Algas Marinas

PRIMER SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CAPACITACION PESQUERA

IDRC
CIID

CENTRO INTERNACIONAL
DE INVESTIGACIONES
PARA EL DESARROLLO

CANADA

ARCHIV
53321

53321

IDRC - Lib

PRIMER SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CAPACITACION PESQUERA

BIBLIOTHÈQUE DU CRDI - IDRC LIBRARY
OTTAWA
5 II 1991

ARCHIV
582.26
S4
1990

IDRC
CIID
CANADA

CENTRO INTERNACIONAL
DE INVESTIGACIONES
PARA EL DESARROLLO

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
LABORATORIO DE ALGAS

PROGRAMA DE ASISTENCIA
E INVESTIGACION SOCIAL

3- P. 89-0140

ALGAS MARINAS

LABORATORIO DE ALGAS,
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

EDITOR

KRISLER ALVEAL VILLENA

COMITE EDITOR

CAMILO WERLINGER IBAÑEZ
MARIO NUÑEZ ORELLANA
ANDREA ASTE VON BENNEWITZ
JORGE VALENZUELA GALLARDO (C I I D)

PRIMER SEMINARIO LATINOAMERICANO
DE CAPACITACION PESQUERA
Editor Krisler Alveal V

Marcia Vargas M diseño y dibujos
Mariela Vasquez F y Monica Donoso D dactilografia
Kristian Alveal, dibujos

Composicion/Impresion
EDITORA ANIBAL PINTO S A,
Maipu 769 Concepcion Chile

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID, de Canada, su patrocinio para la realizacion del Primer Seminario Latinoamericano de Capacitacion Pesquera, en cuyo contexto se publica el Capitulo de Algas Marinas Al Dr Ramon Buzeta B, por el apoyo y gestion para impulsar este evento y la presente publicacion bajo el Proyecto Transferencia de Tecnologia Pesquera en America Latina, CIID — BIOTECMAR

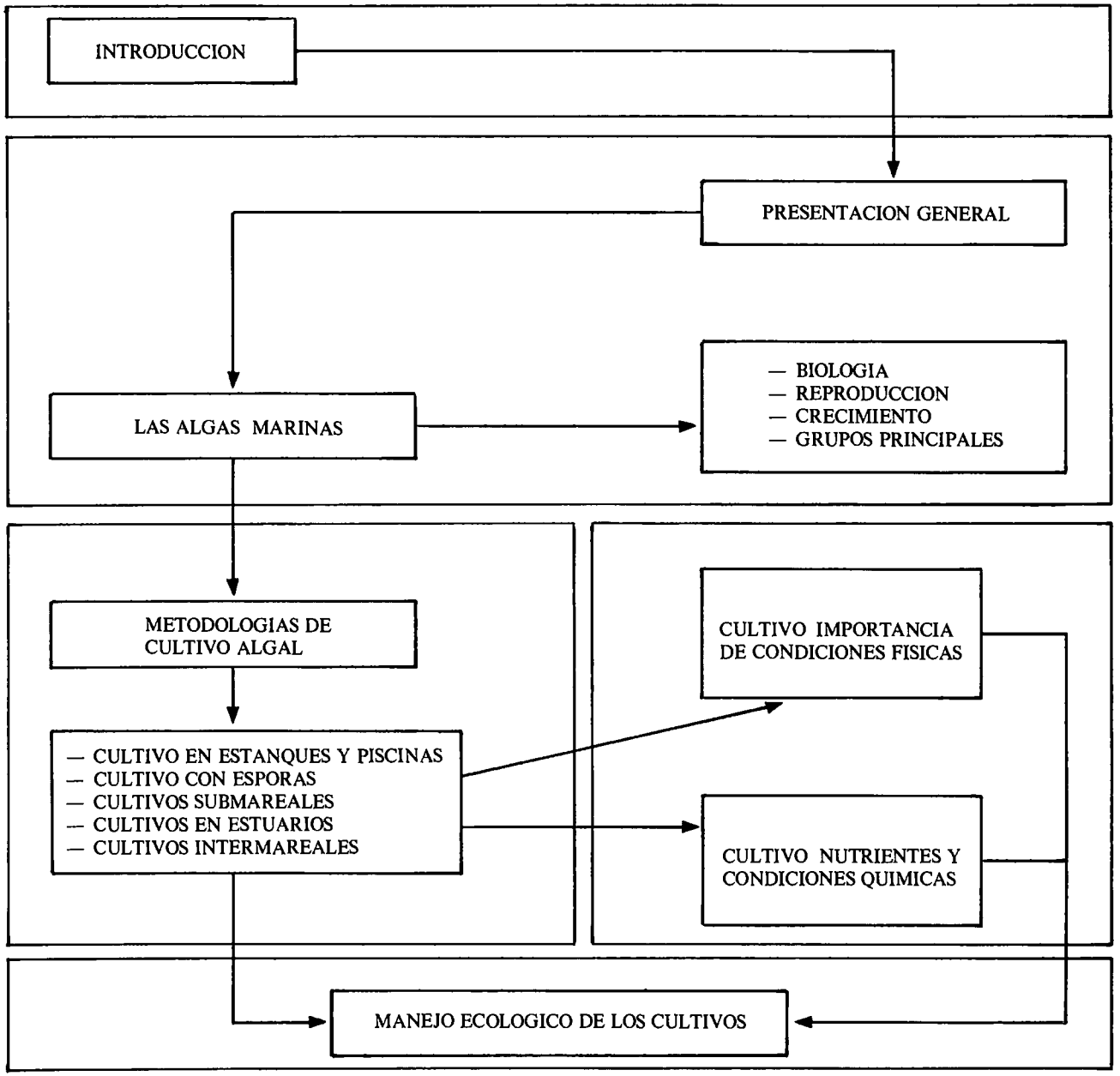

INTRODUCCION
PRESENTACION GENERAL
LAS ALGAS MARINAS
— BIOLOGIA
— REPRODUCCION
— CRECIMIENTO
— GRUPOS PRINCIPALES
METODOLOGIAS DE CULTIVO ALGAL
— CULTIVO EN ESTANQUES Y PISCINAS
— CULTIVO CON ESPORAS
— CULTIVOS SUBMAREALES
— CULTIVOS EN ESTUARIOS
— CULTIVOS INTERMAREALES
CULTIVO IMPORTANCIA DE CONDICIONES FISICAS
CULTIVO NUTRIENTES Y CONDICIONES QUIMICAS
MANEJO ECOLOGICO DE LOS CULTIVOS

TABLA DE MATERIAS

		Pag
I	INTRODUCCION	13
II	PRESENTACION	15
III	ALGAS MARINAS (Biologia, Reproduccion y Crecimiento)	19
1 0	CARACTERISTICAS GENERALES	19
2 0	CRECIMIENTO	19
3 0	PRODUCTOS DE RESERVA	22
4 0	HISTORIA VITAL (CICLOS DE VIDA)	22
5 0	PROPAGACION (REPRODUCCION) VEGETATIVA	25
6 0	REPRODUCCION ASEXUADA	25
7 0	REPRODUCCION SEXUADA	25
8 0	ORGANIZACION Y ESTRUCTURA	27
9 0	GRUPOS PRINCIPALES	28
9 1	Bacillariophyta	28
9 2	Cyanophyta o Cianobacterias	33
9 3	Chlorophyta o algas verdes	35
9 4	Phaeophyta o algas pardas	37
9 5	Rhodophyta o algas rojas	40
9 6	Manejo de la Informacion	43
10 0	USOS Y PRODUCTOS DE LAS ALGAS MARINAS	43
10 1	Agar	44
10 2	Acido alginico	45
10 3	Carragenina o carragenano	45
IV	METODOLOGIA DE CULTIVO ALGAL	47
1 0	ANTECEDENTES GENERALES	47
2 0	CULTIVOS EN ESTANQUES Y PISCINAS	49
3 0	CULTIVOS MEDIANTE ESPORAS	51
4 0	CULTIVOS EN NIVELES SUBMAREALES	53
4 1	DICHATO. CARACTERISTICAS DEL AREA	53
4 1 1	Composicion del sedimento del sector de plantacion	54
4 1 2	Fluctuaciones del sustrato	54
4 1 3	Salinidad, Temperatura y Transparencia	54

4 1 4 Flora presente 55
4 1 5 Fauna presente 56
4 1 6 Actividades previas a la plantacion 56
4 1 7 Plantacion de *Gracilaria* 58
— Experimentos de plantado con fundas de 1 metro 59
— Experimentos de plantado con fundas de 50 cm 60
— Experimentos de plantado directo con buzos 60
— Experimentos de plantado directo con varas 61
— Experimentos de plantado con cuerdas 62
4 2 CHILOE ACTIVIDAD DE PLANTACION 62
4 2 1 Metodo 62
4 2 2 Procedimiento 63
4 2 3 Costo operacional 64

5 0 CULTIVOS EN AMBIENTES ESTUARINOS 64
5 1 Batimetria del area 66
5 2 Composicion del sustrato (sedimentos) 66
5 3 Parcelacion de las areas de cultivo 66
5 4 Metodos de cultivo 66
a) Estacas 66
b) Piedras 68
c) Plantado directo 68
5 5 Observaciones periodicas 69
Biomasa 69
Talla 69
Densidad 69
5 6 Resultados 69
5 6 1 Sistema de estacas 69
5 6 2 Sistema de piedras 70
5 6 3 Sistema de plantado directo 70
5 6 4 Comportamiento del alga 70
Densidad 70
Talla maxima 70
Estructura de tallas 70
6 0 Cultivo Intermareal 70

V CULTIVO E IMPORTANCIA DE LAS CONDICIONES FISICAS 73

1 0 GRANULOMETRIA 73
1 1 Determinacion de las caracteristicas del sustrato Analisis Granulometrico 74
1 2 Ejemplo del calculo de Peso y Porcentajes de Fracciones en una muestra de sedimento 76

2 0 LUZ 79
2 1 Medicion de la luz 80
2 2 Efecto en las Algas 80
2 3 Importancia del Manejo de la Informacion 82

3 0 TEMPERATURA 83
3 1 Mediciones de Temperatura 85
3 2 Temperatura y Crecimiento de *Gracilaria* sp en con diciones controladas 86
3 3 Efecto de la Temperatura sobre la Fotosintesis 87
3 4 Temperatura y Ciclos de Vida 87

4 0 OLAS 88

5 0 MAREAS 90
5 1 Como determinar mareas 94
5 2 Mareografo 94
5 3 Procedimiento para calcular la Altura de Marea en un momento cualquiera 94
5 4 Las Mareas y su Importancia sobre las Algas Marinas 96

6 0 CORRIENTES 97
6 1 Aspectos generales 97
6 2 Manejo de la Informacion 101

7 0 CLIMA 102
7 1 Aspectos generales 102
7 2 El clima en Chile 102
7 3 Presiones y vientos 103
7 4 Precipitaciones 105

VI CULTIVOS, NUTRIENTES Y CONDICIONES QUIMICAS DEL MAR 107
1 0 ANTECEDENTES 107
2 0 IONES INORGANICOS 107
3 0 GASES DISUELTOS 107
3 1 Bioxido de Carbono CO_2 109
3 2 Oxigeno (O_2) en el agua de mar 110
3 2 1 Metodo de Winkler 111
3 2 2 Sonda de Oxigeno 111

4 0 NUTRIENTES 112
4 1 Nitrogeno 114
4 2 Silicio 115
4 3 Fosforo 116
4 4 Importancia de los nutrientes 116

5 0 SALINIDAD 117
5 1 Medición de la conductividad 117
5 2 Medicion de la Refracción 118
5 3 Medicion de la Densidad 119
5 4 Importancia de la Salinidad 119

VII MANEJO ECOLOGICO DE LOS CULTIVOS 121
1 0 RELACIONES ECOLOGICAS ENTRE AMCRO ALGAS Y ORGANISMOS MARINOS 121

2 0 PARASITISMO Y EPIFITISMO EN ALGAS COMERCIALES 122
2 1 Parasitismo 122
2 2 Epifitismo 123
2 2 1 Relación basofita epifito vegetal 123
2 2 2 Relacion basofita animales epifitos 125
2 2 3 Posibles formas de manejo de una poblacion epifitada 126
3 0 HERBIVORIA Y COMPETENCIA 127
3 1 Herbivoria sobre *Gracilaria* 127
3 2 Competencia 127

4 0 DISTRIBUCION ESPACIAL INTERPOBLACIONAL 128
4 1 Efectos Geograficos en la Produccion de *Gracilaria* 129

VIII FACTORES ANTROPICOS 131

ANEXO 133
I DETERMINACION DEL NITRATO REACTIVO 133
II DETERMINACION DEL NITRITO REACTIVO 137
III DETERMINACION DEL ION AMONIO 140
IV DETERMINACION DEL FOSFORO REACTIVO 144
V DETERMINACION DE SILICATOS INORGANICOS DISUELTOS 147
VI GLOSARIO 150

I

INTRODUCCION

La utilizacion de recursos marinos ha estado inserta como actividad rutinaria en las comunidades ribereñas desde hace milenios La extraccion de estos recursos paso de una actividad mesurada y armonica a otra intensa y drastica activada por tecnologias de extraccion y elaboracion que derivaron en violentas caidas de biomasa con el consiguiente impacto ecologico, economico y social

En cortos periodos, especies costeras variadas sufrieron colapsos y desapariciones, y su recuperacion como poblaciones viables aun es una incognita Las poblaciones humanas que dependian de su extraccion y comercializacion se han sustentado con muchas dificultades y muchas de ellas han migrado al desaparecer los recursos de apoyo

En el caso de muchos recursos marinos costeros es dificil lograr politicas o normas de manejo que aseguren su perduracion en el tiempo y en el espacio La ausencia de profesionales con instruccion y orientacion adecuadas es un componente importante de estos desastres junto a la falta de informacion a nivel extractivo pescador

En Chile, como respuesta a la sobreexplotacion de recursos, se han iniciado acciones de cultivos de moluscos, peces y algas, actividades que complementan eficientemente la recuperacion natural de las poblaciones Sin embargo, es necesario aportar informacion cientifico tecnica que asegure un buen manejo de estos recursos, los que en muchos casos estan sujetos a condiciones nuevas y especiales, por lo que el impacto del ambiente y en el ambiente precisa de conocimientos adecuados La introduccion de estos nuevos componentes, el esfuerzo, aporte economico y significado social, aconsejan ser en extremo cuidadoso

De manera creciente, entonces, se incentiva la utilizacion de areas costeras, lo que apunta directamente a la utilización optima del espacio, el cual no es ilimitado Diversificacion de recursos disponibles, tecnologias

y manejos adecuados, unidos a una comercialización y usos inteligentes, redundarán sin duda en una comunidad humana estable, dinámica y con grandes posibilidades de desarrollo

La entrega de información científico técnica y sus posibilidades de uso por un nivel técnico, se ha considerado básico para el personal que se desempeñara integrado a microsectores productivos en el área costera-marina

En este sentido, este curso utilizará el cultivo algal (*Gracilaria*) como modelo instruccional en la preparación de profesionales ligados a la producción costera y manejo de ellos

Como complemento a la información contenida en este texto guía, los profesores asistentes a este primer Seminario Latinoamericano entregarán información relacionada con comercialización y posibilidades de usos de otros recursos marinos, así como bases para el desarrollo social y utilización de tecnologías de pesca, cultivo y elaboración

Estos aspectos permitirán adecuarse a un Programa de Manejo Costero Integrado, como lo ha definido CIID como una vía para lograr el desarrollo de comunidades ribereñas

PRESENTACION GENERAL

Los antecedentes actuales permiten tener una buena vision de la situacion de *Gracilaria*, de su comportamiento, de la presion del ambiente y el importante rol que el pescador artesanal puede jugar en la dinamica del sistema, ya sea en su destruccion o en su sobrevivencia

Al respecto, debemos indicar que las bases para proteger y desarrollar este recurso son de caracter multiple e integrado, es un abanico de acciones y actitudes de orden cientifico, tecnico, administrativo, legislativo, economico y social, todas ellas bajo el marco de un diseño politico general en la esencia y en los hechos Es fundamentalmente etico y ecologico porque implica respeto y armonia con el entorno fisico y biologico, limpieza en el actuar, proyectado no solo al momento, sino hacia el futuro inmediato y mediato

El hombre en el uso de recursos renovables debe entender que no solamente esta frente a una poblacion biologica de la cual usufructua, sino que actua e influye tambien sobre el medio en el cual esta inserto Esta modificando hoy y mañana y quizá para siempre Debe entender que al extraer ese organismo, esta dejando sin proteccion al vecino, está modificando sustratos, hace variar un potencial genético, elimina cantidad importante de organismos, generadores potenciales de futuros stocks, deja abierta la posibilidad de predacion, parasitismo, invasión de otra especies, es decir, estamos ante la realidad de considerar que tambien la *Funcion* que cumple una especie es un importante recurso para el hombre

En el marco social, no podemos dejar de mencionar que la entrega a los pescadores de una educacion orientada al conocimiento del ambiente en relacion del cual viven, la informacion sobre aspectos basicos sencillos y una capacitacion tecnica para el grupo familiar permitira una mejor comprension e integracion a un programa de desarrollo pesquero nacional sujeto aun a estudios y reorientaciones

Es importante que la programación educativa en relación al mar sea revisada y adecuada no solo para la juventud, sino para toda la gente que vive en el litoral Acorde con ello debe darse atencion a la preparacion y perfeccionamiento pedagógico del Magisterio sobre el tema, como tambien entregar implementacion y literatura necesaria a los establecimientos educacionales

Es recomendable revisar muy especialmente las carreras profesionales del area industrial, ingenieril, tecnica, legislativa, social o relacionadas con el campo productivo y es necesario que se incorpore obligatoriamente al menos un curso en el que se explique los principios ecologicos basicos, para lograr un comportamiento armónico con el medio en el cual se vive

En Chile las bases administrativas que tiempo atras intentaron regular el uso de *Gracilaria* funcionaron mientras el recur

so era abundante y la actividad extractiva baja Los pulsos de las poblaciones se presentaban regularmente naturales y los mecanismos para recuperar biomasas perdidas o extraidas eran muy eficientes

La etapa del libre acceso disposicion que perdura hasta la fecha ha contribuido al desmejoramiento indudable de las praderas El problema sin embargo no es simple es de corte complejo dinamico y en el los componentes de administracion y de control son solo dos aspectos pero naturalmente de importancia principal

En el lapso de no mas de 10 anos importantes poblaciones de recursos algales en Chile central y norte han experimentado procesos de agotamiento y su recuperacion a niveles medianamente normales pareciera ser imposible sin la participacion del hombre como agente cultivador y preservador del recurso

Algunas disposiciones para proteger componentes de la flora y fauna en periodos de reproduccion no son suficientes Es necesario estructurar mecanismos de recepcion y utilizacion de informacion cientifico tecnica y aportar personal y medios para efectuar un control complementario al proceso de administracion de los recursos

Pareciera ser importante contribuir con informacion cientifico tecnica de las praderas naturales o de cultivos a organismos gubernamentales pertinentes Esta contribucion debe ser otorgada por profesionales de areas cientificas tecnicas social economicas Es fundamental el rol que debe jugar el pescador artesanal debidamente capacitado en el uso y preservacion del recurso

Este aporte de informacion requiere entonces de la participacion en el sistema de biologos y tecnicos del mar como profesionales capacitados en la conduccion y manejo de areas productivas Su rol sera mas efectivo si cuenta con adecuada preparacion en las areas social y economica

En esta guia y considerando que el manejo de recursos naturales en diferentes tipos de ambientes es un problema complejo se entrega antecedentes de orden variado que permitira al profesional buscar la mejor solucion a estos problemas

En el área de la biologia de algas se da informacion de la organización y estructura de algas asi como ubicacion de los tejidos de crecimiento reproduccion e historias vitales Se complementa el capitulo con breve descripcion de las plantas mas comunes de algunos grupos principales asi como los usos y productos obtenidos de estos organismos cuyas aplicaciones otorgan importancia comercial a ciertas especies

En el capitulo de Cultivo Algal hay antecedentes sobre diferentes metodos de cultivos en diferentes ambientes la infraestructura necesaria a utilizar y en algunos casos tiempos y esfuerzos aplicados en estas actividades

Como parte destacada del texto se entrega informacion referente al significado e importancia de factores fisicos y quimicos en procesos de cultivo y en un anexo las metodicas para la obtencion de estos antecedentes

El manejo ecologico de los cultivos es el capitulo que en buena medida integra antecedentes importantes de areas diversas en lo biologico en lo fisico en lo quimico Estos elementos junto a principios y fundamentos de orden economico social y ecnologico entregan las bases para la busqueda de soluciones interesadas a problemas de pobladores ribereños

La informacion permitira aplicar criterios sobre Manejo Integrado de Recursos asegurando con ello procesos que otorguen mayor estabilidad y seguridad a microsectores costeros artesanales

Cultivar hoy y no mañana es el gran desafio para el pescador artesanal Debe saber aprovechar su experiencia lograda en el uso inadecuado de las poblaciones naturales utilizando los remanentes de ellas y adecuando vias para su domesticacion y perduracion

De una vida de cazador debe incorporar todos los principios y bases de un cultivador en donde la perseverancia la dis

ciplina, el esfuerzo y el respeto a lo ajeno sean nuevas verdades para sobrevivir e incorporarse adecuadamente a un sistema de vida diferente al tradicional

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID, esta promoviendo un modelo de desarrollo en una trilogia que integra al pescador y su entorno, al recurso pesquero y a la infraestructura productiva, constituyendo un Programa de Desarrollo Pesquero Integrado con complementos sociales y economicos

En este modelo, la deteccion de problemas y la busqueda de soluciones requieren de una instancia profesional adecuadamente capacitada para integrar y traspasar informacion al nivel productivo pescador Este curso pretende entregar informacion referente a la biologia y ecologia de recursos algales deteniendose especialmente en metodicas de cultivo de alga *Gracilaria* y el significado de la influencia del ambiente en estos recursos

Se entrega ademas las metodicas para lograr informacion al respecto

III

Algas Marinas

(Biología, Reproducción y Crecimiento)

1 0 *Características Generales*

Son organismos vegetales provistos de pigmentos para efectuar fotosintesis, pigmentos que pueden perderse en partes o total mente por procesos de endofitismo o parafitismo Su organiza cion va desde estructuras unicelulares, coloniales, microscopi cas hasta especies multicelulares, macroscopicas y de varios metros de longitud

La reproduccion puede ser sexuada (gametos) o asexuada (esporas) Pueden tener propagacion vegetativa mediante pro pagulos o trozos de algas que al caer en ambientes apropiados desarrollan posteriormente el alga completa

Las algas estan formadas sobre la base de celulas que son sus unidades estructurales y funcionales De acuerdo a la orga nizacion de las celulas, pueden distinguirse dos grandes grupos de algas sin nucleo estructurado o *procarioticas* (Fig 1 A) y con nucleo definido y estructurado, son las algas *eucarioticas* (Fig 1 B) Al primer grupo pertenecen las algas *verde azules* o *cianofi tas* o *cianobacterias* que pueden ser unicelulares, coloniales y principalmente filamentosas, con una o varias corridas de celu las y ramificadas

Las algas eucarioticas son componentes de todos los demas grupos de algas que incluyen desde formas unicelulares y colo niales hasta individuos con una clara organizacion de tejidos co mo se encuentran en algunas Chlorophyta en Phaeophyta y en Rhodophyta

2 0 *Crecimiento*

La respuesta de las algas a la accion de factores ambientales de terminara fluctuaciones de talla y biomasa a lo largo del año pero tambien hay respuestas diferenciales segun condiciones re feridas a profundidades, corrientes, transparencia del agua, sali nidad, nutrientes, etc

Las macroalgas marinas estimuladas por factores como luz temperatura y nutrientes activan sus tejidos de crecimiento e incrementan su talla y biomasa, procesos que ocurren en forma mas activa durante primavera y verano

Las areas activas de crecimiento de las algas se ubican en partes bien precisas y son conocidas como meristemas de creci miento, entre los cuales los apicales generalmente son los prime ros en entrar en funcionamiento, especialmente cuando hay de

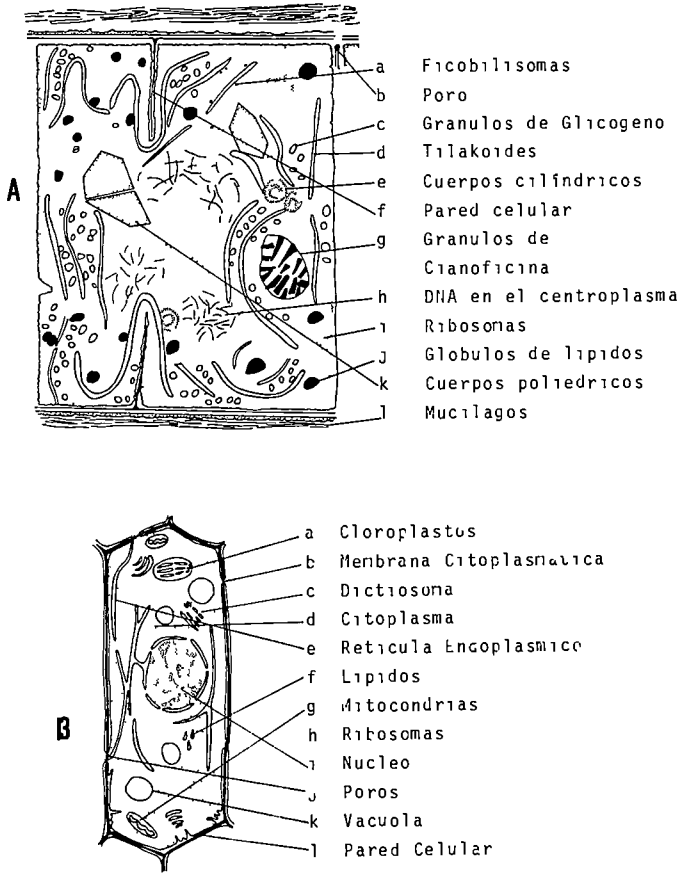


FIG 1 A celula procariotica (Adaptada de Trainor 1978) B Celula eucariotica (Parra 1981)

sarrollo de algas a partir de elementos reproductores (Fig 2 A D)

Es importante poder establecer acertadamente cuales son las areas o zonas de actividad principal y las modalidades de crecimiento presentadas

En muchos casos, procedimientos de poda y cosecha estan fundamentalmente determinados por los mecanismos y procesos de recuperacion de biomasa que tiene el alga

La mayoria de las algas inician su crecimiento por la parte apical o terminal de la planta La existencia de una celula apical o de varias celulas apicales determinara la existencia de un tejido terminal o solamente la existencia de una celula apical de crecimiento (Fig 2 A E y K)

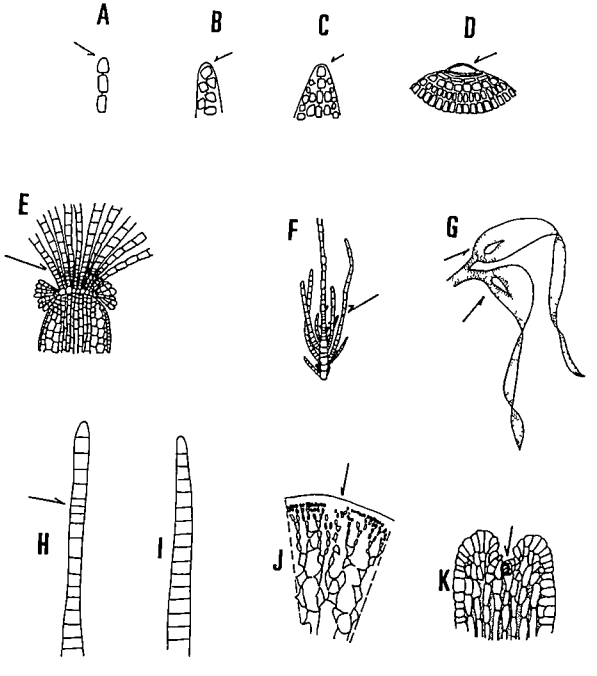


FIG 2 Estructuras de crecimiento A D celulas apicales E meristema apical tricotalico F sistema intercalar G meristema basal de fronda de *Lessonia* H meristema intercalar I meristema difuso J meristema de crecimiento apical K celula de *Fucus*

Gracilaria inicia su crecimiento mas temprano mediante una celula apical definida, celula que posteriormente no se muestra tan clara y definida cambiando mas bien a un tejido o meristema de crecimiento apical

Existencia de meristemas basales o intercalares en las laminas presentan algas laminarioides cuyas zonas de crecimiento permiten el alargamiento de estas estructuras desplazando el tejido mas viejo hacia los extremos de las frondas (Fig 2 G)

La mayoria de las macroalgas no presentan areas de crecimiento definidas sino mas bien todos los niveles de un talo presenan la facultad de division celular activa produciendose incremento en talla y en biomasa Este es el caso de especies de *Gracilaria Lessonia Durvillaea Iridaea Ulva* y *Macrocystis* en parte Esta ultima alga presenta crecimiento indefinido o difuso pero tambien crecimiento por actividad de la parte basal de las laminas (Fig 2 I y G)

Existe en algunas plantas laminares crecimiento en las areas marginales el cual esta considerado como un proceso de tipo intercalar aunque muchas veces responde a un sistema de funcionamiento apical

Cada elemento constituyente de las algas en su parte microscopica esta estructurado sobre la base de filamentos celulares en los cuales sus componentes apicales tienen la capacidad de dividirse permitiendo el incremento en longitud en ancho en grosor o robusteciendo sistemas especiales de la planta incluyendo en ello procesos y mecanismos de reproduccion (Fig 2 J y K)

Las modalidades de crecimiento apical son variadas y generalmente caracterizan a ciertos grupos de plantas Sphacelariales, Dictyotales y Ceramiales son componentes estructurados uniaxialmente por actividad de una sola celula apical en el extremo de sus ramos

Otros grupos responden en su estructura a la actividad de un grupo de celulas apicales como las Gigartinales y Rhodymeniales incorporando posteriormente mecanismos de crecimiento difuso en sus frondas

Varias especies estructuradas sobre la base de filamentos presentan crecimiento apical pero tambien procesos de crecimiento intercalar al producirse division de las celulas no apicales (Fig 2 H) En las Desmarestiales se presenta un crecimiento tricotalico mediante la actividad meristematica de un pelo apical meristema que se presenta en una region intercalar del pelo (Fig 2 E y F)

La mayoria de las algas presentan tambien los llamados meristemas de fijacion los cuales estructuran rizoides haptenios zarcillos pequeños discos o superficies de fijacion fuertes y eficientes para que la planta soporte acciones ambientales (Fig 3)

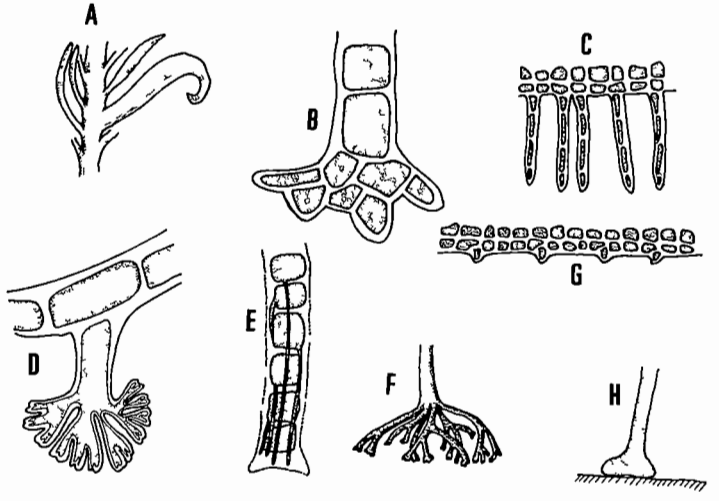


Fig 3 Elementos de fijacion al sustrato de algas marinas A Estructura especializada de fijacion de *Bonnnemaisonia* B Planta juvenil de *Erythrotrichia carnea* C Talo crustoso donde la estructura se basa en heterotricos secundarios seccion transversal de talo maduro D Rizoide formado desde una celula en *Spermothamnion flabellatum* E Porcion basal de talo de *Bangia fuscopurpurea* F Sistema de fijacion de Laminariales G Talo crustoso basado en la organizacion de un heterotrico primario seccion de un talo de *Peyssonelia dubyi* H Sistema de fijacion de *Gracilaria*

3 0 *Productores de reserva*

En la mayoria de los casos los productores elaborados por las algas son los que otorgan valor comercial a estos organismos Generalmente son glucidos o hidratos de carbono, almidones, laminarina amilopectina o alcoholes como el manitol

Sin embargo son las paredes celulares de las algas constituidas por fases fibrilares y amorfas los lugares donde se depositan o existen sustancias importantes como acido alginico y acido fuccinico (algas pardas) agar carragenano, furcellarina, iridoficina y porfirano Todos productos de multiples usos en industrias alimentacion farmacologia cosmetica y medicina

4 0 *Historia Vital (ciclos de vida)*

Los mecanismos de reproduccion y propagacion de las algas son variados y generalmente van produciendose simultaneamente en las poblaciones naturales A modo de ejemplo se presentan las siguientes historias vitales

En la historia vital de *Enteromorpha* (Fig 4) se presenta alternancia de dos generaciones isomorficas complementada con reproduccion por mitosporas diploides asexuadas y por activi dad del estado ' Colliensiella , el cual produce gametos La planta gametofita haploide genera isogametos los que una vez fusionados dan origen a un cigoto del cual nacera la planta esporofita diploide El gametofito haploide da origen a la fase 'Collinsiella ' productora de isogametos estos mediante fusion generaran un esporofito Este esporofito genera zoosporas haploides de los cuales nacen los gametofitos El esporofito mediante la via de mitosporas diploides produce nuevamente esporofitos

En la historia vital de *Ectocarpus* hay generaciones gametofitas y esporofitas similares (isomorficas) (Fig 5) Las plantas gametofiticas (dioicas, haploides) originan los gametos femeninos y masculinos, que luego de la fusion originan un cigoto

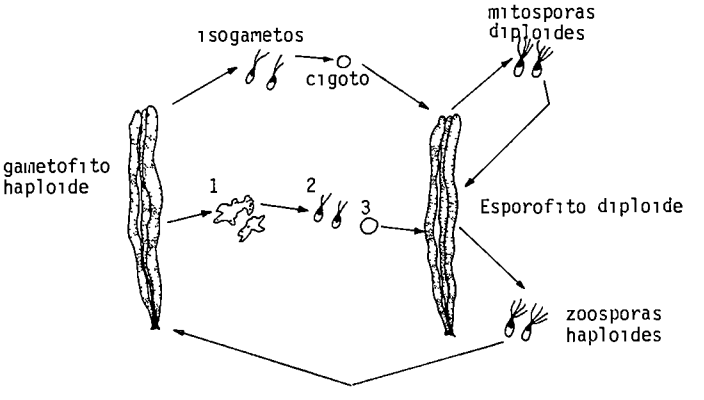


FIG 4 Historia Vital de *enteromorpha* sp 1 Estado collinsiella 2 Isogametos 3 Cigoto

diploide que al desarrollarse forma la planta esporofita (diploide) Esta desarrolla esporangios uniloculares que generan zoosporas haploides, las que forman los gametofitos masculinos y femeninos La planta esporofita desarrolla tambien esporangios plurilloculares que dan origen a zoosporas diploides, las que nuevamente generan una planta esporofita

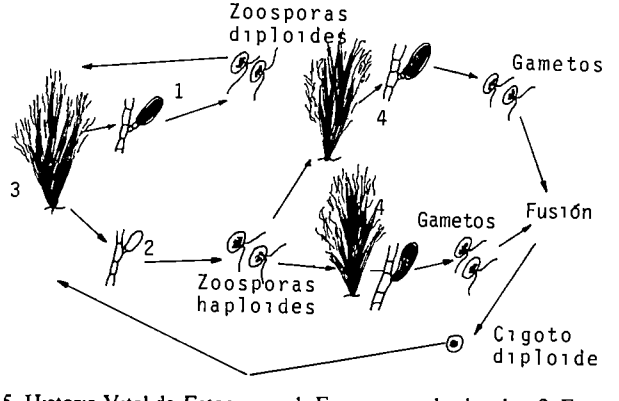


FIG 5 Historia Vital de *Ectocarpus* 1 Esporangio plurilocular 2 Esporangio unilocular 3 Esporofito diploide 4 Gametofitos haploides dioicos

Gracilaria presenta un ciclo de vida trifasico, donde se encuentra alternancia de gametofitos isomorficos haploides, con un carposporofito diploide y un tetrasporofito tambien diploide (Fig 6)

La planta tetrasporofita genera tetrasporas, las que al germinar dan origen a las plantas gametofitas femeninas y masculinas haploides El gametofito masculino desarrolla en soros espermatangiales los gametos masculinos (espermacios) los cuales no son moviles Estos se fusionan con los gametos femeninos desarrollando un carposporofito diploide El carposporofito genera cistocarpos, los cuales producen carposporas que al germinar dan origen a plantas tetrasporofitas

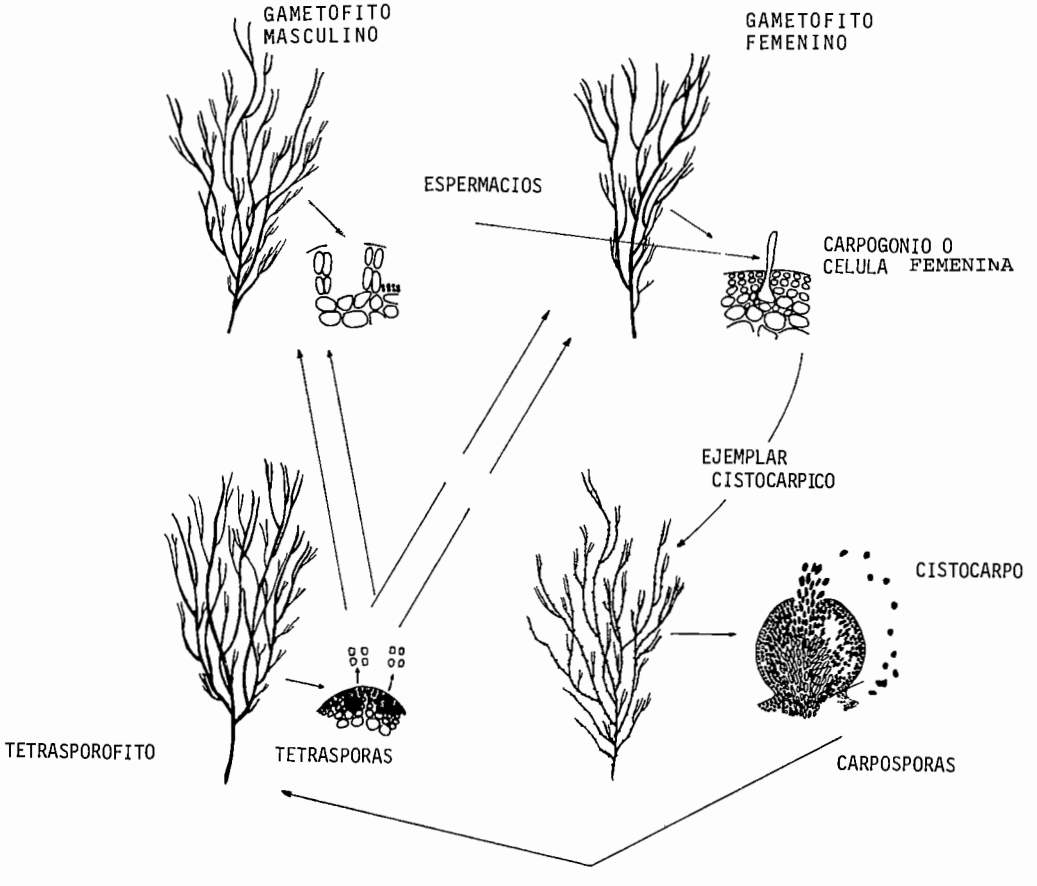


FIG 6 Historia vital de *Gracilaria*

Macrocystis (huiro) así como especies de *Lessonia* (chas con) presentan un ciclo de vida el que en líneas generales se asi mila a un mismo patron (Fig 7)

Las plantas macroscopicas y que forman densas praderas submareales y cinturones intermareales son organismos produc tores de esporas (esporofitos) las cuales una vez maduras germi nan formando un tubo el cual se alarga se tabica y se ramifica sucesivamente en 3 o 4 direcciones

Estas plantas ramificadas filamentosas pueden alcanzar ta maños de 100 140 um reconociendose en ellas 2 tipos claros uno de filamentos delgados de 6 a 8 um de diametro (gametofi tos masculinos) y otro de 12 a 15 um de diametro (gametofito femenino)

Estas microplantas generan en el extremo de los filamentos los gametos o celulas femeninas o masculinas las cuales al fe cundarse daran nacimiento a una planta de tipo laminar que crece en un lapso de 30 dias una longitud aproximada de 3 a 4 mm

Porphyra presenta un ciclo de vida heteromorfico (Fig 8) con alternancia de un talo folioso macroscopico y una forma fi lamentosa microscopica La fase foliosa produce gametos, los que una vez fecundados originan carposporas, las que al de sarrollarse forman la fase filamentosa llamada "Conchocelis", las cuales forman conchosporas en conchosporangios Estas es poras al germinar dan origen a la fronda de *Porphyra* gametofi tica conocida con el nombre de ' luche'

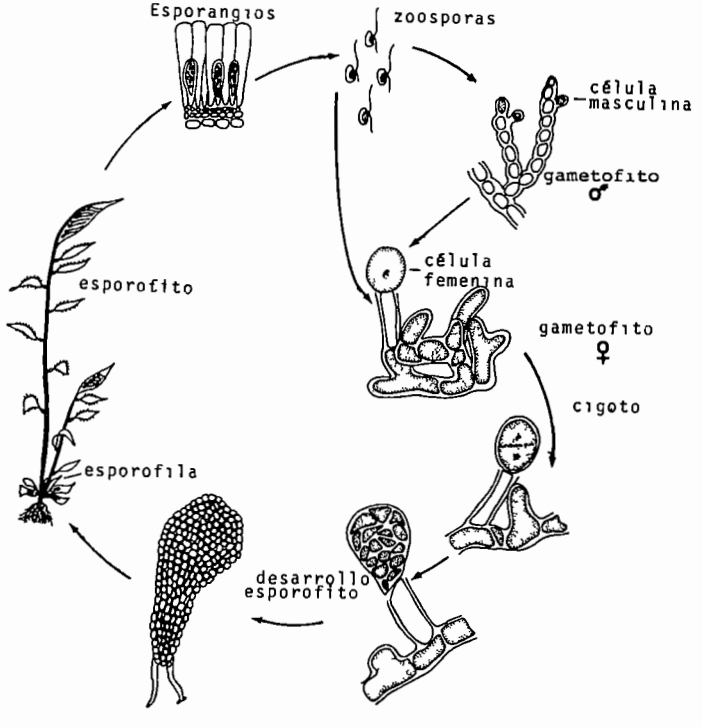


FIG 7 Historia Vital de *Macrocystis*

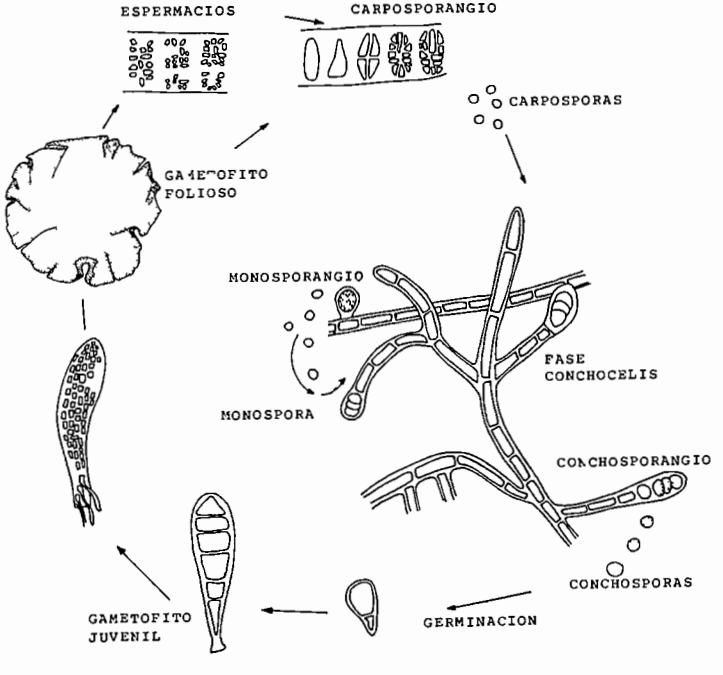


FIG 8 Historia Vital de *Porphyra*

5 0 *Propagación (reproduccción) vegetativa*

Procesos por los cuales se generan nuevas plantas y que se re fieren fundamentalmente al nacimiento o crecimiento de algas a partir de trozos vegetativos o estructuras especiales llamadas propagulos, hormogonios o unidades de resistencia llamadas akinetas (Figs 9 F, G y H)

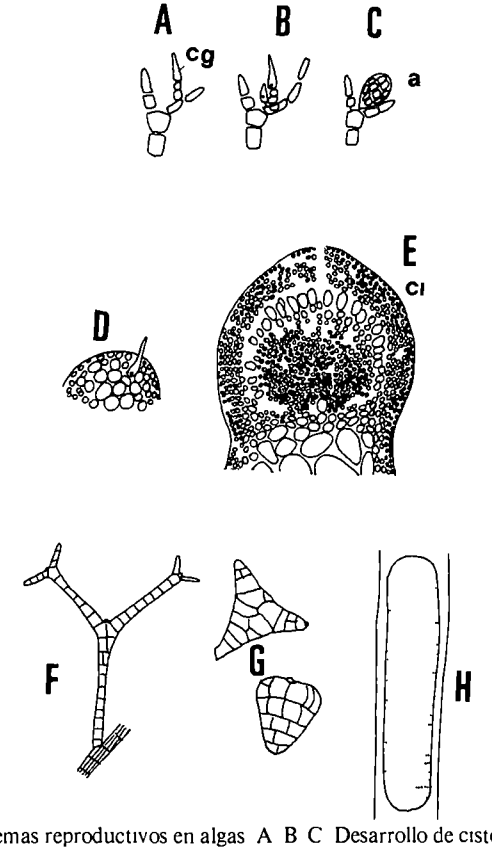


FIG 9 Sistemas reproductivos en algas A B C Desarrollo de cistocarpo (cl) a partir de carpogonio (cg) y rama carpogonial D E Desarrollo de cistocarpo de *Gracilaria* F G Propagulos de Sphacelariales H Hormogonios (cianobacte rias)

6 0 *Reproducción asexual*

Procesos basados en la produccion de esporas generadas en es porangios y en numero variable con o sin medios de propulsion Estas pueden ser monosporas, bisporas, tetrasporas o polispo ras, segun se formen 1, 2, 4 o muchas esporas en el organo espo rangial (Figs 10 1 14)

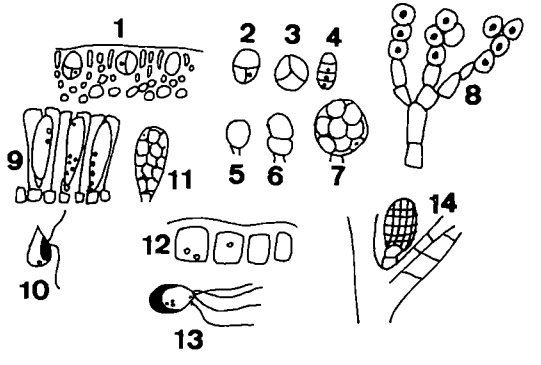


FIG 10 1 Soro tetrasporangial 2 3 4 tetrasporas cruciadas tetraedricas y zo nadas 5 monosporangio 6 bispora 7 polisporangio 8 seirosporangio 9 es porangio de Laminariales 10 espora o gameto de Feofita 11 pluri esporangio 12 esporangio de Ulvales 13 espora de Ulvales 14 pluriesporangio

7 0 *Reproduccion sexuada*

Basada en la fecundacion de gametos masculinos y femeninos (Fig 9 A E), los cuales pueden ser inmoviles como en el caso de las algas rojas provistas de flagelos (Clorofitas y Feofitas, en parte) o movil el masculino e inmovil el femenino (Feofitas en parte) (Fig 11) Existen muchas variantes de los procesos se xuados, muchos gametofitos son macroscopicos, otros en cam bio, son estructuras microscopicas (Laminariales) o en casos es peciales, el gametofito masculino es macroscopico y el femenino microscopico (Rhodophyta, Palmariales) (Fig 12)

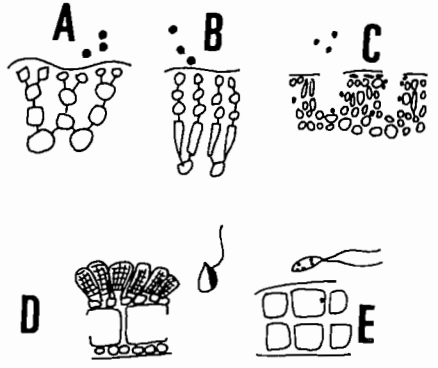


FIG 11 Formacion de celulas reproductivas masculinas en algas marinas A *Gelidium* B *Endocladia* C *Gracilaria* D *Dictyota* E *Ulva*

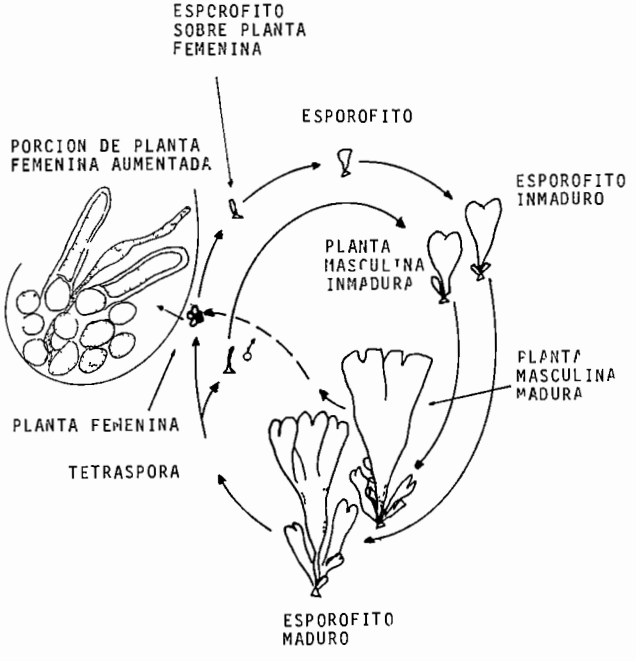


FIG 12 Historia Vital de *Palmaria palmata*

La reproduccion sexuada permite nuevas combinaciones genicas con el consiguiente refuerzo de las poblaciones

En la naturaleza no siempre hay secuencia clara entre fases gametofita y esporofita Ademas, mientras en organismos superiores la meiosis o division reduccional ocurre en la formacion de gametos, en las algas, y especialmente en algas rojas, la meiosis ocurre por lo general en la primera division en la formacion de tetrasporas

Se puede generalizar diciendo que este proceso en algas puede ocurrir

a) en plantas gametofitas diploides al momento de formar los gametos
b) en plantas tetrasporicas diploides al momento de formar esporas
c) inmediatamente despues de formarse el cigoto y que lleva a la formacion de gametofitos haploides (Fig 13)

