente el efecto de dispersión de la contaminación (Fig. 11), hacia los sitios más alejados de la descarga, agrupándose por un lado los sitios 4 y 5 a un alto nivel de similitud (0.83) y los sitios 3,6 y 1,2 a un nivel más bajo de similitud (Fig. 8).

La variación del índice de diversidad ( $H'$ ) y dominancia de Shannon-Wiener ( $1/J'$ ), para febrero y mayo se muestra en la Figura 9, donde se puede observar que la diversidad disminuye su valor conforme se acerca a la zona de descarga (sitio 4), presentando la dominancia un comportamiento contrario.

Los sitios 1 y 7, son los más alejados a la zona de descarga, y presentan los valores más altos de diversidad y más bajos de dominancia, esto se atribuye al posible efecto de los valores de la contaminación orgánica, que tiende a disminuir hacia los sitios más alejados de la descarga (sitio 4), donde los valores de los parámetros DBO, nitratos y fosfatos son mayores, y el oxígeno disuelto tiene menor valor (Figura 11).

Los altos valores de cobertura y la disminución del número de especies, determina la disminución de la

diversidad hacia la zona de descarga, ejerciendo Ulva californica y Gigartina leptorhynchos un control sobre las especies asociadas. El comportamiento observado de la diversidad y dominancia de especies para el área de estudio, coincide con los reportes de Borowitzka (1971) y Littler y Murray (1978), indicando que cuando las comunidades bentónicas son afectadas por la contaminación, la diversidad de especies decrece, mientras que la abundancia de especies tolerantes se incrementa originando altos valores de dominancia.

En estudios realizados en California por Littler y Murray (1975), encontraron una concentración de oxígeno disuelto en la descarga de 5.5 mg/l y entre 7-8 mg/l el rango típico para aguas superficiales oceánicas no contaminadas, además un DBO en la descarga oscilando entre 90-405 mg/l, con un promedio de 223 mg/l, que es un rango típico de descargas sin tratamiento. Para el presente trabajo, los valores reportados para la zona de descarga son similares (Figura 11), por lo que se sugiere que la contaminación del área de estudio ejerce un efecto directo en la distribución y abundancia de las macroalgas, ya que la materia orgánica puede ocasionar ambientes anóxicos y de baja diversidad o aumentos en la abundancia de especies tolerantes afectando la estabilidad de las poblaciones (Munda 1974; Read et al. 1983). Además disminuye la

penetración de la luz afectando la fotosíntesis y cubriendo el sustrato disponible para la fijación de nuevos organismos (Dugan, 1972; Hoyle, 1975).

Un criterio para determinar cuales son las especies más representativas de cada sitio de muestreo es el Índice de Valor Biológico, que considera además de la abundancia de cada especie (cobertura), su constancia en el espacio (distribución espacial) (Sanders, 1960). La ordenación de las especies en base a sus abundancias indica que para el sitio 4, las especies más representativas fueron: Ulva californica y Gigartina leptorhynchos, donde la primera presenta una alta dominancia (Figura 10). El número de especies representativas aumenta conforme nos alejamos del sitio 4, ya que las abundancias están mejor distribuidas y es menor la dominancia de las especies. Para las zonas 4 y 5 existe el menor número de especies dominantes, es decir, pocas especies con altas coberturas, esto está determinado por la acumulación de materia orgánica en el sitio 4, que favorece la abundancia de especies tolerantes a la contaminación. En la Figura 10, se observa que los valores más bajos del IVB corresponden a las zonas con menor número de especies representativas. Al respecto Murray y Littler (1984), reportan a Gigartina leptorhynchos y Gigartina

canaliculata como especies muy abundantes y representativas de zonas de entremareas expuestas a contaminación por materia orgánica.

La dominancia de especies se altera por la presencia de estimulantes en la descarga (nutrientes) (Littler y Murray, 1975), un efecto crítico pudiera incrementar el stress ambiental, estando las algas verdes como organismos más tolerantes. La ocurrencia de ciertos géneros como Ulva, Corallina y Gellidium se relaciona a la asimilación directa y utilización de aminoácidos disueltos en descargas orgánicas (North et al. 1972). Las tasas de producción de algas en áreas impactadas son más grandes que en los controles e indican poblaciones de rápido crecimiento, formas pequeñas y ciclos de vida más cortos y simples. Las macrofitas de zonas no impactadas indican una estructura de la comunidad relativamente madura, la diversidad de especies y abundancias es más alta y predominan las formas perennes con ciclos de vida más complejos, con más componentes estructurales (talo), y mayor heterogeneidad espacial (Littler y Murray, 1978). Estas macrofitas parecen ser especialistas de crecimiento más lento, con sus poblaciones reguladas principalmente por interacciones biológicas, tales como competencia interespecífica por luz y espacio.

El presente estudio muestra que la variación de la diversidad y dominancia es evidente hacia el Norte y Sur de la zona de descarga, mostrando diferencias en una corta distancia (1800 m), lo que sugiere que la contaminación orgánica ejerce un efecto local sobre la comunidad, puesto que la diversidad se ve favorecida al alejarse de la zona afectada. Esta observación permite suponer que el impacto no trasciende más allá de límites locales; sin embargo, es necesario considerar la posibilidad de que el aumento de la población de la Ciudad de Tijuana, produzca altos volúmenes de descargas que aumenten las proporciones de contaminantes tanto orgánicos como bacterianos, que pudieran ser fuentes potenciales de riesgos a la salud humana; al respecto Segovia - Zavala y Orozco (1986), encontraron altas concentraciones de bacterias coliformes en Punta Bandera con valores de 514/100 ml, valor que excede los límites establecidos por la legislación sanitaria Mexicana para aguas de uso recreativo. Esta zona es utilizada con fines turísticos y eventualmente para consumo de productos marinos.

Para evitar en el futuro trastornos ecológicos y de salud pública es necesario que las autoridades correspondientes tomen las medidas preventivas pertinentes, ya sea mejorar la eficiencia de las plantas de tratamiento o reciclando los desechos para otros usos. Los beneficios de

tomar en consideración la prevención de estos problemas incluye la seguridad de mantener un ambiente ecológico estable y evitar la destrucción de los recursos naturales, incluyendo las algas de importancia comercial. En términos económicos resulta costoso solventar el problema; sin embargo, es necesario para mantener un ambiente costero limpio y proteger los recursos naturales, la salud pública y la economía de la población.

## CONCLUSIONES

1 - La zona de descarga (Sitio 4), presentó la menor riqueza de especies y los valores más altos de cobertura de las macroalgas.

2 - La División Chlorophyta mostraron las mayores coberturas principalmente en la zona de descarga.

3 - El agrupamiento de los sitios más similares en composición y abundancia de especies para Febrero, se sugiere se deba principalmente a factores físicos y para Mayo principalmente a la contaminación orgánica.

4 - La disminución de la diversidad y los altos valores de dominancia para la zona de descarga, se atribuye al efecto de la contaminación orgánica.

5 - Las especies más representativas para la zona más contaminada fueron Ulva californica, Gigartina leptorhynchos y Gigartina canaliculata.

LITERATURA CITADA.

- Abbott A. I. y G. Hollenberg. 1976. Marine Algae of California. Stanford University Press, California, 827pp.
- Aguilar - Rosas, L. 1981. Algas Rojas (Rhodophyta) de la Bahía de Todos Santos, B.C. México. Ciencias Marinas 7(1): 85-101.
- Aguilar - Rosas, L. 1982. Ocurrencia de Algas Cafés (Phaeophyta) en la Bahía de Todos Santos, B.C. México. Ciencias Marinas 8(2): 25-37.
- Aguilar - Rosas, M. 1982. Un estudio sobre las algas marinas bentónicas de Baja California. Tesis Profesional. ESCM. UABC. 143 pp.
- Aguilar - Rosas, L.; R. Aguilar - Rosas; I. Pacheco - Ruíz; E. Bórquez - Garcés; M.A. Aguilar - Rosas y E. Urbietta - González. 1982. Algas de importancia económica de la región noroccidental de B. C., Méx. Ciencias Marinas. 8(1): 49-63.
- Aguilar - Rosas L. y H. Berstch. 1983. Algas verdes (Chlorophyta) de la Bahía de Todos Santos, B.C. Méx. Ciencias Marinas 9(1): 111-123.