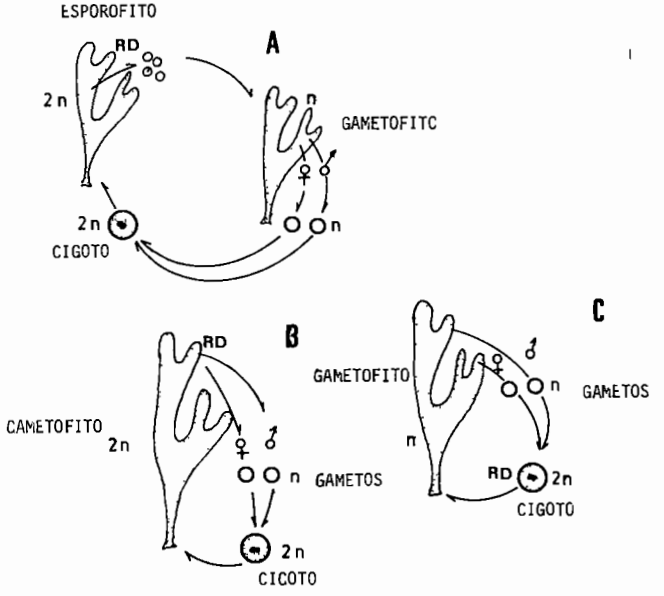


FIG 13 A Meiosis esporica B meiosis gametica C meiosis cigotica

8 0 *Organizacion y estructura*

Es dificil, en un grupo tan diverso como el de las algas, describir todas las modalidades estructurales de los organismos que lo integran Existe, sin embargo, un planteamiento que explica de manera clara, los diversos patrones organizativos en este grupo (Chadefaud, 1960) Estos son los siguientes

Arquitalo — Organizacion sencilla unicelular, colonial o filamentosa que se reproduce por simple division celular, por esporas y en algunas ocasiones por gametos Ejemplo Diatomeas, Algas coccales, *Cosmarium Euglena Chlamydomonas* (Fig 14 A C)

Prototalo — Originado inicialmente de una celula tipo arquitalica, pero que tiene la capacidad de multiplicarse generando un sistema postrado del cual se levantan sistemas erguidos En este patron pueden distinguirse los siguientes casos

— *Prototalo unicelular* solo permanece la celula basal de un ramo erecto, pero no genera el ramo Puede haber producido anteriormente elementos reproductivos
Ejemplo *Oedogonium Characium* (Fig 14 H)

— *Prototalo erecto* Prevalece la parte erguida, sin sistema postrado Permanece solo la celula basal de la cual crece uno o varios filamentos
Ejemplo *Porphyra Chaetomorpha Bangia Goniotrichum Erythrotrichia* (Fig 14)

— *Prototalo postrado* Con estructuras pegadas al sustrato tipo costras y sin sistemas erguidos, o solo insinuadas
Ejemplo *Erythrocladia Ralfsia Ectochaete Petrocelis Ulvella* Apanochaete (Fig 14)

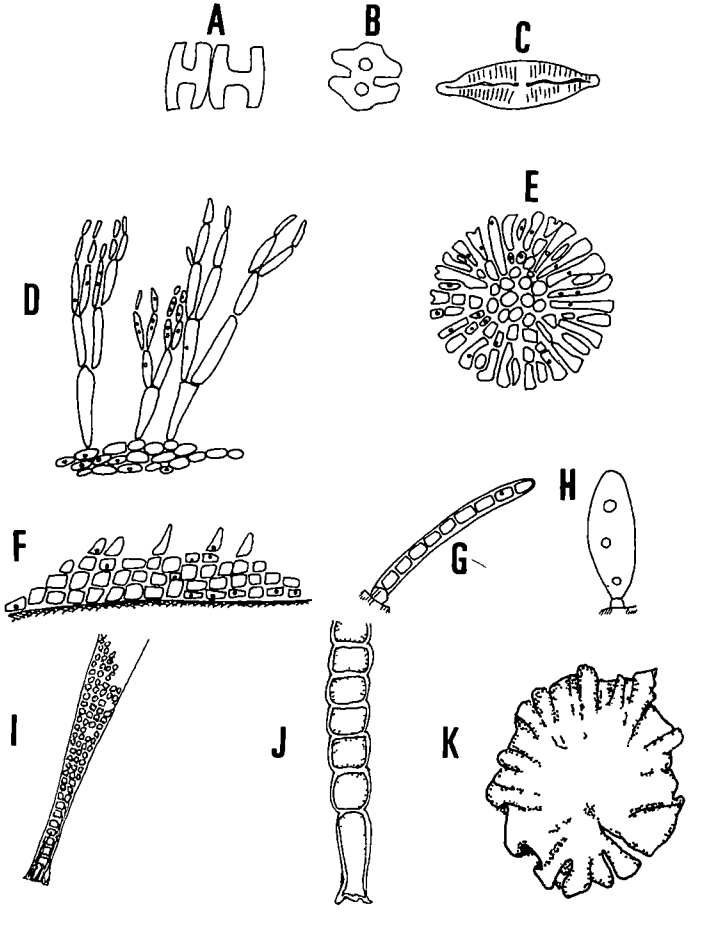


Fig 14 A C Arquitalos A *Sphaerozoma* B *Cosmarium* C *Staurones* D H Protalos D Protalo completo de *Stigeoclonium* E Protalo crustoso de *Ulvella* F Protalo crustoso de *Aphanochaete* G protalo derecho de *Erythrotrichia* H Protalo unicelular de *Characium* I Protalo derecho de *Bangia* J de *Chaetomorpha* y de K *Porphyra*

— *Prototalo completo* Posee los componentes crustosos o rastreros pegados al sustrato y los filamentos erguidos
Ejemplo *Conchocelis* y *Acrochaetium* (Fig 14)

Cladoma — Algas constituidas por filamentos rastreros o *protonema* del cual se levantan filamentos o ta los erguidos constituidos por
— un eje o varios ejes primarios y
— pleuridios o ramificaciones
El numero de ejes principales en un alga clado miana puede ser uno solo constituyendo un *Cladoma uniaxial* (Fig 15 A) (Ejemplo *Batrachospermum Antithamnion Montemaria Gelidium)* o varios ejes principales formando un *Cladoma multiaxial* (Fig 15 B) (Ejemplo *Gracilaria Iridaea Gigartina Chondrus)*

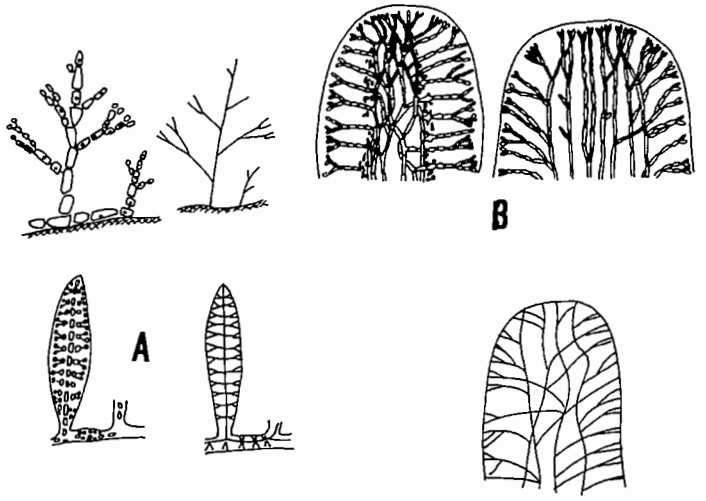


Fig 15 Cladomas A Cladoma uniaxial B Cladoma multiaxial

9 0 *Grupos principales*

El grupo de las algas esta compuesto por divisiones cuyos com ponentes pueden ser muy simples, de tamaño microscopico has ta grandes y complejas plantas de varias decenas de metros de longitud Los grupos visibles se refieren principalmente a las Di visiones Chlorophyta (algas verdes), Phaeophyta (algas pardas) y Rhodophyta o algas rojas Se incluye en este trabajo informa cion referente a la Division Cyanophyta (Cyanobacterias) y de la Clase Bacillariophyceae o diatomeas

La existencia de varios tipos de pigmentos permite caracte rizar a los grupos mas importantes de algas La presencia de pig mentos formas y fisiologias particulares determinara la existen cia de productos y estructuras tipicas de cada grupo algal

9 1 *Bacillariophyta*

Son organismos unicelulares que habitan todo tipo de ambien tes aguas dulces marinas, ambientes humedos, suelos, plantas, fondo de mar o flotando en el agua Pueden existir como ele mentos individuales o asociados en colonias estructuradas de manera diferente Presentan pigmentos constituidos por clorofi la A y C fucoxantina y beta carotenos

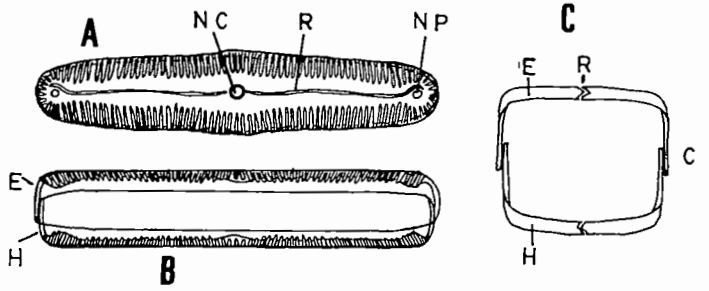


Fig 16 Sistema organizativo de una Diatomea A Vista valvar B Vista cin gular C Corte transversal
NC nodulo central R rafe NP nodulo polar E pitect H hipotect C circulo

Cada individuo consta de una parte viva rodeada de una cubierta de silice o *frustulo* compuesto de dos partes o *tecas*, una mayor o *epiteca* y una mas pequeña o *hipoteca* Cada teca se compone de una *valva* y de una *banda conectante* (Fig 16)

De acuerdo a Hendey (1964) la forma y ornamentacion de los frustulos permite dividir a estos organismos en 4 patrones (Fig 17)

— Centricos o radiales (*Coscinodiscus*)
— Trellisoide con ornamentacion uniforme en un punto de referencia central (*Eunotia*)
— Gonoide estructura dominada por angulos (*Triceratium*)
— Pennada con ornamentacion simetrica de la estructura en torno a un eje central (*Navicula*)

En algunas diatomeas pennadas se presenta una hendidura longitudinal o *rafe* en la teca, relacionada a un nodulo central y dos nodulos polares ubicados en los extremos de la teca En algunas especies, la ornamentacion suele solo simular un sistema de rafe, por lo cual se habla de existencia de *pseudorrafe*

En la cubierta pueden existir *poros* o *poroides*, estos ultimos si estan ocluidos por una placa Si los poros tienen una estructura compleja reciben el nombre de *loculus*, el cual presenta una membrana cribada Cada ejemplar de diatomea esta unido a otro mediante prolongaciones de la cubierta llamadas *procesos*, los cuales pueden ser de diferentes formas

Las diatomeas se dividen por simple division, para lo cual se produce la division celular y cada teca genera la correspondiente hipoteca, con lo cual progresivamente los ejemplares se hacen mas pequeños En un momento en el cual el protoplasto ha experimentado gran reduccion, este aumenta de tamaño, adopta una forma esferica y luego cilindrica, generando las valvas en los extremos en forma alternativa

La reproduccion sexuada pasa por un proceso similar formandose una auxospora como fruto de una reproduccion sexuada por union de dos gametos En las diatomeas centricas o

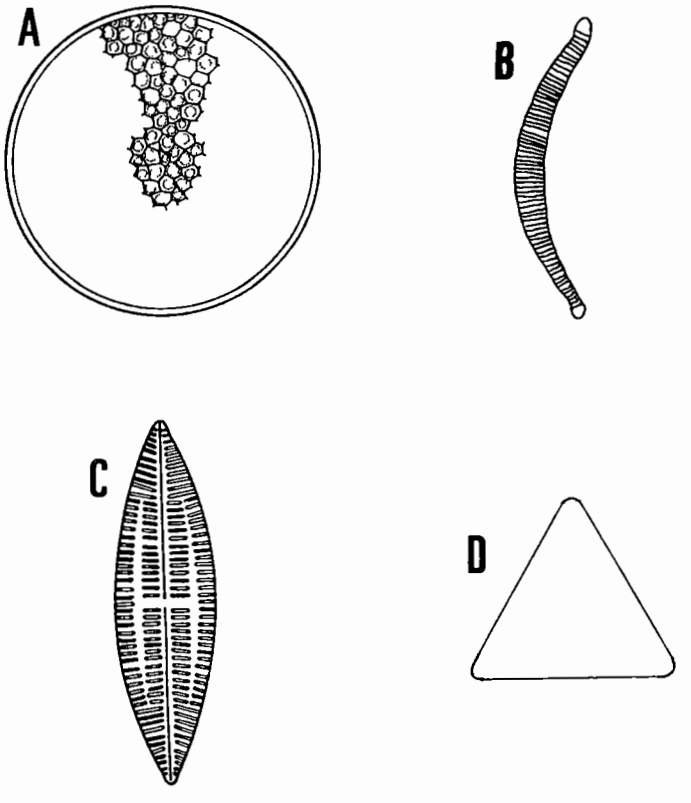


FIG 17 Patrones morfologicos de Diatomeas A Centrica B Trellisoide C Pennada D Gonoide

gonoides solo el gameto masculino es movil En las otras dos formas (trellisoides y pennadas) los gametos son inmoviles

Los procesos reproductivos en diatomeas suelen manifestarse en forma periodica, siendo conocidos los incrementos y proliferaciones en periodos de primavera y verano Se puede indicar, sin embargo, que la influencia de fotoperiodos favorables e incrementos de temperatura en el ambiente, unido a una disponibilidad de nutrientes son condiciones extraordinariamente favorables para su desarrollo

Es conocido que la presencia de silicio contribuye eficaz mente al incremento de las diatomeas, frenando el desarrollo en forma manifiesta el oxido de germanio

Por lo general, ambientes de vida cercanos a la costa son ri cos en diversidad y abundancia de diatomeas Procesos de sur gencia que aportan nutrientes desde zonas profundas contribu yen eficientemente a su desarrollo Aporte de amonio e ilumina cion apropiada permiten su crecimiento en las capas mas super ficiales de mares y lagos Temperaturas bajas en meses de invier no afectan manifiestamente los procesos respiratorios

Los siguientes generos han sido encontrados relacionados a *Gracilaria* (Rivera, 1973) (Figs 18, 19 y 20)

Melosira

Las celulas son elipticas o circulares formando filamentos con poros o con areolas Parte conectival con bandas intercalares ausentes o abundantes y estrechas

Habitat Aguas salobres, marinas y dulces
Ejemplo *M varians* agua dulce, *M granulata* agua dulce

Coscinodiscus

Microplantas en forma de disco o caja de valvas circulares, con finos poros distribuidos radialmente y sin area hialina radial Areolas hexagonales radiales o en disposicion curva, con o sin espinulas en los margenes Cada valva con una o mas bandas conectivales en forma de collar

Habitat agua dulce o marina y puede ser planctonica o bentoni ca
Ejemplo *C excentricus* marina, *C radiatus* marina

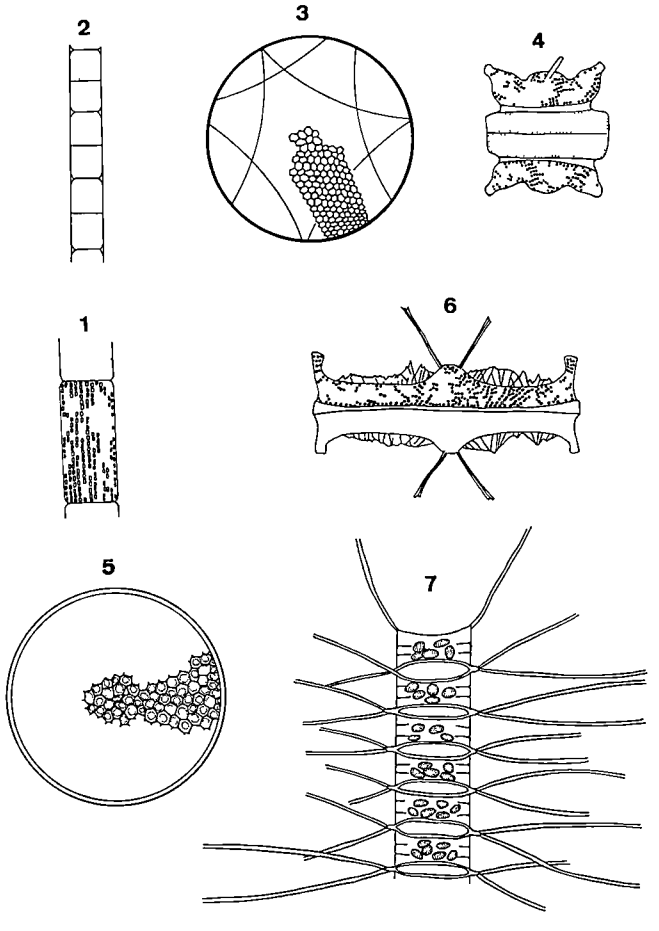


FIG 18 Especies mas comunes de Diatomeas 1 *Melosira granulata* 2 *Melosi ra varians* 3 *Coscinodiscus excentricus* 4 *Biddulphia aurita* 5 *Coscinodiscus radiatus* 6 *Biddulphia langicruris* 7 *Chaetoceros decipiens* (Rivera 1973)

Biddulphia

Organismos solitarios o formando filamentos Valvas elipticas con 3, 4 o 5 lados, con cuernos largos o cortos en terminaciones

apicales o en angulos Vista conectival con numerosas estriaciones
Habitat aguas dulces o marinas
Ejemplo *B aurita* marina, *B longicruris*

Chaetoceros

Celula solitaria o en filamentos unidas por setas, con pequeñas ventanas entre las celulas Superficie valvar plana, manto val var cilindrico Vista conectival con una o dos bandas conectiva les, bandas intercalares presentes

Habitat agua dulce, salobre y plancton marino
Ejemplo *C decipiens* marina

Licmophora

Celulas con forma de baston, angostas en el lado inferior y el otro extremo mas ancho y redondeado, pseudorrafe presente Zona conectival con bandas intercalares

Habitat litoral marino, fijas al sustrato
Ejemplo *L flabellata* marina, *L abbreviata* marina

Synedra

Celulas solitarias o formando cadenas Valvas linear a lanceola das muy angostas, con margen ondulado, ejes apicales alarga dos, a veces curvos, superficie con hileras de delicados poros y pseudorrafe angosto con area hialina central lanceolada, gene ralmente con poros dispersos

Habitat agua dulce, salobre y marina
Ejemplo *S fasciculata* agua dulce, *S ulna* agua dulce

Cocconeis

Celulas solitarias, viven epifiticas sobre el sustrato o planctoni cas Una valva con pseudorrafe, la otra con rafe, valvas opues tas con diferente patron de estriacion y/o estructura, valva con rafe con un area hialina marginal y/o submarginal o anillo, largo generalmente el doble que el ancho

Habitat aguas dulces o marinas
Ejemplo *C costata* marina, *C scutellum* marina

Achnantes

Ejemplares solitarios o formando filamentos Valvas lanceola das, una con rafe, la otra con pseudorrafe, rafe derecho o sig moide, sin nodulos

Habitat aguas dulces
Ejemplo *A exigua* agua dulce, *A brevipes* agua dulce *A hauckiana* agua dulce, *A lanceolata* agua dulce, *A temperei* agua dulce

Mastogloia

Celulas solitarias o formando colonias con cubiertas gelatinosas Valvas elipticas o lineales con apices redondeados o alargados, con rafe Area central generalmente pequeña formando un area tipo "H"

Habitat generalmente marina o salobre, pocas en agua dulce
Ejemplo *M pumila* marina

Diploneis

Ejemplares solitarios y libres Valva linear eliptica o con cintura en region central, nodulo central con forma de "H", con rafe

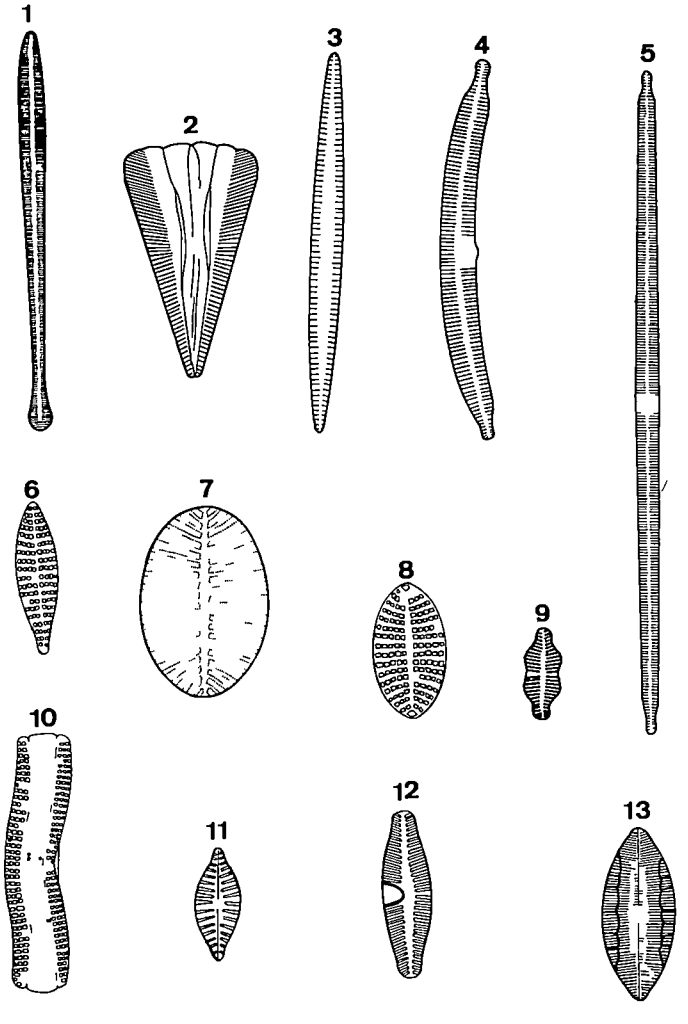


FIG 19 Especies mas comunes de Diatomeas 1 *Licmophora flabellata* 2 *Licmophora abbreviata* 3 *Synedra fasciculata* 4 *Ceratoneis arctus* 5 *Synedra ulna* 6 *Trachyspenia australis* 7 *Cocconeis costata* 8 *Cocconeis scutellum* 9 *Achnantes exigua* 10 *Achnantes brevipes* 11 *Achnantes hauckiana* 12 *Achnantes lanceolata* 13 *Mastogloia pumila* (Rivera 1973)

En el lado externo de los brazos de la "H" hay un canal longitudinal de ancho variable a cada lado de la valva

Habitat agua dulce o marina
Ejemplo *D incurvata* marina, *D papula* marina

Stauroneis

Celulas solitarias de forma similar a las de *Navicula*, lanceoladas o elipticas Angosto y claro campo axial con rafe y nodulos polares pequeños, nodulo central engrosado y extendido transversalmente hacia los margenes laterales de la valva

Habitat agua dulce o marina
Ejemplo *S lapponia* aguas limnicas, *S anceps* indicadora de agua de alta acidez

Navicula

Celulas solitarias, libres Valvas elongadas y se estrechan hacia los polos y con apices redondeados, rafe caracteristico, axial, con nodulos centrales y polares definidos

Habitat la mayoria en aguas salobres, pocas marinas
Ejemplo *N finmarchia* marina

Pleurosigma

Ejemplares solitarios con valvas similares a *Gyrosigma*, con rafe sigmoide, pero las estrias son en tres series, una paralela al eje transversal de la valva y las otras dos oblicuas al campo axial

Habitat agua dulce, pero la mayoria salobre o marina
Ejemplo *P normanii* marina

Amphora

Celula solitaria, sesil, ovalada, oval eliptica o subcuadrangular Nodulo central marginal o submarginal Rafe generalmente hinchado Vista conectival amplia o constreñida, conectando zonas estriadas, plicadas o punteadas

Habitat agua dulce o marina
Ejemplo *A exigua* marina y aguas mixohalinas

Ceratoneis

Ejemplares solitarios o formando bandas cortas Valvas curvas, con un pseudonodulo al centro del lado concavo

Habitat aguas frias, especialmente en montañas
Ejemplo *C arcus*

9 2 Cyanophyta o Cianobacterias

Algas que estan presentes en todos los ambientes, tanto salados, salobres, agua dulce, ambientes humedos, suelo, epifitas o endo fitos, intermareales, planctonicas y bentonicas someras y pro fundas y en aguas termales de alta temperatura

Estas algas pueden ser coloniales, unicelulares, filmentosas simples y ramificadas, microscopicas y macroscopicas Poseen clorofila y un pigmento azul, la ficocianina Ademas, ficoeritri na de color rojo y beta caroteno Tienen almidon como produc to de reserva

La reproduccion sexuada no esta aun confirmada y la divi sion celular, fragmentacion de talos, la formacion de unidades de grupos de celulas llamadas hormogonios que crecen y for man el talo definitivo y adulto, son las modalidades de repro duccion y proliferacion de estas algas La formacion de acinetas o esporas de resistencia o latentes es tambien un sistema efecti vo de reproduccion

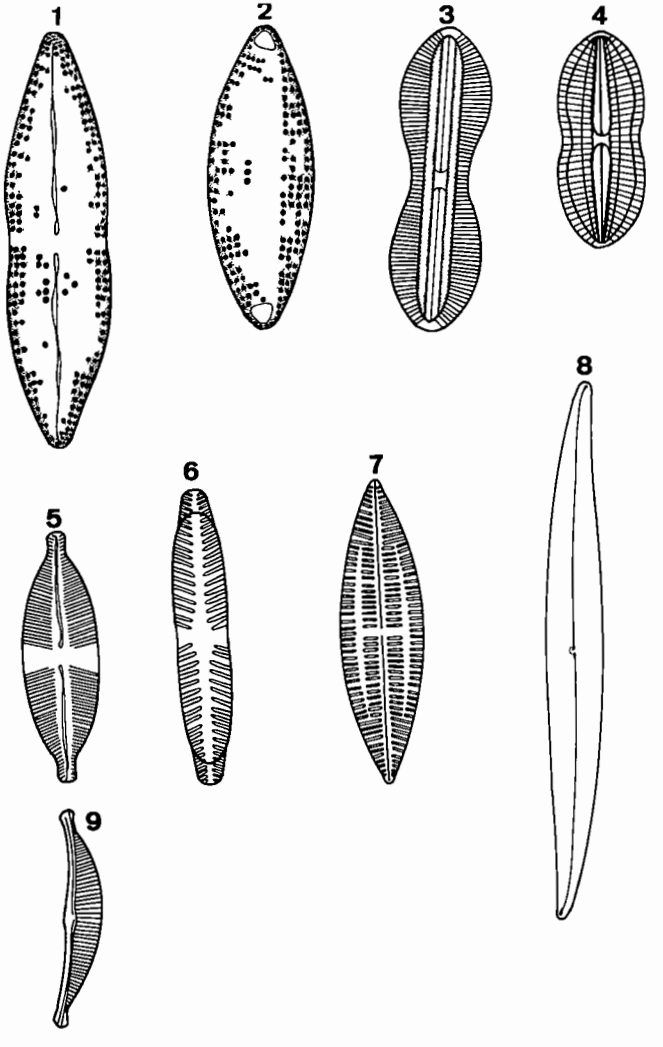


FIG 20 Especies mas comunes de Diatomeas 1-2 *Achnantes temperei* 3 *Diploneis incurvata* 4 *Diploneis papula* 5 *Stauroneis anceps* 6 *Stauroneis lapponica* 7 *Navicula finmarchia* 8 *Pleurosigma normanii* 9 *Amphora exi gua* (Rivera 1973)

Una de las caracterısticas de las algas azules considera la exıstencia de una capa de mucılago transparente cuya funcion es proteger el organismo de la accion de factores ambientales

En lıneas generales la celula de las cianofitas consta de las sıguıentes estructuras

— Paredes celulares
— Granulos de pigmentos de cianoficina
— Filamentos de acidos desoxirribonucleico o DNA o centroplasma
— Ribosomas u organelos encargados de la sintesis proteica
— Globulos de lipidos
— Ficobilisomas o particulas que contienen las ficobilinas
— Cuerpos poliedricos semejantes a los carboxisomas bacte riales
— Granos de glicogeno
— Tilacoides o membranas fotosintetizadoras
— Vacuolas de gas
— Cuerpo cilindrico

Los sıguıentes generos son comunes en las zonas litorales (Figs 21 y 22)

Lyngbya
Alga filamentosa no ramificada forma cesped de color verde palido o cafe Tiene vaina de mucilago habita en pozas litora les

Chroococcus
Algas esfericas con vaina de mucilago nitida y gruesa formando grupos de pocas celulas (2 8) de color azul Bordes externos de las celulas redondeadas tabiques enfrentados paralelos

Microcystis
Grupos de celulas ovaladas incluidas en una vaina de mucilago transparente Celulas de color azul verde

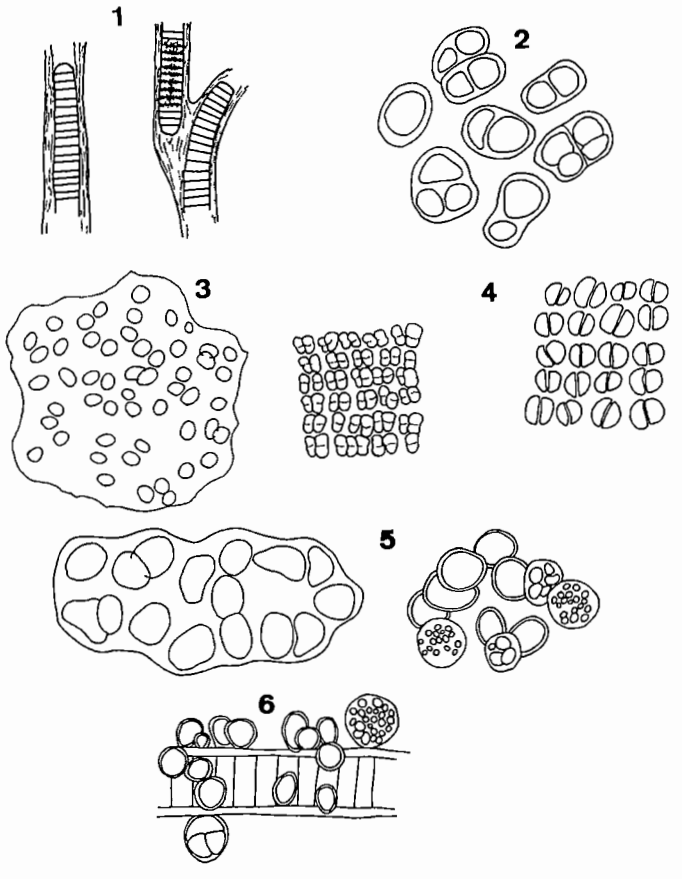


Fig 21 Generos mas comunes de Cianofitas 1 *Lyngbya confervoides* 2 *Chroococcus minor* 3 *Microcystis litoralis* 4 *Merismopedia glauca* 5 *Pleuro capsa fuliginosa* 6 *Dermocarpa shacrica* (Gonzalez y Parra 1975)

Merismopedia
Celulas dispuestas regularmente en grupos de 4 o multiplos de 4 ubicadas en vaina mucilaginosa y de color verde intenso

Pleurocapsa
Celulas dispuestas en colonia incluida en una matriz gelatinosa

formando masas globoides o filamentos cortos de 2 3 corridas de celulas

Dermocarpa
Celulas de color azul verdoso solitarias o en grupos, general mente radiales con una nitida vaina de mucilago Generalmente vive sobre otras algas de mayor tamaño

Calothrix
Plantas filamentosas, ramificadas o no, con grandes heterocitos en la base de cada filamento, los cuales se afinan hacia los extre mos Con vaina de mucilago

Spirulina
Filamentos cilindricos y espiralados, de estructura laxa o apre tada, carecen de vaina mucilaginosa

Oscillatoria
Filamentos de color azul, mantiene un diametro uniforme con apices generalmente curvados, vaina de mucilago muy fina

Symploca
Algas filamentosas cubiertas con vaina de mucilago con escasas ramificaciones Filamentos pueden curvarse

Nostoc
Algas filamentosas de color azul verdoso, de celulas redonde adas con heterocistos envueltos generalmente en una vaina o matriz comun Pueden en ocasiones llevar tambien una vaina mucilaginosa individual

9 3 *Chorophyta o algas verdes*

Pueden ser unicelulares, filamentosas, laminares, coloniales, tu bulares o en forma de saco Las caracteristicas mas destacables de este grupo se refieren a presencia de pigmentos verdes cloro fila a y b, carotenos y luteina, zeaxantina y violoxantina en me

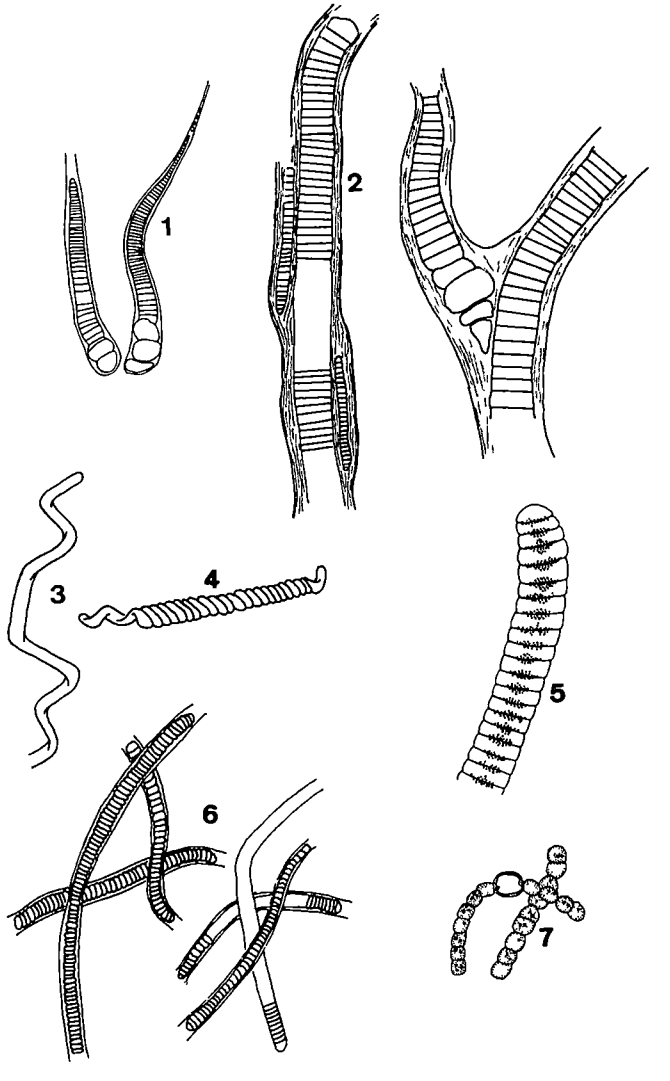


FIG 22 Generos mas comunes de Cianofitas 1 *Calothrix scopulorum* 2 *Calothrix crustacea* 3 *Spirulina meneghiniana* 4 *Spirulina subsalsa* 5 *Oscillatoria nigroviridis* 6 *Symploca* sp 7 *Nostoc* sp (Gonzalez y Parra 1975)

nor cantidad Producto de reserva almidon o aceites El primero formado en relacion al pirenoide, organelo ubicado en el interior del cloroplasto

Varias otras caracteristicas definen al grupo, tales como la estructura de los flagelos, origen de las membranas del cloroplasto y tipos de pigmentos presentes

Las algas verdes habitan todo tipo de ambientes marinos, salobres, agua dulce, suelo, areas humedas Tambien pueden ser parasitas, endofitas, epifitas y/o epizoicas

Se mencionan las siguientes especies (Fig 23)

Ulva lactuca Linnaeus

Alga verde de talo laminar de 7 20 cm de longitud, anchas, de color verde o verde amarillento Grosor de 30 um a 80 um de acuerdo al nivel de corte Celulas mas altas que anchas (20 22 um de largo), coloracion verde desplazada hacia la superficie de las celulas, con pocos pirenoides Reproduccion por gametos biflagelados y esporas con 4 flagelos

U lactuca vive en los roquerios intermareales y en aguas someras tranquilas

Ulva nematoidea Bory

Algas de un fuerte color verde, alargada con margen de mayor longitud que la parte o eje central, lo cual le da un aspecto ondulado, con grandes pliegues, a veces espiralado Puede sobrepasar los 40 cm de largo por no mas de 10 cm de amplitud transversal de la fronda Las celulas son aplastadas de 3 10 um de ancho por 15 20 um de alto Espesor de la fronda de 64 70 um y en su parte media presenta 1 2 pirenoides por celula

U nematoidea habita aguas someras de bahias y ensenadas tranquilas formando praderas de laminas flotantes que varan en la playa produciendose, posteriormente, su descomposicion Crece sobre sustratos rocosos o como epifita en frondas de *Gracilaria*

Ulva rigida C Agardh

Algas de color verde oscuro, de laminas gruesas, rigidas y duras especialmente en la parte central Los talos tienden a crecer en torno a un punto o area central con destruccion de zonas marginales Estan provistas de un estipe corto y firme

El grosor total de las frondas puede alcanzar los 120 um y el tamaño celular de 35 45 um de largo por 8 13 um de ancho Presentan 1 2 pirenoides por celula

U rigida habita las zonas de areas someras de lugares con poco o sin oleaje especialmente bolsones estuarinos, en donde forma densas aglomeraciones de frondas fijas o sueltas con fuerte crecimiento laminar

Enteromorpha intestinalis (Linnaeus) Link

Algas de forma tubular, contorneadas, mas finas en la base y mas ancha hacia el extremo, el cual puede estar entero y cerrado o generalmente destruido Las laminas se forman desde un disco basal pequeño y firme conformado por rizoides o prolongaciones de las celulas basales que se fijan fuertemente al sustrato

En corte transversal el grosor de la fronda, y los tamaños celulares varian de acuerdo al nivel de corte, siendo en la parte media de 30um el grosor de la fronda y de 12x25 um el tamaño celular

E intestinalis puede presentarse como frondas solitarias, generalmente en mechones, con proliferaciones escasas en los ejes o ramificaciones solitarias que nacen cerca de las partes basales Habita en aguas someras, especialmente plataforma y pozas litorales intermareales Puede ser epifita o epozoica

Chaetomorpha linum (Muller) Kutzing

Algas de pigmentacion verde fuerte, filamentosa, de una sola corrida de celulas, de forma cilindrica de 45 50 um de largo por

30 um de ancho, las celulas reproductivas son mas abultadas que las vegetativas La celula basal larga y mas palida en la par te inferior, la cual desarrolla rizoides para fijarse al sustrato

C linum crece en mechones en pozas litorales o parte supe rior de ambientes submareales de aguas tranquilas

Se reproduce por gametos biflagelados y por esporas cuadriflageladas

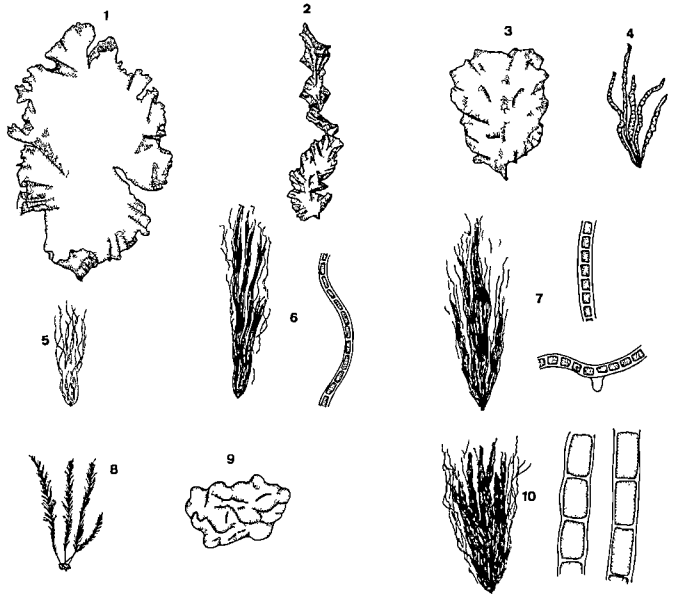


FIG 23 Especies mas comunes de Clorofitas 1 *Ulva lactuca* 2 *Ulva nema toidea* 3 *Ulva rigida* 4 *Enteromorpha intestinalis* 5 *Chaetomorpha linum* 6 *Rhizoclonium ambiguum* 7 *Rhizoclonium riparium* 8 *Bryopsis rosae* 9 *Codium dimorphum* 10 *Rhizoclonium tortuosum*

Rhizoclonium riparium (Roth) Harvey

Alga de color verde constituida de filamentos finos enredados entre si, con ramificaciones y muchos rizoides de fijacion

Rhizoclonium tortuosum Kutzing

Filamentos de color verde a verde oscuro largos y entrelazados sin ramificaciones aparentes con celulas cuadradas o el doble de largas en relacion al ancho Presenta rizoides

Rhizoclonium ambiguum (J D Hooker y Harvey) Kutzing

Algas filamentosas, finas de color verde con celulas el doble de largo que anchas, con rizoides que les permiten adherirse al sustrato Los filamentos forman mechones de 15 o mas cm de longitud Crece en paredes verticales, entre las algas de la zona intermareal

Bryopsis rosae Gaudichaud

Algas de color verde provistas de un eje central del cual salen ramificaciones opuestas, alguna de las cuales presentan rizoides descendentes Se fija al sustrato rocoso por medio de fuertes ri zoides Habita la zona intermareal, especialmente pozas de ma rea

Codium dimorphum Svedelius

Alga de color verde oscuro en forma de costra carnosa y mucila ginosa de superficie sinuosa que cubre homogeneamente sustra tos rocosos verticales intermareales Se reproduce por gametos

9 4 *Phaeophyta o algas pardas*

El grupo de las algas pardas habitan preferemente los ambientes marinos con escasas especies de agua dulce Viven en la zona in termareal hasta grandes profundidades (60 70 m) en zonas de aguas claras Las especies son filamentosas, ramificadas, en for

ma de lamina o cinta, tubulares, con grandes discos de fijacion macizo o rizoidal, con estipes largos y flexibles

Tienen clorofila a, beta caroteno y fucoxantina que le da el color oscuro Como producto de reserva presenta laminarina y manitol En las paredes tienen algina, fucoidina y celulosa Elementos reproductores moviles con 2 flagelos de insercion lateral o esporas sin flagelos

Caracteristicas destacables se refieren a su organizacion filamentosa que redunda en una estructura seudoparenquimatosa o una construccion parenquimatosa sobre la base de componentes celulares con formacion de un tejido compacto, aspecto extensivo a estructuras crustosas o a una combinacion de ambas en la construccion del talo de algunas Dictyotales y Cutleriales La complejidad y ubicacion del pirenoide en el cloroplasto forma y estructura de este ultimo, asi como presencia o ausencia de ciertos compuestos en la pared celular, son claves para la determinacion de especies De la misma manera, sistemas de desarrollo directo y ciclos de vida cortos son caracteristicas consideradas importantes en la identificacion de los componentes de Feofitas

Las siguientes especies son consideradas como las mas importantes y representativas en este grupo en el contexto nacional (Fig 24)

Ectocarpus confervoides (Roth) Le Jolis

Plantas filamentosas ramificadas de color cafe claro o verde pardo zco Se le encuentra en pozas de marea, en zonas de aguas tranquilas o viviendo sobre otras algas

Las partes apicales pueden o no terminar en un pelo Los organos reproductores son laterales en las ramas con pedunculo y alargados Pueden alcanzar 7 8 cm de largo

Giffordia granulosa (J E Smith) Hamel

Algas de estructura filamentosa, ramificadas de color pardo o cafe amarillento fijas a sustratos duros, generalmente epifitas en algas mayores (*Gracilaria*) Celulas cuadrangulares o mas anchas que altas Esporangios globosos y sesiles, loculos grandes y nitidos Se desarrolla abundamentemente en meses de primavera y verano

Desmarestia ligulata (Lightfoot) Lamouroux

Alga de color pardo claro o verdoso, constituida por una lamina principal de la cual salen laminas laterales, todos con un nitido eje o nervio central Se fija por un disco de 1 1 5 cm de diametro y alcanza sobre los 100 cm de altura Se fija sobre sustratos duros

D ligulata produce un ambiente acido por liberacion de acido sulfurico, condicion que provoca la destruccion de tejidos de otras algas y la propia hidrolisis de sus tejidos

Otra especie de *Desmarestia* mas filamentosa que *D ligulata* crece en areas de *Gracilaria* interfiriendo con su desarrollo y mermando drasticamente la produccion de la agarofita

Desmarestia se produce por gametos y por esporas en un ciclo de vida en el cual los gametofitos o plantas sexuadas son microscopicas y los esporofitos son las plantas grandes, macroscopicas

Colpomenia sinuosa (Roth) Derbes y Solier

Alga parda verdosa o verde amarilenta, globosa, fija a sustratos rocosos o epifita en algas de mayor tamaño 3 4 cm de diametro Vive en pozas de marea o sumergida, en zonas de aguas tranquilas

Petalonia fascia (Muller) Kuntze

Alga laminar de color pardo o pardo amarillento, creciendo generalmente en grupo de 2 3 laminas Habita en pozas de mareas o sumergida en aguas someras de zonas sin oleaje

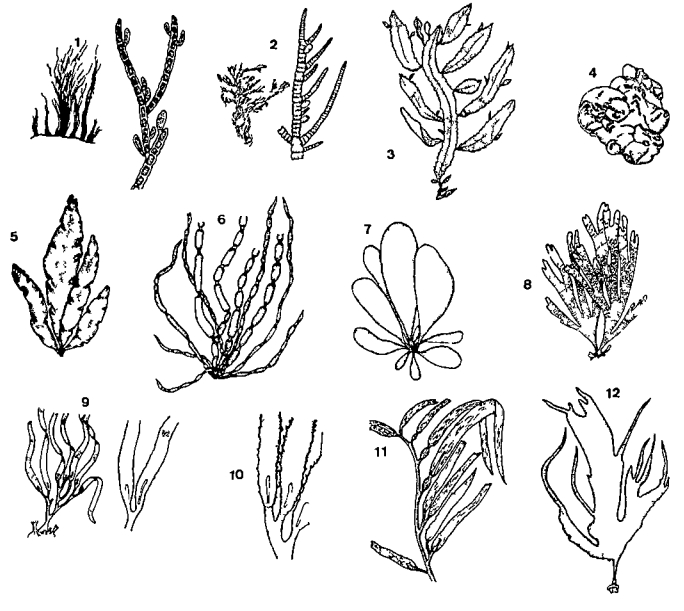


FIG 24 Especies mas comunes de Feofitas 1 *Ectocarpus confervoides* 2 *Giffordia granulosa* 3 *Desmarestia ligulata* 4 *Colpomenia sinuosa* 5 *Petalonia fascia* 6 *Scytosiphon lomentaria* 7 *Adenocystis utricularis* 8 *Glossophora kunthii* 9 *Lessonia nigrescens* 10 *Lessonia trabeculata* 11 *Macrocystis pyrifera* 12 *Durvillaea antarctica*

Scytosiphon lomentaria (Lyngbye) J Agardh

Alga de color cafe oscuro o cafe claro tubular con estrangulaciones a lo largo del talo Habita zonas de mareas, pozas litorales o ambientes sumergidos someros en areas de agua calma

Adenocystis utricularis (Bory) Skottsberg

Frondas en forma de dedos, con el interior lleno de agua, coloracion pardo amarillento Crece en ambientes intermareales, especialmente en pozas o en los niveles altos del sublitoral

Glossophora kunthii (C Agardh) J Agardh

Algas en forma de cintas dicotomicamente divididas cubierta de pequeñas hojas o papilas fijas al sustrato rocoso por un disco fuerte en sistemas postrados Habita en pozas de mareas y en niveles sumergidos

Lessonia nigrescens Bory

Algas de color pardo oscuro, casi negro, frondosas, formadas por un disco rizoidal grande y conico, del cual nacen estipes gruesos y flexibles adelgazandose hacia la parte superior, de la cual salen frondas acintadas y gruesas Caracteriza ambientes con oleaje permanente

Lessonia trabeculata Villouta y Santelices

Alga constituida por un disco de fijacion relativamente macizo, del cual salen estipes de seccion subcilindrica o aplastada que dan nacimiento a laminas anchas, dentadas, de color pardo oscuro Viven sumergidas en toda la costa de Chile, norte y centro sur, en ambientes con oleaje regular o fuerte

Macrocystis pyrifera (Linnaeus) C Agardh

Plantas constituidas por un grampon rizoidal mediante el cual se fijan al sustrato rocoso De este organo salen estipes cilindricos, dicotomicamente divididos en los niveles basales, de los cuales nacen frondas provistas de un flotador en su parte inferior

El grampon o disco de fijacion de esta especie es conico, en contraposicion al disco aplastado de *Macrocystis integrifolia*

Durvillaea antarctica (Chamisso) Hariot

Planta de grandes dimensiones constituida por un disco de fija cion liso y macizo con un estipe grueso y flexible, el cual da na cimiento a frondas anchas laciniadas para terminar en frondas delgadas y finas

Especie comestible conocida con el nombre de 'Cochayu yo En Chile crece en areas rocosas con oleaje fuerte y perma nente

9 5 *Rhodophyta o algas rojas*

Algas de color cafe rojizo o rojo de morfologias y estructuras diferentes y en el cual se encuentran especies constituidas por una sola celula o por filamentos simples y ramificados en forma de laminas con una sola corrida de celulas o laminas de comple jas estructuras con nervaduras centrales y laterales semejantes a una de arbol o en forma de talo o saco simple o con contric ciones a lo largo de los ejes

Su coloracion se debe a la presencia de pigmentos rojos (fi coeritrina) o azulados por la presencia de ficocianina ademas de pigmentos verdes (clorofila) y pigmentos amarillos El llamado almidon de las florideas es su producto de reserva

Se reproducen sexualmente por gametos y asexualmente por esporas La propagacion puede efectuarse tambien por pro cesos vegatativos

La importancia economica de estas algas se basa funda mentalmente por su uso en la alimentacion humana en forma directa o el uso de productos extraidos de ellas especialmente agar y carragenano

Son criterios importantes en la caracterizacion de estas al gas los procesos de desarrollo del cigoto ubicacion de celulas auxiliares de fecundacion sentido en que crece el primer fila mento de post fertilizacion mecanismo de generacion esporan gial entre otros

Las especies siguientes son importantes recursos algales (Fig 25)

Porhyra columbina Montagne

Alga laminar de color parduzco o rojizo, de aspecto fino, con bordes en mosaico entre areas mas rojas y amarillas Crece en la zona intermareal en lugares con oleaje y sobre sustrato rocoso o sobre caparazones de animales de vida sesil Se reproduce por gametos y por esporas

Se le conoce con el nombre de "luche pardo o luche rojo" y se utiliza en la alimentacion humana

En corte transversal sus frondas presentan solo una corrida de celulas

Gelidium lingulatum Kutzing

Plantas de color rojo oscuro, casi pardas, en forma de cintas del gadas con ramificaciones desde una fronda principal, con bor des irregulares Los talos nacen de porciones postradas de sec cion cilindrica fuertemente fijas al sustrato rocoso

G lingulatum habita en ambientes rocosos de aguas muy agitadas alcanzando hasta varios metros de profundidad En lu gares con fuerte oleaje pueden tener una altura de 17 centi metros o mas

Se reproduce mediante gametos y por esporas

Importante recurso productor de Agar Agar

Gelidium rex Santelices y Abbott

Algas de color rojo oscuro con ejes planos delgados, fuertemen te dentados y fijos al sustrato rocoso mediante sistemas postra dos Ramificaciones especialmente en la parte superior de los ejes Pueden alcanzar 20 cm de alto en lugares con fuerte ole aje

Su reproduccion es sexuada mediante gametos y por espo ras

G rex es una especie importante por la produccion de Agar Agar

Chondrus canaliculatus (C Agardh) Greville

Alga de color pardo, con los extremos de color rojizo, carnosa, dicotomicamente dividida, fija al sustrato rocoso por un pe queño, pero fuerte disco de fijacion

Habita en lugares con oleaje, pero preferentemente en sec tores con poco dinamismo

Pozas litorales son ambientes de vida frecuente y roquerios influidos por oleaje permanente, pero no violento

Se reproduce por gametos y por esporas formadas en cisto carpos y tetrasporas en soros en el interior del tejido