- Aguilar - Rosas R.; I. Pacheco - Ruíz y L. Aguilar - Rosas. 1984. Nuevos registro y algunas notas para la flora algal marina de la costa noroccidental de B.C. Méx. Ciencias marinas 10(2): 159-166.
- Aguilar - Rosas L. y I. Pacheco - Ruíz. 1985. Nuevos registros y ampliación del rango geográfico para algas marinas de la costa del Pacífico de B.C. Méx. Ciencias Marinas 11(2): 69-76.
- Aguilar - Rosas L.; E. Baltazar - Valenzuela e I. Pacheco - Ruíz. 1985. Las algas Bentónicas de la rada portuaria de Ensenada, B.C. Ciencias Marinas 11(3): 121-126.
- Aguilar - Rosas L. e I. Pacheco - Ruíz. 1986. Variaciones estacionales de las algas verdes (Chlorophyta) de la costa noroccidental de la Península de B.C. Ciencias Marinas 12(1): 73-78.
- Baltazar - Valenzuela E. 1984. Estudio de Algas Marinas Bentónicas de la rada portuaria de Ensenada B.C. Méx. Tesis Profesional ESCM. UABC. 36pp.
- Bellamy D.J.; D.M. John; D.J. Jones; A. Satarkie and A. Whittick. 1972. The place of ecological monitoring in the study of pollution on the marine environment. En: Marine Pollution and Sea Life (Ruivo Ed.) Fishing News Book. London. FAO. 330-340.

- Boney A.D. 1978. Marine Algae as collector of iron ore dust. Mar. Poll. Bull. 9: 175-180. Pergamon Press.
- Borowitzka M.A. 1972. Intertidal algal species diversity and the effect of pollution. Aust. J. Mar. Freshwat. Res. 23:73-84.
- Bórquez - Garcés E. 1982. Estudio estacional de las algas bentónicas desde Punta Santo Tomás hasta Punta China, B.C. México. Tesis Profesional. ESCM. UABC. 80 pp.
- Brower E.J. y J.H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology W. M.C. Brown Co. Publis. Dubuque IOWA. 194 pp.
- Chapa - Saldaña H. y Guzmán del Pro. 1963. Notas sobre el aprovechamiento industrial de algunas agarofitas. Trab. de Div. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. 9(84): 1-32.
- Chávez - García M. 1975. Algunas condiciones de surgencia para el área adyacente a Punta Banda B.C. Tesis de Licenciatura ESCM. UABC. Ensenada B.C. 45 pp.
- Dawson E.Y. 1953. Marine Algae of Pacific Mexico. I Bangiales to Corallinaceae subf. Corallinoideae. Allan Hancock Pacific Coast Marine Algae Expeditions 17(1): 1-239.

- \_\_\_\_\_ 1954. Marine Red Algae of Pacific Mexico II  
Cryptonemiales . Allan Hancock Pacific Expedition.  
17(2): 241-397.
- \_\_\_\_\_ 1956. How to know the seaweeds. William C.  
Brown Co. Boduque IOWA. 197 pp.
- \_\_\_\_\_ 1960. Marine Red Algae of Pacific Mexico III.  
Cryptonemiales Corallinaceae subf. Melobesioidal.  
Pacific Naturalist 2(1): 1-25.
- \_\_\_\_\_ 1961. Marine Red Algae of Pacific Mexico IV.  
Gigartinales, Pacific Naturalist 2(5): 191-341.
- \_\_\_\_\_ 1962. Marine Red Algae of Pacific Mexico VII.  
Ceramiales. Ceramiaceae Delesseriaceae. Allan Hancock  
Pacific Expedition 26(1): 1-207.
- \_\_\_\_\_ 1963a. Marine Red Algae of Pacific Mexico V.  
The Genus Polysiphonia. Pacific Naturalist. 2(6):  
346-375.
- \_\_\_\_\_ 1963b. Marine Red Algae of Pacific Mexico VI.  
Rhodymeniales Nova Hedwigia 5: 473-476.
- \_\_\_\_\_ 1963c. Marine Red Algae of Pacific Mexico VIII.  
Ceramiales. Dasyaceae. Rhodomelaceae. Pacific Natural-  
ist 6: 401-481.
- Dugan P.R. 1972. Biochemical Ecology of Water Pollution .  
Plenum Press. New York. 78 pp.