Especie de importancia comercial por su produccion de carragenano

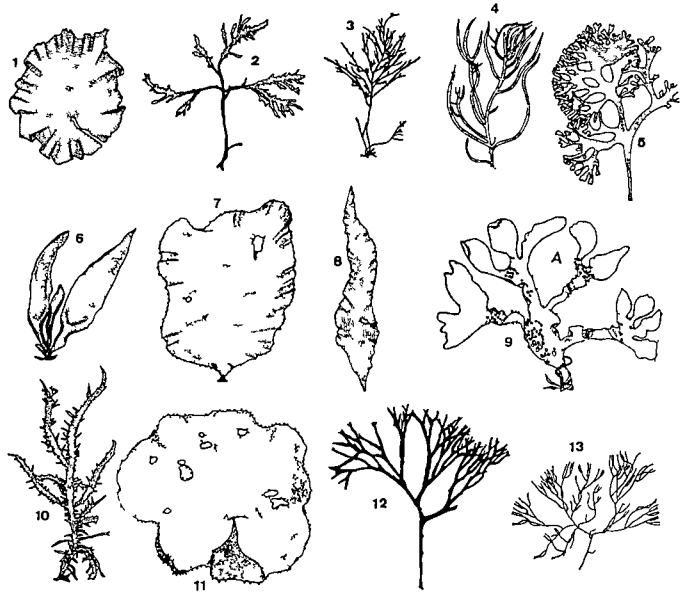


FIG 25 Especies más comunes de Rodofitas 1 *Porphyra columbina* 2 *Gelidium lingulatum* 3 *Gelidium rex* 4 *Sarcodiotheca gaudichaudii* 5 *Chondrus canaliculatus* 6 *Iridaea laminarioides* 7 *Iridaea ciliata* 8 *Iridaea membranacea* 9 *Mastocarpus papillatus* 10 *Gigartina chamissoi* 11 *Gigartina skottsbergii* 12 *Gymnogongrus furcellatus* 13 *Ahnfeltia plicata*

Iridaea laminarioides Bory

Algas laminares que nacen desde un sistema basal en forma de disco del cual se levantan una o varias laminas de estipes canali culados Generalmente las frondas estan cubiertas de cistocar pos o con soros de tetrasporangios de color oscuro que le dan a las laminas un aspecto granuloso

I laminarioides crece sobre sustratos rocosos intermareales en ambientes con fuerte oleaje, puede alcanzar 15 o mas cm de largo

Se reproduce por gametos y esporas Su importancia eco nomica se basa en que produce carragenano

Iridaea ciliata Kutzing

Plantas de color rojo oscuro o pardo en forma de laminas anchas y carnosas provistas de procesos espiniformes en la base y borde de la fronda

Distribuidos en toda el alga se presentan pequeños puntos oscuros, circulares o levemente alargados que constituyen los organos de reproduccion llamados cistocarpos o soros de tetras poras

Las laminas nacen de un disco basal que se adhiere firme mente al sustrato rocoso

I ciliata crece desde ambientes intermareales bajos, pozas litorales y preferentemente en niveles sumergidos hasta 8 o 10 m de profundidad

Su importancia economica esta dada por su capacidad de producir carragenano

Iradaea membranacea J C Agardh

Alga de frondas alargadas de color pardo verdoso con estipe y disco de fijacion pequeño, firmemente adherida a sustrato roco so

Superficie de la lamina cubierta de pequeños puntos oscu

ros correspondientes a zonas de elementos de reproduccion (cistocarpos y soros de esporas) Habita en areas rocosas fuertemente influidas por oleaje

Especie productora de carragenano

Mastocarpus papillatus (C Agardh) Kutzing

Alga de fronda laminar dicotomicamente dividida, cubierta de papilas especialmente en las areas medias y basales o puede ser enteramente lisa Su coloracion es rojo oscuro, mas clara en las areas apicales Se fija al sustrato rocoso por un fuerte disco de fijacion Se reproduce por gametos y esporas

Habita areas con oleaje moderado colonizando la parte baja de la zona intermareal

Produce carragenano

Gigartina chamissoi (C Agardh) J Agardh

Especie que se presenta constituida por frondas principales y ramificaciones carnosas, fuertemente cubierta por papilas cuando esta fertil

El o los ejes se levantan desde un disco de fijacion fijo a sustrato rocoso

Se reproduce por medio de gametos y esporas y habita desde niveles intermareales bajos hasta 7 u 8 m de profundidad

Produce carragenano

Gigartina skottsbergii Setchell et Gardner

Alga de lamina gruesa, circular o semicircular, coriacea cuando esta seca, carnosa cuando esta humeda, de color rojo o rojo oscuro Se fija al sustrato por prolongaciones rizoidales gruesas que nacen en torno al punto de fijacion de la lamina, el cual se confunde con los rozoides

La fronda puede estar parcial o abundamentemente cubierta por papilas gruesas

Se reproduce por gametos y esporas Vive en niveles sumergidos a 10 o mas metros de profundidad

Produce carragenano

Gymnogongrus furcellatus (C Ag) J Agardh

Alga de color rojo oscuro casi pardo de talos cilindricos ramificados y rigidos

Crece desde un disco basal del cual pueden salir uno o varios ejes verticales que pueden alcanzan 10 o hasta 18 cm de altura, especialmente ejemplares de ambientes con mucho oleaje

Se la ha encontrado en pozas de marea y sumergida hasta 8 m de profundidad

Se reproduce por esporas que nacen desde costras y por gametos formando, despues de la fecundacion, esporas en cistocapos

Produce carragenano Se le conoce con el nombre de "Chasca gruesa"

Ahnfeltia plicata (Hudson) Fries

Alga de ejes cilindricos, fina y larga, rigida de color rojo oscuro o pardo dicotomica o subdicotomicamente divivida Crece sobre sustrato rocoso en ambientes generalmente influidos por agua dulce, con salinidades mas bajas que las de mar abierto

Se reproduce por esporas que nacen desde disco crustoso y por gametos producidos en los talos erectos

Produce Agar Agar

Sarcodiotheca gaudichaudii (Montagne) Gabrielson

Alga de talo cilindrico de color rojo con ramificaciones abundantes que salen en todas direcciones desde un eje o talo princi

pal con terminaciones aguzadas Crece en niveles sublitorales sobre sustrato arenoso o de conchuela y piedra Puede lograr 30 a 35 cm de largo

Se reproduce por esporas y por gametos Produce carragenano

9 6 *Manejo de la informacion*

La informacion que esta contenida en el capitulo de conocimientos generales de las algas es de primera importancia si se proyecta al campo productivo y por ende a actividades de manejo y desarrollo de recursos algales El conocimiento exacto de la localizacion de meristemas de crecimiento permitira ser acertado en aplicar niveles de corte o poda en los recursos o en la seleccion de propagulos para cultivos vegetativos La velocidad y epocas de crecimiento daran una vision mas dinamica de generacion y recuperacion de biomasas extraidas

Los aspectos relacionados con reproduccion, sea sexuada o asexuada, propagacion y proliferacion son aspectos determinantes de areas cubierta, densidades e incremento en biomasa La utilizacion de elementos reproductivos es en muchos casos punto de partida para incrementos poblacionales mediante procesos naturales o artificiales (*Monostroma Enteromorpha Ulva Porphyra Gracilaria* (en inicio), *Laminaria Undaria*)

La composicion quimica de las especies ha sido punto de partida para establecer su uso y en ello destacan los contenidos en agar, carragenano y acido alginico Son, ademas, fuente importante de sustancias antibioticas, aminoacidos y sales minerales Tienen un uso generalizado en medicina, en farmacologia y en la alimentacion

En el caso especifico de *Gracilaria* sus meristemas de crecimiento apicales y difusos son responsables de procesos de generacion y recuperacion de nuevas biomasas Su flexibilidad facilita la colonizacion de sustratos arenosos, a la vez que mantiene una alta resistencia y acondicionamiento a corrientes fuertes La capacidad de sus porciones subterraneas a permanecer fuertes aun en ausencia de luz es factor principal en la estructuracion de grandes praderas en ambientes de sustratos blandos y la resistencia para soportar cambios fuertes de salinidad posibilita la conquista exitosa de ambientes estuarinos

Finalmente, conocer el potencial reproductivo de esta especie y establecer su posible manejo es una via auspiciosa para lograr incrementos poblacionales de ella

10 0 *Usos y productos de las algas marinas*

Estos organismos y especialmente las macroalgas tienen variados usos Uno de los mas antiguos es como alimento humano y al respecto los paises orientales la utilizan desde tiempos remotos en variadas cantidades y variadas especies

En Chile solo 2 o 3 especies son consumidas por el hombre, *Porphyra columbina* o luche pardo o rojo, *Ulva lactuca* como luche verde y *Durvillaea antarctica* o cochayuyo Su uso como forraje y como abono es tambien comun

En otros paises se les utiliza como productor de gas metano, en la obtencion de papel, como estabilizador de suelos y sus productos, en procesos industriales, en medicina, farmacologia y cosmetica

El siguiente cuadro orienta sobre la utilizacion de algunas algas marinas

ALGAS	Producción de agar	Producción de alginato	Producción de carrag	Alimento	Forraje	Abono
Ahnfeltia	X			X	X	
Ceramium	X					
Chondrus				X		
Eucheuma	X			X		
Gelidium						
Gigartina	X		X	X		
Gracilaria	X			X		
Gymno						
gongrus	X			X		
Hypnea	X			X		
Iridaea			X	X		
Mastocarpus			X			
Porphyra				X		
Alaria				X	X	
Ascophyllum					X	
Durvillaea				X		
Ecklonia		X		X		X
Eisenia		X		X		
Fucus				X	X	
Laminaria		X		X	X	
Lessonia		X				
Macrocystis					X	X
Nereocystis		X		X		X
Sargassum				X		X
Undaria				X		
Entero						
morpha				X	X	X
Monostroma				X	X	X
Ulva				X	X	X

Los ficocoloides mas importantes de uso comercial son los siguientes

10 1 *Agar*

Es un compuesto producido por algunas especies de algas rojas y de uso multiple En su composicion quimica intervienen la agarosa como componente principal y con altas propiedades ge lificantes y la agaropectina, el primero formado por varias uni dades de disacaridos agarobiosa, y la segunda de composicion mas completa integrado por galactosa, acido glucuronico y compuestos sulfatados Las calidades y caracteristicas del agar dependeran en gran medida de los compuestos de la agaropecti na, pudiendose incluir ademas el acido piruvico asociado a este componente

La caracteristica principal de este compuesto es que forma gelatinas, las cuales se disuelven en agua caliente (sobre 80°C) y gelifican a temperaturas de 30 a 40°C a bajas concentraciones (2%)

El uso inicial fue como alimento en los paises orientales, de los cuales fue llevado a Europa El medico investigador Rober to Koch lo utilizo como medio de cultivo de bacterias con exce lentes resultados

El uso de este producto es amplio y va desde aprestos para telas, clarificador de mostos, cervezas, integrante o reemplazan te de harinas o feculas del pan, protector de carnes o conservas envasadas, recubridor de medicamentos que deben absorberse en el intestino, laxante, parte importante en la preparacion de tortas, pasteles, dulces, gelatinas, jugos espesados, salsas, medi camentos para enfermos diabeticos, con fuerte uso farmacologi co, industrial, en cosmetologia, obtencion de impresiones denta les y preparacion de medios de cultivos bacteriologicos, micro y macroalgas, estas ultimas en sus estados iniciales

Los pasos para la obtencion de agar son los siguientes

— Disponibilidad de material algologico (*Gracilaria*)
— Lavado y limpieza del alga
— Procesado con hidroxido
— Lavado y blanqueado en forma sucesiva
— Cocimiento del agua para extraer el agar
— Filtrado
— Gelificar en superficies frias
— Corte y almacenamiento transitorio
— Deshidratacion
— Secado, molienda y almacenaje

10 2 *Acido Alginico*

Componente de las algas pardas encontrados como integrante de la pared celular de especies de los generos *Macrocystis Lessonia Durvillaea Laminaria Alaria Ascophillum Glossophora Fucus Ecklonia*, principalmente, aunque deberia ser parte de la pared celular de la mayoria de las algas pardas Especie de bacterias presentan tambien este componente Quimicamente el acido alginico esta compuesto de moleculas de acido manuronico y acido guluronico formando largas cadenas El contenido varia segun la especie y segun la epoca del año Los valores seran indudablemente diferentes si se trata de extracciones de laboratorio o industriales Los antecedentes señalan, sin embargo, valores que van de 10 a 17% por peso seco de alga (Dawes, 1986) y las propiedades del gel formado dependera de la estructura que tendra segun los cationes con los cuales combine En general, presenta fuerte atraccion por cationes bivalentes (Trainor, 1978)

El acido alginico es insoluble al estado de alginato de calcio y para extraerlo se solubiliza con otra base, sacando las impurezas, precipitandolo varias veces, lavando el precipitado Al agregar acido clorhidrico queda libre el acido alginico, el cual se transforma a alginato de sodio cuando se trata con carbonato de sodio al 3% Se precipita posteriormente con etanol o con sal de calcio (Dawes, 1986)

El alginato es usado en la industria de las pinturas, se usa como emulsionante y estabilizador Se usa tambien en la industria del papel, en la industria textil y para fabricar helados, postres, dulces, jarabes salsas productos de belleza cremas impresiones dentales, fabricacion de filmes fotograficos medicina, etc

10 3 *Carragenina o Carragenano*

Es un mucilago que se asemeja al agar y que puede extraerse de varias algas rojas Las mas usadas son *Chondrus Iridaea Gigartina Hypnea*, y *Sarcodiotheca*

La extraccion de este mucilago se realiza en caliente hirviendo el alga en condiciones alcalinas (pH 8 5) despues de 2 5 horas de coccion se filtra en filtro de diatomeas y a presion A la solucion se le agrega alcohol isopropilico al 80% coagulando la carragenina Se prensa, se seca en tambores y se procede a la decoloracion Se muele y se almacena (Dawes, 1986)

El carragenano es un mucilago mas sulfatado que el agar de menos poder gelificante compuesto por galactosa y 3 6 anhidrogalactosa Variaciones en el contenido de sulfato y de los compuestos mencionados permiten reconocer la existencia de 2 tipos de carragenanos

Su uso, al igual que los otros compuestos obtenidos de algas son multiples, especialmente como parte de sustancias alimentarias como sopas dulces bebidas En medicina en odontologia, cosmetica, farmaceutica y en la industria de pintura y tintas

En Chile especies de *Iridaea Gigartina* y *Mastocarpus* son recolectadas y comercializadas para la obtencion de este ficocoloide

IV

Metodología de Cultivo Algal

1 0 *Antecedentes Generales*

Las algas marinas han sido recursos alimentarios importantes para el hombre que ha vivido en ambientes litorales de todas las regiones del mundo Su distribucion hacia el interior de los con tinentes se hizo inicialmente por medios rusticos rios, lagos, transporte terrestre animal, incentivandose actualmente hasta lograr un uso masivo en sistemas de envases finos, de delicada presentacion Industrias que incorporan agar, alginatos, carra genina obtenidas de algas marinas, comercializan una amplia gama de productos utilizados en las mas variadas actividades del hombre

La utilizacion de estos recursos como suplemento alimen tario, como forraje, abono o para obtener variados mucilagos de usos multiples ha tenido un significado economico destacado, contribuyendo al sustento familiar de pescadores, obreros y al desarrollo industrial de los paises

La extraccion intensa de estos recursos ha tenido, sin em bargo, efectos ecologicos negativos La ausencia de cordones de grandes algas pardas o algas rojas ha dejado sin ambientes de postura, refugio y de alimentacion a poblaciones de animales que vivian relacionadas a estas praderas

Ausencia de cordones litorales ha permitido que el oleaje en las riberas sea mas efectivo y devastador o que organismos puedan predar en niveles en donde antes lo impedian barreras biologicas importantes Pero sin duda que la ausencia de lugares de postura, refugio y alimento se ha dejado sentir en forma fuer te especialmente porque ello conlleva desaparicion de peces, crustaceos, moluscos y equinodermos, que han sido siempre re cursos importantes para el pescador artesanal

La totalidad de las especies marinas tienen sistemas de reproduccion, ciclos biologicos y/o sistemas de recuperacion que aseguran su perduracion en el espacio y a lo largo del tiempo La disminucion de contingentes reproductivos por excesos de extraccion o mala manipulacion llevara definitiva y claramente a la desaparicion de las praderas

Como todo vegetal, su ciclo reproductivo va acorde con las fluctuaciones de temperatura y luz, progresando a medida que los dias son mas largos y mas temperados, junto con incremen tar su cantidad de biomasa se produce la maduracion de sus ele mentos de reproduccion y es, justamente, en esta epoca cuando la extraccion es mas fuerte

El manejo de estos recursos debe considerar en forma prioritaria, entonces, aspectos biologicos y ecologicos ya conoci

dos y estudiados por los investigadores Cada especie tiene su biologia particular y responde de manera diferente a otras especies, cada poblacion de una misma especie se comporta de manera diferente de region en region Cada poblacion de una misma especie se comporta de manera particular en las diferentes riberas de una misma bahia y todos los sectores de una pradera de cierta extension presentan comportamientos especiales

A nivel mundial son recursos algologicos importantes especies de *Chondrus*, *Eucheuma*, *Gelidium*, *Gigartina*, *Iridaea*, *Hypnea*, *Porphyra*, *Alaria*, *Ascophyllum*, *Laminaria*, *Durvillaea*, *Lessonia*, *Macrocystis*, *Undaria*, *Monostroma*, *Enteromorpha*, *Gracilaria*

En Chile *Gracilaria* es el principal recurso algologico, por los montos de produccion y por el significado economico y social que ha tenido en el rubro pesca artesanal Los datos de produccion para el año 1988 y su comportamiento en 6 diferentes regiones a lo largo de 12 meses se presenta en la Tabla 1 y Fig 26 (SERNAP, 1988)

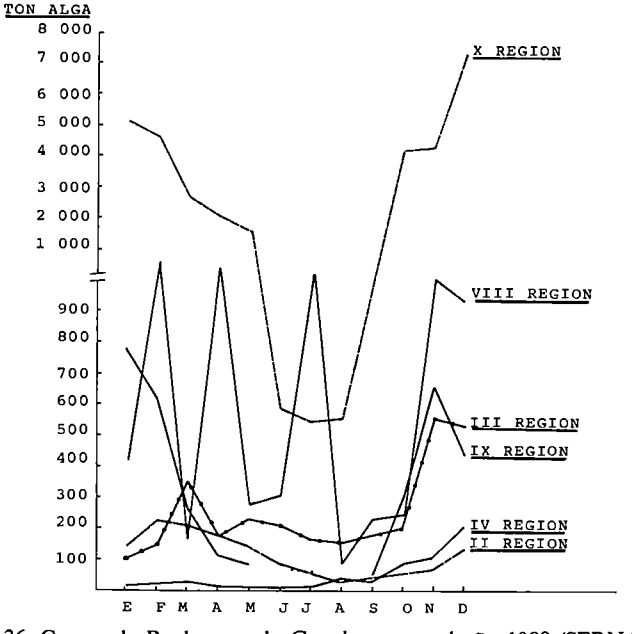


FIG 26 Curvas de Produccion de *Gracilaria* para el año 1988 (SERNAP 1988)

TABLA 1 Producciones mensuales de *Gracilaria* en las diferentes regiones durante el año 1988 (SERNAP)

MESES / REGIONES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
II	100	146	354	188	139	93	58	35	40	55	71	144	1423
III	147	235	215	171	233	212	163	161	174	207	556	539	3013
IV	14	21	23	15	3	3	4	41	39	93	105	212	573
VIII	424	1517	152	1484	291	303	1306	84	230	240	1136	937	8104
X	6124	5645	3607	3077	2571	579	546	551	1610	5311	5367	8302	43296
XI	776	621	269	119	92	—	—	—	54	291	669	442	3324

Las curvas de produccion presentadas en el grafico muestran el comportamiento de las praderas durante el año 1988 con bajas generales en los meses invernales, excepto en la VIII Region, en donde la produccion principal se sustenta en una pradera estuarina (Tubul), cuyas condiciones ambientales permitieron extracciones secuenciales a lo largo del año, pero con efectos drasticos en la produccion en los meses que siguieron a las extracciones

2 0 *Cultivos en Estanques y Piscinas*

Los intentos de lograr produccion de algas en estanques se han realizado en varios paises del mundo Aunque la tecnica pareciera facil, existe, sin embargo, un significativo numero de factores que es necesario controlar para lograr el exito deseado El control y manejo de los procesos implica un costo adicional al sistema, el cual en una dimension de produccion masiva, hace de esta tecnica una actividad cara

En sistemas experimentales se han considerado factores como flujo y renovacion de agua, control de temperatura, salinidad, nutrientes, pH, movimiento de agua, burbujeo y adicion de elementos necesarios para evitar infecciones y lograr crecimientos importantes Los resultados experimentales de productividad van desde 7 u 8 g/m^2/dia hasta sobre 40 g/m^2/dia en estanques de pequeñas dimensiones o en estanques tipo piscinas pequeñas (5x 6 x 1 m), lo que traducido a toneladas de algas por hectareas señalan valores de 50 a 130 toneladas al año, si todo funcionara en forma relativamente ideal

En Coquimbo (30°S, 71°W), Chile, Edding, Macchiavello y Black (1987) hicieron cultivos en estanques de 200 l (Fig 27) con agua obtenida directamente del mar y con dos sistemas de filtros para evitar infeccion y con recambio de agua (1 volumen por hora), aporte de aire y sin nutrientes Se uso 1 y 2 Kg m^2, procediendo al recambio de alga al mes de iniciados los experimentos

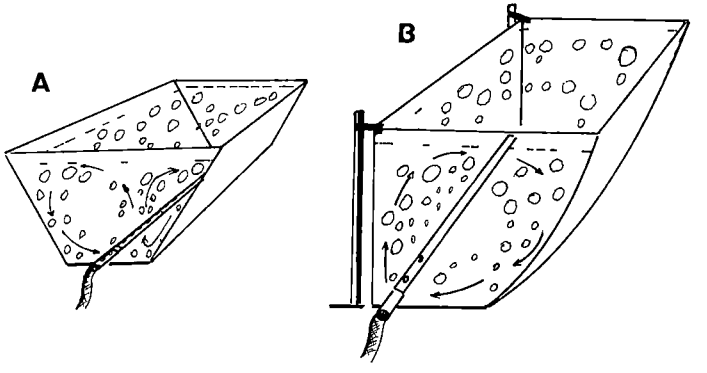


FIG 27 Estanques de cultivo de *Gracilaria* provistas de tubos de aireacion y sentido del movimiento del agua

Los estanques que contenian 2 Kg m^2 tuvieron una produccion promedio de 100 g m^2 d^1 y de 87 g m^2 d^1 en los estanques con 1 Kg m^2 con una produccion anual de 2 y 1 Kg m^2 respectivamente

Factores negativos fueron exceso de biomasa por estanques, lo que impedia una buena circulacion del alga, afectando el crecimiento y la produccion de agar, baja densidad del alga (1 Kg m^2) facilitaba el crecimiento de epifitas

Santelices *et al* (1989) hicieron cultivos en estanques de fibra de vidrio de 1 m^3 con renovacion de agua, aire y CO_2 y movimiento del agua mediante aire adicionado con compresores Schulz durante las horas del dia y con fuerza suficiente para mover biomasa de 4 7 Kg de *Gracilaria* a razon de 2 vueltas por minuto Se ajusto el pH entre 7 0 8 5 con adicion de CO_2, adicionandose nutrientes sulfato de amonio y Na_2HPO_4 x H_2O

Se coloco una biomasa de 6 Kg m^2 con cosechas quincenales del excedente La produccion fue de 4 Kg m^2 en invierno y de 7 Kg m^2 en verano, con una produccion anual de 4 1 Kg m^2 año^1 Segun los autores, 4 veces mayor que los valores obtenidos en praderas naturales en el area

El cultivo en piscinas excavadas en la zona intermareal alta ha sido utilizado en Taiwan Las profundidades son de 1 metro y permite la renovacion natural de agua con los desniveles de bajamar y de pleamar

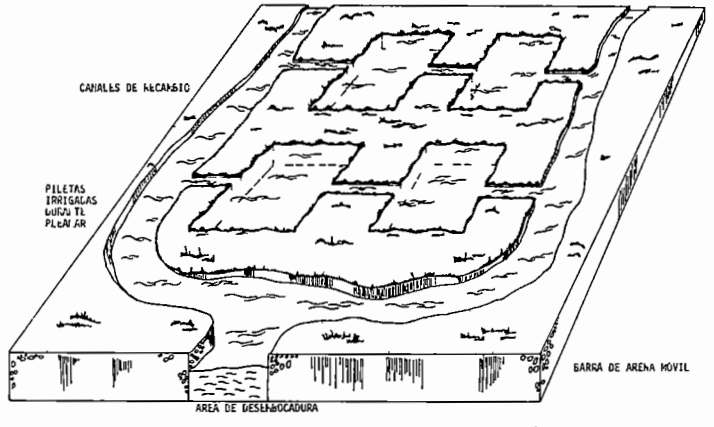


FIG 28 Esquema mostrando piscinas intermareales en ambientes estuarinos

Las plantaciones de *Gracilaria* se efectuan mediante plantacion directa al fondo de la piscina El agua se mantiene algunos dias, ya que se le adiciona nutrientes regularmente y abonos de animales

La produccion es baja, 10 toneladas al año por hectarea Se ha estimado posible lograr valores significativamente mas altos

La renovacion de agua y fuerza del flujo en estos sistemas son factores importantes con ello se logra mantener un alga limpia, buen aporte de nutrientes, movimientos de las frondas, mantencion de un pH y salinidad apropiadas

Experiencias efectuadas en piscinas de casi media hectarea excavadas en el terreno y con 80 cms de profundidad, en meses de verano mostraron disminucion manifiesta de nutrientes, temperaturas elevadas (por sobre 25°C en horas del dia), pH elevado, todo lo cual redundo en bajo incremento de biomasa, algas cubiertas de sedimentos, perdida de pigmentos

El sistema de produccion de algas en piscinas exige experiencia previa con tamaños semindustriales para valorar en situaciones reales el efecto de los factores ambientales sobre el alga y conocer el comportamiento de esta en esas situaciones La posibilidad de mejorar sistemas y optimizar esta forma de cultivo pasa por la etapa señalada

En los meses de noviembre y diciembre de 1989 se hizo experimentos para conocer la respuesta biologica de *Gracilaria* cultivadas en piscinas y brazos de rios en el sector Raqui Tubul, provincia de Arauco

Los resultados indicaron que en un lapso de 28 dias la biomasa algal se habia casi duplicado, pese a condiciones drasticas de temperatura, pH e iluminacion, condiciones factibles de manejar para lograr resultados mas importantes

En la Fig 29 se observa el incremento en peso de las plantas de *Gracilaria* en experimentos de crecimiento efectuadas en partes superiores, media e inferior de piscinas y en 3 canales derivados del rio Raqui y Estero Las Peñas, en Tubul

En los controles efectuados a los 7 y 18 dias se observa el claro aumento en peso en todas las condiciones de experimentacion

Destacable es la respuesta de las plantas ubicadas en la parte inferior de la piscina, a las cuales a partir de aproximadamente 1200 g se logra en 18 dias alcanzar cerca de los 4000 g, productividad importante para las condiciones señaladas

En la Fig 30, se presenta la respuesta lograda por *Gracilaria* plantada en 3 piscinas Las plantas logran en periodos de 12 dias casi duplicar su biomasa

El area de Tubul es reconocidamente un sector de alta productividad algal La produccion de *Gracilaria* en piscinas y canales, con buena renovacion de agua, puede aproximarse a valores anuales importantes, comparables a sectores marinos de buena productividad

El uso de cuerdas, a las cuales se atan las matas de *Gracilaria* y luego instaladas transversal o longitudinalmente en la piscina, es tambien un metodo recomendable

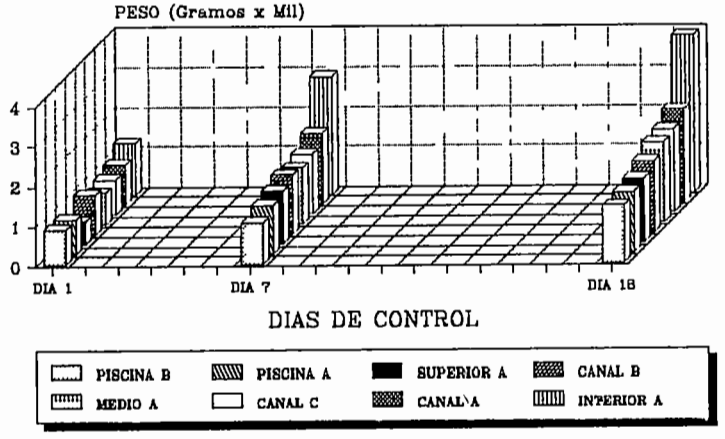


FIG 29 Crecimiento algas plantadas en piscinas plantas individuales

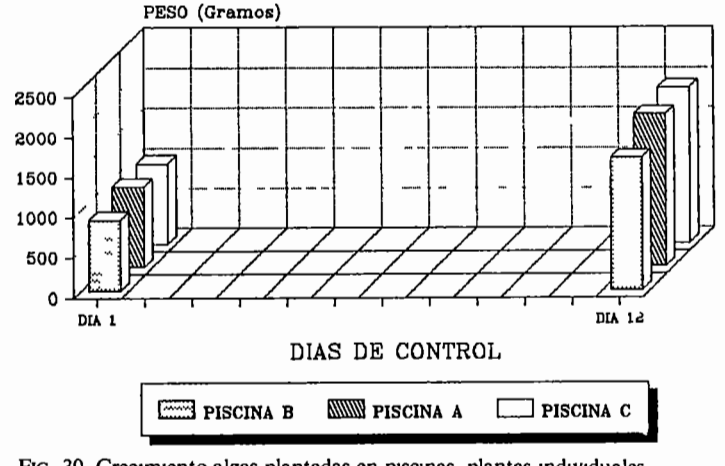


FIG 30 Crecimiento algas plantadas en piscinas plantas individuales

3 0 *Cultivos Mediante Esporas*

Gracilaria, al igual que todas las especies algales, mantienen vi gentes sistemas de reproduccion mediante elementos reproduc tores, gametos y esporas, siendo estas ultimas (tetrasporas y car posporas) los elementos de multiplicacion propiamente tales

En el ambiente natural, *Gracilaria* ha encontrado en luga res de aguas someras con fondos blandos (arenas o fangos), am bientes apropiados para la propagacion vegetativa por enterra miento de talos Las esporas solamente se fijan y crecen sobre sustratos duros, los cuales generalmente estan disponibles en areas con oleaje cuya situacion no es favorable para el de sarrollo de grandes plantas de *Gracilaria*

El uso de las esporas por medio de cultivo masivo ha sido ensayado exitosamente por los investigadores de la Universidad de Concepcion

El metodo consiste en la utilizacion de material fertil, el cual, despues de un periodo de tratamiento, 2 3 dias en el labo ratorio, se hace esporular sobre los elementos elegidos como sustratos de fijacion Estos pueden ser

- Cintas plasticas
- Cuerdas de nylon
- Conchas de moluscos
- Piedras

El sistema se mantiene en piletas de plastico de 360, 500 o 900 lts , provistos de circulacion de agua, aporte de nutrientes (Nitrato de Sodio, Superfosfato triple), temperatura en torno a los 20°C y pH de 8 0 a 8 2

Los microtalos se hacen crecer en estos estanques hasta ta maños de 5 mm y, posteriormente, son trasladados a terreno

La seleccion de un habitat apropiado para el desarrollo pos terior de los talos es premisa importante para asegurar el exito del metodo Los ensayos efectuados por el personal del Labora torio de Algas de la Universidad de Concepcion en un area es tuarina lograron plantas con tallas de 80 110 cm en un lapso de 3 meses y una biomasa maxima de 8 000 Kg por 5 m lineales de cuerda

Estudios realizados en areas marinas dieron resultados me nos impactantes, especialmente porque la luz y la temperatura estan por debajo de los niveles optimos de crecimiento

El material empleado como colector de esporas fue cuerdas

de polipropileno multifilamento de 4 mm a diametro Estas cuerdas se instalaron en marcos de 60 cm de lado construidas con tubos de PVC rigido de 0 5 pulgadas de diametro

Para la obtencion de esporas se utilizo *Gracilaria* con cisto carpos provenientes del sector Tubul

Los marcos con cuerdas fueron colocados en forma estratificada en un armazon de PVC especialmente construido para tal efecto Sobre cada marco se coloco una cantidad de 400 g de

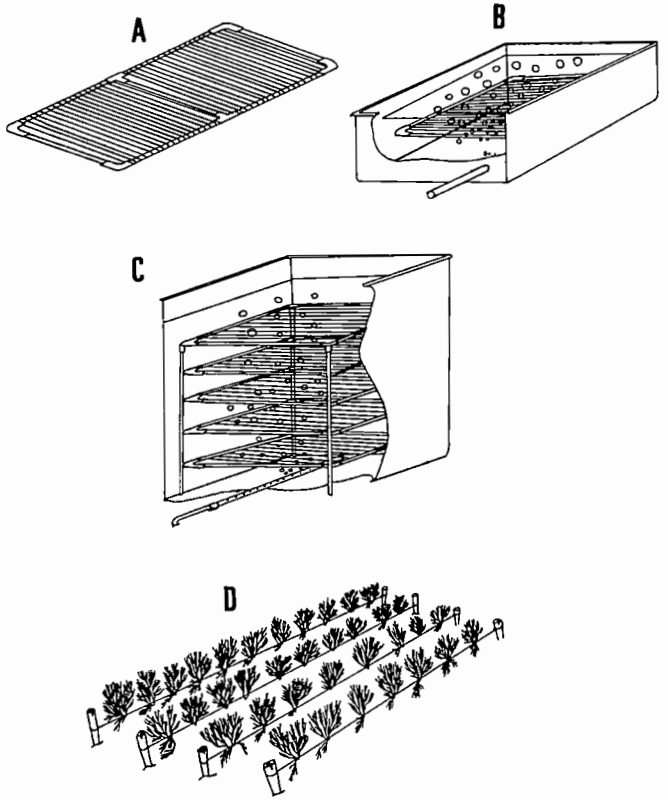


FIG 31 Sistema de produccion de *Gracilaria* a partir de esporas A Bastidor con el sustrato (cuerdas) incluido B Acuario de inoculacion de bastidores C Acuario de incubacion y crecimiento de microtalos D Instalacion y crecimiento de talos a partir de esporas fijas a cuerdas

Gracilaria cistocarpica colocando la estructura con sustrato y alga fertil en estanques de 340 litros de capacidad, con agua de mar filtrada La esporulacion e inoculacion se mantuvo durante 3 dias (Fig 31 A,B y C)

Los sustratos inoculados se trasladaron a estanques de incubacion de 150 litros de capacidad, a los cuales se les agrego, posteriormente, fertilizantes agricolas

Despues de 2 a 3 meses, durante los cuales los microtalos alcanzaron 0,7 a 1,0 mm de longitud, fueron trasplantados al rio Raqui en el sector Tubul La instalacion en terreno consistio en lineas inoculadas de 5 m de largo, estancadas en el mismo sentido de la corriente y protegidas con un cerco de red sardinera (Fig 31 D)

Las cuerdas instaladas en el mes de enero de 1990 en el rio Raqui alcanzaron despues de 79 dias de trasplante, 37 cm de longitud $\pm$ 11 cm Inoculaciones *in situ* permitieron la obtencion de algas de un tamaño aproximado de 80 cm, en 3 a 4 meses de permanencia en el rio

El area elegida para montar los experimentos en el rio Raqui presento las siguientes caracteristicas abioticas

La temperatura superficial registrada en el periodo octubre de 1989 a febrero de 1990, indica una excelente temperatura para el desarrollo de *Gracilaria*, en noviembre y diciembre de 1989 con 20°C, y 18°C en octubre de 1989 y enero de 1990 Esta temperatura baja en el mes de febrero a 16°C

La salinidad fluctua entre 29 ‰ con pleamar y 18 ‰ con baja marea Los valores de nitratos oscilan entre 4,124 ug at N/l en el mes de enero de 1990 y 0,554 ug at N/l en el mes de febrero, mientras que los nitritos fluctuan entre 0,8436 ug at N/l en enero de 1990 y 0,1222 ug at N/l en octubre de 1989

Los fosfatos por su parte, presentaron el valor mas alto, 3 618 ug at P/l en el mes de enero de 1990 y el valor mas bajo, 0 9669 ug at P/l en octubre de 1989

Todos estos valores se presentan fuertemente influidos por los desniveles de marea

4 0 *Cultivos en Niveles Submareales*

4 1 *Dichato Caracteristicas del area*

En la localidad de Dichato, ubicada en los margenes de la Bahia de Coliumo (Lat 36° 32' S, Long 72° 55' W), se han efectuado cultivos de *Gracilaria* en sectores con una profundidad media de 3,5 m , con material proveniente del sector Tubul, ubicado en el Golfo de Arauco

La localidad cuenta con caleta de pescadores y aproxima damente 18 20 embarcaciones menores, la mayoria con motor fuera de borda, 1/3 con equipos de buceo Hooka

Dichato tiene 3 715 habitantes (Censo de 1988), almace nes, ferreteria menor, posta de primeros auxilios y estableci miento de educacion basica Posee red electrica, sistema telefo nico y de correos, cuartel de Carabineros y via de acceso asfalta do en excelente estado que lo comunica a 8 km con Tome, ciudad de 47 700 habitantes (Censo de 1982) con Capitania de Puerto, muelle y embarcaciones de pesca artesanal y de alta mar

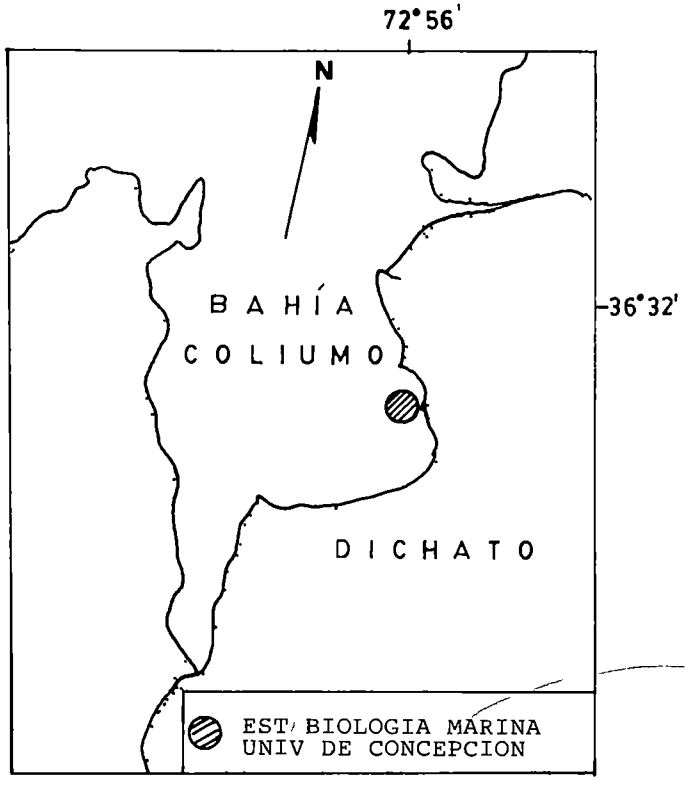


FIG 32 Ubicacion del area de plantaciones submareales de *Gracilaria* en el sector de Bahia Coliumo

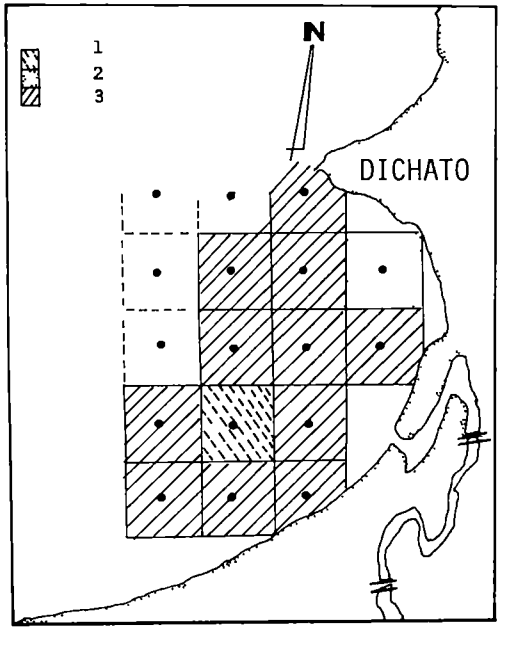


FIG 33 Sedimentos de fondo en el area de Caleta Villarrica en primavera (no viembre de 1988)

1 Arena gruesa mediana 2 Arena mediana fina 3 Arena fina muy fina

Dichato esta a 40 km de Concepcion, capital de la VIII Re gion, con aeropuerto comercial Puertos importantes en la zona son San Vicente, Talcahuano, Penco, Lirquen y Tome

4 1 1 *Composicion del sedimento del sector de plantacion*

En el area hay arena mediana en los meses de verano y otoño En el invierno hay predominancia de arena fina En primavera la mayor parte de los sectores presentan arena fina (Fig 33)

La existencia de grano fino gran parte del año caracteriza al area como un lugar de aguas relativamente tranquilas y es tables La presencia de sedimentos compuestos por arena me diana indica periodos mas dinamicos

De acuerdo a estos antecedentes, el sector se presenta co mo un lugar apto para el cultivo de *Gracilaria*

4 1 2 *Fluctuaciones del sustrato*

En los meses de febrero a marzo, el sustrato experimenta remo cion por corrientes marinas acusando valores negativos En el mes de abril el proceso se invierte nivelandose en torno a la mar ca 0 En el periodo julio septiembre se produce un incremento de 28 cm alcanzando nuevamente valores negativos en los me ses de verano (Fig 34)

Los desniveles totales fluctuan en un rango de 36 cm Este es un aspecto importante, ya que la dinamica del sustrato reco mienda utilizar estas fluctuaciones para lograr una buena adhe rencia del alga del fondo ubicando periodos de maximo descen so para plantar

4 1 3 *Salinidad temperatura y transparencia*

El area presenta fluctuaciones marcadas de salinidad a lo largo del año (30‰ en verano y 21‰ en junio julio), fluctuaciones

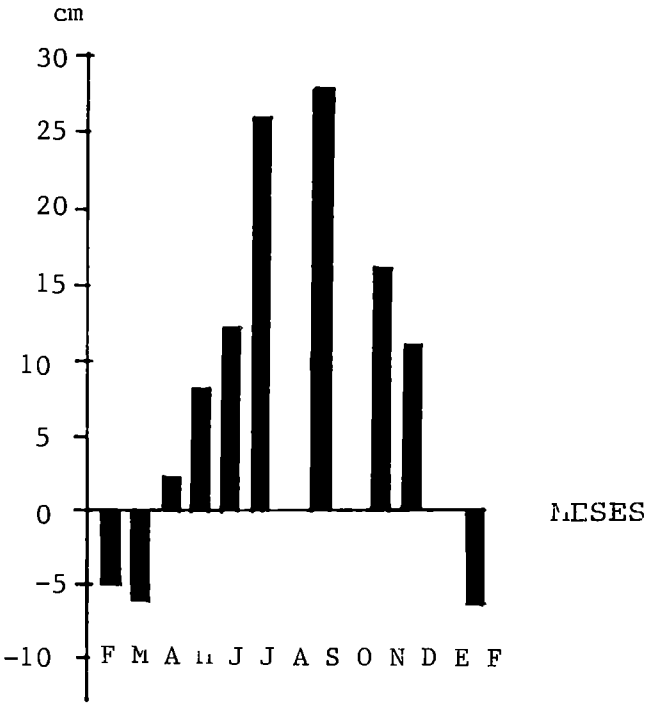


FIG 34 Variaciones anuales de sustrato de fondo en elarea de plantación en Dichato

derivadas de las precipitaciones y aporte de agua dulce por un estero (Fig 35 B)

La temperatura presenta un comportamiento anual similar al de la salinidad con 15 16°C en verano y 11°C en invierno (Fig 35 C)

La transparencia del agua en general es baja, con maxima de 4 m en el mes de mayo y una minima de 2 m en los meses de junio y julio Turbidez derivada por sedimentos en suspension y fitoplancton De los tres factores mencionados, la temperatura y transparencia son factores negativos para el desarrollo de *Gra cilaria*, el primero por ser excesivamente bajo, el segundo por la

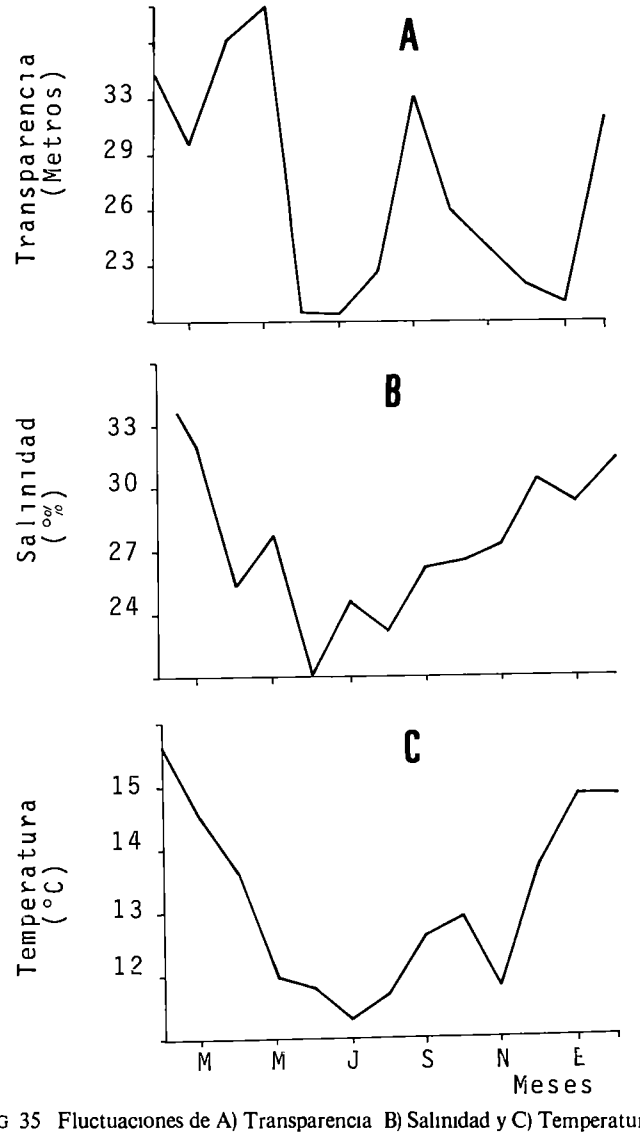


FIG 35 Fluctuaciones de A) Transparencia B) Salinidad y C) Temperatura en Caleta Villarrica Bahia de Coliumo Dichato

existencia abundante de sedimentos y plancton que impiden buena penetracion luminica (Fig 35 A)

4 1 4 *Flora presente*

En el area crece *Ulva* en forma abundante y especimenes flotantes cubren la mayor parte del sustrato del fondo En ciertas epocas puede alcanzar valores de 320 g/m^2 hasta 640 g/m^2 en algunos sectores

La forma de la zona de estudio, su posicion en relacion con la circulacion local de las aguas y la existencia de areas rocosas en las riberas permite el desarrollo exuberante de *Ulva* y otras algas como *Ectocarpus*, *Ceramium*, *Enteromorpha*, que interfieren con el desarrollo de *Gracilaria*

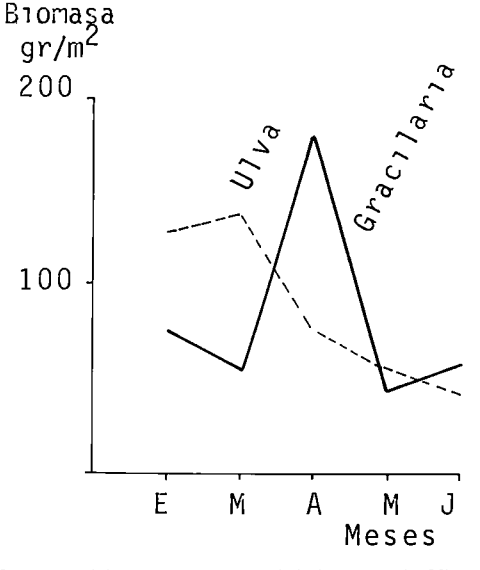


FIG 36 Variacion del promedio mensual de biomasa de *Ulva* sp y *Gracilaria* sp en Caleta Villarrica

La biomasa de *Ulva* en los meses de febrero y marzo suele ser marcadamente superior a la de *Gracilaria* (Fig 36) El comportamiento de estas algas y su fuerte crecimiento en meses de primavera y verano es un factor negativo para el desarrollo y cultivo de *Gracilaria*

4 1 5 Fauna presente

En el area de plantado solamente se presentan en forma desta cada moluscos de los generos *Nassarius*, *Tagelus*, crustaceos de los grupos Paguridae y Caprellidae y representantes de los generos *Cancer*, *Taliepus* y *Eurypodius*

4 1 6 *Actividades previas a la plantacion*

Antes de iniciar las actividades de plantacion es necesario cumplir con los siguientes tramites

- Solicitud de concesion de fondo de mar e inicio de actividades pesqueras
- Eleccion y demarcacion de las areas de cultivo
- Compra de redes de pesca, confeccion de bolsas de almacenaje de algas o cercos de apozamiento (Fig 37)
- Compra de cuerdas y boyas, pesos de anclaje, pitilla plastica y elasticos
- Compra de carretilla de mano para traslado de algas y unidades de cultivo en la playa
- Confeccion de cernidores de malla fina para cernir arena y de letreros indicadores
- Confeccion de mesones y bancas para las actividades de amarre
- Habilitacion de un galpon para almacenar algas (Fig 38)
- Compra de compresor y equipos de buzo (Figs 39, 40 y 41)
- Compra de mangas de plastico para fabricar fundas
- Confeccion de horquillas metalicas para plantado directo con buzos Compra de varas de eucaliptus (4 5 m) y confeccion de elementos de plantacion (Fig 42)
- Contratacion de personal para trabajo en tierra, de buzos pescadores con embarcaciones
- Gestiones previas para compra de alga en centro productivo de la zona y traslado a la zona de plantacion

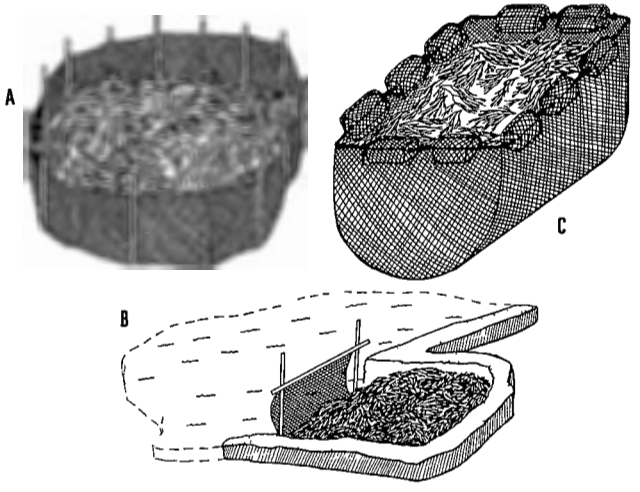


FIG 37 Cercos de apozamiento de algas A y B Ubicacion litoral C Cerco flotante

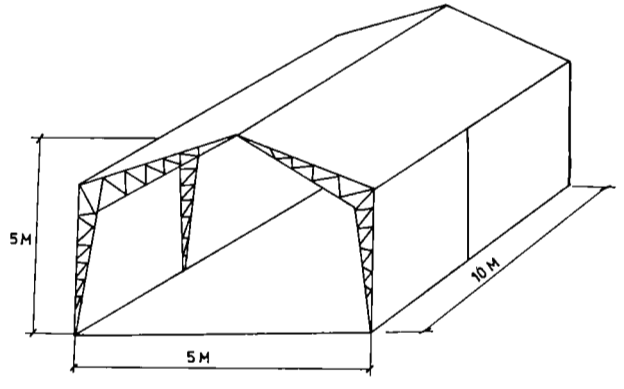


FIG 38 Galpon de almacenamiento de algas

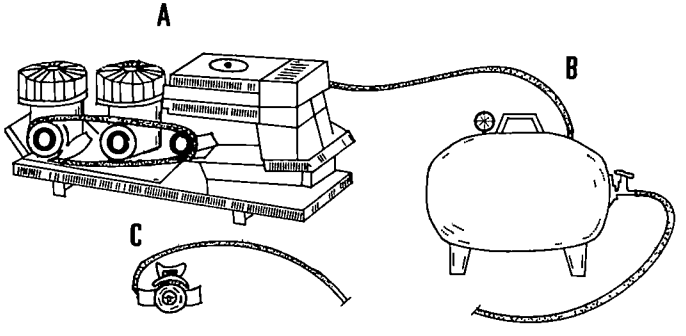


FIG 39 Sistema de buceo Hooka A compresor B acumulador de aire comprimido C regulador

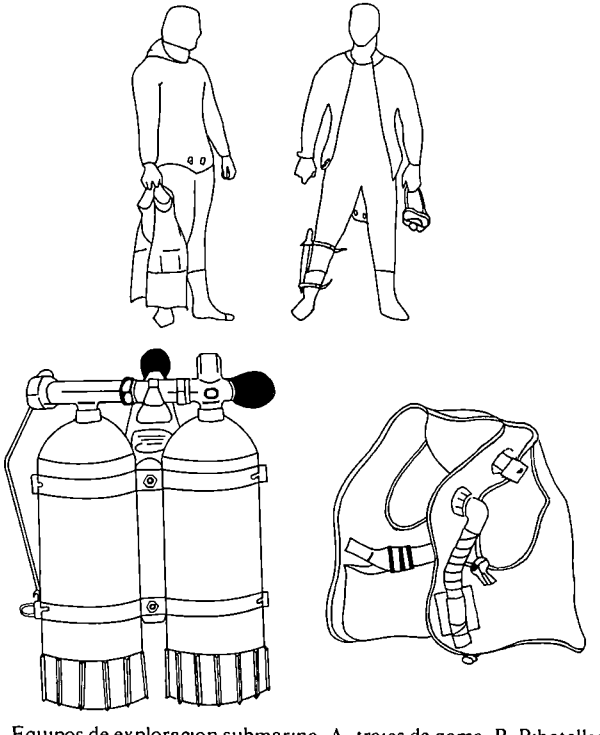


FIG 40 Equipos de exploracion submarina A trajes de goma B Bibotellas C Chaleco compensador

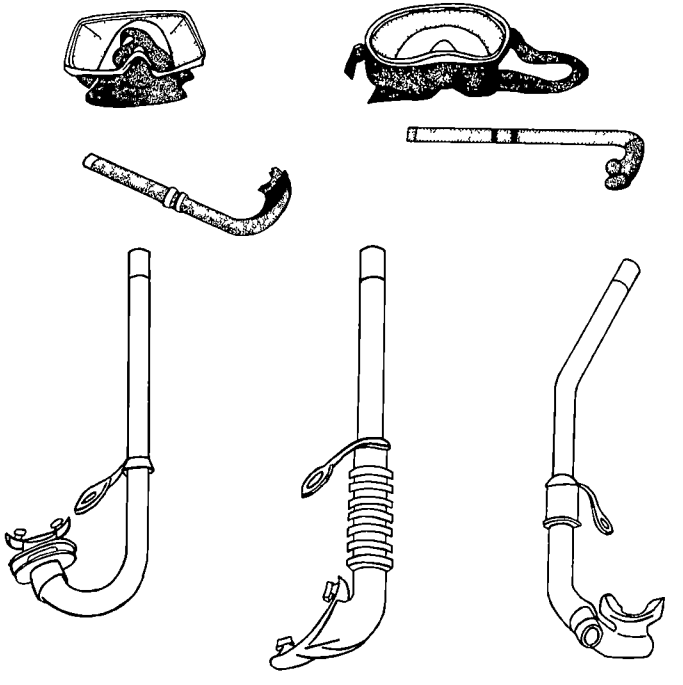


FIG 41 Mascaras y snorkels para trabajo submarino

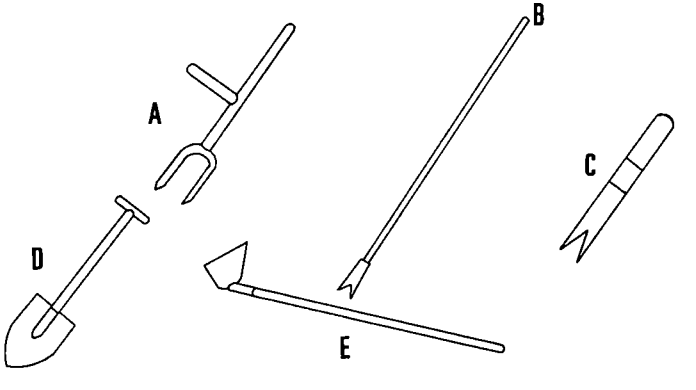


FIG 42 Elementos de plantacion de *Gracilaria* A C Horquillas D Pala E Azadon

4 1 7 *Plantacion de Gracilaria*

Con el alga en la localidad de cultivo se procede a confeccionar 5 unidades o matas que serviran como patron para la confec cion del resto de las unidades Estos 5 modelos se pesan para uniformar la cantidad y se colocan a la vista de los trabajadores encargados de confeccionar las matas

En lo posible hay que evitar la desecacion de las unidades patrones mojandolas o manteniendolas a la sombra para ajus tarse al peso y a la cantidad correspondiente

Cada mata se amarra por su parte central y se almacena or denadamente para utilizarla en cada metodo aplicado sea este plantado directo mediante buzos o mediante varas amarre a fundas de plastico rellenas con arena atandolas a cuerdas a es tacas o a cualquier otro peso o sistema de anclaje que se desee utilizar (Ej redes) (Fig 43)

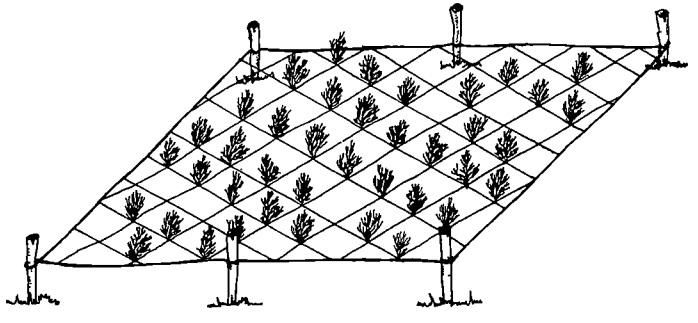


Fig 43 Red como sistema de plantacion

Previamente o simultaneamente se procede al cernido y llenado con arena de las fundas de plastico (Figs 44 y 45) que ya han sido cortadas al tamaño deseado Se procede posterior mente, a amarrar las matas de algas a las fundas de plastico co locando 3 matas en cada funda de 1 m de largo totalizando una biomasa algal aproximada de 1 Kg por m^2

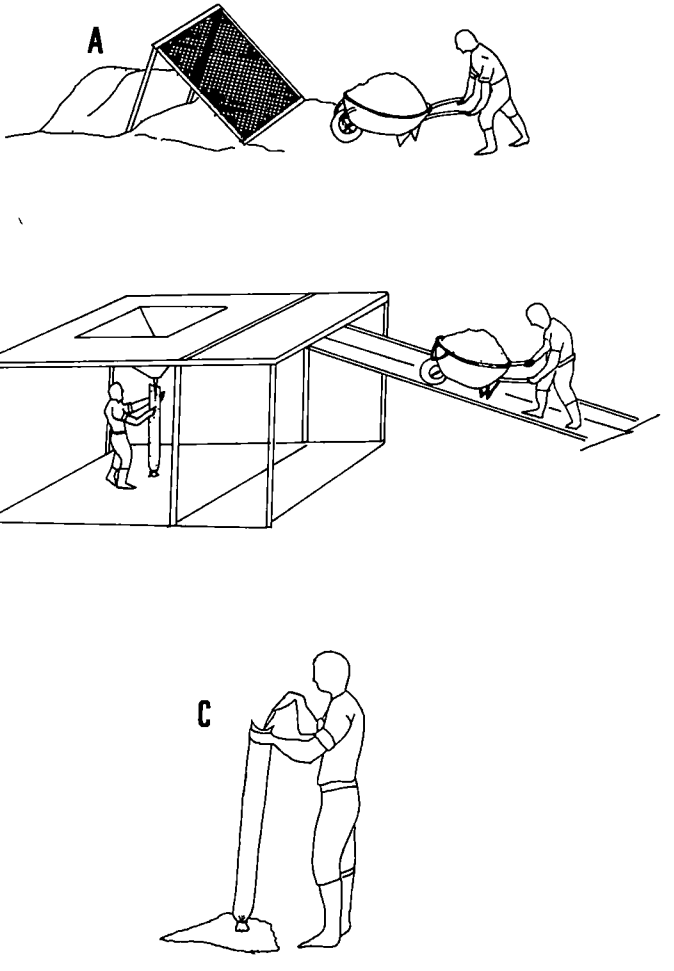


Fig 44 Actividad de confeccion de elementos de anclaje de algas *Gracilaria* A Cernido de arena B y C Llenado de mangas de plastico

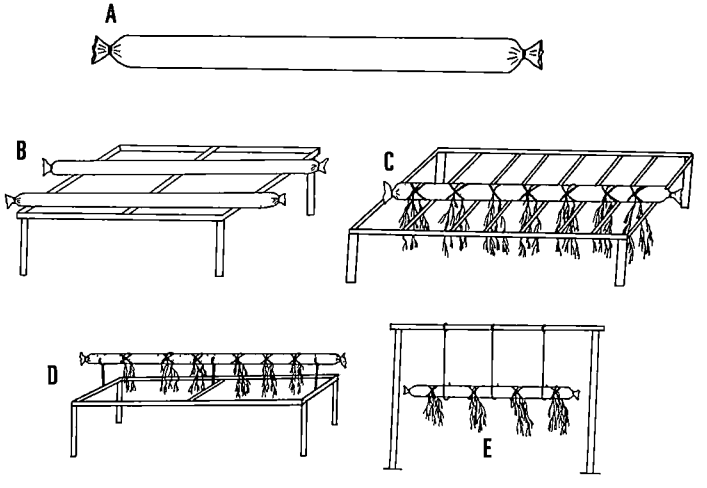


FIG 45 Mangas con arena como sistema de anclaje de *Gracilaria* A Manga de plastico llena de arena B Manga en meson de trabajo C E Manga con *Gracilaria* amarrada

Cuerdas de plastico, elasticos, elementos metalicos de plantacion, varas y mesones han sido previamente confeccionados, eligiendose el lugar de trabajo mas adecuado considerando mareas, distancias, viento, sol, lluvias, area de almacenaje de alga fresca

El traslado de las matas de alga de las fundas o cuerdas con algas a los botes se efectua utilizando una carretilla o angarilla, las cuales se recomienda que se confeccionen enteramente de madera para un trabajo prolongado en ambiente salino, para asegurar una mayor duracion de estos implementos

Experimentos de plantado con fundas de 1 metro

Las fundas de plastico con el alga amarrada se depositan en los botes acondicionandolos de tal manera que permita operar en la embarcacion sin deteriorarlas

La embarcacion se traslada al lugar en el cual se ha establecido previamente el sentido de la plantacion con demarcadores siguiendo la direccion en que rompe la ola sobre la orilla

El plantado se realiza introduciendo suavemente en la superficie del mar la funda plastica con el alga amarrada soltandolo cuidadosamente, aunque esto aparentemente signifique demora en el proceso

Se intenta colocar una unidad por metro lineal haciendo avanzar la embarcacion lentamente Se recomienda no tirar las unidades por la borda, para evitar el desprendimiento del alga al chocar con la superficie del agua

En la plantacion realizada en Dichato para el traslado y plantado de las fundas plasticas con algas se utilizaron tres botes, efectuando un total de 11 salidas desde la playa con un promedio de 143 fundas por embarcacion

El total de unidades plantadas fue de 1574 en cuatro horas de trabajo, con un promedio de 22 minutos por set de plantacion Cada embarcacion fue tripulada por un bogador y dos "sembradores', cada uno de los cuales "plantaba por su respectiva banda

El total de algas desprendidas en el bote, en la maniobra de plantacion, fue de 12 5 Kg en un promedio de 1136 Kg de alga plantada Posteriormente al plantado y mediante buceo autonomo se procedio al ordenamiento definitivo de las fundas depositadas al fondo

Ordenar 1574 fundas, operando con un bote tripulado por un bogador y un buzo, demoro 6 horas
El ordenamiento consistio en colocar una funda por cada metro cuadrado, siguiendo la direccion de ruptura de la ola

La revision entrego la siguiente situacion en el sector plantado con fundas de 1 m de largo con 3 plantas cada uno

Fundas de polietileno sin algas 8 unidades
Fundas con solo un manojo de algas 7 unidades
Fundas con solo dos manojos de algas 10 unidades
Fundas sin arena y sin alga 3 unidades

El resultado obtenido usando el metodo de plantado mediante fundas de polietileno de 1 metro de largo, con tres matas atadas al lastre, fue el siguiente

Extension del sector plantado 1 800 m^2
Numero de fundas de polietileno con arena 1571 unidades
Numero de plantas en el sector 4656 unidades
Cantidad de algas en el sector 1396 kg
Cantidad de algas por metro cuadrado 900 gr (app)
Profundidad del sector 3 5 metros

Se ocupo un bote tripulado con un bogador y un buceador, quien opero a 3 5 m de profundidad

En la faena el tripulante del bote introdujo la primera unidad en el mar, facilitando al buzo el ingreso del set en el agua, para impedir desprendimiento del alga y/o ruptura de la funda de polietileno El buceador fue ordenando los set en el sustrato

Para plantar 210 fundas unidas en set de 10 unidades cada uno, se emplearon cuatro horas de trabajo en el mar, cubriendo una superficie de 140 m^2

Es importante el cuidado que debe ponerse al amarrar el alga al lastre, para que no se desprenda al manipular la unidad, como, asimismo, la firmeza de las amarras para evitar que se desaten las unidades

Experimentos de plantado con fundas de 50 cm

Se cortaron fundas de polietileno de 0 50 m de largo por 0 10 m de ancho Se amarro un extremo con cordel de plastico y se procedio al llenado con arena, utilizando el mismo sistema expuesto anteriormente

Terminado el llenado de la funda con arena fina, se procedio a amarrar el otro extremo con filamento de plastico de 3 mm El peso promedio fue de 1 150 gr por cada funda con arena El tiempo empleado para el llenado fue de dos minutos, con dos personas de 12 años Se llenaron 210 fundas con arena fina

En cada funda de plastico de 0 50 m de largo, se amarro dos atados de *Gracilaria* de 200 gr cada uno, en los extremos y en un tiempo de 45 segundos, incluyendo en ello la confeccion del manojo de algas

Se estimo conveniente utilizar este metodo, modificando el sistema tradicional de fundas, con el objeto de reducir la cantidad de polietileno, abaratando costos, tiempo y amarrando solo dos atados de alga de 200 gr en cada funda

Para el plantado se modifico el sistema tradicional, uniendo set de 10 unidades a una distancia de 0 50 m cada una

El tiempo en esta operacion utilizando cordel de plastico fue de 3 minutos ocupando 1 persona por set El transporte hasta la embarcacion se efectuo en carretilla de mano

Experimentos de plantado directo con buzos

La actividad en tierra consistio en transportar los atados de *Gracilaria* de 200 g cada uno que se encontraban en piletas con agua de mar circulante, a la embarcacion utilizando carretilla de mano

Estos manojos de algas fueron depositados en el bote, colocando especial atencion en que la operacion fuera expedita, evitando enredar y/o deteriorar al alga

Previamente, se confecciono una herramienta de plantado, que permitiera en maniobra facil al buceador enterrar el alga a 15 20 cm en la arena (Figs 42 A y 46)

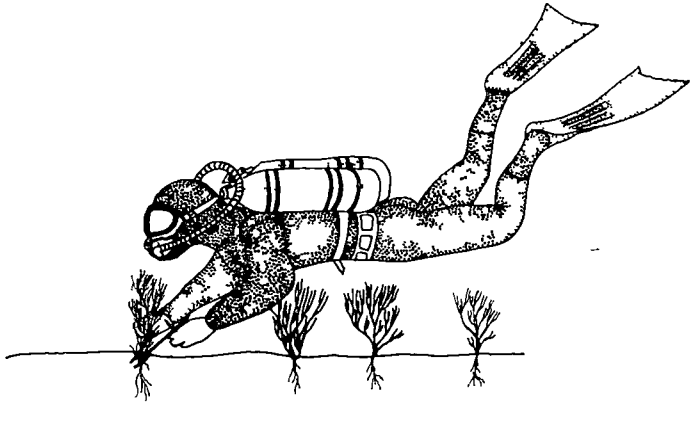


FIG 46 Actividades de plantacion Plantado directo con buzo

El artefacto para plantar en una horquilla de fierro de 5/16 pulgadas y 15 cm de largo con un mango de cañeria de fierro galvanizado de 1/2 pulgada de diametro

La horquilla propiamente tal tiene un angulo interno suave para impedir que el alga se deteriore, con una abertura de 5 cm en la parte mas ancha Se soldo, ademas, un mango de 12 cm perpendicular al vastago formando un angulo recto, lo que per mite operarlo en forma facil y segura

Experimentos de plantado directo con varas

Para operar mediante este sistema se preparo varas de eucalip tus de cuatro metros de largo y se coloco en un extremo una punta metalica bifurcada para efectuar el plantado del alga

El extremo metalico consistio en una cañeria de 35 cm de largo, a la cual se soldo una horquilla metalica terminal (Fig 47 D)

En la faena de plantado se utilizo una embarcacion con tres tripulantes un bogador y dos plantadores una persona co loca el atado de alga en la horquilla y la otra persona sumerge la vara hasta el fondo, procediendo a enterrar el alga en el sustra to

La embarcacion va moviendose lentamente en linea recta y el plantador introduce la vara en el agua y la hunde en el sustrato

El peso de la vara con la herramienta es un factor impor tante para un buen enterrado, y una maniobra eficiente

Cabe destacar que utilizando este metodo en forma preci sa, al igual que el plantado directo, la perdida de manojos es nu la Sin embargo, recomendamos que el atado de algas debe estar previamente amarrado, con el objeto de facilitar la maniobra y evitar la perdida del material algologico (Fig 47 F)

Los atados se plantan a una distancia variable, entre 50 y 80 cm uno de otro

En una superficie de 460 m^2 se planto 312 matas de 200 gr cada una en una hora 30 minutos

Se recomienda que el plantado se realice con dos personas

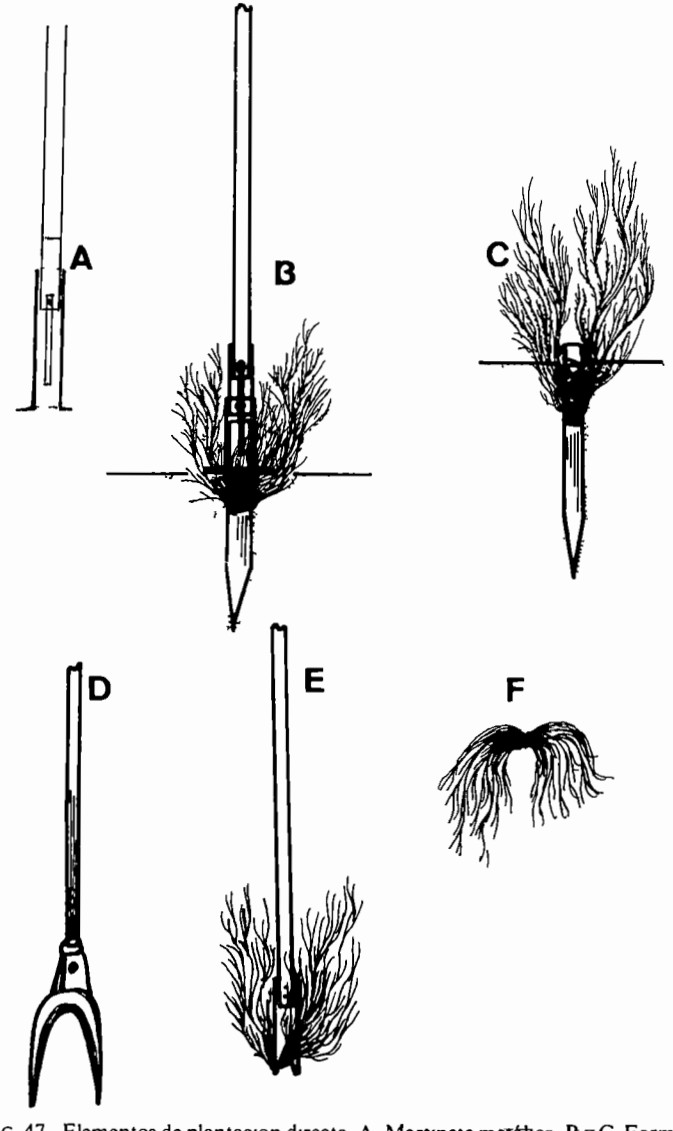


FIG 47 Elementos de plantacion directa A Martinete metálico B y C Forma de plantacion con estaca utilizando el martinete D y E horquillas metalicas y de madera para plantacion directa desde embarcaciones F Atado o mata de *Gracilaria* lista para utilizar

Una colocando el alga en la horquilla y la otra introduciendo la vara en el agua y plantando Esto facilitara la operacion y se ga na tiempo de plantado

Un reconocimiento y muestreo posterior mediante buceo permitio determinar que se logro con exito el objetivo perse guido

El diseño de esta herramienta evito el trabajo del buceador debido a la comoda manipulacion del artefacto desde el bote

Para este metodo de plantado se selecciono previamente una superficie de 30 m por 20 m, que fue sectorizada y marcada en areas de 25 m^2, a 3 5 m de profundidad

En la faena de plantado el tripulante del bote llevaba un pequeño chinguillo con atados de algas, que el buceador planto directamente, en el sector demarcado, a una distancia de 50 cm uno de otro

Se planto aproximadamente 100 atados por cada 25 m^2 con un total de 1950 matas en 600 m^2 en doce horas de trabajo Se utilizo aproximadamente 1500 gr por metro cuadrado

Experimentos de plantado con cuerdas

Este metodo consistio en colocar en el fondo del mar 33 m de cordel plastico con algas anclado a tres estacas de eucaliptus de 50 cm de largo y 2½ cm de diametro Se coloco una estaca en cada extremo y una en la parte media de la cuerda, con el objeto de evitar exceso de movimiento (Fig 48)

A las cuerdas se ataron 80 manojos de algas distribuidas cada 35 cm El peso de la cuerda con los manojos de alga es de 20 21 kg

Para amarrar 80 matas de algas en 30 cm de cuerda, una persona demoro 15 minutos

El transporte de las cuerdas con algas hacia la embarcacion se efectuo por medio de una carretilla de mano

La disposicion de las cuerdas en el bote se hizo colocando las estacas en las cuadernas, disponiendolas de tal forma que la maniobra fuera una operacion expedita

Para efectuar la plantacion, la embarcacion fue tripulada

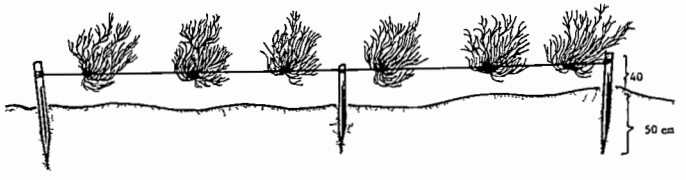


FIG 48 Plantacion de *Gracilaria* utilizando cuerdas y estacas como sistema de anclaje

por un bogador y un buzo, el cual recibio en la superficie del agua un extremo de la cuerda amarrada a una estaca, la cual la fijo al fondo separando el bote para extender el resto del siste ma El buzo anclo la cuerda utilizando estacas terminales y otra mediana Al enterrarse las estacas, la cuerda queda fija al sustra to permitiendo el embancamiento del alga (Fig 48)

Se instalaron 6 cuerdas con 80 atados cada una, en una su perficie de 600^2 La operacion de ubicacion de 6 cuerdas a 3 5 metros de profundidad demoro una hora

4 2 *Chiloé Actividades de Plantación*

Se incluye la siguiente experiencia efectuada en el rio Pudeto (Lat 41°30'S, Long 72°50'W) y rio Inio (Lat 43°20'34"S, Long 74°07'09"W) (comunicacion Sr R Rojas, Algas Marinas S A)

4 2 1 *Metodo*

El metodo de siembra utilizado corresponde al denominado "mata piedra" y consiste en sujetar con un elastico circular un grupo de talos de *Gracilaria* rodeando una pequeña piedra ova lada de aproximadamente 200 gr de peso Esta unidad se en tierra al fondo a 10 15 cm mediante una pala o poruña (Fig 49)

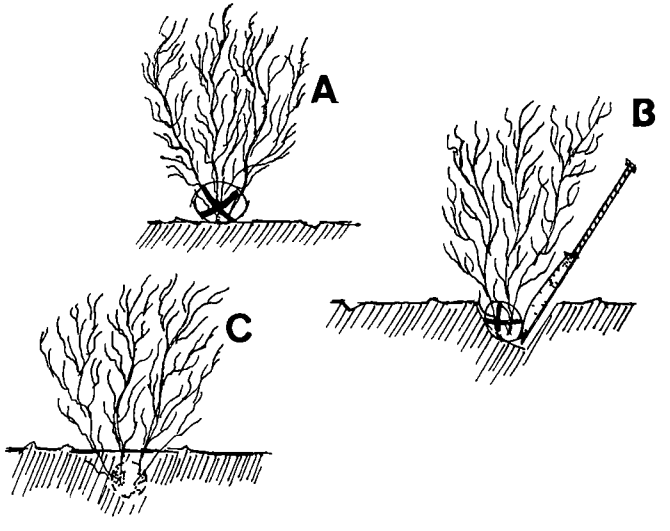


FIG 49 Plantado de *Gracilaria* con la unidad de matapiedra utilizando alga amarrada a piedra y enterrandola con una pala o poruña

El elastico no daña los talos y permite que la mata formada se expanda ocupando cada vez mayor superficie

Los talos juveniles seleccionados proceden de sistemas naturales y cada mata pesa aproximadamente 250 gr

4 2 2 *Procedimiento*

Inicialmente se estudia el estuario o lugar donde se realizara la actividad de cultivo, batimetria, dinamica de corrientes, parametros abioticos, antecedentes historicos de distribucion de las algas, etc

Estos antecedentes permiten determinar la densidad de siembra, la cual fluctua entre 1,0 a 1,2 Kg/m^2, es decir, 4 matas piedras/m^2 La biomasa utilizada por superficie es entonces D = 4 matas piedras/m^2 = 4 m p x 0,25 Kg c/m p = 1 Kg/m^2

Se llama densidad absoluta de siembra al total de las algas plantadas en un metro cuadrado, para diferenciarla de la densidad usada para el calculo de indice de crecimiento y que corresponde solo a las algas que quedan expuestas a las condiciones de crecimiento, es decir, aquellas que quedan sobre el fondo de arena que equivalen aproximadamente al 50% del total

Para distribuir uniformemente las algas en la futura pradera artificial se utiliza un metro cuadrado metalico dividido en cuatro partes, poniendo una mata en cada centro de la subarea Esta forma de distribucion nos permite sembrar parcelas de 31x31 m, separadas entre si por 2 metros (Fig 50)

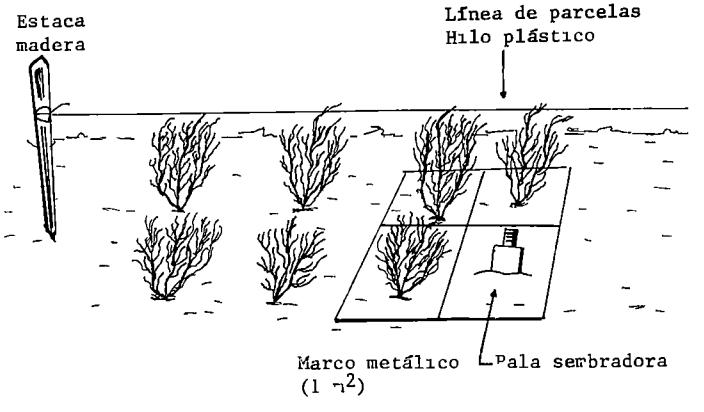


FIG 50 Sistema de plantacion de *Gracilaria* de Ancud Uso de linea de parcela señalada con hilo plastico y distribucion de plantas en marco metalico

Esta metodica permite controlar eficientemente la cobertura, calidad y distribucion de la siembra

Con ayuda de fotografia aerea se logra una verdadera dimension de los resultados y permite observar y estimar avances y progresos de la pradera naciente Toda esta actividad es submarina y la utilizacion del hombre rana resulta imprescindible

Una unidad sembradora corresponde a un bote a motor con compresor de buceo y doble salida Es operado por un auxiliar y dos hombres rana Su rendimiento es de 500 m^2 sembra

dos por dia segun metodo explicado anteriormente Las jornadas de buceo son de 4 horas diarias, 5 dias a la semana

4 2 3 *Costo operacional*

Para determinar el costo de operacion de la siembra hay que considerar tres items bien definidos

a) Precio de las algas para siembra

Este precio es fluctuante y depende de varios factores entre los que se debe contar seleccion de la cepa presion de compra y epoca del año Hoy debe considerarse del orden de los $ 55/Kg en esta zona (1 US$ = $ 317 (chilenos) Sept 1990) Si se ocupan 10 000 Kg por hectarea el costo de este item sera $ 550 000 (1 735 US$)

b) Costo de mano de obra

Este costo esta determinado por las faenas de confeccion de matas piedras y siembra submarina Esta actividad se realiza por servicio a razon de $ 500/m^2 La hectarea cuesta entonces $ 500 000 (1 575 US$)

c) Costo fijo

En este item va todo lo relacionado con Direccion Control y Vigilancia En este caso resulta de $ 120 000 por hectarea

Sin considerar inversiones ni amortizaciones el costo operacional por hectarea es de $ 1 170 000 (3 690 US$)

Las algas sembradas y controladas tienen un comportamiento estacional respecto del calculo del Indice de Crecimiento Diario

El maximo valor de I C D fue de 5 4% y se registro en febrero de 1987, mientras que el menor valor fue encontrado en julio del mismo año y fue de 0 5% (Fig 51)

En relacion a los parametros abioticos la menor salinidad registrada fue de 6 ppm en julio de 1987 y la mayor fue de 31 ppm en febrero de 1988, en baja y alta marea, respectivamente

FIG 51 Indice de crecimiento diario de *Gracilaria* en tres periodos anuales sucesivos en cultivos de Ancud Chiloe

La temperatura varia del mismo modo y va desde los 7 a los 22°C

Valores obtenidos para velocidad de corrientes fluctuan entre 1,54 y 0,39 nudos

Es importante concluir que la metodologia empleada solo tendra exito si los aspectos biologicos y climaticos son debidamente evaluados

5 0 *Cultivos en Ambientes Estuarinos*

Tubul

Tubul es una localidad ubicada en la peninsula de Arauco, frente al golfo del mismo nombre (36°47'S, 73°01'W) a 19 Km al oeste de la ciudad de Arauco (Concepcion, Chile) (Fig 52)

En este sector desembocan el rio Tubul conjuntamente con el rio Raqui Ambos sistemas presentan caracteristicas estuarinas con influencia marina marcada en los periodos de pleamar, condiciones que facilitan la existencia de praderas de *Gracilaria* en el curso inferior del rio

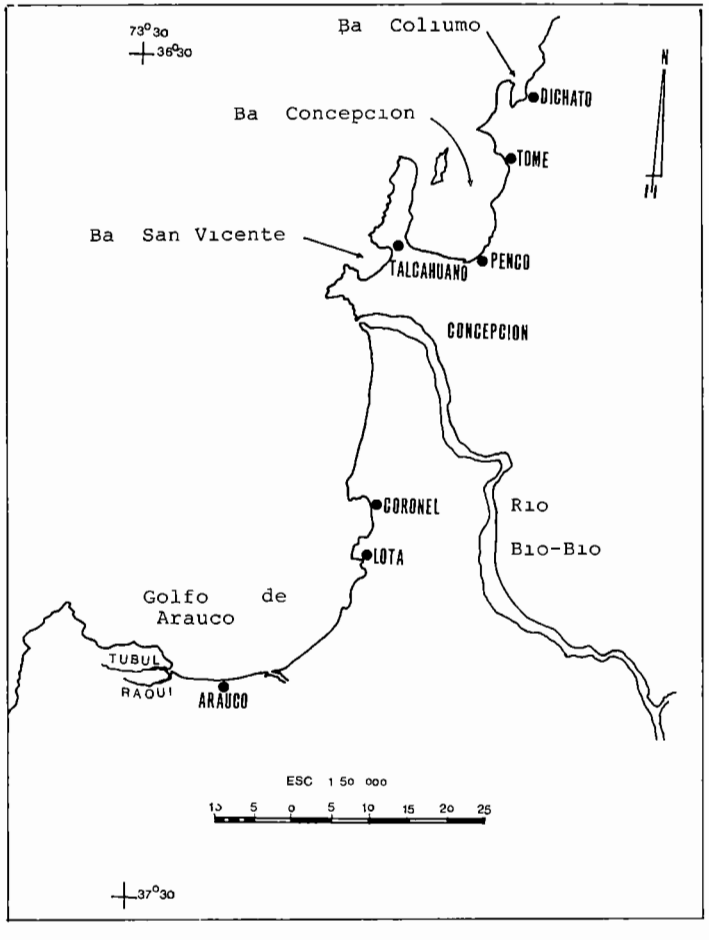


FIG 52 Costa de la VIII Region (Chile) y ubicacion de las areas de estudio (Dichato Tubul Raqui)

El sistema Tubul Raqui queda definido como un rio de origen local, con un curso aproximado de 17 19 Km pendiente suave y alimentado, fundamentalmente, por filtraciones y precipitaciones La accion marina en pleamar influye sobre los 6 Km desde la desembocadura rio arriba

La velocidad del agua es cambiante, dependiendo de las precipitaciones y de la accion de las mareas de sicigia o de cuadratura La temperatura del agua fluctua entre 15 17°C en el mes de octubre y superiores a 20°C en los meses de verano

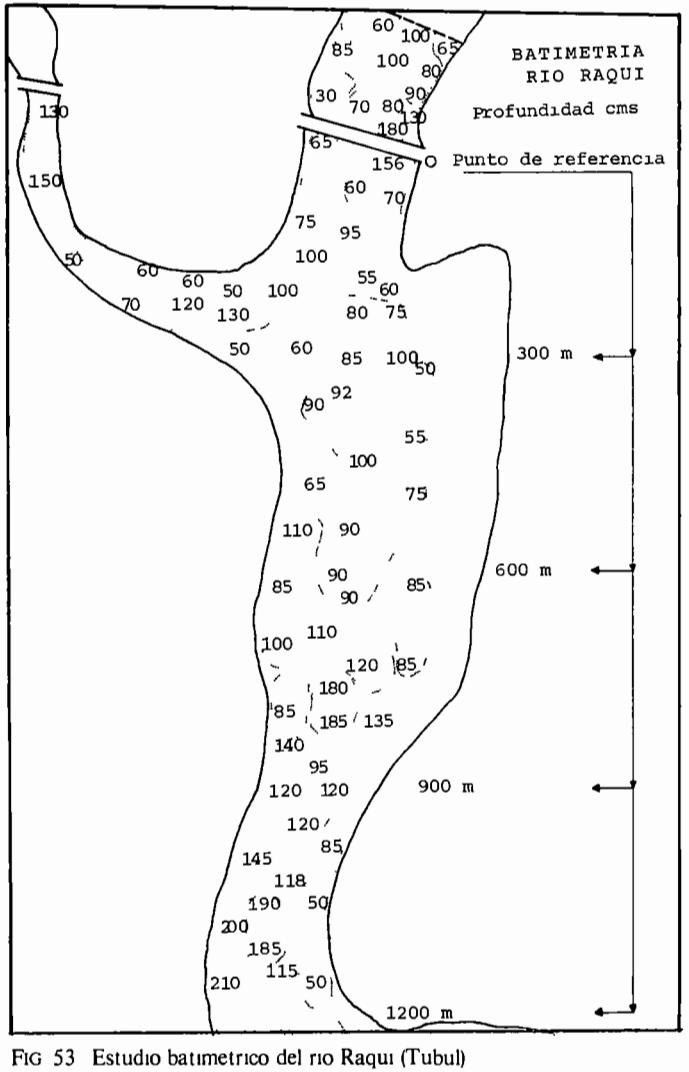


FIG 53 Estudio batimetrico del rio Raqui (Tubul)

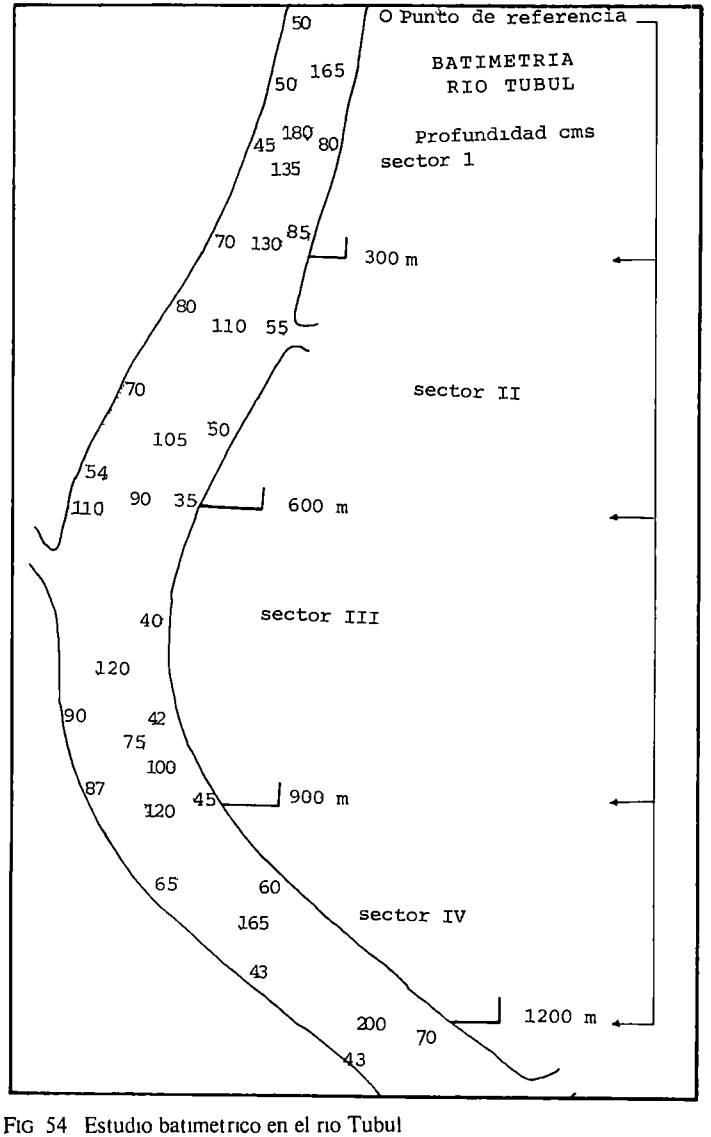


FIG 54 Estudio batimetrico en el rio Tubul

5 1 *Batimetria del area*

Se midio las profundidades de ambos rios, sobre transectos para lelos espaciados cada 70 m En las Figs 53 y 54 se muestra la estructura batimetrica de los rios

5 2 *Composicion del sustrato (Sedimentos)*

Las muestras de sedimentos se obtuvieron con un tubo metalico de 8 cm de diametro y de 25 cm de largo, accionado desde em barcaciones

Para conocer la composicion del sustrato se efectuo analisis granulometrico de las muestras considerando los siguientes tamaños de granos

> 1 um Arena muy gruesa	125 um Arena fina
500 um Arena gruesa	63 um Arena muy fina
250 um Arena media	< 63 um limo arcilla

Con los datos obtenidos se confecciono un mapa sedimentologico de las areas de cultivo de cada rio (Figs 55 y 56)

5 3 *Parcelacion de las areas de cultivo*

El area de cultivo para este caso de estudio fue dividido en areas de 15x10 m, separadas por franjas de 30 m de ancho y consideradas como Franjas o Sectores de Experimentacion y de Control y en ella se efectuaron los ensayos de los metodos de cultivo

5 4 *Métodos de cultivo*

a) *Estacas* Trozos de madera de 40 cm de largo a la cual se ataron mechones de *Gracilaria* utilizando cuerda vegetal

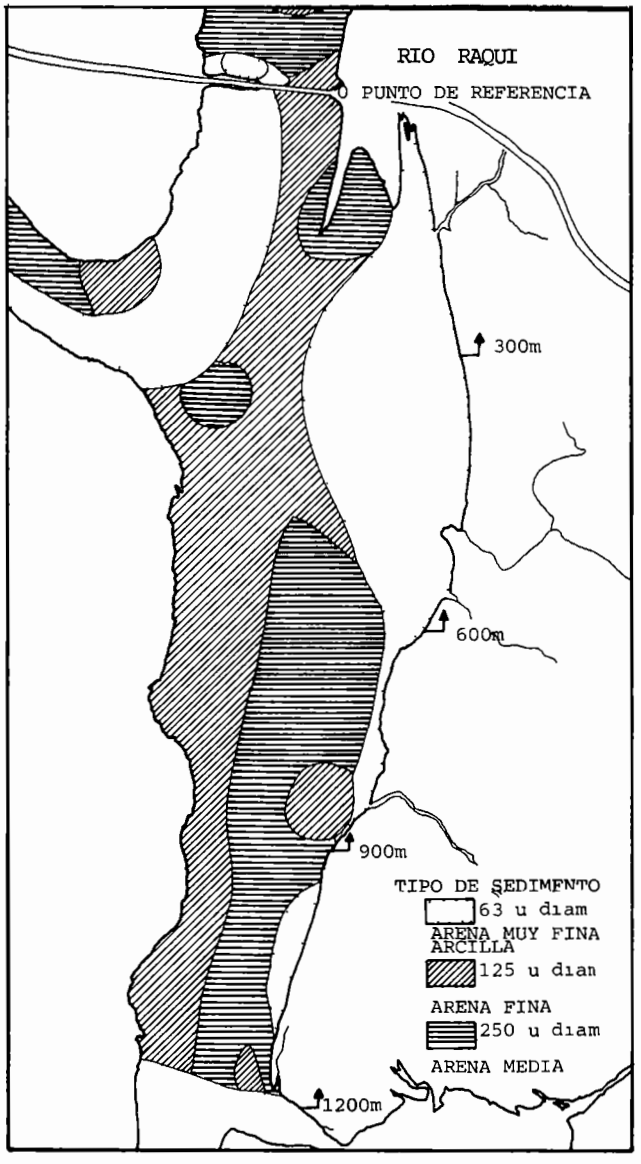


FIG 55 Distribucion de sedimentos en el rio Raqui en area de plantacion experimental

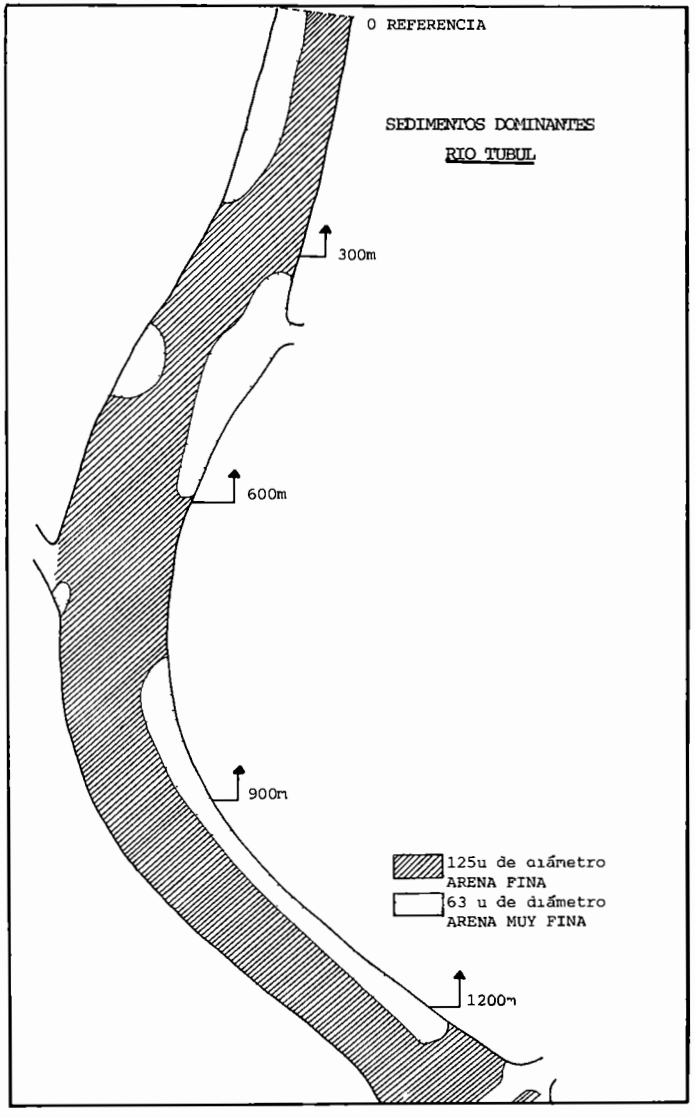


FIG 56 Distribucion de sedimentos en el rio Tubul en area de plantacion experimental

o plastica (Figs 47 F y 57 B) Las estacas fueron enterradas desde embarcaciones usando martinetes (Fig 47 A, B y C) asociados mediante una vara de eucaliptus de 3 5 m de largo Las estacas se enterraban 30 cm bajo el sustrato con 10 cm emergidos El largo de las plantas fue de 10 cm en la parte emergida y de 30 cm en la porcion enterrada Se colocaron 310 ejemplares en subsectores de 15 x 10 m ubicados 2 en las bandas laterales del rio y uno en la parte central La plantacion se efectuo desde embarcaciones Al plantar se delimito el area mediante varas de eucaliptus colocadas en cada vertice del rectangulo de experimentacion

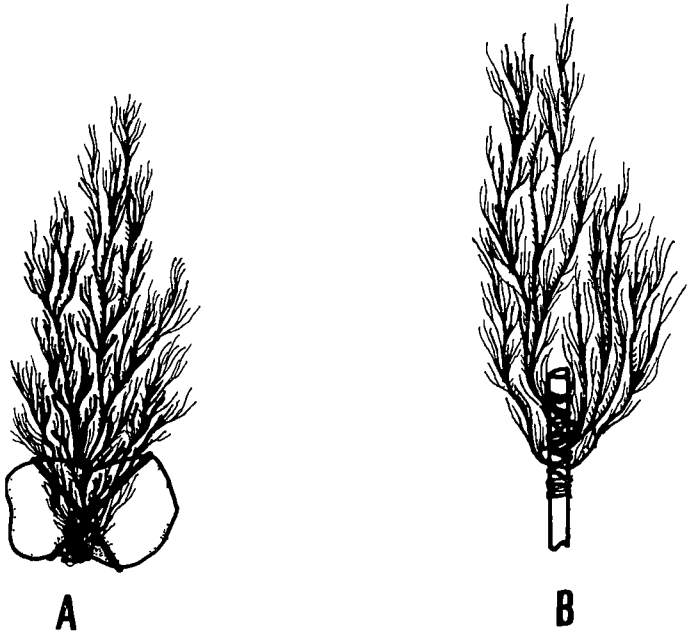


FIG 57 Metodos de plantacion con A piedras B estacas

b) *Piedras* Se utilizaron piedras de arenisca a las cuales se les hizo una cintura o surco mediano y se les ato talos en *Gracilaria* con cuerda vegetal o cuerda plastica (Fig 57 A) Las piedras con algas fueron lanzadas desde embarcaciones, delimitando previamente los subsectores de 15 x 10 cm de eucaliptus para evitar la plantacion fuera del area El tamaño inicial de las frondas fue de aproximadamente 30 cm

c) *Plantado directo* se efectuo usando horquillas de madera para enterrar 17 20 cm la planta en el sustrato, dejando una porcion libre de 10 cm (Fig 58) El plantado se hizo desde embarcaciones colocando 310 unidades en subsectores de 15 x 10 m

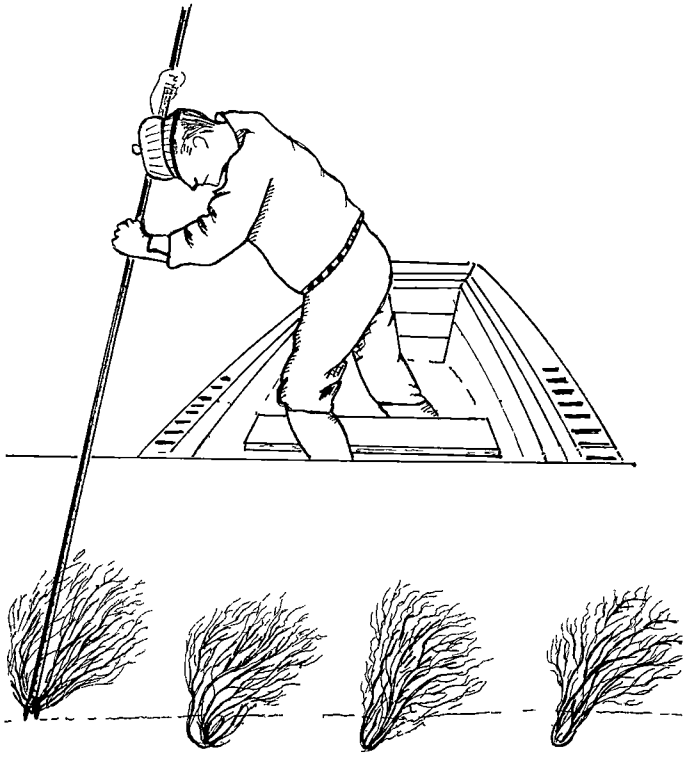


FIG 58 Actividades de plantacion directa de *Gracilaria* en niveles submareales mediante vara accionada desde embarcacion

Se efectuo, ademas, una plantacion masiva de *Gracilaria* en el rio Raqui sobre una superficie total aproximada de 1,25 ha (12 500 m²) La cantidad de alga fresca utilizada fue de 12 000 Kg El sector seleccionado se ubico cerca de la desembocadura del rio, area con influencia marina acentuada (Fig 52)

Con la ayuda de embarcaciones menores y utilizando horquillas de madera con asa de 3 m de largo, se procedio a implantar el alga en el sustrato arenoso o fangoso directamente (Fig 58)

Despues de 45 dias de crecimiento se procedio a cosechar el sector plantado La labor se efectuo con la ayuda de 27 buzos Hooka apoyados por embarcaciones menores Se cosecho durante 5 horas de trabajo la cantidad de 60 000 Kg de alga humeda, lo que señala un rendimiento de 5 veces con respecto al aporte inicial, cantidad a la cual debe sumarsele el remanente, al menos, 120 000 Kg que permanecio plantado en el sector

Transcurridos 30 dias despues de la primera cosecha, se efectuo una segunda cosecha, obteniendose 30 000 Kg de alga humeda

La metodologia a utilizar en la extraccion de *Gracilaria* es tipulo como condicion la cosecha anual, y para no desprender el alga desde el sustrato se aconsejo el corte mediante torcion de matas de talos, dejando plantas de 30 cm de longitud implantadas al fondo

5 5 *Observaciones periodicas*

Biomasa Para conocer las fluctuaciones de biomasa de alga humeda se muestreo periodicamente 10 unidades de cada subsector (g/unidad de plantado)

Talla Se efectuo periodicamente medicion de talos de cada una de las unidades extraidas, en los subsectores experimentales Se efectuo, ademas, mediciones *in situ* de tallas maximas