- Golubic S. 1970. Effects of organic pollution of benthic communities. Mar. Poll. Bull. 1(4): 56-57.
- Gómez J.V. y H.S. Vélez. 1982. Variaciones estacionales, temperatura y salinidad en la region costera de la Corriente de California. Ciencias Marinas 8(2): 7-24
- González-Calvillo A. y L. A. Cupul-Magaña. 1987. Causas de erosión en Playas de Tijuana B.C. durante el período 1975-1985. Ciencias Marinas (en prensa).
- González L.J. 1979. Ficoflora litoral de la region de Ensenada B.C. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias UNAM.
- Guzmán del Pro, De la Campa de G. y P. Barrera. 1974. La cosecha de algas comerciales en Baja California. Serie de Divulgación. Inst. Nal. Pesq. Méx.
- Hollenberg J. 1961. Marine Red Algae of Pacific Mexico. V. The genus Polysiphonia. Pac. Naturalist. 2(5-6): 345-375.
- Hoyle M.D. 1975. The literature pertinent to the red algae genus Gracillaria in Hawaii. Technical Report No. 3 Marine Agronomy U.S. Sea Grant Progr. Univ. of Hawaii. 340 pp.
- Johnston C. S. 1972. Macroalgae and their environment. Proc. Roy. Soc. Edinb.(B) 71: 196-207.

- Levine H.G. 1984. The use of seaweeds for monitoring coastal waters. En : Shubert L.E. Ed. Algae as ecological indicators. Acad. Press. 189-210 p.
- Littler M.M. y S.N. Murray. 1975. Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. Mar. Biol. 30: 277-298.
- Littler M.M. y S.N. Murray. 1978. Influence of domestic wastes on energetic pathways in rocky intertidal communities. J. of Appl. Ecol. 15:583-595.
- Maher W.A. y S.M. Clarke. 1984. The occurrence of arsenic in selected marine macroalgae from two coastal areas of south Australia. Mar. Poll. Bull. 15(3): 111-112.
- Martínez - Piceno F. 1985. Variación anual de la macroflora de entremareas en una zona contaminada de la Bahía de Todos Santos. Tesis Profesional ESCM UABC. 68 pp.
- Munda I. 1974. Changes and succession in the benthic algal association of slightly polluted habitats. Rev. Int. Oceanogr. Med. 34: 37-52.
- Murray S.N. y M.M. Littler. 1984. Analysis of seaweed communities in a disturbed rocky intertidal environment near Whites Point, Los Angeles Calif. U.S.A. Hydrobiologia 116/117, 374-382.

- North W.J.; G.C. Stephens y B.B. North. 1972. Marine algae and their relation to pollution problems. En: Marine pollution and sea life. Ruivo Ed. Fish. New Books. London. 330-340 p.
- Pacheco - Ruíz I. 1982. Algas pardas (Phaeophyta) de la costa del Pacífico de la Bahía de Todos Santos y la frontera con Estados Unidos de América. *Ciencias Marinas*. 8(1): 64-77.
- Pacheco - Ruíz I. y L. E. Aguilar - Rosas. 1984. Distribución estacional de Rhodophyta en el noroeste de Baja California. *Ciencias Marinas*. 10(3): 67-80.
- Read P.A.; K.J. Anderson; J.E. Matthews; P.G. Watson; M.C. Halliday y G.M. Shiells. 1983. Effect of pollution on the benthod of the Firth of Forth. *Mar. Poll. Bull.* 14(1): 12-16,
- Rygg B. 1985. Distribution of species along Pollution-induced diversity gradients in benthic communities in Norwegian Fjords. *Mar. Poll. Bull.* 16(12): 469-476.
- \_\_\_\_\_ 1986. Heavy-metal pollution and long-normal of individuals among species in benthic communities. *Mar. Poll. Bull.* 17(1): 31-36.

Sanders H.L. 1960. Benthic studies in Buzzards Bay III. The structure of the soft-bottom community. Limnol. Oceanog. 5: 138-153.

Sañudo - Wilhemy S.A. y C.E. Suárez. 1982. Carga orgánica de las aguas negras municipales de la Cd. de Tijuana B.C. Ciencias Marinas 8(2): 155-156.

---

1984. Variación de la carga orgánica de las aguas negras residuales de la Cd. de Tijuana B.C. Ciencias Marinas 10(2): 107-118.

Segovia - Zavala J.A. 1982. Estudio de contaminación por materia orgánica en la zona industrial del Sauzal, B.C. Tesis Profesional. ESCM UABC. Ensenada B.C. 96 pp.

Segovia - Zavala J.A. y M.S. Galindo - Bect. 1984. Fuentes de contaminación por materia orgánica en la Bahía de Todos Santos B.C. Caracterización y eficiencia de la planta de tratamiento de aguas negras de Ensenada B.C. Ciencias Marinas 10(1): 19-32.