Densidad Para obtener los datos de densidad se sorteo 10 estaciones de transectos diagonales (1 y 2) en cada subsector cultivado En cada estacion y en una superficie de 1 m² se conto el numero de unidades existentes sobre una densidad maxima equivalente a 20 unidades por transecto

5 6 *Resultados*

Las recomendaciones y conclusiones de los sistemas de cultivo utilizados son las siguientes

5 6 1 *Sistema de estacas*

1 La colocacion de alga corta, en mal estado o mal amarrada, determinara que esta quede totalmente enterrada en el sedimento sin posibilidad de crecer o que se suelte al momento de enterrar la estaca

2 Si se dejan pocos talos emergentes de sustrato, la tendencia sera tener ramos muy ramificados y con alta biomasa sustentada en muy pocos filamentos basales
Las torciones provocadas por las corrientes tenderan a cortar las algas dejando una pobre biomasa remanente El roce de los filamentos basales sobre el borde de la estaca tiende a cortar y a desprender las algas

3 La colocacion de filamentos largos y abundantes permitira un crecimiento masivo, con buen rendimiento, alta posibilidad de entierre del sistema al actuar como trampa de sedimentos

4 Se recomienda la cosecha a unos 10 15 cm por sobre la superficie del sustrato y en lo posible "entresacando" algas mas bien que efectuando cortes con cuchillo Este metodo permite dejar filamentos mas largos y otros mas pequeños, hecho que facilita la recuperacion de la biomasa sacada

5 6 2 *Sistema de Piedras*

1 La ruptura de la pitilla vegetal produce perdida del alga colocada y si el sistema de amarre no esta debidamente apretado se genera desplazamiento del alga hacia la parte superior de la piedra y el roce con la cuerda determina corte y perdida del alga

2 La colocacion de abundantes filamentos en la cara superior e inferior de la piedra y un buen sistema de amarre, permite un eficiente enterramiento y crecimiento de los talos

3 No es aconsejable la colocacion de piedras en atencion a que el fondo puede ser modificado si es que no hay buen enterramiento generandose entonces un fondo duro al cual pueden fijarse organismos altamente competitivos con *Gracilaria*

5 6 3 *Sistema de plantado directo*

1 Si el alga queda totalmente enterrada en el sedimento pierde sus posibilidades de desarrollo al anularse los procesos de fotosintesis

2 El afloramiento de escaso numero de talos fuera del sustrato determinara el incremento abundantemente de biomasa sobre una base debil biomasa que puede perderse por procesos de torcion y traccion por efecto de corrientes

3 El uso de un tope en el instrumento de plantacion asegurara la permanencia de un gran numero de filamentos libres sobre el sustrato y un buen crecimiento posterior

4 Para el sistema de cosecha ver lo indicado en el procedimiento con estacas

5 6 4 *Comportamiento del alga*

Densidad Salvo excepciones de areas que quedaron con densidades regulares de algas (35%) en el rio Tubul con el metodo de estacas, la respuesta con todos los metodos resulto ser positiva, lograndose permanencia del alga plantada en los diferentes ambientes

Talla maxima La talla maxima medida *in situ* logro, en todos los experimentos, valores altos, con incrementos de 380, 400 y 990% en el rio Raqui en los sistemas de piedras, directo y estaca, respectivamente

Estructura de tallas Presento caracteristicas similares en ambos rios, alcanzando, en general, la talla de 60 cm, aunque ya en noviembre las clases de hasta 100 cm aparecen representadas en el muestreo La dominancia se mantuvo, sin embargo, en las clases menores de 60 cm

El analisis estadistico de los resultados de los metodos de cultivo utilizados indican prioridad para el metodo de estacas Sin embargo, el evaluar los rendimientos de acuerdo al esfuerzo aplicado, tiempo utilizado y considerando todas las faenas involucradas en las actividades, se concluye que el metodo de plantado directo es mas efectivo, mas rapido y menos costoso que los otros metodos

6 0 *Cultivo Intermareal*

Los ambientes de crecimiento de *Gracilaria* pueden ser de variadas condiciones abioticas, sin embargo, areas de fuerte produccion natural han estado centradas en lugares protegidos del oleaje y en niveles submareales de fondo arenoso

Estas caracteristicas estan presentes tanto en ambientes marinos como en lugares estuarinos en desembocadura de rios, lo cual indica que *Gracilaria* tiene una notable resistencia a cambios en las condiciones de salinidad del agua

Ciertos lugares intermareales rocosos y arenosos pueden ser colonizados por estas algas En este sentido, es destacable la abundancia que logra en el intermareal arenoso bajo, de areas con fuerte diferencia de mareas (6 7m) en la parte centro sur de Chile (Chiloe, Puerto Montt)

En estos lugares y despues que la extraccion exhaustiva acabo con el recurso, se ha iniciado la recuperacion de las prade ras procediendo a efectuar cultivos de *Gracilaria* en niveles del intermareal inferior aprovechando los momentos de baja ma rea

El Instituto de Fomento Pesquero y la Universidad Austral de Chile (Westermeier y Rivera, 1989) han logrado an tecedentes importantes referente a actividades y condiciones de los cultivos intermareales en el estuario Cariquilda en Maullin, en donde se obtuvo la siguiente informacion el tamaño de gra no predominante en el sustrato del intermareal superior e infe rior correspondio a arena en un 80 95% y fango en la fraccion restante, manteniendose en general estas proporciones a lo lar go del tiempo de experimentacion (8 meses)

Varios fueron los sistemas de plantacion experimentados, siendo el de plantacion directa con horquilla, en atados no supe riores a 50 g cada uno, el utilizado en el intermareal (Fig 59) Se ha usado tambien pala o azadon con excelentes resultados en cultivos de tipo masivo, comercial

FIG 59 Actividades de plantacion Plantado directo intermareal con azadon

Las metodicas de cosecha tiempo de cosecha y altura del corte fueron componentes estudiados con el objeto de determi nar respuestas productivas

Los resultados experimentales señalaron baja productivi dad en los plantados intermareales, no superando rendimientos de 1 Kg/m^2, limitando la produccion y duracion de la planta cion, las marejadas, las precipitaciones y caracteristicas del sustrato

En las areas de Puerto Montt y Chiloe se efectuaron plan taciones intermareales con alta densidad de biomasa inicial con excelentes rendimientos, pese a los efectos de la desecacion influencia de agua dulce durante periodo de bajamar e insola cion, factores que influyen especialmente en la pigmentacion y calidad del alga

La actividad puede efectuarse en grupos o equipos de tra bajo, delimitando las areas de plantacion con estacas y letreros de señalizacion, dejando callejones de acceso sin alga para apo yar las labores sin pisar el alga plantada

Las actividades de replantacion y cosecha y calculos de rendimiento por sector se ven enormemente facilitadas por las posibilidades de organizacion y orden del sistema de operacion y caracteristicas del area de trabajo

Antecedentes de plantacion intermareal de *Gracilaria* en el area de Coihuin (Puerto Montt Chile) indican que utilizando el metodo de plantado directo y trabajando un maximo de 2 5 hrs diarias (tiempo permitido por el sistema de marea del lugar), un hombre planta 200 m^2/dia colocando 1 Kg de *Gracilaria* por m^2 Completar 1 Ha demandaria teoricamente un tiempo total de 45 50 dias, considerando que el sistema de baja marea se pre sente durante las horas del dia

La metodologia utilizada establece el uso de una horquilla provista con un vastago, un "manubrio" superior y fierro pedal para facilitar el plantado presionando con el pie La orientacion de las hileras o "melgas" coincide con la direccion de las olas y corrientes de llenante, evitando con ello presentar frentes, lo cual redundara posteriormente en la formacion de acumulos de arena y recubrimiento de las plantas (Fig 60)

FIG 60 Sistema de plantacion utilizado por los pescadores de Coihuin Puerto Montt Chile

Las hileras o filas de algas contendran mas o menos plantas de acuerdo a la distancia de plantado que el cultivador establez ca En este caso la cantidad usada y naturalmente la cosecha ob tenida dependeran de esta metodica

El grupo de cultivadores de Coihuin ha establecido un sis tema de parcelas, cada una de las cuales esta entregada a la res ponsabilidad de un socio y otro sector trabajadas en forma con junta Cada parcela tiene una dimension de 9 x 250 m en un to tal de 15 Ha

El area de Coihuin esta ubicada en el Seno de Reloncavi, a los 41°30'S, 72°50W" Es un area arenosa ubicada en la desem bocadura del rio del mismo nombre El lugar tiene fluctuaciones de mareas superiores a los 7 m, el sustrato es de inclinacion suave Las plantaciones de *Gracilaria* se efectuan en los niveles bajos del intermareal

Las dificultades principales de los cultivadores se refieren a efectos drasticos del oleaje al igual que crecidas del rio que arrastra sedimentos, ramas, troncos con serias consecuencias para los cultivos intermareales El sistema de mareas permite so lo un escaso tiempo de operacion diaria en el area, lo cual limita seriamente el rendimiento de faenas de plantacion El grupo ca rece de Asistencia Tecnica

V

Cultivo e Importancia de las Condiciones Físicas

10 *Granulometria*

La composicion del sustrato en areas costeras esta directa mente relacionada con la dinamica del sector considerado y la estructura de la costa En lineas generales podemos decir que en su composicion existen minerales, restos organicos y rocas de ti po igneo, sedimentario y metamorficas y sedimentos pro piamente tal, derivados de los componentes antes mencionados y que son transportados por corrientes, aire, viento y hielo

En Chile gran parte de la costa es rocosa, pero con interca laciones de grandes extensiones arenosas Esteros y rios aportan gran cantidad de sedimentos, los cuales son transportados por olas y corrientes marinas y depositados en sectores o en niveles de bajo dinamismo

La mayoria de los lugares aptos para el cultivo de *Gracila ria* en Chile central esta orientada al norte o al NNE, caracteri zando lugares protegidos de los vientos del sur y SW, que son, en conjunto, los de mas alta frecuencia en el sector

Esta mayor proteccion al oleaje de estos sectores, especial mente en los meses de primavera y verano, permite deposita cion de sedimentos, los cuales, mientras mas finos, son indicado res de ambientes mas tranquilos La ausencia de oleaje fuerte en estas areas facilita la presencia del alga *Gracilaria* creciendo abundantemente en sustratos blandos, ya sea arena, arena fina, fango o fango arenoso La existencia de areas provistas de sustratos duros constituidos por guijarros, canto rodado, bloque o macizos rocosos señala la existencia de areas con fuerte dina mismo

En ambientes con estas caracteristicas se desarrolla una flo ra y fauna abundante, generalmente fuerte competidora de es pecies como *Gracilaria*, que tiene exito especialmente en am bientes de sustratos blandos

Estas mismas caracteristicas suelen darse en areas estuari nas, lugares de salinidad cambiante por efectos de mareas, pero en los cuales *Gracilaria* puede crecer formando densas praderas

El sedimento blando encontrado en periodos de primavera y verano estaria caracterizando de manera bastante certera am bientes aptos para el crecimiento de *Gracilaria*

Un problema importante se presenta en areas con denso movimiento de arena o fango y dice relacion con procesos de embancamiento al actuar las frondas de *Gracilaria* como tram pa de sedimento En este caso un estudio hidrodinamico aporta ra antecedentes para corregir dicho problema

1 1 *Determinacion de las caracteristicas del sustrato Analisis Granulometrico*

Para efectuar un buen analisis granulometrico en sedimentos marinos es necesario

- Mantener el orden de las estaciones o puntos de recolec cion
- Tomar aproximadamente 350 g de sedimento y guardar en bolsas de plastico perfectamente identificadas
- Al iniciar el proceso de determinacion granulometrico, es necesario quitar conchuelas, sales y aserrin de la muestra que se analiza, para lo cual se vacia el sedimento en un fras co, se lava en agua corriente varias veces y se deja decan tar
- Se determina si predominan sedimentos finos o gruesos Los sedimentos finos se pasan al tamizado directo con agua, ya que este material al secarlo forma granulos dificı les de disolver (Fig 61)

Ejemplificaremos primeramente con una muestra de sedı mento grueso

Granulo de Arena de 4,000 mm a Arena media de 0 250 mm

Una vez lavado el material con agua corriente se pone a secar a 60 °C con una estufa de laboratorio a peso constante Una vez seco el sedimento se pasa por tamices para separar las fracciones y, finalmente, se pesan por separado Los tamices se separan en las siguientes categorias

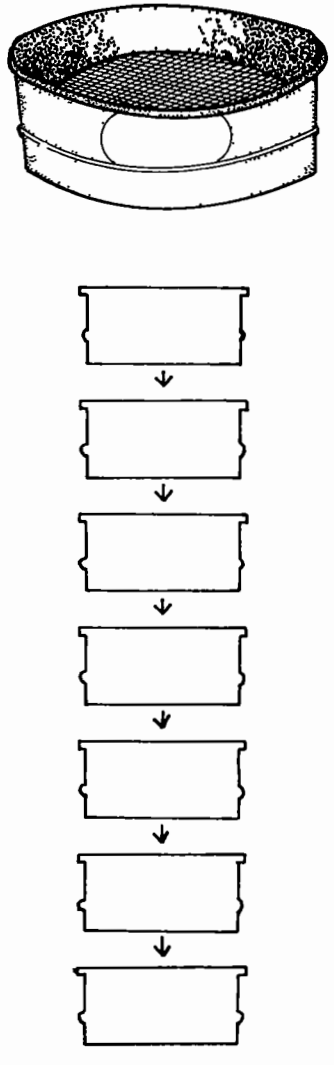
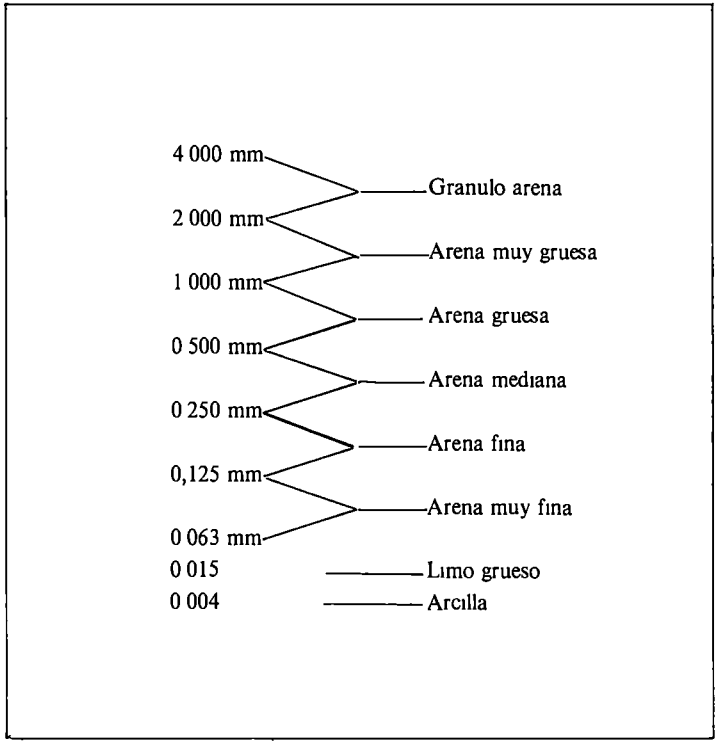


FIG 61 Serie de tamices para analisis granulometrico



Tratamiento de sedimentos finos

Cuando se trata de sedimentos finos (0,250 0,063 mm) se pasa ra por los tamices con agua corriente Si la cantidad de sedimento que paso a traves del ultimo cedazo de 0,063 mm es mayor del 70%, se procede a usar el metodo de decantacion para determinar la fraccion limo arcilla Para esto hay que vaciar el sedimento que paso por el ultimo cedazo en un frasco de boca ancha de 2 litros y se deja decantar por lo menos 10 horas y, luego, con mucho cuidado, se saca el agua con una manguera delgada sin mover el sedimento, luego se homogeneiza la muestra y se toman 100 ml de esta

Pretratamiento para estas fracciones de sedimentos finos marinos

Se transfiere el sedimento a una probeta de 1 lt con 100 ml de H_2O_2 (al 6%), se deja toda la noche, luego se agita y se agrega mas H_2O_2 hasta que no se produzca reaccion (este proceso es para remover la materia organica), se deja decantar y se bota el agua, luego se homogeneiza nuevamente, se toman 50 ml de la muestra (esto es en peso seco 25 grs de sedimento), se vacian los 50 ml en una probeta con 1 lt de agua destilada a 20°C

Primera extraccion

Se agita la probeta y colocada sobre la mesa se procede a sacar en una pipeta 20 ml de muestra desde una profundidad de 20 cm y se transfiere a una capsula de cristal previamente pesada La muestra se seca en la estufa a 100°C, se pesa nuevamente la capsula y el exceso de peso representara la cantidad total de sedimento de un tamaño de 62 mm

Segunda extraccion

Se agita nuevamente la suspension, se coloca la probeta sobre la mesa e inmediatamente se procede a cronometrar la decantacion Pocos segundos antes de que se cumplan 7 minutos 44 segundos, se sumerge la punta de la pipeta a una profundidad de 10 cm, se saca una muestra de 20 ml, se vacia a la placa de Petri y se seca a 100°C

Tercera extraccion

Se resuspende el sedimento y se toma la tercera muestra despues de 2 horas y 3 minutos se sumerge la pipeta a una profundidad de 10 cm y se sacan 20 ml de sedimento, los que se colocan en la placa y se secan a 100°C

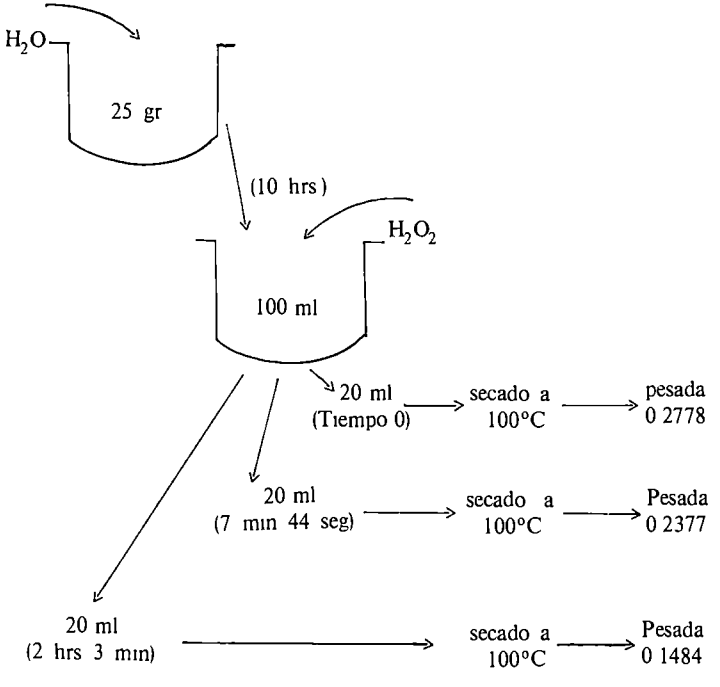
1 2 *Ejemplo de Calculo de Peso y Porcentaje de Fracciones en una Muestra de Sedimento*

Peso total de la muestra 149 3575 g

Sedimento grueso	mm	Peso (gr)	%
	4 000	3 2562	2 1801
	2 000	2 1053	1 4762
	1 000	1 6992	1 1377
	0 500	1 3755	0 9209
	0 250	1 3633	0 9128
	0 125	2 7148	0 8177
	0,062	10 0077	6 7005
SUBTOTAL		22 6220	15 1459

Sedimento fino	mm	Peso (gr)	%
	0 0310	18 2941	12 2485
	0 0156	40 7396	27 2766
	0 0039	67 7018	45 3287
SUBTOTAL		126 7355	84 8538
TOTAL		149 3575	99 9997

Sedimento fino 126 7355 gr
(84 8538% del total de sedimento)
Resto sedimento sin procesar 101 7422 gr



Formula General
Calculo de Masa Total de Sedimento por Extraccion

Peso sedimento Para cada extraccion	X	Factor de correccion por dilucion = 50

Primera extraccion

0 031
+
0 0156
+
0 0039

0 2778 x 50 = 13 8900 gr

Segunda extraccion

0 0156
+
0 0039

0 2377 x 50 = 11 8850 gr

Tercera extracción

0 0039

0 1484 x 50 = 7 4200 gr

25 0000 gr

1 3 *Formula General*

— Calculo de Valor Porcentual de cada fraccion de sedimento fino

(Diferencia entre fracciones sucesivas de sedimento fino (peso) X Valor porcentual del sedimento fino en el sedimento total) / Peso sedimento fino en la primera extracción

Primera fraccion fina (0 031 mm)
((13 8900 11 8850) x 84 8538) / 13,8900 = 12 2485%

Segunda fraccion fina (0 0156 mm)
((11 8850 7 4200) x 84 8538) / 13 8900 = 27 2766%

Tercera fraccion fina (0 0039 mm)
((7 4200 0 0000) x 84 8538) / 13 8900 = 45 3286%

— Peso de cada fraccion del sedimento fino en la muestra total

(Valor porcentual de la fraccion / 100) X Peso total de la muestra

Primera fraccion (0 031 mm)
(12,2485 / 100) x 149 3575 = 18 2941 gr

Segunda fraccion (0 0156 mm)
(27 2766 / 100) x 149 3575 = 40 7396 gr

Tercera fraccion (0 00039 mm)
(45 3287 / 100) x 149 3575 = 67 7018 gr

Obtenidos los datos correspondientes y efectuados los calculos porcentuales se confecciona una Tabla II, como la que se adjun ta, en cuya parte inferior se especifica la correspondencia de ti po de grano

TABLA II Resumen de Analisis Granulometrico

ESTACIONES		4 000 —2	2 000 —10	1 000 Qø	0 500 1 Qø	0 250 2 Qø	0 125 3 Qø	0 062 4 Qø	0 031 5 Qø	0 0156 6 Qø	0 0039 8 Qø	TOTAL
Estacion 7 Bahia Concepcion	Peso					4 790	6 562	10 841	15 320	18 480	22 950	78 479
	%					5 51	8 36	13 81	19 52	23 55	29 24	
	% AC					5 51	13 87	27 68	47 20	70 55	99 99	
Estacion 7 Bahia Concepcion	Peso											
	%	MATERIA ORGANICA TOTAL			18 92 %							
	% AC											
	Peso											
	%											
	% AC											
Estacion 22 San Vicente	Peso				2 880	14 141	95 463	176 539	—	21 951	—	310 951
	%				0 92	4 54	30 70	56 77	—	7 06	—	
	% AC				0 92	5 46	36 16	92 93	—	99 99	—	
	Peso											
	%	MATERIA ORGANICA TOTAL			7 65 %							
	% AC											
	Peso											
	%											
	% AC											
Estacion 9 Dichato	Peso	3 040	3 500	14 651	25 340	60 321	80 472	46 785	—	11 470	—	245 579
	%	1 23	1 42	5 96	10 32	24 56	32 77	19 05	—	4 67	—	
	% AC	1 23	2 65	8 61	18 93	43 49	76 26	95 31	—	99 98	—	
	Peso											
	%	MATERIA ORGANICA TOTAL			2 70 %							
	% AC											
	Peso											
	%											
	% AC											
	Peso											
	%											
	% AC											

Granulo arena	Arena muy gruesa	Arena gruesa	Arena mediana	Arena fina	Arena muy fina	Limo grueso	Limo fino	Arcilla

2 0 *Luz*

Es uno de los factores importantes que influencia la vida de las plantas Es un fenomeno complejo debido a la naturaleza cor puscular y ondulatoria de la luz y tambien al gran numero de efectos que tiene sobre estos organismos

La luz proporciona la energia necesaria para que se produz ca la fotosintesis en los vegetales La luz visible es parte del es pectro electromagnetico y por ello es una forma de energia ra diante La luz visible al ojo humano incluye las ondas que van desde los 380 a 760 nm, pero las reacciones fotoquimicas invo lucran un rango mas amplio de longitudes de onda 290 a 850 nm

La luz solar se compone de radiaciones de diferente tipo y que abarca un rango de ondas cortas como la luz ultravioleta, ondas de tipo intermedia que constituyen la luz visible y ondas largas formadas por la luz infrarroja

Gran parte de la luz ultravioleta es absorbida por el ozono del estrato atmosferico superior (Fig 62) Parte de las ra diaciones infrarrojas son reflejadas al espacio exterior en la tro posfera, al interactuar con nubes, con agua, polvo, etc , y parte tambien de estas radiaciones son absorbidas por particulas para luego retornar al espacio exterior Ondas infrarrojas tambien llegan a la tierra Asi, la atmosfera actua como filtro de la ra diacion solar y por tanto solo una parte que constituye el 51% de la radiacion solar llega a la tierra

La luz que incide sobre el oceano (Fig 62), que va de los 240 nm (ultravioleta) los 1100 (infrarrojo), sufre perdida im portante tambien al penetrar en el mar Es asi como en los pri meros metros la radiacion infrarroja es absorbida totalmente y a medida que la luz va penetrando el numero de ondas que llegan a profundidades mayores, son considerablemente menores Se estrecha el rango de longitudes de onda a 25 metros de profun didad a 400 600 nm que corresponde a los colores azul verde del espectro visible, con una intensidad maxima a 475 nm (luz azul)

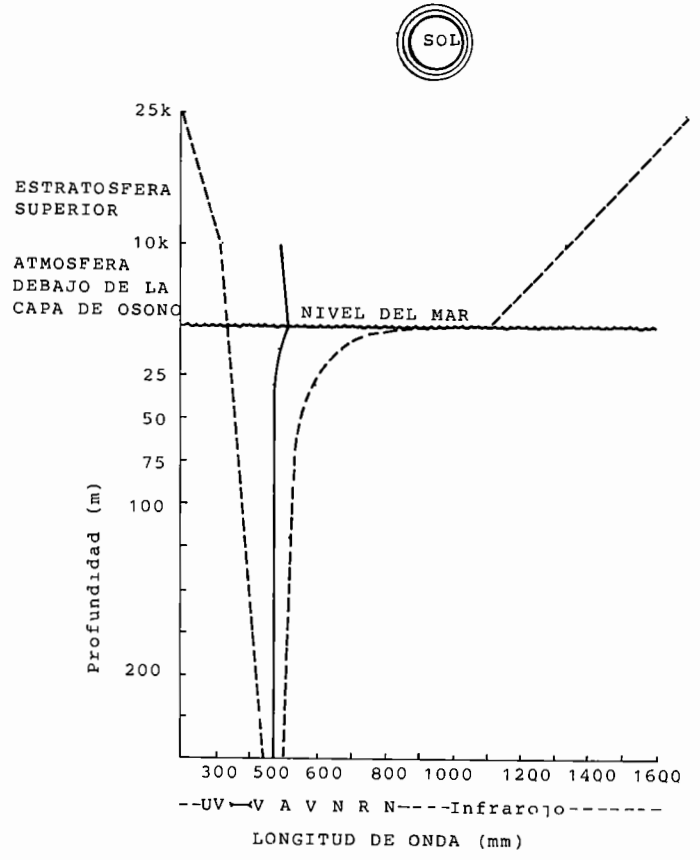


FIG 62 El espectro de la luz solar es afectado ligeramente por la capa de ozono de 22 a 25 Km por arriba de la superficie del mar Sin embargo cuando la luz solar penetra al oceano se produce una perdida importante de luz infrarroja (750 1000 um) La linea segmentada muestra los limites de longitud de onda dentro de los cuales el 95% de la energia solar se encuentra a alguna profundi dad (Modificado de Dawes C J 1986)

2 1 *Medicion de la luz*

Para medir la cantidad de luz se acostumbra, por lo general, a hacerlo en terminos de nuestra capacidad visual Para esto me dimos iluminacion El instrumento usado para tal efecto es un fotometro, que es un medidor de irradiacion y que por lo gene ral mide en pie bujia, y que utiliza una celda de selenio, los ra diometros poseen filtros que le permiten a la celda de selenio medir longitudes de onda especificas expresadas en ergs y los cuantometros que utiliza un detector de fotodiodo de silicio y que mide en erg o einstein

Se puede estudiar cantidad de luz asociada a profundidad y la transparencia del agua durante el dia, determinando el coefi ciente de extincion K para el area de estudio

En forma practica K se obtiene de la ecuacion

$$K = \frac{1\ 7}{D}$$

donde D es la profundidad maxima a la cual el disco Secchi (dis co de color blanco de 30 cm de diametro) (Fig 63), puede ser visto al ser lanzado al agua

Ejemplo de calculo de la estimacion de la luz a cierta pro fundidad conociendo la luz que hay en superficie

$$D = \frac{1\ 7}{K}$$

D= profundidad de disco
K= Coeficiente de extincion

$$K = \frac{2\ 3(\log Id_1 - \log Id_2)}{d_2\ d_1}$$

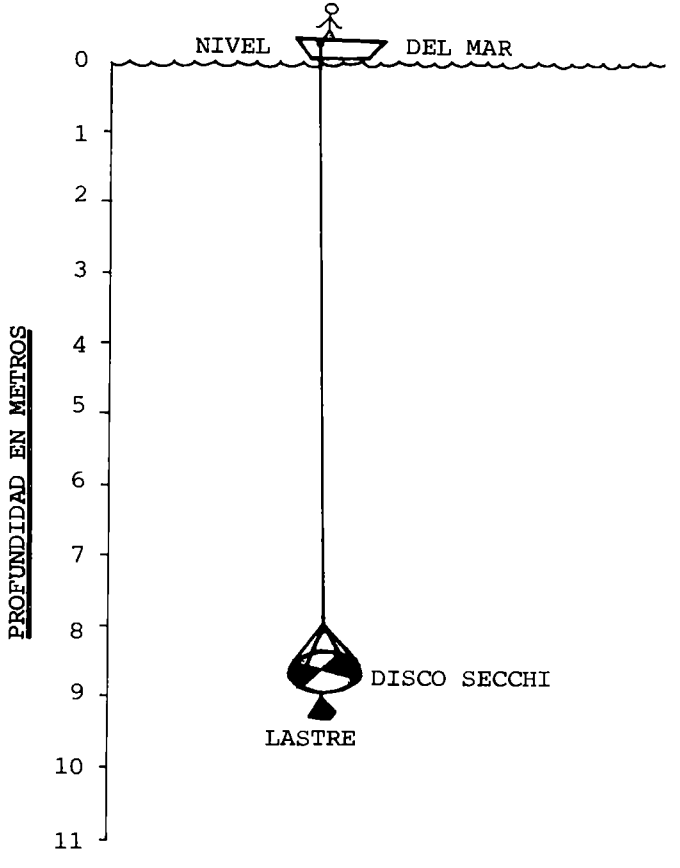


FIG 63 Esquema simplificado para la medicion de la penetracion luminica en el mar utilizando Disco Secchi

2 2 *Efectos en las Algas*

Las algas presentan en sus celulas diversos tipos de pigmentos que les permiten absorber la luz solar para su utilizacion en el proceso fotosintetico Los pigmentos mas importantes que en contramos son la clorofila, carotenos y ficobilinas

El color de las algas esta intimamente relacionado con el color de la luz que refleja y que no es usado por el alga Es asi como un alga verde refleja gran parte de la luz verde y solo una porcion es absorbida junto con las demas ondas del espectro de luz

En la Tabla III se presenta una comparacion de pigmentos para los grupos principales de algas, en ellas podemos apreciar que la clorofila a esta presente en todas las algas al igual que en plantas superiores, ademas existen pigmentos que pueden caracterizar a un grupo de algas Un ejemplo claro lo constituye la presencia de ficoeritrina solo en las algas rojas y fucoxantina y clorofila c solo en feofitas

TABLA III Principales pigmentos presentes en las algas verdes pardas y rojas

	Chlorophyceae	Phaeophyceae	Rhodophyceae
Clorofila a	+	+	+
Clorofila b	+	—	—
Clorofila c	—	+	—
Ficocianina	—	—	+
Ficoeritrina	—	—	+
Betacarotenos	+	+	+
Fucoxantina	—	+	—

En la Fig 64 se ilustra el espectro de absorcion de pigmentos en algas y la eficiencia luminica para la sensacion visual Podemos apreciar que la R ficoeritrina, presente solo en algas rojas, absorbe el violeta, azul, verde y amarillo y no asi el color rojo, que es reflejado y que nosotros podemos ver al observar un alga de este grupo

La luz es utilizada por las algas en el proceso de fotosintesis que consiste basicamente en utilizar agua, dioxido de carbono y luz para producir hidratos de carbono y oxigeno Esta reaccion es producida a nivel de los cloroplastos celulares

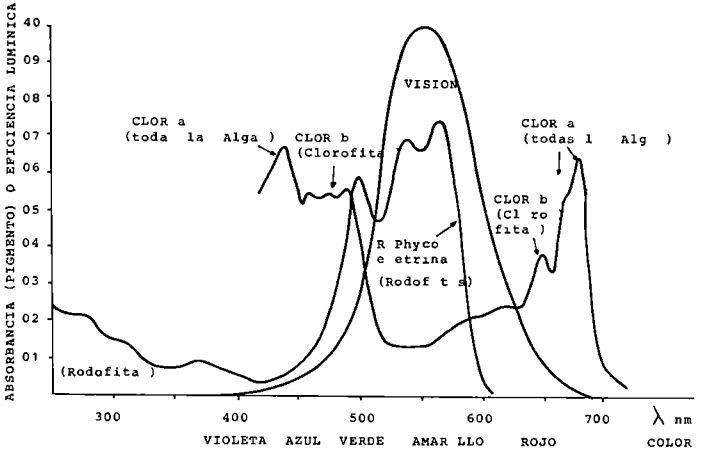


FIG 64 Espectro de absorcion de pigmentos en algas y eficiencia luminica para sensacion visual

Al representar en una curva la tasa fotosintetica versus la intensidad de la luz (Fig 65), existe un punto denominado de compensacion, donde la fotosintesis es igual a la respiracion celular a intensidad luminica cero La tasa fotosintetica aumenta en forma lineal con la intensidad de luz hasta llegar a un punto de saturacion, pero al aumentar la iluminacion existe fotoinhibicion, es decir, no hay crecimiento Este punto de saturacion es caracteristico para cada especie, y de importancia fundamental para conocer los optimos de iluminacion para el crecimiento de las plantas

Las algas tiene su propio grado de tolerancia a la intensidad luminosa Si estos limites por alguna causa son sobrepasados, se produce decoloracion de las plantas y el crecimiento se ve mermado tambien a baja iluminacion

La tasa de crecimiento de las algas esta en funcion directa con la intensidad de luz y tambien con el fotoperiodo que indica la cantidad de horas luz recibida por la planta Ambos factores definen la irradiacion total diaria que en laboratorio corresponde a la suma de los dos factores y en la naturaleza varia con las

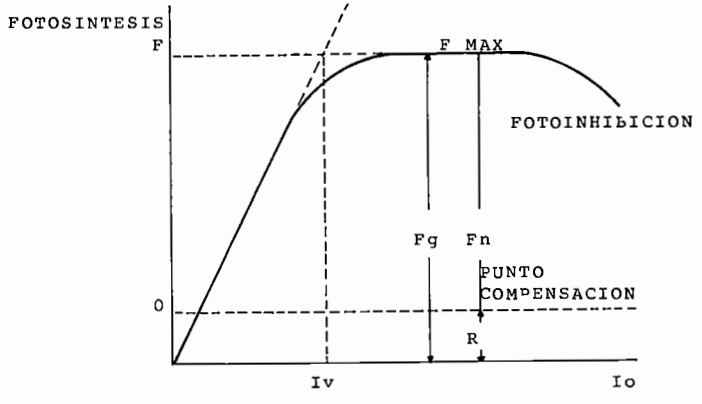


FIG 65 Ilustracion de una curva teorica fotosintesis/luz mostrando la tasa fotosintetica en funcion de la intensidad de la luz
F_{max} Fotosintesis maxima F_t Fotosintesis total F_n Fotosintesis neta Punto a compensacion donde la tasa fotosintetica (medida por la evolucion de oxigeno) es igual a la cantidad de oxigeno consumido en respiracion I Densidad de flujo fotonico incidente (DFF) I_v Saturacion (DFF) R Respiración (Adaptado de Ramus 1981)

condiciones del estado del mar turbidez del agua variacion de altitud del sol nubes, etc Estudios realizados en condiciones de laboratorio han demostrado que plantas tetrasporicas de *Gracilaria* sp del norte de Chile tienen un mayor crecimiento a 20°C y 46 uE m^2 s^1 despues de 120 dias de crecimiento que plantas gametofiticas incubadas a 20°C y 32 uE $m^2 s^1$

El desarrollo de las algas tambien puede estar determinado por la iluminacion diaria promedio, en *Desmarestia* se ha comprobado que no hay reproduccion o desarrollo a 4 y 17 lux

La luz tambien puede producir cambios en los patrones de crecimiento y desarrollo Puede inhibirse el crecimiento en ejes principales de algunas algas como tambien estimular el crecimiento en ejes secundarios

Tambien la luz tiene efecto en el movimiento y orientacion de cloroplastos y celulas reproductivas moviles, reproduccion, induciendo la maduracion

Procesos importantes relacionados con la distribucion de las algas en el ambiente marino tienen relacion tambien con la luz Las algas presentan una cierta capacidad para regular el contenido en pigmentos para captar mas luz, existe una distribucion batimetrica de las algas determinadas por la calidad de la luz recibida

2 3 *Importancia y manejo en la información*

Con anterioridad expusimos que las algas tienen diferentes niveles de tolerancia a la luz con directa incidencia en el crecimiento Es indudable que el cultivador de algas en piletas costeras bajo condiciones controladas o semicontroladas requiere del conocimiento de los rangos de tolerancia a la luz del alga a cultivar, esto debido a que el maricultor debe buscar la informacion para que sus cultivos tengan un crecimiento optimo, en un plazo breve

El desconocimiento de esta informacion puede provocar decoloracion de plantas cuando la intensidad luminica es muy alta y tambien bajo crecimiento si la intensidad luminosa es insuficiente

Es importante tambien medir y obtener informacion de iluminacion debido a que algas no deseables pueden provocar graves problemas de contaminacion de cultivo si la iluminacion es excesiva Es posible disminuir este problema bajando la iluminacion, pero no a niveles en que el alga que se desea cultivar de tenga su crecimiento

La disminucion de la intensidad luminosa se puede realizar cubriendo con malla plastica la zona de cultivos

En zonas de cultivo submareal es importante conocer los niveles de iluminacion que maximizan el crecimiento del alga a cultivar, como tambien establecer el limite inferior o puntos de minimo crecimiento

En la eleccion de zonas aptas para un cultivo algal determinado debemos tener en cuenta cual es la disponibilidad de fondo que presenta la profundidad de crecimiento optimo del alga que

deseamos cultivar Si no se conoce la profundidad de crecimien to optimo del alga es necesario experimentar, probando a distin tas profundidades el crecimiento de plantas debidamente fijadas al fondo y a traves de mediciones diarias con disco Secchi por un largo periodo, realizar las curvas de crecimiento hasta cono cer la informacion requerida

El conocer el fotoperiodo optimo de una planta para lograr su desarrollo es importante, debido a que este factor puede causar desarrollo de morfos algales muy diferentes a los que en contramos en la naturaleza y tambien puede afectar los proce sos reproductivos en las algas

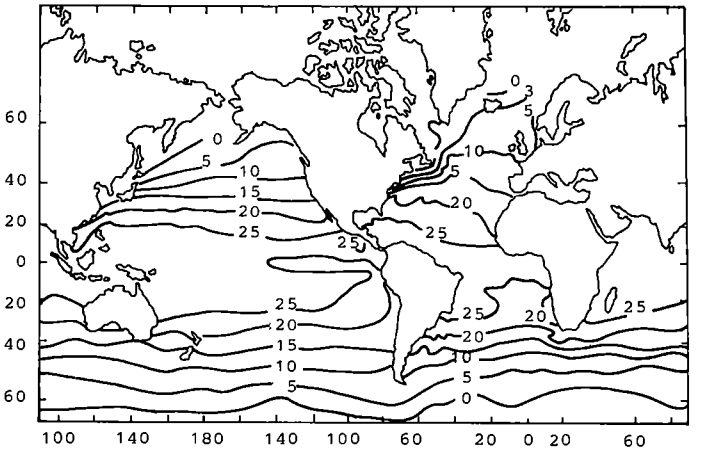


FIG 66 Distribución mundial de la temperatura media superficial de mar en el mes de febrero (Modificado de Margalef R 1977)

3 0 *Temperatura*

En las aguas marinas la temperatura oscila, en general, entre 2°C y 30°C El limite inferior esta determinado por la forma cion de hielo, mientras que el superior depende de la radiacion y del intercambio de calor con la atmosfera Estas temperaturas se refieren a las aguas superficiales, a medida que se profundiza, disminuye la amplitud de la variacion, a la vez que los valores se acercan mas al limite inferior de las temperaturas indicadas Sobre el fondo de los oceanos reina una temperatura que oscila entre 4° y 1°C

En relacion con la distribucion mundial de la temperatura superficial del agua en el oceano abierto, esta presenta las si guientes caracteristicas en las regiones polares es de aproxima damente 2°C, mientras en latitudes entre los 30° y 40° es cerca na a los 10°C y en las zonas tropicales puede alcanzar unos 25 a 27°C (Fig 66)

La costa chilena, debido a su extensa longitud, presenta grandes variaciones en el regimen anual de la temperatura su perficial del agua

En el area comprendida entre Arica y Antofagasta, duran te el verano prevalecen temperaturas superiores a los 20°C En otoño se observa una disminucion de las temperaturas, entre los 15° y 20°C En el invierno las temperaturas se hacen mas uni formes, oscilando entre los 14 a 16°C En primavera hay fren tes termicos calidos que generan areas de fuertes gradientes con temperaturas que van desde los 14° a los 21°C (Fig 67 A)

En el area centro sur de Chile (Talcahuano a Corral) en ve rano las temperaturas superficiales son mas elevadas en el mar abierto que en la costa, en donde alcanzan valores de 11° a 13°C Durante el otoño, y como consecuencia de una mayor penetracion de aguas frias provenientes de mas al sur, "aguas subantarticas", comienza a observarse una disminucion en la temperatura superficial, disminucion que se acentua en invier no con temperaturas un poco mas altas en mar abierto respecto de la costa y que oscilan entre los 11° a 13°C En la estacion primaveral se vizualiza un incremento de la temperatura llegan do a alcanzar, en la zona costera, valores levemente superiores a los 11°C (Fig 67 B)

La zona al sur de Puerto Montt presenta valores de tempe ratura levemente inferiores a los de la zona anterior, los que se reducen aun mas hacia el sur, con temperaturas de 13°C en la

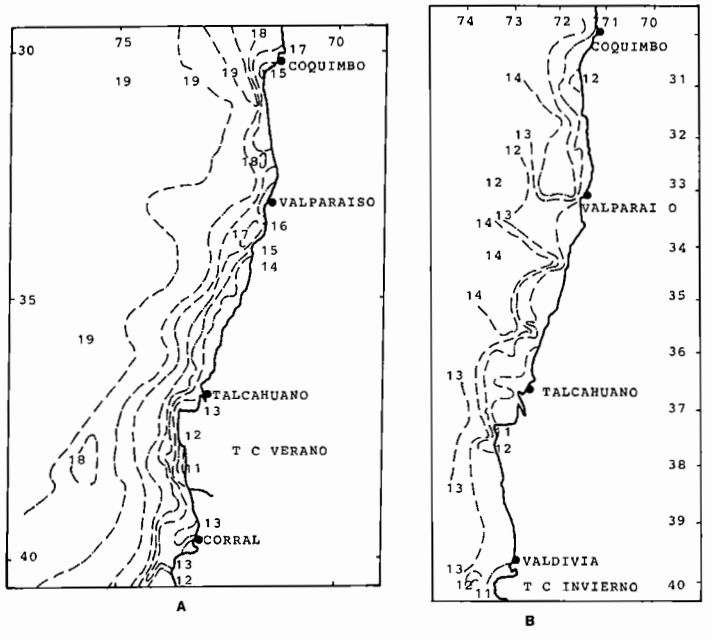


FIG 67 Distribucion de la temperatura media superficial del mar en la zona comprendida entre Coquimbo y Valdivia A) Verano B) Invierno (Cañon 1985)

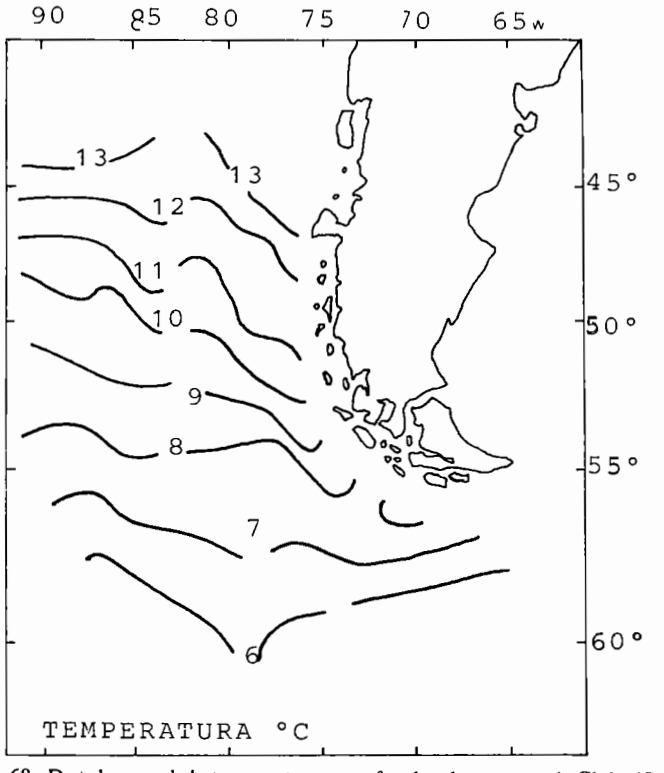


FIG 68 Distribucion de la temperatura superficial en la zona sur de Chile (Cañon 1985)

zona de Chiloe y 10°C en las cercanias de Punta Arenas (Fig 68)

La temperatura del agua superficial en la region comprendida entre los 18° y 28°S, deberian oscilar entre los 18° a 19°C, mientras que entre los 28° a 37°S, estos deberian encontrarse en el rango de 13,5° a 17°C Mas al sur de los 39°, estas no deberian ser superiores a los 11,5°C

En terminos generales se considera a los 20°C como la temperatura supeficial promedio de la zona comprendida entre Arica y Caldera, 15°C para la zona entre Caldera y Talcahuano, y 10°C para la zona comprendida entre Talcahuano y Cabo de Hornos

Desde un punto de vista fisiologico, la elevacion de la temperatura acelera la marcha de los procesos biologicos En terminos generales y en areas temperadas y temperadofrias, la mayor actividad reproductiva y de crecimiento se produce en el periodo primavera verano, cuando la temperatura del entorno tiende a alcanzar los niveles maximos Sin embargo, esto solo se verifica dentro de ciertos limites, ya que cuando se exceden los valores optimos de la temperatura aceptable por un organismo, los procesos fisiologicos se deprimen, pudiendo incluso, producirse, cuando la temperatura alcanza los valores maximos de tolerancia, la desorganizacion de ciertos procesos bioquimicos y la

muerte del organismo en cuestion La disminucion de la tempe ratura produce el efecto contrario, en consecuencia, los proce sos fisiologicos se veran retardados por lo que la reproduccion puede no producirse y el crecimiento aproximarse a tasas mini mas (Fig 69)

Areas marinas susceptibles de ser utilizadas como zonas de cultivo requieren del conocimiento de la variacion anual de la temperatura Las zonas con las mejores condiciones correspon deran a aquellas en las que las fluctuaciones no sean demasiado bruscas, ni que excedan los valores de tolerancia de maxima y minima Es tambien importante que durante el periodo primavera verano, la temperatura promedio se mantenga cerca na al valor optimo para el crecimiento de la especie

Para la obtencion de perfil termico de la zona se debe reali zar un seguimiento anual de modo de poder identificar el ciclo estacional completo, sus periodos de maxima y minima y la du racion de estos periodos A partir de ellos sera posible estimar la duracion de la epoca productiva, la eventual productividad del area en terminos de biomasa, las temperaturas optimas y su pe riodo de duracion, asi como los rangos de minima y las posibili dades de mantencion de las plantas y el plantel de cultivo du rante estos periodos

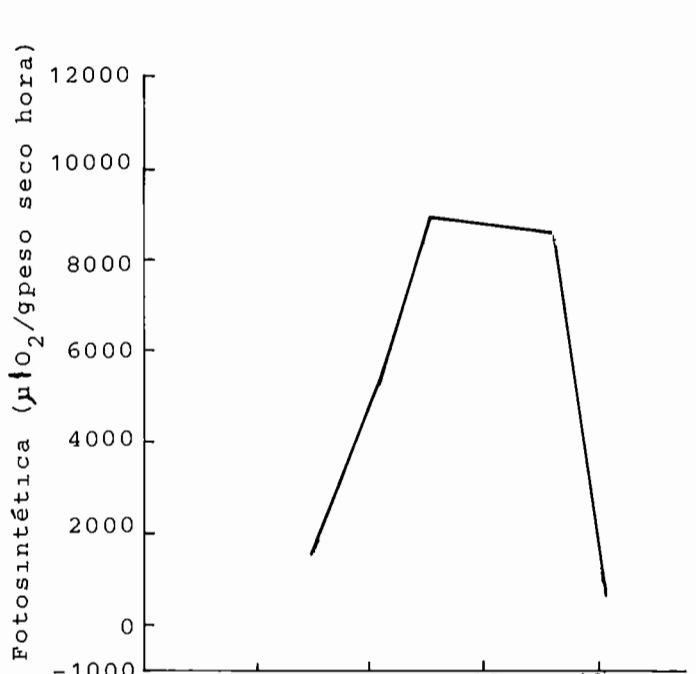


FIG 69 Respuesta fotosintetica *Eucheuma denticulatum* en plantas sometidas a diferentes temperaturas (Dawes C J 1986)

3 1 *Mediciones de temperatura*

En estimaciones ecologicas, los termometros de mercurio son ampliamente utilizados Para medir la temperatura en aguas profundas se emplean termometros de inversion (Fig 70), los cuales en el momento requerido y con la ayuda de un mensaje ro, se invierten en 180°, de modo que la columna de mercurio queda cortada en una angostura del tubo y posteriores cambios de temperatura no hacen variar la cantidad de mercurio desprendido A partir de este volumen de mercurio podemos co nocer la temperatura a la profundidad y al momento del vuelco

Los termometros electricos se basan en que la resistencia electrica de un metal (generalmente un oxido) varia con la tem peratura, el aparato de medida consiste en cualquier medidor de resistencia (Fig 70) Estos aparatos se prestan especialmente pa ra mediciones de temperatura a distancia (normalmente en las capas profundas del oceano) y permiten efectuar registros conti nuos de temperatura, situacion especialmente adecuada para ciertos estudios de tipo ecologico

Para las mediciones de temperatura en estudios oceanogra ficos se emplea un instrumento denominado Batitermografo (Fig 70), el cual lleva un termometro con un estilete que realiza una marca sobre una placa de cristal ahumado o recubierto de una fina pelicula de oro, la que es movida a su vez en sentido

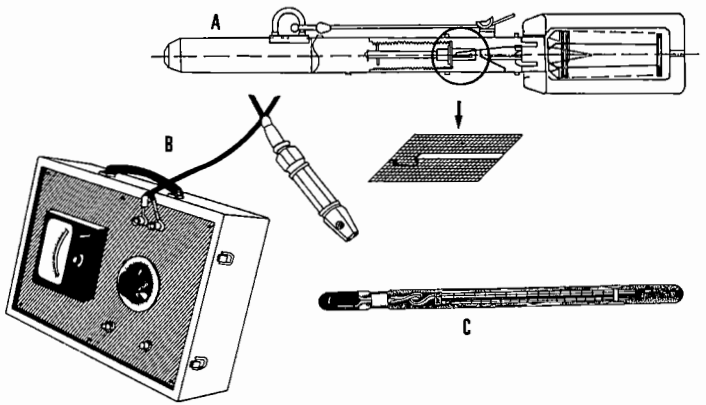


FIG 70 Elementos de medicion de temperatura A Esquema simplificado de un batitermografo y detalle de la zona en donde se ubica el estilete y la placa de vidrio que registra la medicion (Enciclopedia general del mar 1975) B Termometro electrico con su elemento de medida (caja con escala de medicion y conexiones) elemento sensible a la temperatura y cables (Enciclopedia general del mar 1957) C Termometro de inversion

perpendicular al termometro por un embolo accionado por la presion del agua De esta forma se obtiene un registro de la temperatura frente a la profundidad (o presion) del agua

3 2 *Temperatura y crecimiento de* ***Gracilaria*** *sp en condiciones controladas*

Observaciones sobre el crecimiento de *Gracilaria* sp en ambientes controlados indican que los valores mas altos de produccion se alcanzan durante los meses de verano, en donde las condiciones de temperatura del agua e iluminacion alcanzan los mayores valores anuales En forma posterior y en la medida en que se producen los cambios estacionales hacia el otoño e invierno, la temperatura e iluminacion comienzan a decrecer y, consecuentemente con ello, tambien la tasa de crecimiento de *Gracilaria*, la que alcanza sus valores minimos en el mes de julio Con los inicios de la primavera esta situacion comienza a revertirse, presentandose un alza en los valores de temperatura e iluminacion y produciendose un nuevo incremento de la productividad, incremento que alcanza los valores mas altos en los meses de verano, con maximos entre enero a febrero y coincidiendo con los mayores valores de temperatura e iluminacion (Fig 71)

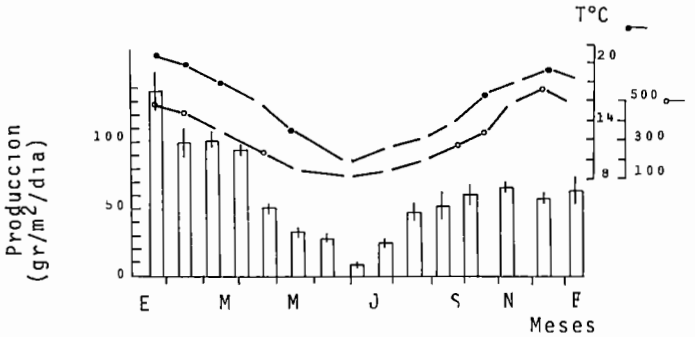


FIG 71 Valores de produccion de *Gracilaria* en los estanques de cultivo continuo en funcion de las variaciones temporales de luz y temperatura Los valores corresponden a peso humedo (IFOP 1989)

No obstante lo anterior, las plantas de *Gracilaria* sp provenientes de diferentes lugares pueden presentar un crecimiento diferente para una misma temperatura (Fig 72)

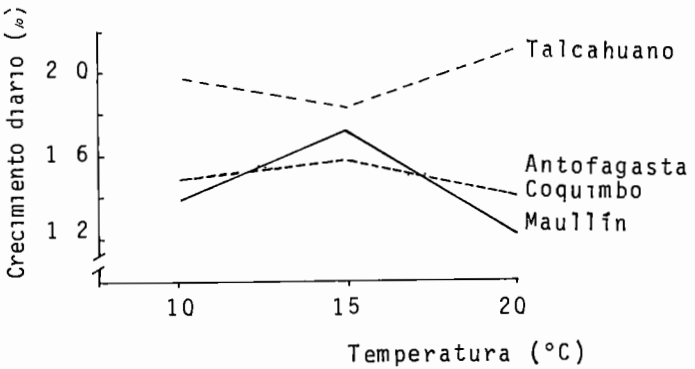


FIG 72 Velocidad de crecimiento de 4 poblaciones de *Gracilaria* en funcion de la temperatura (IFOP 1989)

3 3 *Efecto de la temperatura sobre la Fotosintesis*

La respuesta fotosintetica de las algas ante variaciones de tem peratura es particular para cada especie, pero en general a tem peraturas bajas, la respuesta fotosintetica es minima, sin embar go, y a medida que aumenta la temperatura hacia el rango de valores promedios del ambiente natural de la planta, la tasa de fotosintesis se acerca a su maxima eficiencia Cuando la tempe ratura comienza a sobrepasar a estos valores, la actividad foto sintetica disminuye progresivamente hasta que cae abrupta mente provocando, primero, la inactividad del proceso y, conse cuentemente, la muerte de la planta (Fig 73)

Las tasas maximas de fotosintesis estan relacionadas con el regimen de temperaturas que se presenta en el habitat de esta, sin embargo, la relacion entre la respuesta metabolica y tempe ratura puede cambiar, produciendose, por ejemplo, procesos de aclimatacion a las variaciones estacionales de la temperatura Como consecuencia de lo anterior, es posible observar en las al gas cambios estacionales en la actividad fotosintetica a lo largo del año (Fig 73)

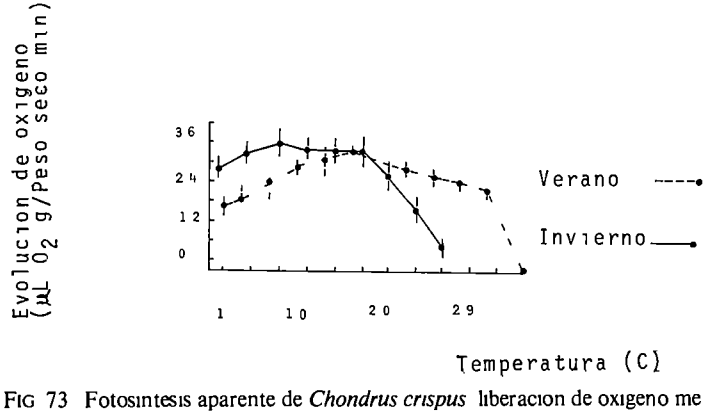


FIG 73 Fotosintesis aparente de *Chondrus crispus* liberacion de oxigeno me dida con manometro Efecto de la temperatura en ejemplares de invierno y ve rano provenientes de 12 m de profundidad a una irradiacion de 116 uE $m^{-2}s^{-1}$ (Lobban Harrison y Duncan 1985)

Por otra parte, estudios efectuados en diversas especies o en poblaciones de la misma especie han demostrado que, frente a una misma temperatura, las respuestas conductuales referidas a sus tasas de fotosintesis pueden ser diferentes

3 4 *Temperatura y ciclos de vida*

En la mayoria de las especies, sus diferentes etapas de reproduc cion exigen condiciones de temperaturas diferentes Asi, por ejemplo, la fase "conchocelis" de *Porphyra tenera* en Japon, tiene como temperatura optima para la formacion de monospo rangios entre 21° a 27°C, mientras que para la liberacion de las monosporas requiere entre 18 a 21°C En *Ectocarpus siliculo sus*, por su parte, se ha observado que las plantas producen es porangios uniloculares a temperaturas bajas (< 15°C) y espo rangios pluriloculares a temperaturas mas altas (> 15°C) (Fig 74)

La mayoria de las especies en las costas de Chile Central maduran cuando los valores promedios de temperatura sobre

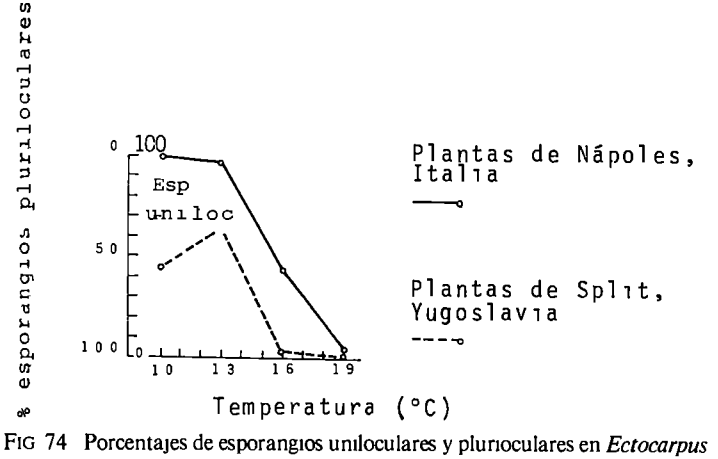


FIG 74 Porcentajes de esporangios uniloculares y pluricoculares en *Ectocarpus siliculosus* despues de 26 dias de cultivo a diferentes temperaturas (Lobban Harrison y Duncan 1985)

pasan los valores promedios invernales En terminos generales temperaturas por sobre los 16°C son valores que permiten ma duracion de elementos reproductores y buen desarrollo de las etapas embrionarias

Especificamente *Gracilaria* presenta abundante madura cion en epoca de primavera y verano especialmente en ambien tes estuarinos con temperaturas de 17° a 20°C y fuerte ilumina cion

4 0 *Olas*

Las olas aparecen en el limite de dos medios de distinta densidad cuando estos se mueven a diferente velocidad Las olas mas evi dentes corresponden a las de superficie producidas por la inte raccion del viento con el agua de mar (Fig 75)

Las olas tambien pueden ser producidas por otras causas tales como fenomenos gravitacionales (p e mareas) o fenome nos geologicos (p e terremotos)

Una ola presenta 4 caracteristicas principales altura, longi tud de onda periodo o frecuencia y velocidad (Fig 76)

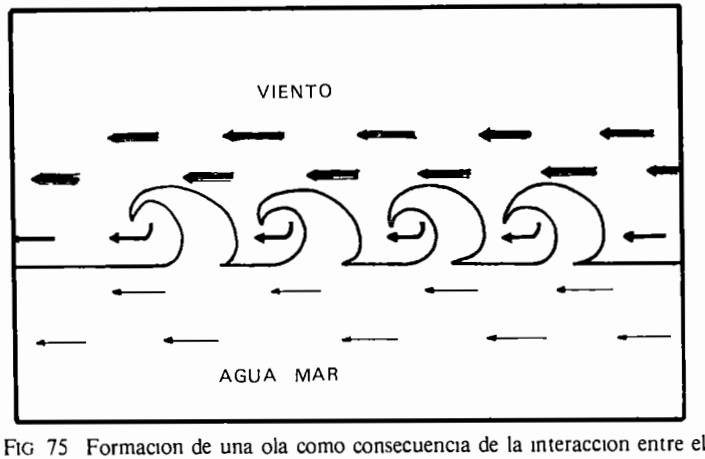


FIG 75 Formacion de una ola como consecuencia de la interaccion entre el viento y el agua de mar (las flechas indican la direccion y velocidad relativa del viento y del agua de mar)

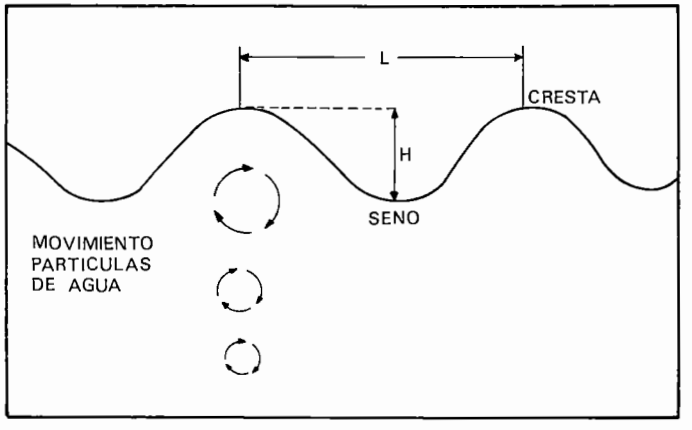


FIG 76 Componentes de una ola H altura L longitud de onda

La altura (H) es la distancia entre la cresta y el seno La lon gitud de onda (L) es la distancia entre cresta y senos adyacentes, medida en direccion paralela a la direccion de la ola (L) divididas por el periodo de tiempo (T), que toma la ola completa en pasar por un mismo punto

La dimension de las olas es variable Su velocidad en alta mar es de 10 a 15 metros por segundo, excepcionalmente supe rior La longitud de las mayores es de varios centenares de metros, pero generalmente son mas cortas, y las mayores alturas observadas alcanzan a los 15 metros El movimiento de agua decrece rapidamente hacia abajo, a los 30 metros de profundi dad practicamente no se nota el oleaje

Las olas producidas en lugares con fondos profundos y/o parejos no provocan la movilizacion o el transporte de las parti culas de agua, el medio acuoso actua solo como transportador de la onda Cuando por efecto de la disminucion progresiva de la profundidad las olas rompen, solo ahi traspasan su energia a las particulas de agua y se produce el desplazamiento de ellas Cuando una ola pasa por un cierto lugar, las particulas solo ad quieren un movimiento circular u orbital, el diametro de las or bitas disminuye progresivamente, llegando a cero cuando la profundidad es mayor que la mitad de la longitud de la ola (L/2),

bajo esta profundidad no existe oscilacion de las particulas por causa de las olas

Los movimientos de agua en la superficie incrementan la incorporacion de oxigeno hacia el agua y alteran la reflexion de la luz incidente, lo que provoca cambios en la iluminacion sub marina

Las olas influyen tambien en el transporte de organismos de estructuras reproductivas, tanto desde aguas superficiales o profundas o viceversa , como desde un lugar a otro

Las olas se dividen en dos clases importantes, que corres ponden a las dos definiciones clasicas que son "la mar" y "la mar tendida" (conocida tambien como "mar sorda", "mar de le va" y "mar boba") La mar es la ondulacion producida en la su perficie por la existencia de un viento presente, generado a su vez, por la formacion de una borrasca Este estado del mar se encuentra codificado por meteorologos y marinos, y sus deno minaciones son las que se indican en el siguiente cuadro

CODIGO	DENOMINACION	ALTURA OLAS (M)
0	Calma	0
1	Rizada	0 — 0 1
2	Marejadilla	0 1 — 0 5
3	Marejada	0 5 — 1 25
4	Marejada fuerte	1 25 — 2 50
5	Gruesa	2 50 — 4 00
6	Muy gruesa	4 00 — 6 00
7	Arbolada	6 00 — 9 00
8	Montañosa	9 00 — 14 00
9	Enorme	> 14 00

La "mar tendida" obedece a la existencia lejana de viento que ha producido una mar mas o menos gruesa y que al cesar el viento mantiene sobre la superficie del mar una ondulacion lar ga y sensiblemente regular, poco apreciable a veces a la vista, pero capaz de originar movimientos de balance y cabezadas a los buques

Al aproximarse una ola a la playa y disminuir la profundi dad del fondo, la velocidad en la base de la ola disminuye por la friccion con el fondo, produciendose desestabilizacion y ruptura de la ola por las diferencias de la velocidad entre la cresta y la base (Fig 77)

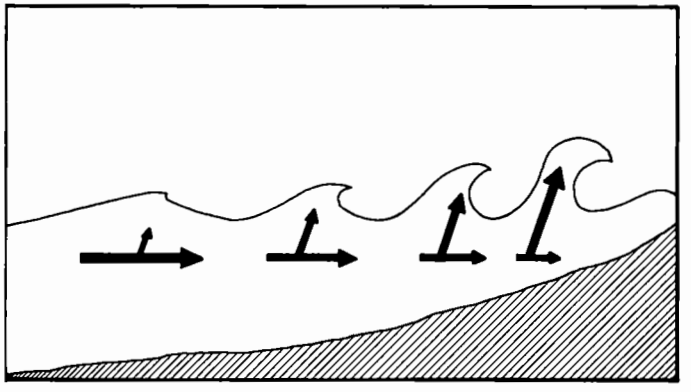


FIG 77 Diagrama explicativo de la forma como se produce la desestabilizacion de una ola por disminucion de la altura del fondo (Las barras representan valo res relativos de energia del mar a las diferentes profundidades)

La fuerza con que las olas bañan y humedecen el sistema li toral es el responsable mas que cualquier otro factor de las mo dificaciones en nivel y extension de la distribucion de plantas y animales La energia de las olas, expresada en Kg/cm^2 puede ser medida mediante un dinamometro Este instrumento se ancla por un extremo a una roca sumergida, mientras que por el otro extremo y sujeto a una cuerda libre, se encuentra un disco de superficie conocida que actua como zona de resistencia a las olas La fuerza quedara registrada por una aguja en el dinamo metro, accionado por la aguja de este cuando se produce la fuer za (Fig 78)

Existen marcadas diferencias en la presencia de organis mos animales y vegetales entre sectores expuestos directamente al oleaje respecto de aquellos protegidos En zonas en donde la

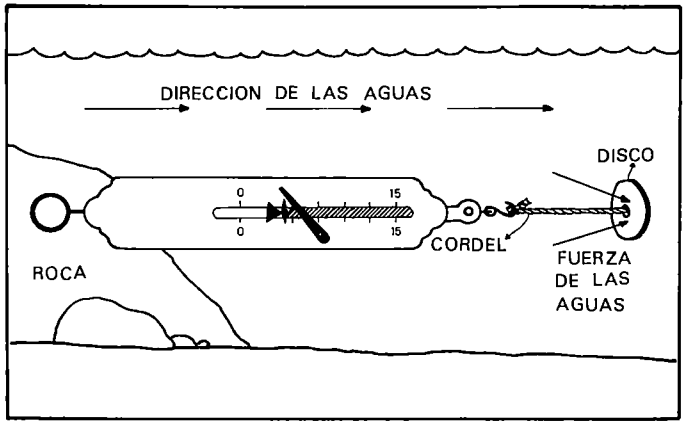


FIG 78 Dinamometro utilizado para medir la fuerza de las olas (Dawes C J 1986)

fluctuacion de mareas presentan un estrecho rango de amplitud (Chile Central), las areas expuestas son, en terminos generales, mucho mas diversas que las areas protegidas Sin embargo, estas areas expuestas son fuertemente afectadas en su estabilidad durante los periodos de tormenta Esta situacion puede provocar, en algunos casos, la limpieza total o parcial de los sectores afectados como consecuencia de la accion directa de la energia de las olas o de los elementos que el agua puede poner en movimiento (maderos, rocas, etc)

Los sectores expuestos al oleaje estan bañados por agua rica en oxigeno, de un rango de temperatura mas o menos constante y que arrastran sedimentos y particulas Si la pendiente de una playa es gradual, como en el caso de las playas de arena, la fuerza de las olas provoca la movilizacion de las particulas del fondo, lo que los convierte en areas muy inestables

Las olas pueden afectar a las plantas marinas de diversas maneras 1) Estan produciendo un continuo efecto de traccion sobre la planta, lo que puede redundar en la ruptura de las algas o en el desprendimiento completo de la planta, 2) las olas remueven sedimento, el cual puede erosionar parte de los tejidos y organos de la planta, 3) las olas pueden provocar tambien algunos efectos positivos, como por ejemplo, la limpieza de las algas, plantas y animales epifitos, como resultado del arrastre periodico de las plantas contra el sedimento

La productividad de la zona costera esta relacionada con la cantidad de cobertura algal Lugares protegidos presentan por lo general un menor numero de especies de algas, pero producen una mayor cantidad de algas por area cubierta (biomasa), mientras que en areas expuestas, un mayor numero de especies es frecuente, pero con una menor biomasa y productividad Las algas foliosas y con altas tasas de productividad no se desarrollan en areas en donde existen condiciones de olas con demasiada energia, pero aqui si lo hacen algas morfologicamente aplastadas y de baja productividad

La caracterizacion de un area costera en relacion con el tipo de oleaje se realiza observando diariamente y a una misma hora el estado de la superficie del mar Para ello se observa el estado del mar respecto de la altura de las olas, asi como su velocidad y direccion Una buena caracterizacion del lugar requiere idealmente el seguimiento durante un año, de modo de obtener la secuencia estacional completa

En un area susceptible de ser utilizada como zona de cultivo, la informacion necesaria de obtener comprendera frecuencia de cada tipo de "mar", relacion entre el tipo de "mar" y direccion respecto de la playa y relacion con el oleaje dominante A partir de esta informacion se podra inferir sobre el sistema y orientacion del plantado

5 0 *Mareas*

Las mareas son movimientos periodicos de elevacion y descenso de las aguas del mar, causados por la fuerza gravitacional ejercida por el sol y la luna sobre la tierra

Generalmente se producen dos mareas altas y dos mareas bajas durante un dia, sin embargo, muchas costas no presentan dos pleamares y dos bajamares cada 24 horas y 50 minutos La

latitud y el tamaño de la cuenca son dos caracteristicas que afec tan los patrones mareales Una costa puede tener mareas diur nas (Pakoi, China), mareas semidiurnas iguales (Balboa, Pana ma), mareas semidiurnas distintas (San Francisco, California) o mareas mixtas (Manila, Filipinas) (Fig 79)

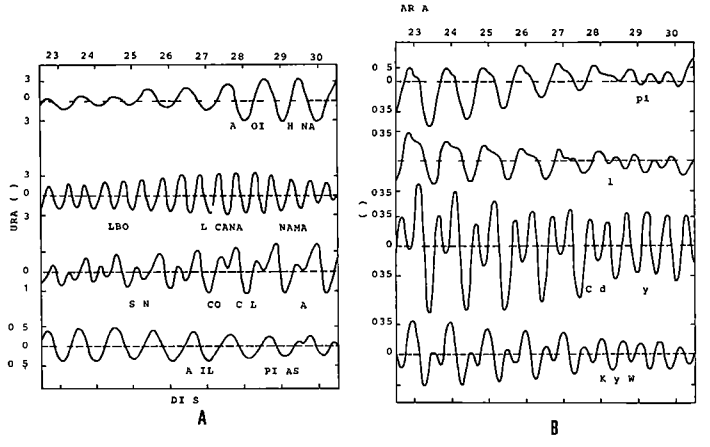


FIG 79 A Ciclos de mareas para algunos lugares del mundo durante 8 dias B Ciclos mareales durante 8 dias en el Golfo de Mexico Dentro de la misma cuenca (el Golfo de Mexico) los ciclos mareales pueden variar desde diariamen te hasta dos veces al dia (Dawes C J 1986)

La marea es un fenomeno puramente astronomico, sin em bargo hay factores que alteran los movimientos Estos son de origen atmosferico (viento, presion), meteoricos (deshielos, llu via, terremotos y maremotos) y accidentales (alteracion de la marcha de la onda de marea a causa de accidentes geograficos y variaciones de profundidad)

El fenomeno de las mareas historicamente siempre ha lla mado la atencion Newton en 1687 en su obra *Principios de la Filosofia Natural*, espone su famosa teoria de la gravitacion uni versal Dos de sus hipotesis que a continuacion se exponen fun damentan el estudio de las mareas

1) Que bajo la accion de un astro proximo, la Tierra, consi derada como una esfera solida, homogenea y rodeada en toda su superficie de una capa de liquido de espesor uni forme, adopta momentaneamente la posicion de equilibrio correspondiente, siendo esta la de un elipsoide de revolucion con el eje mayor dirigido hacia el astro
2) Que debido a la viscosidad del liquido, a los rozamientos, etc , esa forma la adopta un cierto tiempo despues de estar el astro en la posicion que la origino Por sus experiencias dedujo para este retardo una duracion de aproximada mente 36 horas, conocida como edad de la marea, pero en realidad es variable para cada lugar

En 1774, Laplace empieza a trabajar sobre el tema basan dose en la Teoria de Newton La base de los estudios de marea efectuados por Laplace parte de los siguientes principios

a) Bajo la influencia de una fuerza perturbadora del equilibrio, de tipo rigurosamente periodico, el movimiento del mar es necesariamente del mismo periodo que la fuer za
b) Entre ambos movimientos periodicos (fuerza y mar) existe una diferencia de fase constante
c) La amplitud del movimiento del mar es proporcional a la intensidad de la fuerza que lo produce

La fuerza generadora de las mareas tiene su origen en la atraccion ejercida por el Sol y la Luna sobre la Tierra Los res tantes astros, por su lejania, no producirian efectos importantes

Fisicamente, las mareas se deben a fuerza de atraccion y de arrastre La de atraccion se debe a efectos combinados de las fuerzas gravitacionales y centrifugas del Sol, la Luna y la Tierra La fuerza de arrastre es la direccion resultante del movimiento mareal

Las dos ondas de mareas que pertenecen a las fundamenta les son

1) La debida a la Luna y denominada onda lunar media o se midiurna, que ocasiona dos pleamares y dos bajamares en

cada giro de tiempo de 24 horas y 50 minutos, tiempo que tarda en girar la Tierra en relacion a la Luna

2) La debida al Sol, llamada onda solar media o semidiurna, de caracteristicas analogas salvo su intervalo El efecto principal del Sol ocurre tanto cuando el como la Luna es tan alineados con la Tierra

La atraccion gravitacional combinada produce una marea de sicigia o viva mayor cada 14 1/2 dias Las mareas de cuadra tura o muertas, de limite pequeño, se presentan cuando el Sol y la Luna estan en angulo recto entre si cada 14 1/2 dias

El movimiento del Sol del hemisferio sur al hemisferio nor te y su regreso, es la base de las mareas de equinoccio, que se presentan en marzo y septiembre

Debido a la inclinacion del eje de la Tierra, el Sol y la Luna estan en un mayor grado de alineamiento dos veces al año, y es to combinado con la fuerza gravitacional ocasionan las mareas mas grandes del año

Si consideramos el fenomeno de la marea de acuerdo a las diferentes posiciones que ocupan la Luna y el Sol respecto a la Tierra, tenemos que cuando los tres astros, Luna, Sol y Tierra, se encuentran en linea recta (Fig 80), se producen las mareas vi vas o de sicigia, las que corresponden a las mareas de mayor al tura Estas se producen dos veces al mes, con la luna llena y en el movilumio, por el efecto de atraccion combinado de la Luna y el Sol sobre la Tierra

Cuando ambos astros, Luna y Sol, se ubican en un angulo de 90 grados con respecto a la Tierra, las fuerzas gravitacionales tienden a compensarse produciendo mareas que son excep cionalmente bajas, denominadas mareas de cuadratura, pero si, ademas de esta circunstancia, se da que la Luna esta en la posi cion mas alejada de la Tierra, la marea es minima y se denomina de apogeo

Cuando en una costa del oceano la marea es alta, en la de enfrente se hallan en marea baja (Fig 81)

Hasta ahora no hemos considerado el efecto que tiene la declinacion de la Luna y el Sol con respecto a las mareas En re alidad los valores de declinacion de la primera varian entre +28

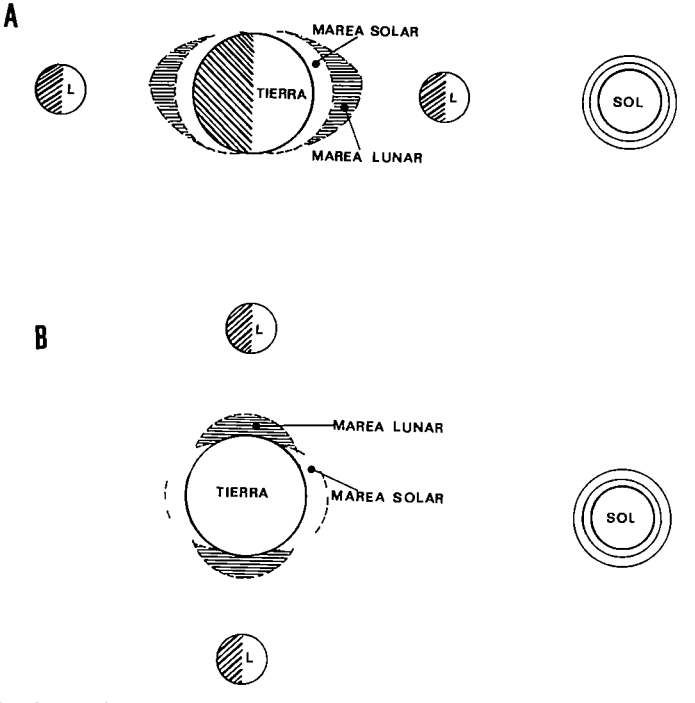


FIG 80 A Cuando la luna es nueva o llena la marea solar y lunar estan en la misma direccion resultando una marea mas grande denominada marea de si cigia B Cuando luna y sol se encuentran ubicados en un angulo de 90 grados con respecto a la Tierra resulta una marea neta mas pequeña denominada marea de cuadratura (Keith 1979)

y 28 grados, y los del Sol entre +23,5 y 23,5 grados Para ilustrar el efecto de estos cambios de declinacion consideremos la Luna en una posicion P_0, siendo I su declinacion (Fig 81) Al encontrarse en este lugar producira en T_0 y T_2 grandes mareas y en T_1 una pequeña Lo mismo ocurrira cuando la Luna se en cuentre en P_1 las mareas grandes se produciran en T_1 y T_2 y las pequeñas en T_0 De esta forma y para un punto cualquiera del paralelo T_0 T_1 se tendra alternativamente cada 12 horas lunares una marea grande y otra pequeña como resultado de que el eje mayor del elipsoide acuoso se orienta en direccion lunar

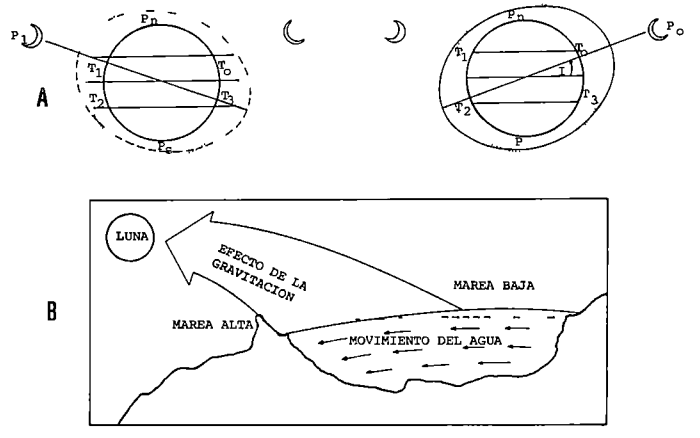


FIG 81 A Presenta el efecto de los cambios de la declinacion de la Luna +28° y 28° con respecto a la Tierra y su incidencia en los niveles de marea Conside remos la Luna en posicion P_0 siendo I su declinacion Se producira marea gran de en T_0 y T_2 y en T_1 una pequeña Igualmente cuando la Luna se encuentra en P_1 las mareas grandes seran en T_1 y T_2 y las pequenas en T_0 (Enciclopedia Ge neral del Mar 1957) B Indica el efecto de la gravitacion sobre las mareas en dos puntos opuestos del oceano Cuando en una costa oceanica la marea es alta en la de enfrente se hallan en marea baja

El fenomeno de las mareas no solo depende de las fases de la Luna, sino que tambien depende de la estacion y la latitud Para entender este fenomeno, consideremos un observador ubi cado en el hemisferio norte en posicion A (Fig 82) cercano al Tropico de Capricornio en invierno Debido a la inclinacion de la Tierra y la fuerza ejercida por el Sol y la Luna, en el punto A se observara solo una alta y una baja marea En cambio, un ob servador ubicado en el punto B en el hemisferio sur, podra ver dos altas y dos bajas mareas

Para predecir y realizar observaciones de mareas, se necesi ta la utilizacion de los denominados mareometros y mareogra fos (Fig 84) Estos instrumentos permiten medir la amplitud de la marea y la hora en que se producen estos valores sobre un ni vel de referencia En la Fig 83 se indica el nivel medio (N M) promedio de los niveles que alcanza el agua en las pleamares y

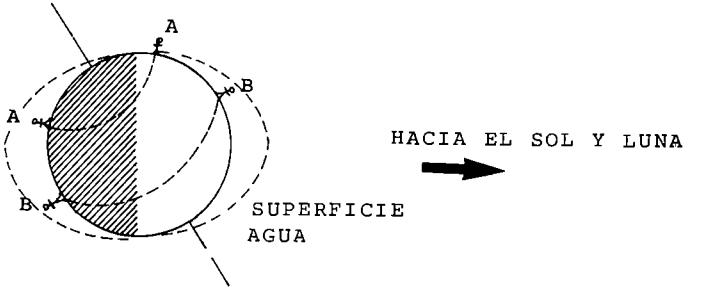


FIG 82 Los patrones mareales no dependen solamente de la fase de la Luna si no que tambien de la estacion y latitud (entre otras cosas) Esta figura muestra un ejemplo en el hemisferio norte en invierno y con Luna llena o nueva Un observador en la posicion A tendra una marea alta por dia (a medianoche) y el observador B vera dos mareas altas por dia (una a mediodia y una a me dianoche) (Modificado de Stowe K 1979)

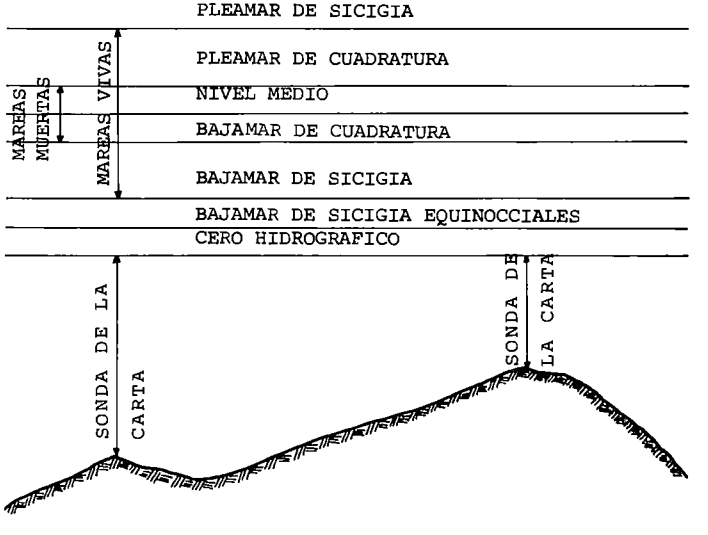


FIG 83 Esquema simplificado de la observacion de la marea en un lugar deter minado Estos datos se obtienen de las mediciones realizadas por un mareogra fo que mide las amplitudes de marea y registra simultaneamente la hora de es tos valores sobre un nivel de referencia permiten ademas la determinacion de sus constantes y caracteristicas en cada lugar

bajamares durante un largo periodo de tiempo y que varia de un lugar a otro cero hidrografico (C H), nivel de la mayor baja mar pleamar de sicigia (P M S) corresponde al mas alto valor de mareas Bajamar de sicigia (B M S) corresponde al mas bajo valor de marea y los valores menores de pleamar y bajamar de nominados de cuadratura (P M C) y (B M C) respectivamente

5 1 *Como determinar mareas*

Los datos mareales para la costa de Chile asi como su calculo para cualquier hora del dia puede obtenerse de las Tablas de ma reas del Instituto Hidrografico de la Armada de Chile (Ver Tabla en Anexo)

5 2 *Mareografo*

Aparato registrador de las variaciones que experimenta el nivel de la superficie del mar por efecto de las mareas Existen los ma reografos de flotador y de presion

El mareografo de flotador consta de un aparato de reloje ria un sistema reductor y un pozo como se muestra en la Fig 84

Las variaciones de nivel del agua son registradas en un tambor que gira a medida que el flotador sube o baja segun la marea

5 3 *Procedimiento para calcular la altura de marea en un momento cualquiera (segun Instituto Hidrografico de la Armada de Chile)*

EXPLICACION Con esta tabla se obtiene la correccion que debe aplicarse a la altura de la pleamar o bajamar de un puerto cual quiera, para obtener la altura de la marea en un momento deter minado

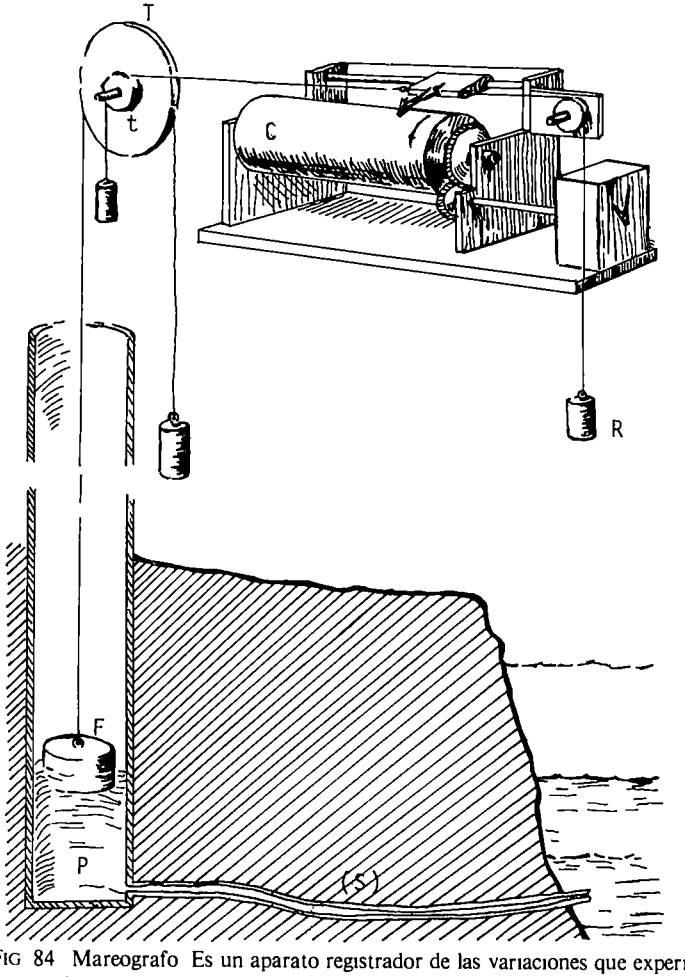


FIG 84 Mareografo Es un aparato registrador de las variaciones que experi menta el nivel de la superficie del mar El mareografo de flotador consta en esencia de un aparato de relojeria un sistema reductor y un pozo Este ultimo (P) esta en comunicacion con el mar por medio de un sifon (S) En su superficie se instala un flotador (F) que lleva firme un cordon que por su extremo se arrolla a un tambor (T) que gira en uno y otro sentido a medida que el flotador suba o baje con la marea Con objeto de registrar estos movimientos sobre un papel de dimension manejables se afirma concentricamente el tambor (T) otro (t) de un radio menor en el que se arrolla otro cordon del que pende un contra peso (R) que a su vez sujeta una pluma Esta marcara sobre el papel que en vuelve a un cilind o (C) (Enciclopedia General del Mar 1957)

EJEMPLO Se desea saber la altura de la marea del dia 15 de julio de 1986, a las 14 horas 18 minutos en Valparaiso

SOLUCION La correccion para encontrar la altura de marea a la hora indicada se obtiene calculando previamente

a) Duracion de la vaciante o llenante de marea, entre las ho ras que se encuentra el momento considerado

15 de julio	Hora de bajamar	10 horas 24 minutos
15 de julio	Hora de pleamar	16 horas 18 minutos
Duracion de la vaciante		05 horas 54 minutos

b) Diferencias entre la hora considerada con la hora de la pleamar o bajamar mas cercana

Hora considerada	14 horas 18 minutos
Hora de la pleamar mas cercana	16 horas 18 minutos
Diferencia	02 horas 00 minutos

c) Amplitud de la marea entre las horas en que se encuentra el momento considerado

15 de julio	Altura de la bajamar	0 68 metro
15 de julio	Altura de la pleamar	1 21 metros
Amplitud de la marea		0 53 metro

TABLA IV Correccion para obtener la altura de la marea en un momento cualquiera

(b) Diferencia de tiempo entre el momento considerado y la hora de la plea a baja mas cercana

(a) Duracion de la llenante o vaciante	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
	5 40	0 11	0 23	0 34	0 45	0 57	1 08	1 19	1 31	1 42	1 53
	6 00	0 12	0 24	0 36	0 48	1 00	1 12	1 24	1 36	1 48	2 00
	6 20	0 13	0 25	0 38	0 51	1 03	1 16	1 29	1 41	1 54	2 07
	6 40	0 13	0 27	0 40	0 53	1 07	1 20	1 33	1 47	2 00	2 13
	7 00	0 14	0 28	0 42	0 56	1 10	1 24	1 38	1 52	2 06	2 20
	7 20	0 15	0 29	0 44	0 59	1 13	1 28	1 43	1 57	2 12	2 27
	7 40	0 15	0 31	0 46	1 01	1 17	1 32	1 47	2 03	2 18	2 33
	8 00	0 16	0 32	0 48	1 04	1 20	1 36	1 52	2 08	2 24	2 40
	8 20	0 17	0 33	0 50	1 07	1 23	1 40	1 57	2 13	2 30	2 47
	8 40	0 17	0 35	0 52	1 09	1 27	1 44	2 01	2 19	2 36	2 53
	9 00	0 18	0 36	0 54	1 12	1 30	1 48	2 06	2 24	2 42	3 00
	9 20	0 19	0 37	0 56	1 15	1 33	1 52	2 11	2 29	2 48	3 07
	9 40	0 19	0 39	0 58	1 17	1 37	1 56	2 15	2 35	2 54	3 13
	10 00	0 20	0 40	1 00	1 20	1 40	2 00	2 20	2 40	3 00	3 20
(c) Amplitud de la Marea el dia considerado	Mts	Correccion en metros a la altura de plea a bajamar									
	0 40	0 00	0 00	0 01	0 02	0 03	0 04	0 05	0 07	0 08	0 10
	0 60	0 00	0 00	0 01	0 03	0 04	0 06	0 08	0 10	0 12	0 16

Si la hora considerada esta próxima a la pleamar se resta la correccion
Si la hora considerada esta proxima a la bajamar se suma la correccion

Copia parcial de Tablas de Marea de la Costa de Chile

Con estos tres datos a, b y c se entra a la Tabla IV Primero se busca en el margen vertical superior izquierdo la duracion de la vaciante mas proxima al dato a), siendo 06 horas 00 minutos A partir de este valor se sigue horizontalmente hacia la derecha hasta encontrar el valor mas proximo al dato b), y vemos que es 02 horas 00 minutos A continuacion bajamos por el margen vertical inferior izquierdo "Amplitud de la marea" hasta en contrar el dato mas cercano al dato c) (0 60) En la interseccion entre la vertical bajada desde el dato b) y la horizontal corres pondiente al dato c) se encuentra la correccion buscada, para es te ejemplo, resulta ser 0,16

Como la hora considerada esta mas cercana a la pleamar, la correccion obtenida de la Tabla IV debera restarse a la altura de la pleamar

Altura de la pleamar	1 21 metros
Correccion	0 16 metro
Altura de la marea para la hora considerada	1 05 metros

NOTA Si la hora considerada esta mas cercana a la hora de la bajamar, la correccion de la Tabla IV debera sumarse a la altura de la bajamar

OBSERVACION En el ejemplo se ha calculado la altura de la ma rea de Puerto Patron Valparaiso, para una hora cualquiera Si se desea calcular la altura de marea de un Puerto Secundario en un instante cualquiera, se observara el mismo procedimiento del ejemplo anterior, corrigiendo previamente los datos del Puerto Patron Secundario, de acuerdo a lo indicado en la Tabla de Ma reas de la Costa de Chile

5 4 *Las mareas y su importancia sobre las algas marinas*

Numerosos son los autores que han estudiado los factores que regulan de alguna forma los patrones de zonacion intermare ales Algunos han demostrado que factores biologicos como competencia, herbivoria, puede de alguna manera gobernar la distribucion de plantas y animales en el ambiente intermareal y submareal Otros autores han demostrado tambien que factores fisicos, como desecacion, luz, temperatura, sustrato, exposicion a las olas, influirian en la distribucion de organismos Importan te tambien son la exposicion y ritmo mareal en la distribucion de las plantas marinas

Estudios revelan que en areas de corriente mareal fuerte, la fuerza del impacto de la marea puede remover o reducir el nu mero y tamaño de las especies Algunas algas como *Fucus*, *Chondrus* y *Gigartina* toleran mejor las corrientes mareales y *Ascophyllum* es mas sensible

Estudios zonacionales efectuados en Montemar, Chile, de mostraron que poblaciones costeras adoptan ubicacion ascen dente (Fig 85) desde lugares protegidos a expuestos al oleaje Este factor unido a neblinas y salpicaduras actuarian comple mentando los rangos de marea, fenomeno que permitiria a las poblaciones ubicarse en niveles mas altos y/o ampliar sus rasgos de distribucion vertical

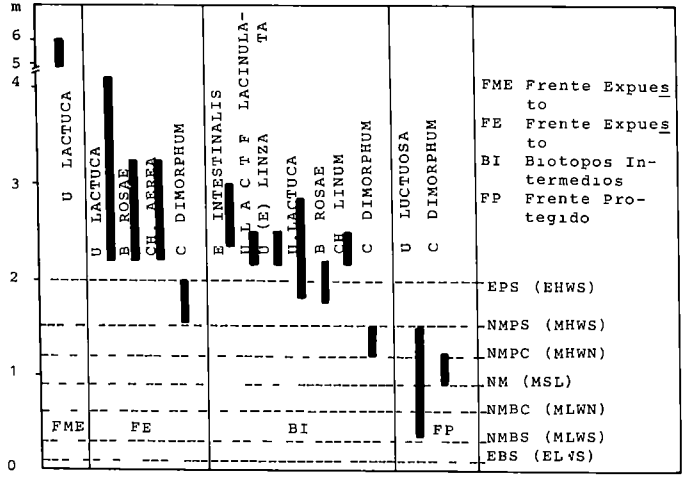


FIG 85 Distribucion vertical de especies de Clorofitas en relacion a niveles de marea no ajustados en 4 habitats que tienen diferente grado de oleaje

Importante tambien son las corrientes de mareas en zonas estuarinas o de regimen semi estuarino, donde la combinacion de agua dulce con la de mar, provoca un ambiente de salinidad fluctuante con el movimiento periodico de las mareas Estos ambientes son de zonas de alta productividad, y algas como *Gracilaria* crecen favorecidas por buenas temperaturas, luz, sali nidad y nutrientes

Las grandes fluctuaciones de marea que ocurren en aguas restringidas como en la zona de Chiloe, Chile, permiten utilizar tecnicas particulares para el aprovechamiento de la zona de ma reas en cultivos de alga *Gracilaria* Alli es posible emplear tec nicas de plantado directo y con cuerdas una vez que baja la ma rea Este tipo de cultivo reduce costos y su manejo resulta, indu dablemente, mas facil y economico

6 0 *Corrientes*

6 1 *Aspectos generales*

En lineas generales, las corrientes marinas superficiales reflejan el efecto de los vientos dominantes sobre la superficie del mar y las diferencias de densidad entre las diferentes masas de agua, aunque tambien el movimiento de la tierra traspasa parte de su movimiento al mar, fenomeno conocido con el nombre de "Efecto de Coriolis" El efecto del viento en la superficie depen de tambien de la forma de la misma superficie, sus irregularida des y turbulencias

La circulacion marina es un mecanismo de transporte de calor El agua enfriada en los polos, habiendo cedido calor en las latitudes altas, se hunde en aquellas regiones siendo reempla zada por agua procedente de latitudes medias, que en parte ac cede con las corrientes marginales de los oceanos El agua polar despues de hundirse hasta profundidades medias, se aproxima al Ecuador, donde asciende de nuevo

En sus rasgos fundamentales, la circulacion marina a gran escala consiste en amplios torbellinos situados al norte y al sur del Ecuador, respectivamente en cada uno de los oceanos prin cipales La extension limitada del Oceano Indico y el regimen particular de vientos que en el impera (monzones) hacen que dicho oceano constituya una excepcion y tenga una circulacion mas variable y complicada

Las principales corrientes en cada uno de los cinco oceanos se presentan esquematizadas en la Fig 86

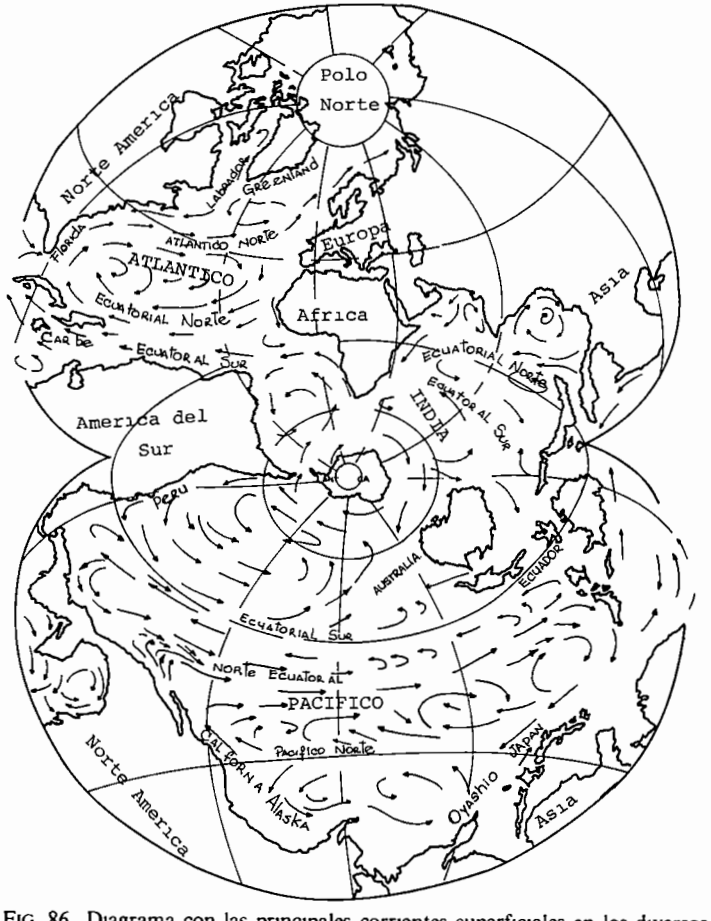


FIG 86 Diagrama con las principales corrientes superficiales en los diversos oceanos (Moore J R (ed) 1975)

La accion periodica de las mareas produce una corriente llamada "corriente de marea", que puede correr a favor o en contra del viento y que es variable en su intensidad, dependien do de la fuerza de la marea y de la configuracion de los fondos y de la zona costera Cuando la corriente sigue el mismo sentido de la propagacion libre de la onda de marea, con maximo coinci dente en la pleamar, se tiene una corriente de flujo, mientras que la corriente que corre en sentido inverso y siguiendo la va ciante del mar, se denomina corriente de reflujo En las zonas costeras, esta corriente de mareas tiene vital importancia en las areas estuarinas, ya que, dependiendo de su intensidad, produ cen la penetracion de aguas saladas hacia el interior del estuario, permitiendo la incorporacion de nutrientes hacia esas zonas e incrementando la fertilidad

Movimiento de aguas marinas en sentido vertical puede producirse como una respuesta a la variacion de densidad debi da a cambios de salinidad y temperatura de los oceanos

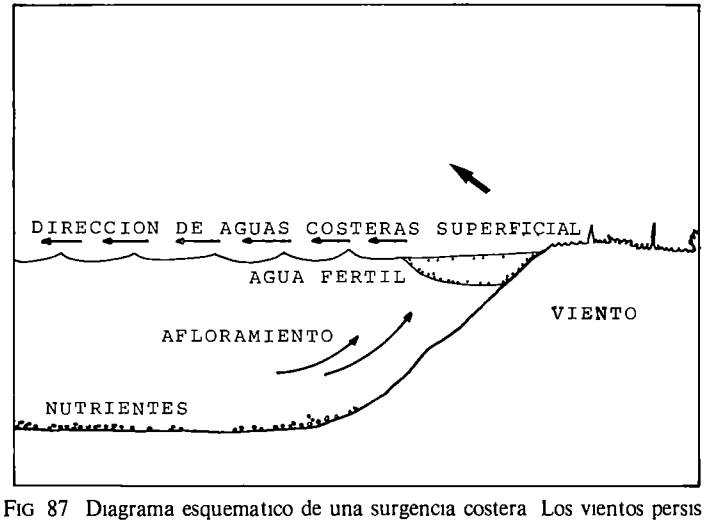


FIG 87 Diagrama esquematico de una surgencia costera Los vientos persis tentes desplazan las aguas superficiales hacia zonas mas oceanicas lo que hace que las aguas del fondo mas frias y ricas en nutrientes alcancen las capas su perficiales

En aquellas zonas costeras en donde existe un viento pre dominante de mar adentro, las aguas de la superficie pueden ser impulsadas y las aguas costeras del fondo subiran hacia la super ficie (Fig 87), las aguas profundas suelen ser frias y ricas en nutrientes y, por consiguiente, las zonas de un afloramiento cos tero suelen estar asociadas a areas de una alta productividad