Segovia - Zavala J.A. y M.V. Orozco. 1986. Calidad bacteriológica del agua de mar en la zona costera noroccidental de Baja California México. Ciencias Marinas. 12(1): 93-102.

Setchell W.A. y N.L. Gardner. 1924. The marine algae of the  
pacific coast of North America. Univ. Ca. Press.  
Berkeley Ca. Vol. VIII P. III: 387-711.

---

\_\_\_\_\_ 1930. Marine algae of the  
Revillagigedo Island Expedition in 1925. Univ. Ca.  
Publ. Bot. 19:109-205.

---

\_\_\_\_\_ 1937. A preliminary report  
on the algae . The Crocker Expedition on the Ca. Acad.  
of Sciences. 1932. Proc. Calif. Acad. of Sci. 4th. Ser.  
22: 65-98.

Skeen de Alba L.M. 1985. Variaciones estacionales y  
espaciales de la macroflora marina del intermareal  
rocoso semiexpuesto de la Bahía de Todos Santos B.C.  
México. Tesis Profesional. ESCM UABC. 73 pp.

Sverdrup H.V., M.W. Johnson y R.H. Fleming. 1942. The  
Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology.  
Prentice Hall. Inc. New York. 1087 pp.

Urbieta - González E. 1982. Estudio estacional de las  
algas bentónicas de la costa del Ejido Eréndira B.C.  
Tesis Profesional. ESCM. UABC. 113 pp.

Ureña - Portales E. 1986. Transporte litoral paralelo a la costa en Playas de Tijuana, B.C. Tesis Profesional. Fac. Ciencias Marinas UABC. Ensenada B.C.

46 pp.

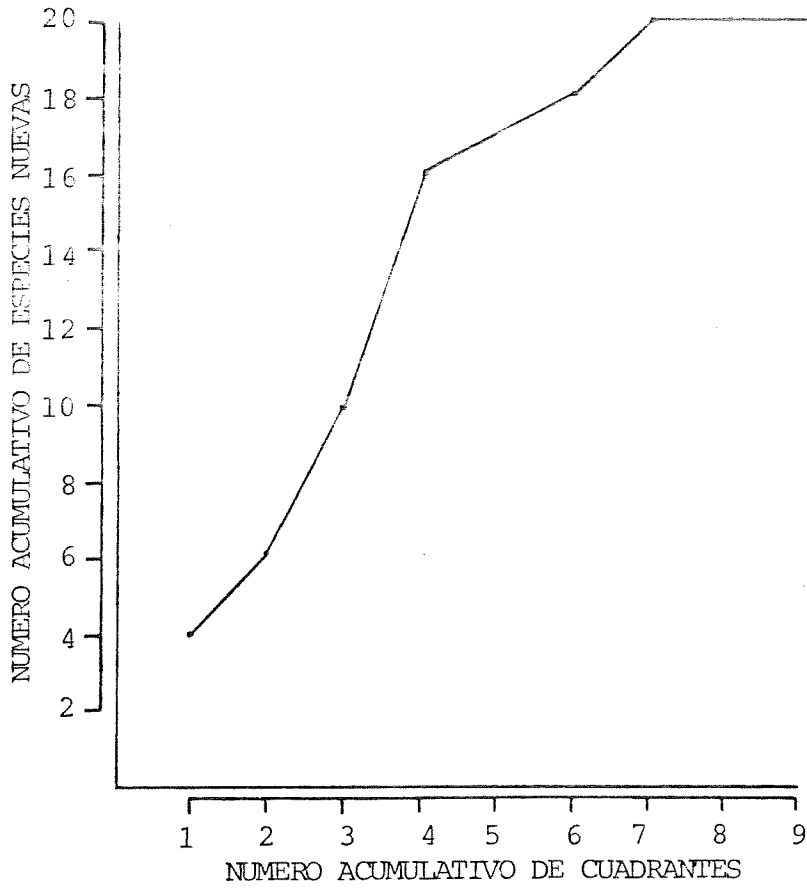
Warren E.C. 1971. Biology and water pollution control, kinds of water pollution W.B. Saunders. Philadelphia.

57-63 p.

Wyllie J.G. 1966. Geostrophic Flow of the California Current at the surface and at 200 m. CALCOFI Atlas. No.

4 288 pp.

APENDICE 1



CURVA ACUMULATIVA DE ESPECIES  
CONTRA NUMERO ACUMULATIVO DE  
MUESTRAS FISICAS