Un movimiento vertical de las aguas puede tambien produ cirse cuando dos corrientes pasan una cerca de la otra, asi el agua fria y rica en nutrientes asciende por la divergencia creada por el encuentro de las dos corrientes

El afloramiento de las aguas por fenomenos de conveccion se debe al enfriamiento o calentamiento diferencial de las aguas superficiales, el agua calentada de la superficie se expande y per mite que el agua profunda, fria y rica en nutrientes, suba a la su perficie, en el caso de un enfriamiento del agua superficial, esta se vuelve mas densa y desciende Este tipo de afloramiento tipi camente favorece a las poblaciones de fitoplancton o comunida des vegetales bentonicas submareales superficiales

Entre las corrientes debidas a diferencias de densidad estan las de "turbidez" El agua que lleva en suspension materiales so lidos se comporta como un fluido de mayor densidad, que fluye sobre cauces del fondo y los erosiona La suspension de sedi mentos se debe a microsismos o a avalanchas de causas diver sas, pero una vez que el material se halla en suspension, conti nuan las corrientes por cierto tiempo

Los patrones de circulacion del mar profundo son extensos en todos los oceanos y solo llegan a las aguas superficiales en areas de latitudes altas, en donde las temperaturas del agua de la superficie se aproximan a las del mar profundo

El aporte de agua dulce por los rios o el aumento de salini dad por evaporacion determinan cambios en la salinidad de las aguas superficiales y, consecuentemente con ellos, cambios en sus patrones de movimiento Este tipo de circulacion conduce a una modalidad que se observa principalmente en estuarios y la gunas litorales El modelo mas comun es el llamado "estuario positivo" o simplemente estuario agua poco salada de superfi cie, se mueve hacia el exterior mezclandose, en su limite infe rior, con agua mas salada (Fig 88) El equilibrio de agua y de sal

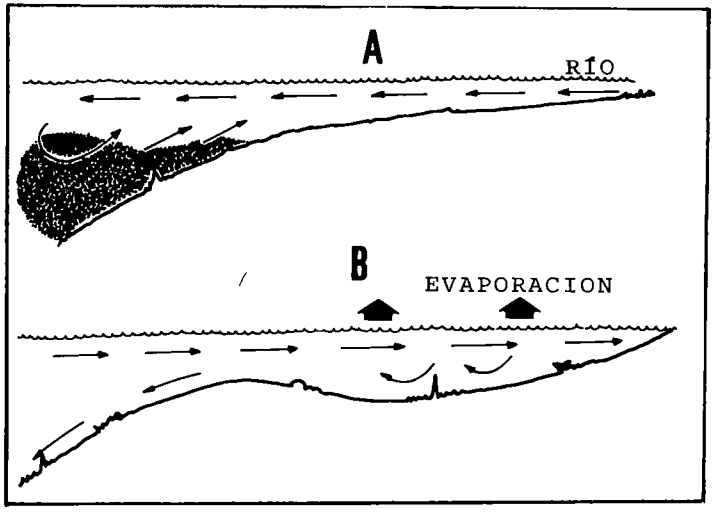


FIG 88 Esquema de la circulacion en zonas estuarinas A Estuario de tipo po sitivo B Estuario de tipo negativo (Margalef R 1977)

requiere una corriente profunda dirigida hacia el rio A este tipo corresponde no solamente las desembocaduras de los rios, sino, tambien, los fiordos, el mar Baltico, el Mar Negro e incluso are as mas extensas de los oceanos

El modelo opuesto, designado a veces como "estuarino ne gativo", es tipico de bahias calidas en donde la evaporacion es mucho mas intensa que el aporte de aguas lluvias Se forma una corriente superficial dirigida hacia el interior de la bahia y otra profunda en sentido opuesto (Fig 88)

En estas condiciones se puede acumular plancton que viene con el agua superficial del exterior y luego se mantiene na dando hacia arriba en el agua que se hunde

La medicion de las corrientes puede hacerse directamente y por medio de flotadores en superficie o entre dos aguas (Fig 89) o por correntometros de helice o molinete (Fig 90) Entre los correntometros, uno de los primeros instrumentos utilizados es el ideado por Ekman (1932), que consta de un mecanismo de relojeria activado por una helice que permite determinar la di

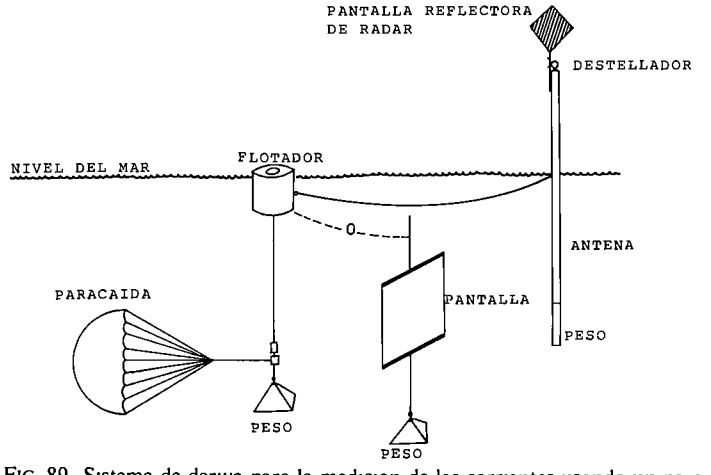


FIG 89 Sistema de deriva para la medicion de las corrientes usando un para caidas sumergido o una pantalla para actuar como elemento de deriva

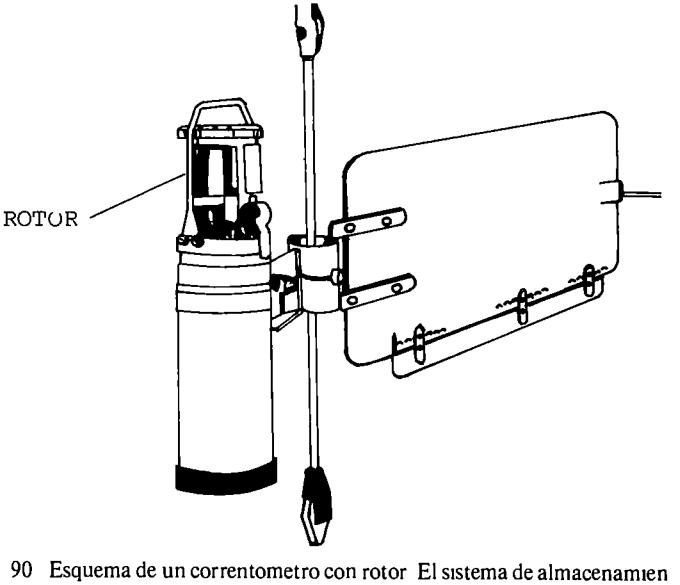


FIG 90 Esquema de un correntometro con rotor El sistema de almacenamien to de la informacion consistente normalmente en cintas magneticas es coman dado por un microprocesador y se encuentra ubicado por debajo del rotor

reccion y la velocidad de la corriente En la actualidad se utili zan una variedad de instrumentos basados en diversos princi pios fisicos Uno de los metodos mas comunes consiste en utili zar correntometros que poseen un sistema de medicion de revo luciones de helice y un microprocesador que permite efectuar, cada cierto tiempo la medicion de la velocidad y direccion de la corriente como tambien almacenar esta informacion en una cinta magnetica incorporada en el cuerpo del aparato

El sistema de circulacion de la costa chilena esta compues to de varios sistemas de corrientes y contracorrientes (Fig 91) El sector oceanico al oeste de los 82° esta dominado por un amplio y lento movimiento hacia el norte correspondiente a la rama oceanica de la Corriente de Humboldt En sectores mas proximos a la costa (unos 500 Km aproximadamente) se obser va un flujo hacia el sur que entra en la region alrededor de 70°W y luego sigue paralelo a la costa y que se conoce como contracorriente del Peru Entre los 300 y 400 Km de la costa se aprecia un flujo relativamente rapido dirigido hacia el norte y que corresponde a la rama costera de la Corriente de Humboldt En la region comprendida de Chiloe al sur se aprecia un movi miento de aguas en direccion sur paralelo a la costa denomina do Corriente del Cabo de Hornos

El modelo de circulacion en un lugar determinado sufre una serie de cambios durante el ciclo anual los que estan inti mamente ligados a los cambios climaticos En el caso del mode lo de circulacion de la Bahia de Concepcion el regimen de vien tos determina una secuencia dinamica de dos periodos principa les en las aguas costeras En el periodo comprendido entre fines de primavera y mediados de otoño, un proceso de surgencias producido por la persistencia y predominancia de los vientos del sur y sur oeste inducen un transporte de la capa superficial lo que origina un flujo de agua de mayor profundidad mientras que en invierno y debido al termino de la predominancia de los vientos del sur y sur oeste se establece un regimen de circula cion estuarina Intercalado entre ambos periodos se presentan los correspondientes periodos de transicion

La accion de las corrientes sobre las algas es de gran impor tancia, este factor contribuye grandemente a determinar el ran

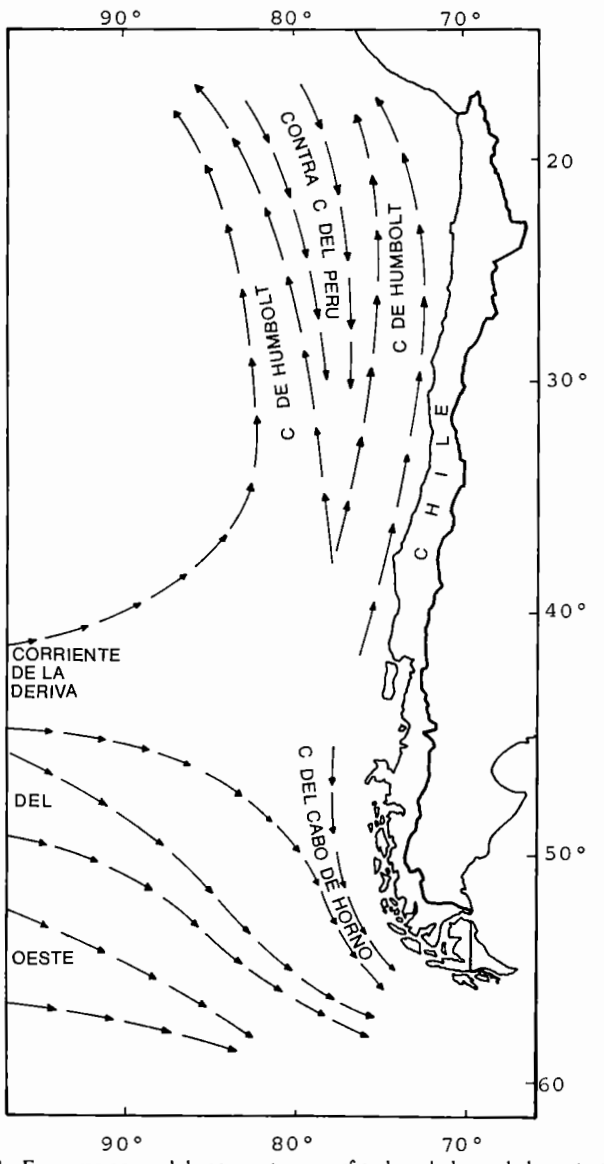


FIG 91 Esquema general de corrientes superficiales a lo largo de la costa chile na (Canon 1985)

go de distribucion de las especies del fitobentos, ya sea por me dio de la distribucion que puede hacer hacia otras areas de plan tas completas o de sus estructuras reproductivas Al correspon der a un mecanismo provocado, en gran medida, por las diferen cias en la temperatura de las aguas, su movilizacion esta contri buyendo a determinar la distribucion de la temperatura en el mar y, en consecuencia, a determinar los rasgos de distribucion geografica de las plantas marinas

La circulacion vertical de las aguas, por su parte, tiene una importancia primaria en la resuspension de nutrientes desde las capas profundas hacia areas superficiales y, por consiguiente, en la alta productividad de ciertas regiones costeras, lo que en con junto con los movimientos superficiales del agua de mar contri buye a ampliar el radio de distribucion de los nutrientes y el ra dio de accion de las zonas de productividad La circulacion es tuarina que provoca, en algunos casos, la penetracion de nutrientes hacia zonas poco fertiles, pero en muchos casos pro tegidas de condiciones climaticas extremas, puede permitir la proliferacion explosiva de algunos organismos capaces de vivir en condiciones de aguas salobres

6 2 *Manejo de la informacion*

El movimiento de las aguas es de vital importancia para mante ner el aporte necesario de nutrientes a la planta

El asentamiento de las esporas sobre el sustrato esta en gran medida determinado por el movimiento del agua En con diciones extremas las esporas no pueden asentarse sobre el sustrato hasta no existir las condiciones apropiadas para ello Una vez que ocurre el asentamiento, estas estructuras generan un sistema de fijacion para asegurar su permanencia y posterior desarrollo La estabilidad y acondicionamiento de estas estruc turas depende de las diversificadas exigencias ambientales Una vez que se verifica el crecimiento se ha observado que algunas algas experimentan cambios morfologicos diferentes segun si los ejemplares se han desarrollado en aguas con mayor o menor grado de movimiento (Figs 92 y 93)

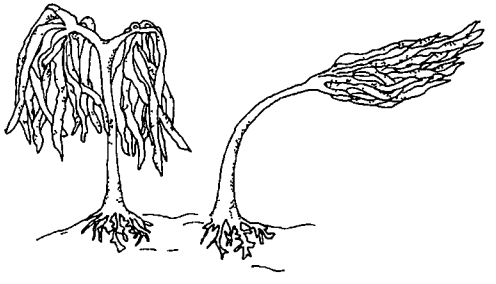


FIG 92 Posición de estipes y frondas de *Eisenia arborea* en aguas calmas (iz quierda) y con corriente (derecha) (Lobban Harrison y Duncan 1985)

El movimiento de las aguas involucra tambien movimiento de sedimentos que pueden deteriorar a las algas o enterrarlas provocando su muerte No obstante, algunas especies son capa ces de soportar largos periodos de enterramiento, despues del cual recuperan todo su potencial fisiologico

La accion de las olas y corrientes juega un rol fundamental en la distribucion geografica de las especies Este factor actua como vehiculo para la movilizacion de las estructuras reproduc tivas o tambien como un agente capaz de limpiar zonas ya colo nizadas, de modo de permitir el posterior asentamiento de nuevas plantas

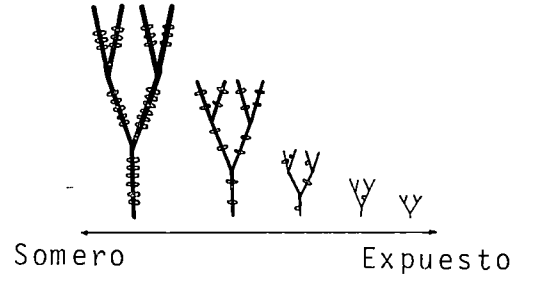


FIG 93 Diagrama de variacion del talo de *Fucus vesiculosus* ilustrando facto res asociados a diferentes grados de accion de olas (Lobban Harrison y Dun can 1985)

7 0 *Clima*

7 1 *Aspectos generales*

La distribucion mundial de las temperaturas indica para el he misferio norte un valor promedio de 15 2°C y al hemisferio sur 13 3°C La distancia entre las medias de enero y julio es, respec tivamente, de 14 3°C y 7 4°C La oscilacion diaria es especial mente grande en las regiones de atmosfera seca, que no impide la llegada de radiacion durante el dia ni la irradiacion a partir de la tierra durante la noche Las temperaturas extremas observa das son de 70 a 80°C en la superficie de suelos secos y oscuros, con atmosferas tranquilas, pero a la sombra las maximas absolu tas son algo menores, de 57 8°C en Mexico y Libia Se exclu yen, naturalmente, fenomenos de vulcanismo y fuentes terma les Las minimas observadas llegan a 77,8°C en Siberia y a 88 3°C en la Antartica (Vostok, polo del frio)

En un mapa de isotermas anuales de Sudamerica (Fig 94),

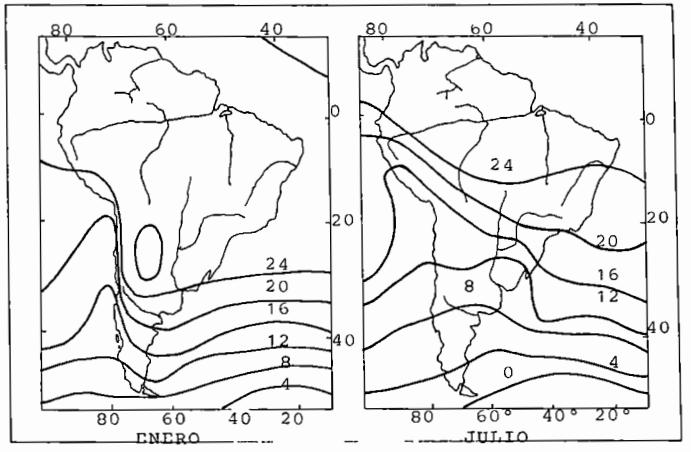


FIG 94 Isotermas promedios en los meses de enero (verano) y julio (invierno) en America del Sur (Corfo 1965)

puede advertirse como las curvas de igual temperatura sufren una profunda inflexion hacia el Ecuador en el continente suda mericano al avecinarse a la costa del Pacifico, desde los 45°C hacia el norte, de esta manera, la isoterma de 20°C no corta la costa chilena en ninguna parte sino que penetra al Pacifico por el norte de Peru

La atmosfera contiene agua en los tres estados en forma de vapor, que se comporta como un gas, en gotitas de condensa cion y en estado solido La humedad relativa de la atmosfera se expresa aproximadamente como el tanto por ciento de la hume dad maxima (saturacion) que corresponde a aquella misma tem peratura y presion y tambien como el deficit de presion o satu racion, es decir lo que falta para la saturacion

La humedad del aire se mide por medio de diversos tipos de hidrometros, de los mas generalizados son los de cabello y el psi cometro En este ultimo, la humedad del aire se deduce de las di ferencias entre las indicaciones de un termometro seco y uno que tiene el deposito rodeado de una delgada capa de agua en evaporacion, el descenso termico relativo de este termometro es proporcional al deficit de saturacion

7 2 *El clima en Chile*

Las caracteristicas geograficas y la posicion de Chile en el plane ta son los dos hechos que explican las caracteristicas climaticas de nuestro pais Si bien, deberiamos encontrar, como conse cuencia, una gran variedad de climas, esta situacion se ve restringida, en primer lugar, por las caracteristicas atemperantes del mar, pues en todas partes no deja de estar cerca, aun de los sitios mas interiores del pais, por la existencia de una corriente fria que recorre el litoral, produciendo un enfriamiento desde los 40° de Lat S hacia el norte y por la accion moderada de los vientos que a lo largo del territorio se conjugan conveniente mente para dulcificar las caracteristicas termicas de los extre mos Por otra parte, se encuentra en abierta oposicion a esta influencia moderadora del mar la extraordinaria variacion que ofrecen las temperaturas

En lo referente a la temperatura, a pesar de la enorme lon gitud del pais, existe poca diferencia entre las temperaturas de los extremos Esto se debe a que al norte de Valdivia (40°S) do minan los vientos frescos del suroeste, que produce, en la mitad norte de Chile, un clima mucho mas templado que el de otros paises situados a igual distancia del Ecuador Por el contrario, en el sur y en el verano predominan los vientos del oeste y en el invierno abundan los tibios del noroeste, de modo que mientras los primeros no pueden bajar la temperatura por venir de re giones de igual temperatura, los ultimos la elevan haciendo los inviernos menos frios de lo que debieran ser La accion combi nada de los vientos y de la Corriente de Humboldt y la influen cia del mar, se reunen para provocar el atemperamiento de los valores termometricos Las temperaturas del norte son mas ba jas de lo que les corresponden por latitud, y las del sur mas ele vadas debido a que el mar, desde Valdivia al norte, en un ancho variable, presenta temperaturas excepcionalmente bajas (Fig 95)

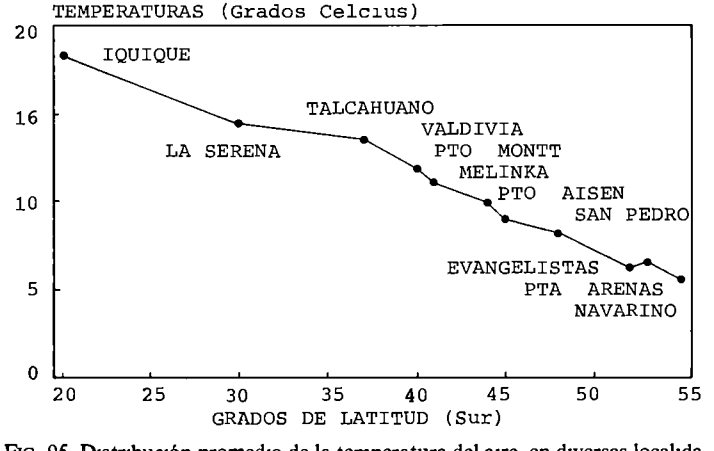


FIG 95 Distribución promedio de la temperatura del aire en diversas localida des de la costa chilena comprendida entre Iquique e isla Navarino (Corfo 1965)

7 3 *Presiones y vientos*

En general las condiciones meteorologicas en Chile estan deter minadas por tres campos de presion atmosferica
a) Anticiclon del Pacifico, b) Depresion Continental y c) Depre sion Austral El Anticiclon del Pacifico se encuentra ubicado entre 90 y 100° Oeste durante todas las estaciones del año, desplazandose desde los 30° Sur, posicion que ocupa durante el invierno, hasta sobrepasar en algunas ocasiones los 40° Sur en verano Este desplazamiento permite la aparicion en la zona central de Chile de una depresion de origen termico que se rela ciona con el avance al Sur de la Depresion Continental y que se ubica al noroeste de Argentina durante el verano (Fig 96 A)

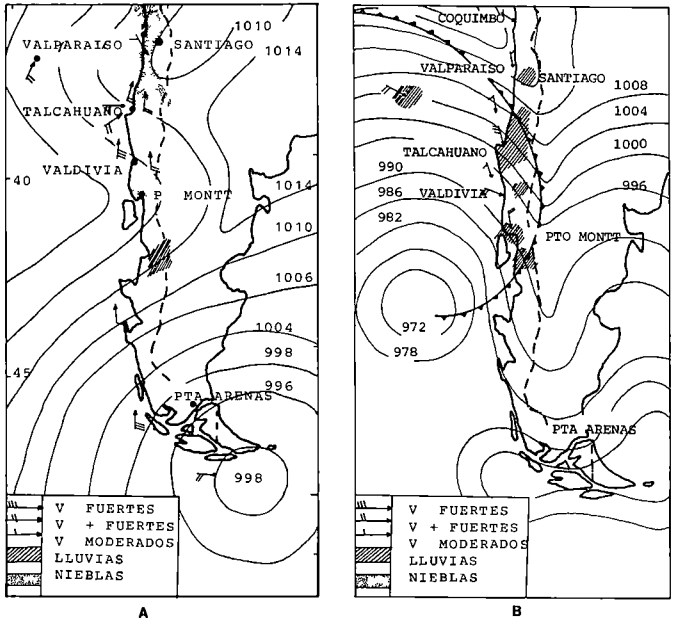


FIG 96 Comportamiento de los campos de presion atmosferica y su relacion con los vientos predominantes y precipitaciones A Perido estival (28 de enero de 1976) B Perido invernal (3 de julio de 1975) (Ahumada y Chuecas 1979)

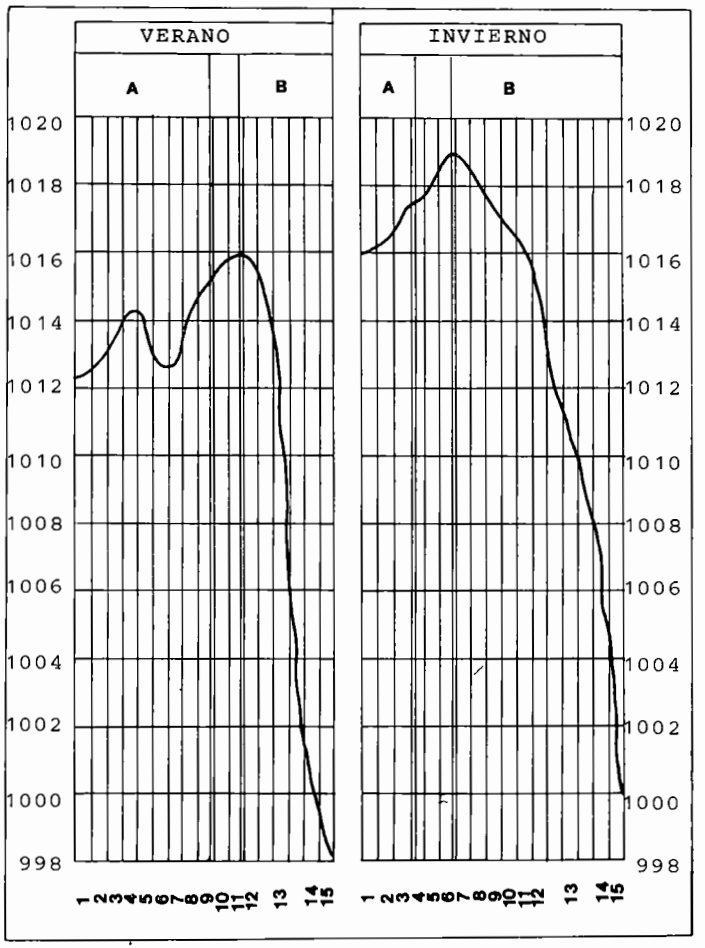


FIG 97 Distribucion geografica de las presiones a lo largo de Chile (Corfo 1965) A = Vientos moderados con componentes sur (buen tiempo), B = Vientos fuertes con componente norte (mal tiempo) Localidades 1 Iquique 2 Antofagasta 3 Caldera 4 Coquimbo 5 Valparaiso 6 Talca 7 Concepcion 8 Temuco 9 Valdivia 10 Puerto Montt 11 Guafo 12 San Pedro 13 Punta Arenas 14 San Isidro

En otoño la depresion termica de Chile central se destruye y la Depresion Continental se debilita, dando comienzo a su regresion al norte por el rechazo producido por el Anticiclon del Pacifico en su migracion hacia su posicion de invierno (Fig 96 B)

La distribucion de los gradientes de presion en la zona centro sur, determinan un regimen de vientos que se caracteriza por el predominio de vientos ciclonicos del sector norte en invierno y vientos anticiclonicos de los sectores suroeste y sur durante el verano (Fig 97)

Observaciones realizadas en la zona de Concepcion indican que el viento dominante en primavera y verano es el viento anticiclonico del suroeste, el viento del sur muestra una persistencia uniforme y una frecuencia alta durante todo el ciclo anual, con debiles aumentos de frecuencia uno en abril y otro en septiembre Estos meses representan una transicion respecto al cambio de dominancia Durante otoño e invierno, la predominancia corresponde al viento norte Los otros componentes muestran, en general, una variacion estacional que no es significativa por su corta persistencia y baja frecuencia El viento sur ocasionalmente ha llegado a ser dominante durante los meses de transicion (abril y agosto) debido a un debilitamiento de los vientos normalmente dominantes (Fig 98)

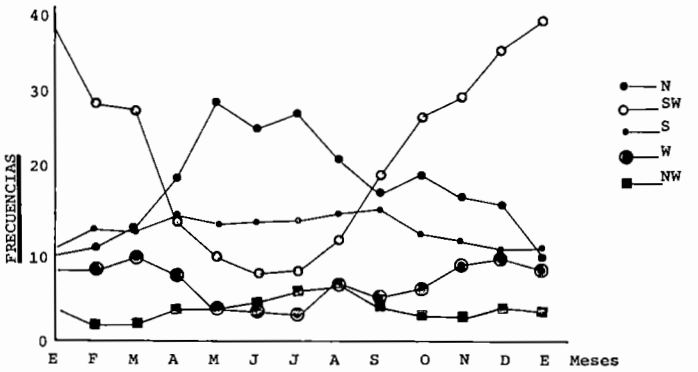


FIG 98 Frecuencia de vientos de diferentes direcciones en el lapso de un año Bahia Concepción N Direccion norte SW Direccion sur oeste S Direccion sur W Direccion oeste NW Direccion nor oeste (Ahumada y Chuecas 1979)

7 4 *Precipitaciones*

En Chile el regimen de precipitaciones es extremadamente va riable, encontrandose lluvias casi inexistentes en Arica, mientras que en Bahia Felix, a la entrada del estrecho de Ma gallanes, el promedio anual arroja cifras cercanas a los 5000 mm, en terminos generales es posible visualizar la existencia de un incremento de las precipitaciones con el aumento de latitud Al comparar las precipitaciones de nuestro pais con el valor nor mal de precipitaciones para el hemisferio austral, se observa cla ramente que la costa chilena entre los 18° y 34° presenta deficit en las precipitaciones, pero de alli al sur las precipitaciones que recibe nuestro pais son notablemente mayores que las que le corresponden (Fig 99)

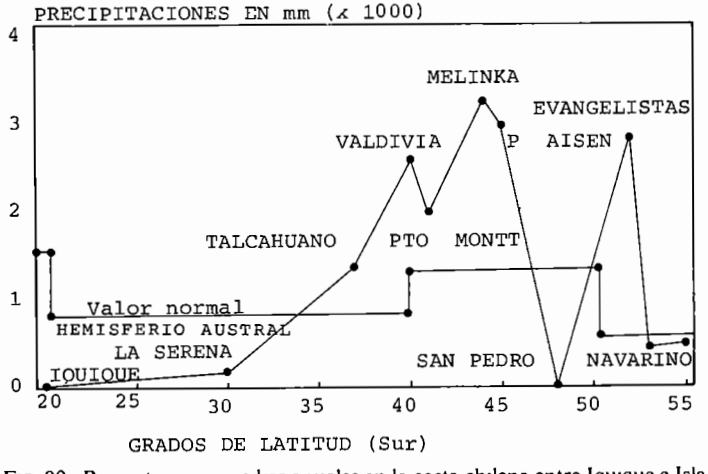


FIG 99 Precipitaciones medias anuales en la costa chilena entre Iquique e Isla Navarino (Corfo 1965)

Fuera de la influencia de la latitud, es el relieve el principal modificador de la cantidad de las aguas caidas En este sentido, las precipitaciones sufren modificaciones notables en el reduci do ancho del territorio La Cordillera de la Costa, con sus re lieves modestos, actua desde los 30° hacia el sur, como un dis positivo provocador de las lluvias Las regiones situadas inme diatamente detras de ellas, en cambio, presentan precipitaciones notablemente disminuidas

Al examinar la relacion que existe entre la cantidad de agua caida durante el año mas lluvioso y el mas seco se advierte que la variabilidad de las lluvias es normal desde Concepcion al sur, pero desde esta misma localidad hacia el norte no se puede tener ninguna seguridad respecto de la cantidad de agua caida para un año cualquiera

Los factores climaticos actuan sobre las algas ya sea duran te un momento dado, como tambien durante periodos mas pro longados Un claro ejemplo de lo anterior corresponde a la ac cion de temporales producto de los cambios estacionales La ac cion que puede tener el clima sobre diversos aspectos de la vida de las plantas marinas puede traducirse en el efecto de un factor aislado, como tambien en el resultado de la accion conjunta de varios de ellos

Las condiciones climaticas pueden determinar la existencia de periodos de inestabilidad ambiental con una accion directa sobre las algas marinas Por ejemplo, la presencia de temporales con movimientos de aguas de alta energia capaces de desestabi lizar sustratos relativamente estables que puedan llegar a lim piar de estos componentes amplias zonas de la costa, tambien por accion climatica, en ciertas epocas del año, el excesivo apor te de sedimentos hacia las zonas costeras, puede impedir la ade cuada penetracion luminica y, por consiguiente, el adecuado de sarrollo y reproduccion de las algas, o tambien una excesiva ilu minacion puede descomponer los pigmentos fotosintetizadores de la planta y esta puede morir al no poder producir sus sustan cias nutritivas

La eleccion de una zona adecuada para el cultivo de algas marinas pasa obligadamente por el estudio de una serie de facto res biologicos y ambientales y, en el particular caso de estos ulti mos, casi la mayoria son la expresion del conjunto de factores climaticos del lugar

Cultivos, Nutrientes y Condiciones Químicas del Mar

1 0 *Antecedentes*

Existe concordancia en que muchos de los componentes del agua de mar son originados en las dorsales de las principales cuencas oceanicas En el rif oceanico, donde el piso oceanico comienza a expandirse, emerge basalto procedente del manto terrestre acompañado de "aguas juveniles" que nunca han esta do en la fase liquida y que contiene en solucion muchos de los componentes del agua de mar

Los volcanes constituyen otra fuente importante de aporte de componentes a las diferentes cuencas oceanicas Un caso ti po es lo que ocurre en el Oceano Pacifico, donde la denominada dorsal pacifica aporta en gran parte los componentes del agua de mar, al igual que la cadena de volcanes que rodea la cuenca, denominada cordon de fuego

Las sales que entran al oceano tambien provienen de rios, estuarios, polvo atmosferico y los glaciares

Abundante es el numero de elementos que componen el agua de mar En la Tabla V se presentan los numerosos elemen tos presentes en el agua de mar y su concentracion En la Tabla VI se observa la concentracion de los componentes mas impor tantes de las cuatro categorias de componentes en el agua de mar, componentes mayores, elementos traza, gases disueltos y nutrientes

2 0 *Iones Inorgánicos*

Los principales elementos que componen el agua de mar corres ponden al cloro, sodio, magnesio, azufre, calcio y potasio y los elementos menores corresponden a bromo, estroncio y boro

Entre todos estos elementos existe una proporción casi constante, asi es posible calcular la concentracion de los demas iones, conociendo la concentracion de uno de ellos Los nueve elementos antes nombrados son denominados conservativos, ya que sus proporciones en el agua de mar son relativamente cons tantes

Los otros iones se denominan no conservativos debido a que sus proporciones son variables en los diferentes oceanos

3 0 *Gases Disueltos*

Los principales componentes gaseosos del agua de mar son el nitrogeno, oxigeno y el bioxido de carbono

TABLA V Abundancia de elementos en el agua de mar

ELEMENTOS		CONCENTRACION PARTES POR BILLON	ELEMENTOS		CONCENTRACION PARTES POR BILLON
Oxigeno	O	857 000 000	Niquel	Ni	2
Hidrogeno	H	108 000 000	Vanadio	V	2
Cloro	Cl	19 000 000	Manganeso	Mn	2
Sodio	Na	10 500 000	Titanio	Ti	1
Magnesio	Mg	1 350 000	Estaño	Sn	0 8
Azufre	S	890 000	Cesio	Cs	0 5
Calcio	Ca	400 000	Antimonio	Sb	0 5
Potasio	K	380 000	Selenio	Se	0 4
Bromo	Br	65 000	Itrio	Y	0 3
Carbono	C	28 000	Cadmio	Cd	0 1
Estroncio	Sr	8 000	Tungsteno	W	0 1
Boro	B	4 600	Cobalto	Co	0 1
Silicio	Si	3 000	Germanio	Ge	0 06
Fluor	F	1 300	Cromo	Cr	0 05
Argon	A	600	Thorium	Th	0 05
Nitrogeno	N	500	Plata	Ag	0 04
Litio	Li	170	Escandio	Sc	0 04
Rubidio	Rb	120	Plomo	Pb	0 03
Fosforo	P	70	Mercurio	Hg	0 03
Yodo	I	60	Galio	Ga	0 03
Bario	Ba	30	Bismuto	Bi	0 02
Indium	In	20	Niobium	Nb	0 01
Zinc	Zn	10	Lantano	La	0 01
Hierro	Fe	10	Talio	Tl	0 01
Aluminio	Al	10	Oro	Au	0 004
Molibdeno	Mo	10	Cerium	Ce	0 005
Cobre	Cu	3	Tierras Raras		0 003 0 0005
Arsenico	As	3	Protoactinium	Pa	$2X\ 10^{-6}$
Uranio	U	3	Radio	Ra	$1X\ 10^{-7}$

OCEAN SCIENCE STOWE KEITH S 1943

TABLA VI Algunos valores de la concentracion de los integrantes mas importantes de las categorias de componentes del agua de mar

	PARTES POR MIL	PARTES POR MILLON	PARTES POR BILLON
CONSTITUYENTES MAYORES			
Cl	19 3	19 300	19 300 000
Na+	10 7	10 700	10 700 000
So_4	2 7	2 700	2 700 000
Mg++	1 3	1 300	1 300 000
GASES DISUELTOS			
Co_2	0 09	90	90 000
N_2	0 014	14	14 000
O_2	0 005	5	5 000
NUTRIENTES			
Si	0 003	3	3 000
N	0 0005	0 55	500
P	0 00007	0 07	70
ELEMENTOS EN TRAZA			
I	0 000060	0 060	60
Fe	0 000010	0 010	10
Mn	0 000002	0 002	2
Pb	0 00000003	0 00003	0 03
Hg	0 00000003	0 00003	0 03

3 1 *Bioxido de Carbono* CO_2

El sistema de los carbonatos en el agua de mar se puede entender tratandolo como un sistema acido base

El agua de mar presenta un pH 8,2 8,4 Cuando se adiciona un acido o una base, este pH se mantiene constante debido a que en el mar existen procesos que restituyen el pH Esta capacidad que permite mantener el equilibrio se denomina "buffer", con el incremento de la profundidad el pH disminuye (Fig 100) y luego regresa a pH 8 0 entre 150 a 1 500 metros porque en las regiones de alta tasa de respiracion de varios organismos sube la concentracion de CO_2 A grandes profundidades el pH llega a alcanzar un valor aproximado a 8

El CO_2 esta en equilibrio en el mar por razones diversas

— Por el intercambio gaseoso producido entre el oceano y la atmosfera, que es bajo
— El oceano mismo no esta en equilibrio, lo que se intercambia en la superficie no se refleja en la profundidad Asi podemos representar el balance del CO_2 en el mar en las ecuaciones siguientes

1) $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$

2) $H_2O + CO_3 = H^+ HCO_3^=$

3) $HCO_3 = H^+ + CO_3^=$

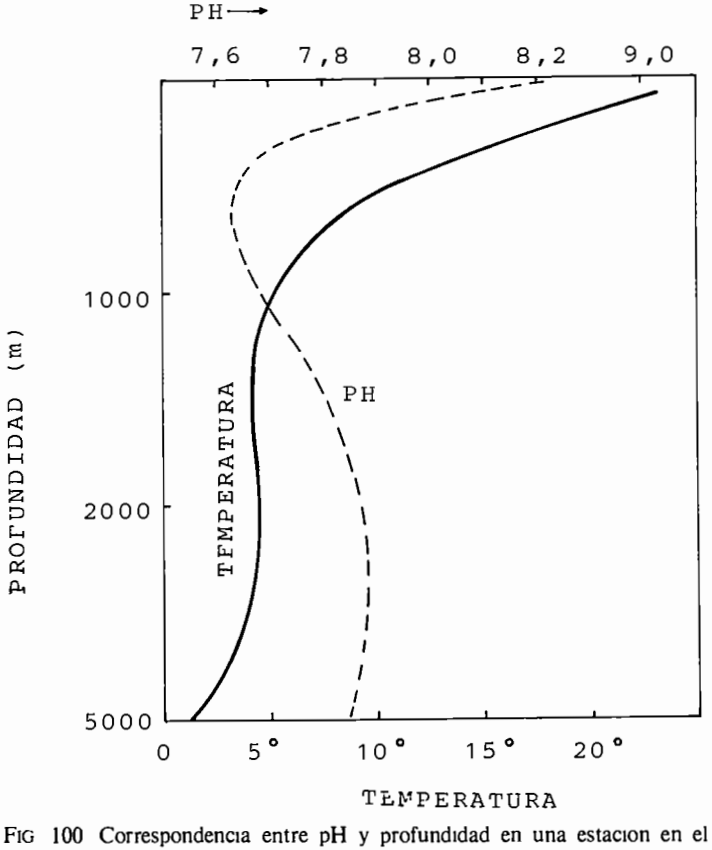


FIG 100 Correspondencia entre pH y profundidad en una estacion en el Atlantico (Adaptado de Levring Hope y Schmid 1969)

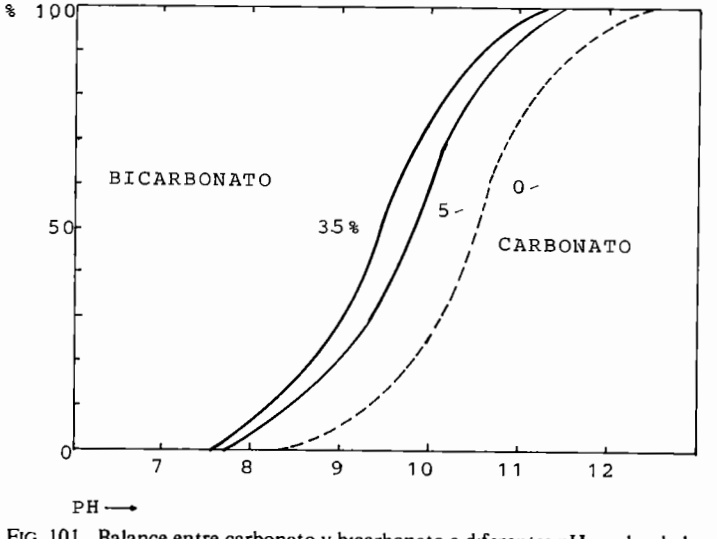


FIG 101 Balance entre carbonato y bicarbonato a diferentes pH y salinidades (Adaptado de Levring Hope Schmid 1969)

El CO_2 puede combinarse con el agua para formar carbonatos y bicarbonatos El balance de carbonato y bicarbonato varia con la salinidad (Fig 101) Otro factor que determina el equilibrio del CO_2 es la difusion del CO_2 cuando se hidrata Si la concentracion de H_2CO_2 sube, la solubilidad desciende restituyendo el equilibrio, es decir no se produce mas H_2CO_3

Si el CO_2 disminuye en el agua de mar, por procesos fotosinteticos y de calcificacion, los bicarbonatos liberan CO_2 (cambia en las ecuaciones 2 y 3) Debido a esto en el agua de mar hay un reservorio de CO_2 para las reacciones fotosinteticas En la noche la respiracion producira CO_2 y la ecuacion 3 virara hacia el carbonato, siendo el bicarbonato la forma dominante

3 2 *Oxigeno (O_2) en el agua de mar*

El volumen de O_2 en el agua de mar es mas o menos 25 a 30 veces inferior al volumen del mismo elemento en el aire La concentracion de oxigeno en el agua de mar tiene un rango de 0 a 10 ml O_2/l

El oxigeno se disuelve en el agua de mar por simple absorcion debido a la diferencia de tension Esta absorcion se acentua con el oleaje que remueve el agua y pone capas en contacto con el aire, lo que favorece el proceso de difusion

Tambien la riqueza de oxigeno disuelto esta relacionada con la salinidad, pero en este caso la proporcion del oxigeno disuelto esta en razon inversa

Otro factor que influye en la absorcion del oxigeno por el agua es la temperatura A mayor temperatura corresponde una mas debil saturacion Tambien la actividad biologica que continua en el mar influye en el contenido de O_2 presente en el mar

Las fuentes principales de oxigeno en el agua de mar corresponden a la proveniente de la atmosfera y a las plantas Las aguas superficiales tienden a alcanzar niveles de saturacion de oxigeno Agotamiento o sobresaturacion de O_2 puede deberse a actividades fotosinteticas y de respiracion de los organismos marinos

Una forma de representar el fenomeno de produccion de O_2 a traves de reacciones fotosinteticas se indica en la ecuacion siguiente

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{energia (quimica)}]{\text{energia (luz solar)}} (CH_2O) + O_2$$

Dos metodos son los utilizados para determinar el contenido de oxigeno en el mar Uno corresponde al metodo de la conductividad (sonda de oxigeno) y otro es el metodo de titulacion (Metodo Winkler) (Fig 102)

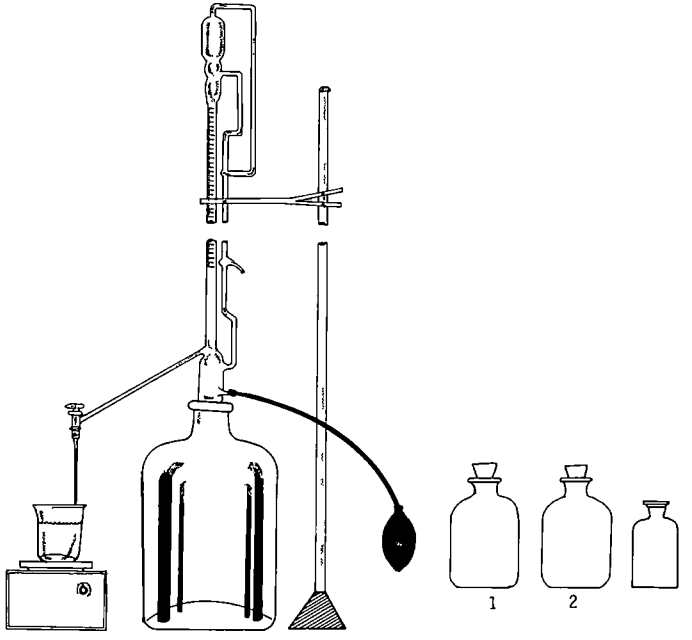


FIG 102 Dispositivo de Winkler incluyendo botella BDO y el aparato para titulacion El oxigeno disuelto en una botella BDO se fija al añadir 1) $MnSO_4$ y 2) KI en NaOH La adicion de H_2SO_4 concentrado libera yodo libre Se utiliza entonces una solucion de tiosulfato de sodio 0 01N para titular el yodo y se anade un indicador de almidon para ayudar a la determinacion del punto terminal

3 2 1 *Metodo de Winkler*

En esencia el metodo consiste en convertir el oxigeno disuelto en la muestra de agua de mar en un equivalente quimico de yo do, el cual es cuantificado con una solucion valorada de tiosul fato, permitiendo asi la determinacion indirecta de la cantidad de oxigeno disuelto en la muestra de agua de mar

El metodo se basa en tres pasos importantes a) toma de muestra, b) tratamiento y c) valoracion de ella

Para determinar el oxigeno disuelto en el agua de mar, es necesario tomar la muestra en una botella BOD Luego se fijan con una solucion de sulfato de manganeso ($MnSO_4$) y yoduro de potasio alcalino (KI + KOH) Estas soluciones sedimentan rapi damente en la botella de demanda biologica de oxigeno Una vez añadido el yoduro alcalino, la botella debe ser agitada vigo rosamente sin que quede burbuja de aire La reaccion producida entre el alcali y el sulfato es la siguiente

$$MnSO_4 + 2KOH \text{ ——— } K_2SO_4 + Mn(OH)_2$$

La reaccion ocurre rapidamente alcanzando el equilibrio, produciendose el hidroxido de color rosado claro que es oxidado por el oxigeno disuelto

$$2Mn(OH)_2 + O_2 \text{ ——— } 2MnO(OH)_2$$

El compuesto de manganeso ($MnO(OH)_2$) de color cafe cla ro se deja que sedimente Este es estable y puede mantenerse en un sitio oscuro y frio por varios dias El siguiente paso consiste en agregar acido sulfurico concentrado formandose sulfato de manganeso

$$MnO(OH)_2 + 2H_2SO_4 \text{ ———————— } 3H_2O + Mn(SO_4)_2$$

Luego el compuesto de sulfato reacciona con el yoduro de potasio como se indica a continuacion

$$Mn(SO_4)_2 + 2KCL \text{ ———————— } MnSO_4 + K_2SO_4 + I_2$$

El yodo liberado corresponde quimicamente al oxigeno di suelto en la muestra Con tiosulfato de sodio, $Na_2S_2O_3$, se titula el yodo

La reaccion basica es una oxidacion del tiosulfato de tretra tionato como sigue

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \text{ ———————— } Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

Se agrega almidon a la solucion incolora como indicador del punto de titulacion, resultando un color azul El punto final de titulacion ocurre cuando el color azul desaparece completamen te resultando finalmente una solucion incolora

Conociendo el valor del tiosulfato en terminos del oxigeno y el volumen de la muestra titulada, puede determinarse la can tidad de oxigeno disuelto en ppm

3 2 2 *Sonda de Oxigeno*

Pueden adquirirse varios medidores y sensores (sondas) de oxi geno La mayoria de los medidores incorporan un analizador con un amplificador, controles y un sensor separado El sensor detecta la presencia parcial del oxigeno en la muestra y produce una señal que es amplificada para su lectura en un medidor

Se coloca el sensor en la muestra, aplicando un potencial de 053 volts entre el catodo y el anodo El catodo de oro o rodio y el anodo de plata estan conectados electricamente a traves de una solucion de cloruro de patasio KCl El oxigeno de la muestra difunde a traves de una membrana de teflon permeable que cubre el anodo y el catodo, produciendose un flujo de corriente proporcional a la presion parcial del oxigeno en la muestra Ninguna corriente fluira si no existe oxigeno en la punta del sensor Finalmente las lecturas deben corregirse para la temperatura debido a que la permeabilidad de la membrana varia con ella (cambia a razon de casi 4%/°C) La presion at mosferica debe ser constante o balanceada, debido a que el pro ceso depende de la velocidad de difusion del gas (Figs 103 y 104)

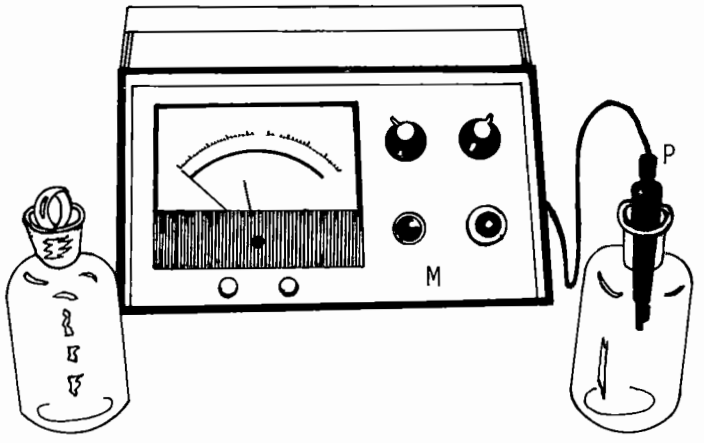


FIG 103 Varios de los componentes para la medicion de oxigeno que emplean una sonda de oxigeno (P) y un medidor de oxigeno (M) Se muestran tambien las botellas de demanda biologica de oxigeno (DBO) ambar y clara La temperatura debe ajustarse primero antes de determinar los niveles de O, (Dawes C J 1986)

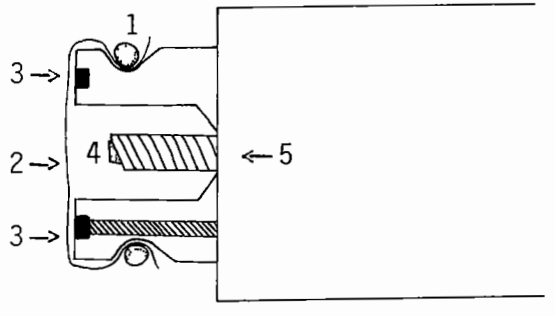


FIG 104 Esquema de una sonda de oxigeno Utiliza una membrana de teflon (2) para contener una solucion saturada de KCl (4) Dicha membrana se mantiene en un sitio a traves de un anillo de goma en 0 (1) La sonda tiene un catodo de rodio u oro (3) y una espiral de plata para el anodo (5) El oxigeno a una presion parcial mas alta fuera de la membrana de teflon se difunde a traves de ella por osmosis y se concentra en el catodo dando como resultado un aumento en la corriente que es detectada por el analizador (medidor) (Dawes C J 1986)

4 0 *Nutrientes*

Todos los elementos y sales esenciales para la vida pueden ser denominados nutrientes

Se ha logrado determinar que existen elementos esenciales para todas las algas como C, H O, P, Mg, Fe, Cu, Mn, ZnN Mo Otros elementos como el S, K y Ca pueden ser reemplazados por otros elementos sin que el alga se vea afectada Na, Co, V, Si, Cl, B y I son requeridos solo por algunas algas Todos los constituyentes mayores del agua de mar son requeridos por las macroalgas a excepcion del Sr y F

Sobre 21 elementos son requeridos para los principales procesos metabolicos en las plantas, pero mas del doble de este numero ha sido informado estar presente en las algas marinas

Los nutrientes esenciales y no esenciales son acumulados en el tejido de las algas en concentraciones de hasta tres ordenes de magnitud mayores que las encontradas en agua de mar

En la Tabla VII se presenta la concentracion de algunos elementos esenciales y su respectiva concentracion en el agua de mar y en las algas

Existen elementos que pueden requerirse en pequeñas cantidades y son denominados micronutrientes, como por ejemplo el hierro y el boro Estos nutrientes son utilizados en la produccion primaria y su ausencia o menor disponibilidad, que los requeridos por las plantas, puede limitar la productividad de igual manera que si falta un macronutriente La nutricion con micro elementos es un tema complicado debido a que la concentracion absoluta suele ser menos importante que la "disponibilidad" del elemento, lo cual puede ser afectado por cierto numero de variables ambientales Los agentes quelantes son esencialmente importantes porque forman complejos disociables con muchos iones metalicos, lo que ayuda a conservarlos en solucion y a mantener concentraciones del ion libre a nivel optimo El acido etileno diaminotetraacetico (EDTA) es un agente quelante sintetico que se utiliza en medio de cultivo para este fin La sola adicion de EDTA al medio de cultivo aumenta la productividad, ya sea incrementando la disponibilidad de los micro

TABLA VII A Concentracion de algunos elementos esenciales en agua de mar y en algas

ELEMENTO	CONCENTRACION PROMEDIO EN AGUA DE MAR ug/g	CONCENTRACION EN MATERIA SECA		RELACION DE CONCENTRACION ENTRE EL AGUA DE MAR Y EL TEJIDO
		PROMEDIO ug/g	RANGO ug/g	
Macronutriente				
H	105 000	49 500	22 000—72 000	$2\,1 \times 10^{0}$
Mg	1 290	7 300	1 900—66 000	$1\,8 \times 10^{1}$
S	905	19 400	4 500—82 000	$4\,7 \times 10^{7}$
K	406	41 100	30 000—82 000	$1\,0 \times 10^{7}$
Ca	412	14 300	2 000—360 000	$2\,9 \times 10^{7}$
C	27 3[a] [b]	274 000	140 000—460 000	$1\,0 \times 10^{-4}$
N	0 488[a] [c]	23 000	500—65 000	$2\,1 \times 10^{5}$
P	0 068	2 800	300—12 000	$2\,4 \times 10^{5}$
Micronutriente				
B	4 39	184	15—910	$2\,4 \times 10^{2}$
Zn	0 004[a]	90	2—680	$4\,4 \times 10^{5}$
Fe	0 003[a]	300	90—1 500	$1\,0 \times 10^{5}$
Cu	0 002[a]	15	0 6—80	$1\,7 \times 10^{-4}$
Mn	0 001[a]	50	4—240	$2\,0 \times 10^{5}$

a Variacion considerable ocurrida en el agua de mar (Lobban Harrison y Duncan 1985)

b Carbon inorganico disuelto

c Nitrogeno combinado (organico e inorganico disuelto)

TABLA VII B Concentracion promedio de vitaminas (ng/L) en aguas del Oceano Pacifico

Agua	Vitamina B_{12}	Tiamina	Biotina
Molo Institucion Scripp	2 9	15	3 8
Costera	1 6	9	2 6
Pacifico Central	0 1	8	1 3

(Lobban Harrison y Duncan 1985)

nutrientes o disminuyendo los niveles de los iones libres La adi cion de este compuesto tambien puede disminuir la productivi dad al quelar excesivamente al microelemento metalico dismi nuyendo asi, hasta niveles limitantes la concentracion del ion libre

Los macronutrientes estan constituidos por todos aquellos elementos o compuestos que son requeridos en cantidades rela tivamente altas por las algas y que son utilizados directa o indi rectamente por las celulas, como por ejemplo el carbono, nitro geno, azufre, hidrogeno, potasio y fosforo

Otro grupo de nutrientes que son requeridos tambien por las algas son las vitaminas Estas son utilizadas por muchas al gas denominadas auxotropicas En la Tabla VII B se indican las diferentes concentraciones en las aguas del Oceano Pacifico pa ra la vitamina B_{12}, Tiamina, y Biotina Estas vitaminas son ruti nariamente adicionadas a los medios de cultivo Estudios reali zados para determinar los requerimientos de vitaminas en tres grupos de algas, Clorofitas, Feofitas y Rodofitas, indicaron que la unica especie de alga verde estudiada (*Acetabularia acetaba lum*) requirio Tiamina y B_{12} Solo cuatro de nueve especies de Feofitas estudiadas requieren vitaminas y en el caso de las Ro dofitas, las diez especies estudiadas necesitan vitaminas B_{12}

Las unidades standard utilizadas para la estimacion de nutrientes incluyen partes por millon (ppm), miligramos por litro (mg/l), microgramos por litro (ug/l) y micromoles (u moles)

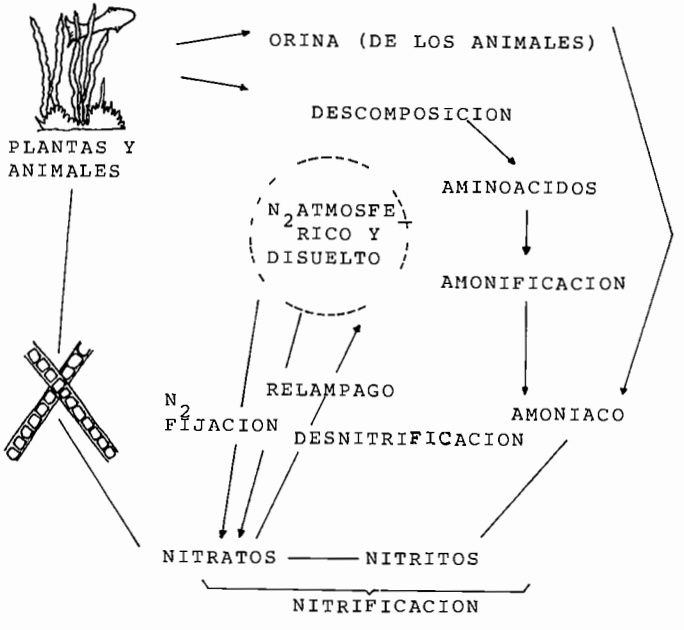


FIG 105 Ciclo del nitrogeno La fijacion del nitrogeno 1) puede ocurrir a tra ves de la accion de las bacterias y algas verde azules Los nitratos y en menor grado los nitritos y el amoniaco pueden ser incorprados por las plantas 2) que a su vez son ingeridas por los animales A traves de descomposicion y excrecion varios compuestos que contienen nitrogeno fijado son convertidos a amoniaco 3) y este o el ion amoniaco nitrificados 4) a nitratos Puede ocurrir la desnitrifi cacion 5) liberando de nuevo el nitrogeno a la atmosfera (Dawes C J 1986)

4 1 *Nitrogeno*

El nitrogeno (N) esta presente en el mar formando compuestos o en forma de gas disuelto (Fig 105) El nitrogeno molecular (N_2) es la forma mas abundante de nitrogeno (64 95%) que se encuentra en los oceanos pero bajo esa forma no es utilizado por plantas ni animales El nitrogeno esta tambien presente en los oceanos como componente de la materia organica, en contrandose en las aguas oceanicas niveles de 0,1 a 10 ug at/l

Los compuestos que se encuentran en los ambientes mari nos y que pueden ser utilizados directamente por los organis mos son las formas oxidadas de nitrogeno como son los nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3) y las reducidas como es el amonio NH_4

La cantidad de nitrato contenido en el agua de mar oscila entre 0 1 43 µg at/l en los niveles oceanicos inferiores, y en los niveles neriticos inferiores y bentonicos entre 1 600 µg at/l y los valores de nitritos en los niveles oceanicos inferiores entre 0 01 3 5 µg at/l, y los niveles bentonicos y neriticos superior 0 1 50 µg at/l

Las cantidades de amonio raramente exceden los 5 u mol/dm ^{3} en agua descontaminada y oxigenada, pero en fondos anoxicos como en el Mar Negro la cantidad de nitrogeno a la forma de amonio puede ser alto 100 u mol/dm ^{3}

La mayoria de las algas pueden utilizar NO_3, NO_2 o NH_4^+ como fuentes de nitrogeno, aunque algunos flagelados, especialmente los euglonidos no pueden crecer cuando solo existen cualquiera de los dos primeros compuestos El nitrito no es tan abundante en las aguas naturales como las formas de nitrogeno fijado, y en efecto puede ser toxico si aparece a los ni veles que normalmente se utilizan en los medios de cultivo

Las algas pueden utilizar nitrogeno organico, particular mente urea En general las algas prefieren el amonio (NH_4) que el nitrato (NO_3) Concentraciones de NH_4^+ sobre 0,5 a 1 0 u moles/l inhiben la absorcion de NO_3 Las algas probablemente conservan energia al utilizar el NH_4^+ debido a que el NO_3 debe ser reducido por las celulas hasta amonio antes de incorporarla en los aminoacidos

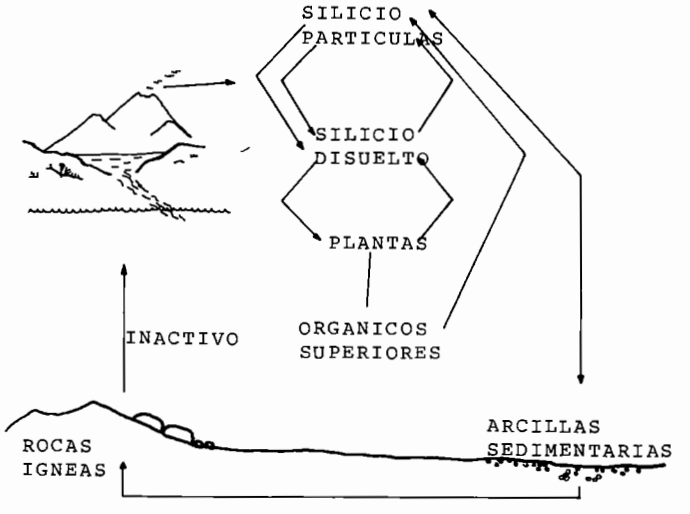


FIG 106 Ciclo del silicio El silicio es liberado de los sedimentos terrestres y marinos Los sedimentos marinos se convierten en varios sustratos terrestres a partir de los cuales la erosion lleva el silicio de regreso a los oceanos El agua de mar posee silicio tanto en forma de particulas como disuelto que puede inter convertirse Las plantas utilizan el silicio disuelto y lo liberan y a su vez los ani males pueden alimentarse de ellas y liberan dicho elemento en forma de particu las (Dawes C J 1986)

4 2 *Silicio*

Este elemento es critico para la formacion de la pared celular de las diatomeas, que forman el grupo de mayor importancia del fi toplancton de los oceanos Este elemento puede encontrarse a concentraciones de casi 0 a 0 05 mg/l en aguas pelagicas cristali nas Debido a que se encuentra por lo comun formando parte de particulas de arcilla, la mayoria de las aguas nerlticas tienen altos niveles de este elemento, especialmente en la forma no di suelta de SiO_2 o bien disuelto en forma de $Si(OH_4)$ El ciclo de si licio (Fig 106) puede dividirse en las pozas activas e inactivas El intemperismo de las rocas igneas produce arcillas de silicio y silicio disuelto que son llevados al mar por los rios El silicio en particulas o el que esta disuelto aparecen en el oceano y son in tercambiables El silicio disuelto es absorbido por las plantas, es pecialmente por las diatomeas, y liberado una vez que estas mueren Debido a que el zooplancton y los organismos supe riores se alimentan de las diatomeas y a su vez mueren, el silicio disuelto vuelve a ser liberado El silicio en particulas puede sedi mentarse en los sedimentos del oceano formando arcillas que pueden incorporarse a las rocas igneas

El metodo para determinar los niveles de las formas so lubles del silicio utiliza la reaccion del acido ortosilicico (H_4SIO_4) con el molibdato para formar la molecula del acido silicomolib denico 1 12 La absordancia del producto de color amarillo in tenso o, despues de su reduccion con P metilaminofenolsulfato (Metol) del producto intensamente azul (azul de molibdeno), puede medirse con un espectrofotometro

4 3 *Fosforo*

Esta presente en el agua de mar a la forma de aniones $H_2 PO_4^{-1}$ y HPO_4^{-2} en concentraciones que van de 0 0003 ug at/l en la superficie y de 0 09 ug at/l en las aguas mas profundas Estos valores varian debido a que el fosforo presenta marcadas fluctuaciones estacionales en disponibilidad (Fig 107)

El ortofosfato PO_4^{-3} es la unica fuente importante de fosforo inorganico para las algas, aunque la mayoria obtienen dicho elemento a partir de fosfatos organicos Por ejemplo, el glicerofosfato se utiliza en los medios de cultivo Las fosfatasas alcalinas y acidas, limitadas por membranas, hidrolizan estos compuestos para liberar PO_4^{-3}, el cual es utilizado por la celula En

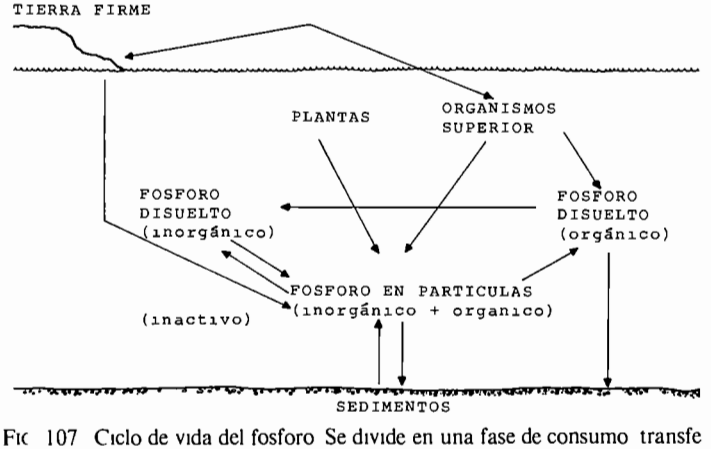


FIG 107 Ciclo de vida del fosforo Se divide en una fase de consumo transferencia y consumo o concentracion por el organismo La fuente original de fosforo es el suelo en la forma de fosforo organico e inorganico El fosforo disuelto en el agua de mar es organico e inorganico Las plantas aprovechan el fosforo una vez convertido a fosforo inorganico Asi el fosforo puede incorporarse a los organismos superiores La descomposicion de las plantas y organismos superiores y la excrecion pueden liberar fosforo organico el cual puede precipitarse Tambien se puede liberar fosforo en particulas a partir del sedimento Debido a que los animales terrestres se alimentan de los organismos marinos y a la muerte de los primeros y a las plantas en el mar parte del fosforo se pierde u obtiene directamente del suelo (Dawes C J 1986)

condiciones de deficiencia de este compuesto, la actividad de la fosfatasa alcalina aumenta dramaticamente (de 10 a 100 veces) Esto constituye una estrategia adaptativa evidente ante la limitacion de P La mayoria de las algas almacena el exceso de PO_4^{-3} como polifosfato en granulos citoplasmaticos de 30 a 500 um de diametro (Marshall, 1987) El polifosfato actua como reservorio de P, disminuyendo en las celulas como funcion de la tasa de crecimiento limitada por fosforo en forma muy similar a como disminuye la cuota celular total de este elemento

4 4 *Importancia de los Nutrientes*

La disponibilidad de nutrientes es indudablemente uno de los factores primarios que regulan la biologia de las algas Evidentemente, todas las algas no son identicas en sus requerimientos cualitativos y cuantitativos de nutrientes La disponibilidad de nutrientes ha sido mostrada como un factor que limita la tasa de crecimiento y productividad, y, en algunos casos, puede controlar el contenido bioquimico, reproduccion, desarrollo, morfologia y distribucion de las algas

Las algas marinas, tienen estrategias para adaptarse a la baja de nutrientes o a las fluctuaciones de ellos Bajo condiciones de defleccion de nutrientes algunas algas pueden alterar su morfologia e incrementar el area de su superficie, para incorporar nutrientes

Otras algas como *Lessonia nigrescens* han desarrollado fuertes discos de fijacion y una morfologia resistente, lo cual le permite vivir en zonas de rompiente, comparativamente rica en nutrientes Muchas algas tienen desarrollado el sistema de transporte y enzima, lo cual le facilita a ellos utilizar en forma alternativa distintas formas de un mismo elemento (ejemplo NH_4^+, NO_3, NO_2 y nitrogeno organico), lo que le da a ellos una ventaja competitiva sobre otras algas que carecen de esta capacidad

El hombre que desea iniciar actividades de cultivo requiere elegir lugares que cumplan condiciones bioticas y abioticas adecuadas para lo que desea cultivar Por esto, resulta de vital im

portancia conocer cual es la disponibilidad de nutrientes con que se cuenta en el lugar elegido para así poder emprender una actividad con exito

5 9 *Salinidad*

La salinidad se define como la cantidad total en gramos de material solido contenido en 1 kilogramo de agua de mar, cuando todo el bromo y el yodo ha sido reemplazado por una cantidad equivalente de cloro, todo el carbonato convertido a oxido, toda la materia organica oxidada a 480°C Esta usualmente expresado en partes por mil La salinidad normal de los oceanos varia entre 34 35 ‰ En la Tabla VIII se presentan las principales sales y iones presentes en el agua de mar (Tabla VIII)

TABLA VIII Contenido de las principales sales y iones en el agua de mar de salinidad 34 32‰

MATERIAL	GRAMOS POR KILOGRAMO DE AGUA DE MAR	PORCENTAJES TOTAL DE SAL POR PESO
Cloro (Cl^-)	18 980	55 04
Sodio (Na^+)	10 556	30 61
Sulfato (SO_4^{--})	2 649	7 68
Manganesio (Mg^{++})	1 272	3 69
Calcio (Ca^{++})	0 400	1 16
Potasio (K^+)	0 380	1 10
Bicarbonato (HCO_3^-)	0 140	0 41
Bromo (Br^-)	0 065	0 19
Acido Borico (H_3BO_3)	0 026	0 07
Estroncio (Sr^{++})	0 013	0 04
Fluor (F^-)	0 001	0 00

Los metodos utilizados para la determinacion de la salinidad son los siguientes medicion de la conductividad, refraccion y densidad, clorinidad y procedimiento de Knudsen (Fig 108)

5 1 *Medicion de la conductividad*

Una forma de medir la salinidad del agua de mar es aprovechan

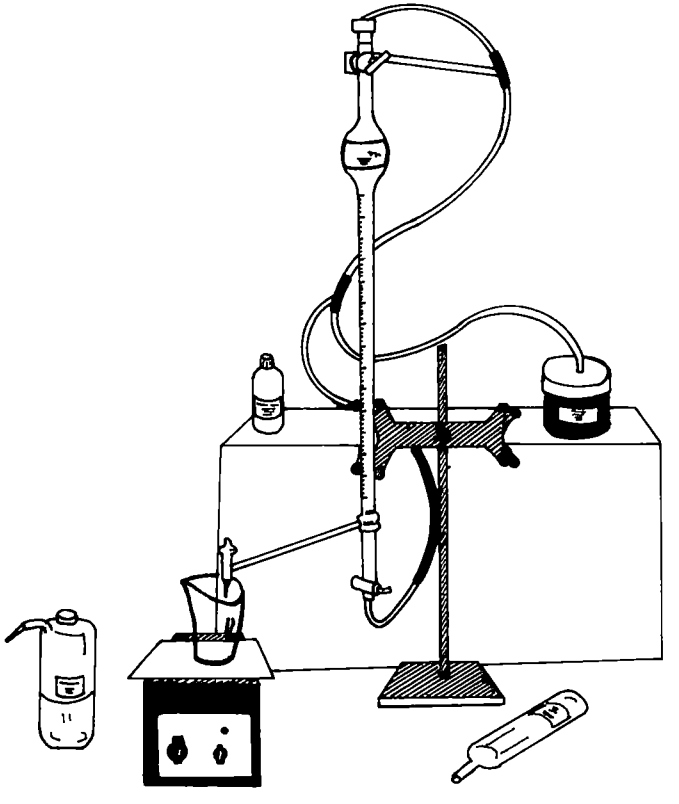
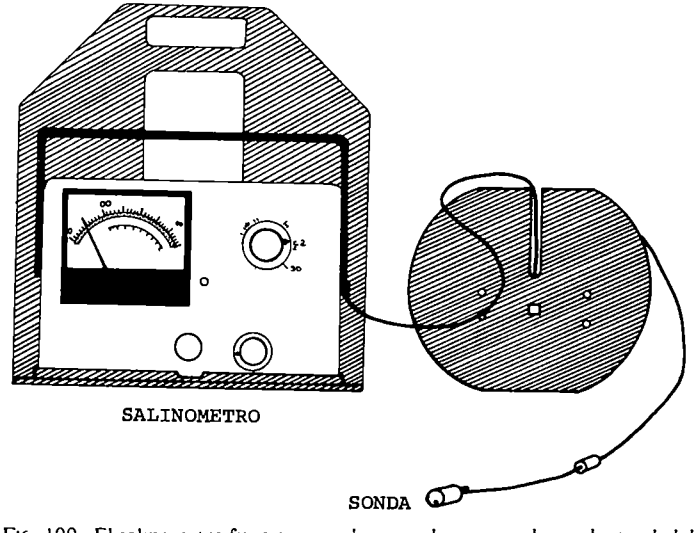


FIG 108 Dispositivo de titulacion de Knudsen La titulacion de cloro utilizando nitrato de plata es el metodo mas preciso para determinar la salinidad La probeta de Knudsen se calibra despues de los primeros 19 ml (notese la protuberancia de la parte de arriba) Un soporte estandar de luz blanca es importante Se utiliza cromato de potasio como indicador (Dawes C J 1986)

do la propiedad conductora de la electricidad que tiene el agua de mar Asi mientras mas sal se encuentra disuelta en el agua de mar mayor es la corriente que pasa a traves de un puente electrico (Puente de Wheatston) (Fig 109) Debido a que la can tidad de corriente que circula depende de la temperatura, enton ces es necesario ajustar la temperatura del salinometro con la de la muestra El medidor debe calibrarse con agua de mar stan dard de salinidad conocida La relacion entre conductividad y clorinidad del agua de mar se puede determinar de la ecuacion siguiente



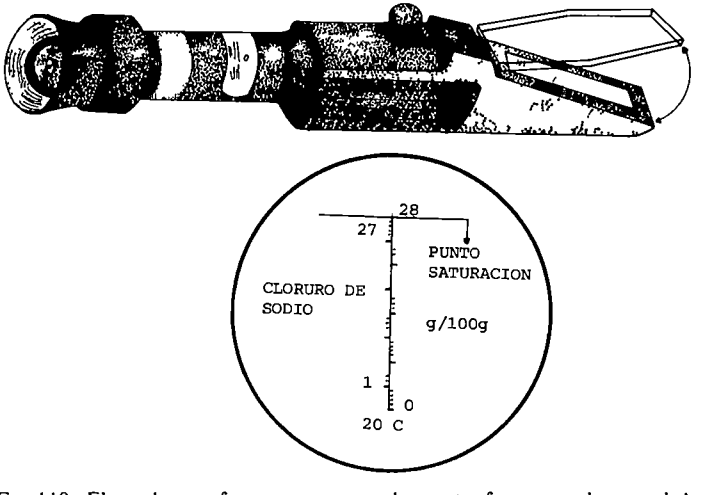
FIC 109 El salinometro funciona con base en el principio de conductividad de sal en agua y debe corregirse primero para determinar la temperatura del agua La sonda es un puente de Wheatstone a traves del cual se mide corriente

$$Cl(ppm) = -0\,7324\,R$$

Donde R es la propiedad de la conductividad electrica de una determinada muestra con respecto a otra de salinidad = 35 par tes por mil, estando ambas muestras a 1 atm y 15°C

5 2 *Medicion de la Refraccion*

Utilizando las propiedades refractrarias de la luz al pasar a tra ves de un medio de menor densidad como es el aire a uno de ma yor densidad, agua de mar, permite medir la salinidad midiendo el angulo de refraccion de la luz que pasa a traves de una delga da pelicula de agua de mar y luego en una prisma de cristal La refraccion de la luz a traves del agua destilada y luego a traves del prisma de vidrio puede calibrarse hasta 1,0, toda la lectura de la luz a traves del agua de salinidades diversas sera mayor (Fig 110)



FIC 110 El uso de un refractometro manual permite efectuar mediciones de la salinidad en el campo o el laboratorio mediante la medicion de la refraccion de la luz en agua

Determinando el indice de refraccion de la muestra desco nocida, utilizando para ello un refractometro, podemos determi nar una pendiente de calibracion

$$\text{pendiente de calibracion} = \frac{\text{lectura de la salinidad estandar} - \text{lectura del agua destilada}}{\text{Salinidad standar (conocida)}}$$

y finalmente la salinidad a partir de

$$\text{Salinidad} = \frac{\text{lectura muestra desconocida} - \text{lectura agua destilada}}{\text{pendiente de calibracion}}$$

5 3 *Medicion de la densidad*

Midiendo la densidad es posible determinar la salinidad Para determinar la densidad se utiliza hidrometros y picnometros El metodo volumetrico utilizado por el picnometro consiste en que al peso conocido del frasco volumetrico que es el picnometro, se le agrega un litro de agua de mar a una temperatura y presion estandar

El picnometro se pesa, y la diferencia entre el peso de 1 litro de agua destilada y 1 litro de agua de mar es el contenido de sal El hidrometro es un flotador que indica la gravedad especifica de una solucion, posteriormente en condiciones estandar de temperatura y presion la salinidad puede calcularse

5 4 *Importancia de la salinidad*

La variacion de la salinidad en diferentes profundidades del mar puede determinar tambien que la distribucion de algunas algas alcance solo a determinados lugares

Hay especies que crecen en zona de alta salinidad y otras en condiciones de salinidad baja

La salinidad del agua de mar determina la presion osmotica En agua normal la presion osmotica alcanza 25 Atm

La sensibilidad de varias especies de algas a bajas o altas salinidades varia grandemente y tiene gran importancia en la sobrevivencia y distribucion de las algas

La tasa fotosintetica puede disminuir en caso de que la salinidad sea muy baja, pero en algas como *Enteromorpha* esto no ocurre Esta alga soporta grandes variaciones de salinidad sin que su tasa fotosintetica se vea afectada Sin embargo en la mayoria de los casos la disminucion de la salinidad causa incrementos en la tasa de respiracion y disminucion en la tasa fotosintetica

Para el cultivador es importante conocer los limites de tolerancia de la planta que desea cultivar No cualquier ambiente seria adecuado para ser utilizado

Gracilaria sp es una especie que tiene la capacidad de soportar amplios rangos de salinidades, lo cual le ha permitido colonizar lugares que otras algas del mismo grupo de las Rodofitas no podrian colonizar

Es tan variado el tipo de habitat que puede ocupar que para el cultivador le ha sido relativamente facil su manejo

VII

Manejo Ecológico de los Cultivos

10 Relaciones Ecológicas entre Macroalgas y Organismos Marinos

La trama intrincada de relaciones que pueden existir entre organismos de una comunidad natural o artificial como lo son los cultivos, pueden esquematizarse en tres tipos generales Relaciones de dependencia o interdependencia, relaciones de nutrición y relaciones de antagonismo

En macroalgas, cuando se observa una mancha de algas filamentosas que crece sobre la cubierta calcarea de invertebrados costeros, como sucede con algas tales como *Polysiphonia*, *Gelidium* y *Ceramium* que tapizan densas agregaciones de cirripedios o mitilidos, se tiene un ejemplo de una relacion de interdependencia En ella la poblacion de algas depende del sustrato que les ofrecen las conchas de los invertebrados y estos a su vez reciben beneficios de la proteccion contra la desecacion que sufrirían en periodos de alta insolacion coincidentes con bajas mareas

Una relacion de dependencia de una especie con respecto a otra la constituyen las especies de algas pequeñas que crecen sobre el sustrato y bajo el efecto de sombreo que les ofrece el dosel de grandes algas pardas como *Macrocystis* o *Lessonia* En este caso las especies de ejemplares pequeños estan adaptadas a vivir en condiciones de baja iluminacion y la desaparicion de la poblacion de feofitas producira su muerte debido a las mayores intensidades luminosas a que se ven expuestas

Un tercer ejemplo muy comun de observar es aquel en el cual los beneficiados son los pequeños invertebrados tales como poliquetos, anfipodos, isopodos, etc , que viven entre el tapiz de algas que cubren las rocas del intermareal En este caso los animales se benefician de la proteccion que las algas les ofrecen tanto para evadir a sus predadores como para evitar la desecacion con las bajas mareas

Un caso extremo de interdependencia se produce en la intima asociacion de un alga (cianoficea o cloroficea) con hongos conformando organismos de amplia distribucion llamados liquenes, que funcionan como una clase mas de vegetales En esta simbiosis el hongo absorbe la humedad y los materiales nutritivos de origen organico, en tanto que el alga sintetiza los hidratos de carbono necesarios para los dos miembros de esta asociacion

Las relaciones de nutricion se ejemplifican en la accion de los herbivoros y parasitos sobre algas En estos casos los tejidos del alga son consumidos por los animales, llegando incluso a la

extinción cuando la presion de herbivoria es muy intensa, o la planta disminuye su tasa de crecimiento al absorber el parasito sus sustancias nutritivas Los principales organismos parasitos de algas son del tipo de las bacterias, hongos o incluso otras al gas En estos terminos puede decirse que el parasito vive a ex pensas del interes (extrae sustancias nutritivas del alga, sin con sumirla en modo apreciable), en cambio el herbivoro o predador acaba con el capital (llega a consumir totalmente al alga)

Con respecto a las relaciones de antagonismo, estas se pro ducen cuando cierto compuesto toxico sintetizado por el complejo metabolico de un organismo causa la muerte de otro organismo al entrar en contacto intimo con dicha toxina, o dis minuye su densidad en las proximidades El ejemplo mas dra matico lo constituye la formacion de las mareas rojas que causan la muerte de peces e incluso del hombre

Estas consisten en subitos florecimientos de ciertas especies de dinoflagelados planctonicos, tales como algunas especies de *Gonyaulax*, *Amphidinium*, *Peridinium* Este florecimiento es provocado por condiciones ambientales optimas de temperatu ra, regimen de vientos y nutrientes Normalmente estos organis mos elaboran toxicos del tipo conocido como "saxitoxinas", pe ro como habitualmente se encuentran en bajas concentraciones en el mar, ellos no resultan letales para otros organismos

Cuando por causas ambientales aumenta en forma notable la concentracion de los dinoflagelados llegando a ocasionar el cambio de coloracion natural de las aguas, la toxina producida por ellos alcanza concentraciones letales y se produce paralisis respiratoria en peces, en otros vertebrados marinos e incluso causa la muerte al hombre al ingerir alimentos (como moluscos filtradores) contaminados con esta toxina

Efectos de antagonismos en macroalgas se han comenzado a estudiar en los ultimos 10 años, pero dichos estudios aun no son concluyentes en relacion a la real importancia que ellos tienen como causa efecto en la distribucion, reproduccion o cre cimiento de macroalgas

2 0 *Parasitismo y Epifitismo en Algas Comerciales*

Asi como el parasito de un alga es aquel organismo que se nutre directamente de las sustancias metabolicas elaboradas por las celulas del huesped, el epifito es aquel que emplea la superficie del talo del alga solo como sustrato para su adherencia, siendo tanto su alimentacion o absorcion, aportada por el medio am biente Ambos tipos de asociacion tienen importancia en la eco logia de las macroalgas en general y en la economia de las algas comerciales en particular

2 1 *Parasitismo*

Existe una amplia variedad de organismos que parasitan a macroalgas, los cuales preferentemente incluyen bacterias, hon gos y algas de los grupos Chlorophyta y Rhodophyta

Por ejemplo, en los ficocultivos de algas pardas del genero *Laminaria* en China, una bacteria saprofitica del genero *Micro coccus* es la responsable de la malformacion de las fases iniciales del desarrollo de las esporas de verano de estas algas, lo que se traduce en una accion patogena debido a la reduccion de sulfa tos a sulfuros Otras bacterias llamadas alginoliticas son respon sables de la descomposicion de acido alginico en estas mismas especies El ataque de este tipo de bacterias ha significado que en algunas ocasiones todo el stock de esporas en germinacion, de algunas granjas marinas de cultivo, se pierde con el consi guiente trastorno economico

En el hemisferio norte se han encontrado bacterias en agallas desarrolladas en la carragenofita *Chondrus* y la conocida "putrefaccion negra" encontrada en *Macrocystis* y en otros huiros como *Pelagophycus* y *Egregia* seria causada por una bac teria o un virus aun desconocido La enfermedad se manifiesta como pequeñas lesiones oscuras en el talo y hojas del huiro, las cuales se desprenden a medida que avanza la infección En la

costa del Pacifico norte de U S A puede causar un altisimo por centaje de perdidas durante las cosechas de verano en pobla ciones fuertemente afectadas

Entre los hongos, los llamados mohos acuaticos son tam bien importantes agentes patogenos de algas comerciales Asi, por ejemplo, la grave infeccion de especies de *Porphyra* en Ja pon y conocida como "putrefaccion roja" es causada por el hon go *Phytium porphyrae* El parasito provoca lesiones circulares en la fase foliosa de *Porphyra*, mediante la penetracion de sus hifas a traves de la pared celular de la planta, causando el colap so de las celulas con el consiguiente daño a las actividades de porfiricultura Otros hongos del genero *Phycomelaina* causan manchas negras en los estipes del huiro del hemisferio norte *La minaria*

Recientemente, en Chile, investigadores de la Universidad Austral de Chile han reportado la infeccion de un hongo Plas midiophorales en el cochayuyo *Durvillaea antarctica* en locali dades de las provincias de Valdivia y Concepcion El hongo pro voca la hipertrofia de las capas corticales profundas tanto en las laminas (cochayuyo) como en el estipe (ulte), ello causa el debili tamiento de las frondas y su ruptura merced al oleaje La forma externa de la infeccion asemeja a una "agalla" o "callosidad" de diametro maximo de aproximadamente 10 cm Las plantas afec tadas por esta infeccion no son aptas para la comercializacion de exportacion Por otra parte en el mercado artesanal local y la V Region los extractores de cochayuyo, destinado al consumo local, eliminan la zona infectada de la fronda antes del proceso de secado Esto es debido a que los compradores rechazan el producto que presenta tales agallas

2 2 *Epifitismo*

Los epifitos son considerados, en sentido amplio, como aquellas plantas o animales generalmente de pequeño tamaño, que utili zan como sustrato de adherencia el talo de otra especie de alga llamada basófita, la cual generalmente es de tamaño mayor Es ta relacion excluye por lo tanto, a los parasitos, en los cuales, co mo se menciono anteriormente, estos, ademas de utilizar el huesped como sustrato, usan las sustancias nutritivas elabora das por este Cuando el epifitismo es muy fuerte la relacion epifito basofita puede interferir en forma drasica en el creci miento de esta ultima Por otra parte desde el punto de vista economico, el epifitismo puede afectar notablemente la produc cion cuando la basofita es de interes comercial En este caso, un florecimiento excesivo por parte de los epifitos, ademas de bajar la produccion por la disminucion de la tasa de crecimiento, oca siona adicionalmente un deterioro del stock al aumentar el por centaje de impurezas del recurso

En general todas las especies de importancia comercial pre sentan en diversos grados el desarrollo de epifitos, siendo las es pecies de *Gracilaria* ("Pelillo"), *Iridaea ciliata* ("Luga") y *Gigarti na chamissoi* ("Chicorea") las que con mayor frecuencia sufren este ataque, constituyendo verdaderas plagas cuando el ataque es severo

2 2 1 *Relacion basofita epifito vegetal*

Hay tres tipos basicos de relaciones anatomicas entre los siste mas de fijacion del epifito vegetal al basofito

i) Fijacion mediante mucilago

Este tipo esta representado por el epifitismo de ciertas cianofitas bentonicas (*Dermocarpa* sobre *Polysiphonia*) y diato meas bentonicas, cuyas celulas se fijan en forma individual me diante mucilago o en colonias que secretan una vaina comun de mucilago y en este caso es toda la colonia la que crece sobre la basofita en forma agregada En este ultimo caso se conoce como "chocolate" la proliferacion densa de la especie pennada *Amphipleura rutilans* sobre *Gracilaria* Estas colonias forman largos filamentos de hasta 20 cm de largo con numerosos pseudorramificaciones que les hacen asemejarse a formas macroscopicas de feofitas del orden Ectocarpales (Fig 111)

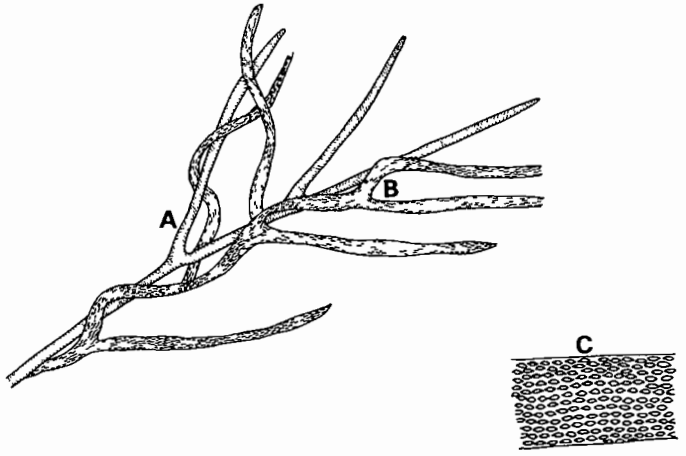


FIG 111 B) *Amphipleura rutilans* epifita sobre A) *Gracilaria* C) Aumento de la colonia de diatomeas

ii) Fijacion superficial del organo de fijacion

Esta forma de relacion basofita epifita consiste en que los organos de fijacion de la epifita se adhieren a la superficie del talo de la basofita sin penetrar en los tejidos de esta, esta forma de epifitismo corresponde a la adherencia de los sistemas de fijacion de *Ulva* y *Enteromorpha* sobre *Gracilaria* (Fig 112) y al modo de adhesion de los filamentos rizoidales de *Giffordia* y *Ectocarpus* sobre *Gracilaria* (Fig 113)

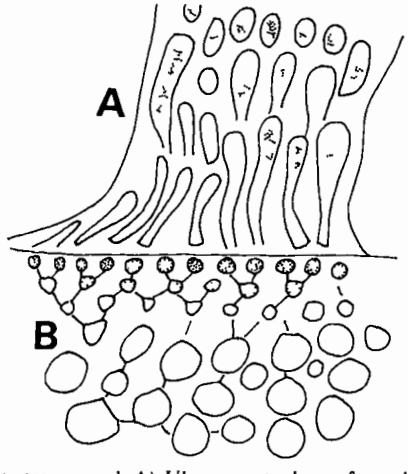


FIG 112 Corte transversal A) *Ulva nematoidea* epifita sobre B) *Gracilaria*

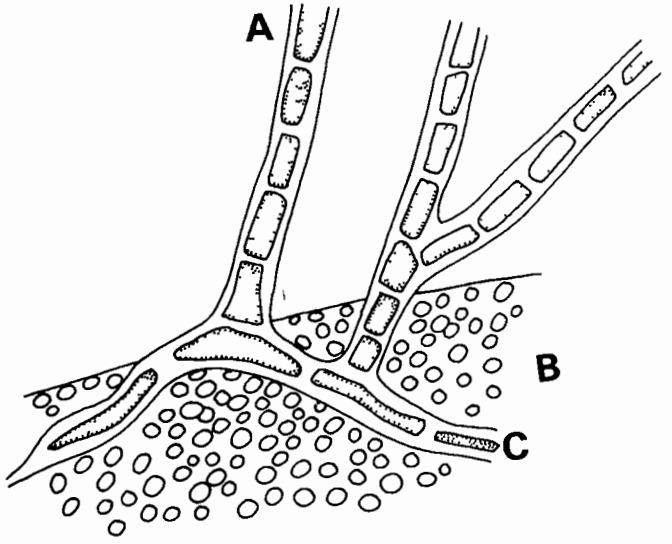


FIG 113 A) *Ectocarpus* epifita sobre B) *Gracilaria* C) Rizoide interno

iii) Fijacion con penetracion de rizoides en la basofita

En esta forma de fijacion, el sistema rizoidal de adherencia de la epifita penetra los tejidos de la basofita y se observa comunmente en el epifitismo de *Ceramium* sobre *Gigartina*, *Iridaea* y *Gracilaria* (Fig 114) Este ultimo caso es bien conocido en Chile y en el cual los rizoides de *Ceramium* atraviesan las capas corticales de *Gracilaria* hasta la medula, donde ocasionan la desorganizacion del tejido, con lo cual se debilita la resistencia a la traccion del talo de la basofita y se produce su ruptura por corrientes o marejadas acentuadas

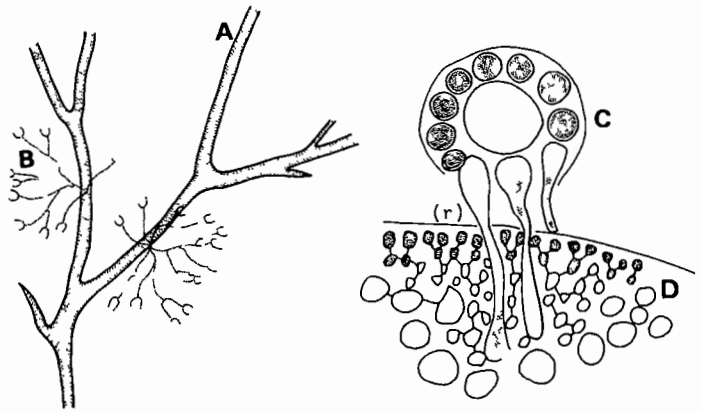


FIG 114 *Ceramium* epifita sobre *Gracilaria* A Habito de *Gracilaria* B Habi to de *Ceramium* C Corte transversal de *Ceramium* (r) Rizoides de *Ceramium* y (b) Corte transversal de *Gracilaria*

2 2 2 *Relaciones basofita animales epifitos*

El tipo de epifitismo de animales sobre algas adopta basicamen te 2 casos comunes i) el uso de la basofita como sustrato para la deposicion de huevos e ii) el uso de la basofita para la adheren cia de larvas en los ultimos estadios de la metamorfosis

El primer caso esta ilustrado por la postura de huevos de rayas y pequeños tiburones litorales ("pintarroja") sobre la feofi cea *Lessonia trabeculata* (Fig 115) Los huevos se encuentran encapsulados en una cubierta coriacea muy consistente, de for ma rectangular y en cuyas esquinas se desarrollan prolonga ciones finas que a modo de zarcillos se enrollan en los estipes del alga hasta la eclosion del huevo En otro caso, el pejerrey de mar deposita en los talos de *Gracilaria* agregaciones de huevos esfericos inmersos en una masa de mucilago (Fig 116) En estos casos y tratandose de algas comerciales, esta forma de epifitis mo no es relevante como daño para efectos comerciales, ya que las depositaciones de masas de huevos son estacionales y de es casa importancia Lo contrario ocurre cuando densas agrega ciones de post larvas de invertebrados bentonicos, tales como

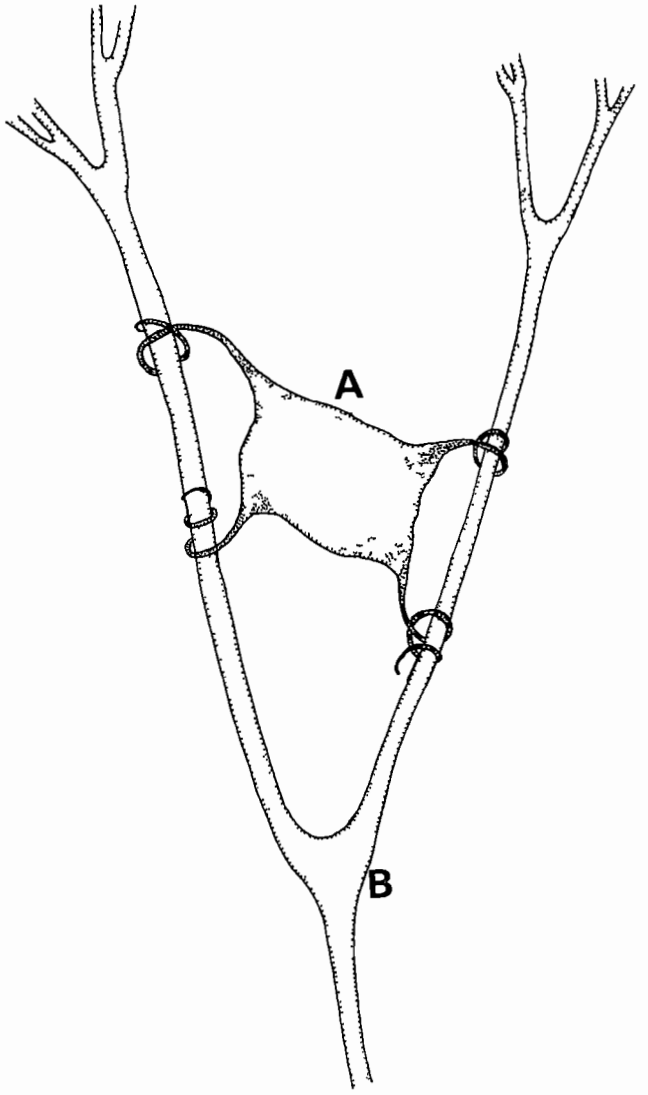


FIG 115 A) Capsulas de huevo de pinta roja epifita sobre B) *Lessonia trabe culata*

moluscos bivalvos, usan el sustrato proporcionado por los talos del alga y continuan su crecimiento sobre ella

El caso mas dramatico lo constituyo la severa invasion del pequeño bivalvo *Gaimardia bahamondei* (10 mm de largo) sobre la poblacion comercial de *Gracilaria* de Isla Santa Maria en la VIII Region, en la cual extensas areas de la pradera se vieron afectadas deteriorando en gran medida su produccion (junto con una fuerte presion de sobreexplotacion) entre los años 1976 1983 El animal se adhiere en estados juveniles a los talos de *Gracilaria* por medio de los filamentos del biso y completa todo su ciclo de vida como epifito Similar accion puede ser ocasionada por otras especies de bivalvos, como *Choromytilus chorus* (choro zapato) y *Semimytilus algosus*

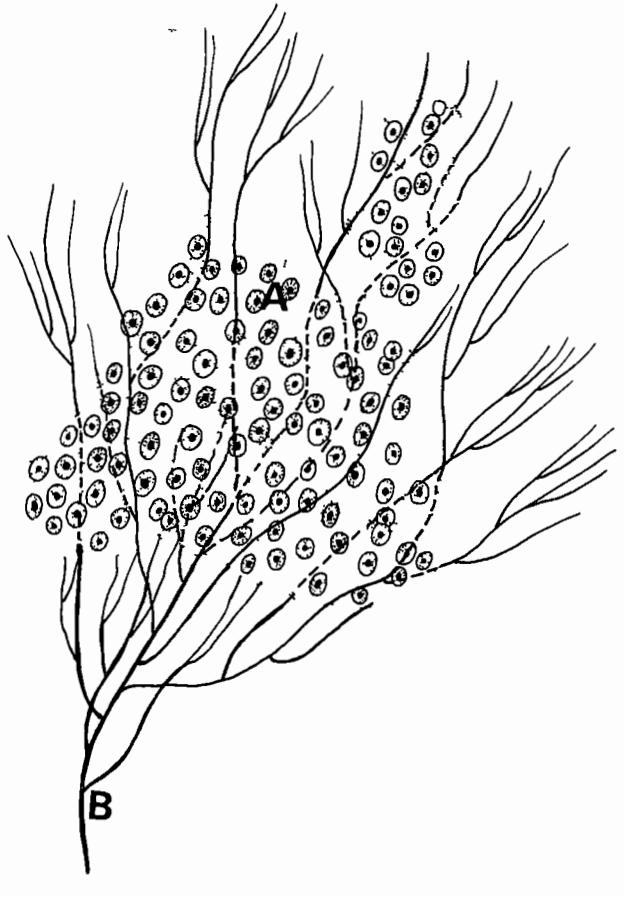


FIG 116 A) Huevos de pejerrey epifito sobre B) *Gracilaria*

2 2 3 *Posibles formas de manejo en una poblacion epifitada*

Existe escasa documentacion sobre los mecanismos que desencadenan los procesos de epifitismo en poblaciones de algas recursos, pero en general estos parecen coincidir con algunas condiciones ambientales caracteristicas

En primer lugar las areas de fuerte epifitismo en las praderas de *Gracilaria* se caracterizan por i) ambientes de aguas someras cercanas al borde costero de la poblacion y por lo tanto con altos niveles de insolacion y posiblemente con mayor temperatura y ii) ambientes de aguas tranquilas, en las cuales la circulacion de agua entre los talos es muy baja Si ello se une al aporte de nutrientes apropiado para el establecimiento y desarrollo de epifitos, se tiene un ambiente con todas las caracteristicas abioticas optimas para el desencadenamiento de la plaga En los casos de epifitos de caracter animal, debe incluirse a aquellas areas que en las cercanias sostengan una poblacion reproductiva (v g moluscos bivalvos) y con abundante alimento para sus larvas El epifitismo (en el caso de las algas) parece ser un proceso estacional, caracterizado por una aparicion explosiva o acentuacion del fenomeno en las estaciones de primavera y verano y disminuyendo hacia otoño invierno

Ante estas consideraciones y faltando aun un conocimiento suficiente para controlar el epifitismo en areas cultivadas o naturales, es recomendable parcelar la pradera y monitorear mensualmente cada parcela, de manera de llegar a predecir en el tiempo la aparicion de los epifitos, asi como tambien su importancia cuantitativa Las areas mayormente afectadas deberian ser cosechadas con mayor frecuencia, de manera tal de disminuir el sustrato disponible para la plaga

En cultivos a gran escala en piletas costeras el limitante mas serio para el crecimiento de *Gracilaria* lo constituye el epifitismo Este se ve favorecido por la elevada insolacion, alta temperatura y sobre todo por el escaso movimiento de agua que en general es posible promover en dichos estanques En estos casos los lugares con escaso movimiento de agua promueven el explosivo crecimiento de *Enteromorpha* spp , quien compite por los nutrientes con *Gracilaria* reduciendo en forma drastica su tasa de crecimiento y empobreciendo su calidad por exceso de impurezas En estos casos la condicion primordial para el exito en el cultivo es asegurar un activo intercambio de agua, ya sea mediante bombeo de agua de mar o mediante diseños de las piletas que aprovechan la energia del agua impulsada por las corrientes de mareas

3 0 *Herbivoría y Competencia*

Al igual que el parasitismo y epifitismo, estos dos procesos definen, desde el punto de vista de las interrelaciones biologicas, el mayor o menor exito de predominio de una poblacion de algas en general y la productividad, en terminos economicos, de una especie de interes comercial en particular

La herbivoria es un proceso de alimentacion de animales en base a tejidos vegetales y va desde una relacion herbivoro alimento tan estrecha, como es la que se da entre *Scurria scurra*, un pequeño molusco que se alimenta de *Lessonia nigrescens*, hasta la visita regular de herbivoros a los mantos de algas a ciertas horas del dia para consumir el alimento y vuelta al refugio en grietas durante el periodo de reposo, como lo hace el pez herbivoro *Prolatylus punctatus* (jerguilla) con *Lessonia trabeculata* en el submareal de la costa de la region central

3 1 *Herbivoria sobre Gracilaria*

Se tienen pocos antecedentes sobre esta interaccion Algunos casos de fuerte herbivoria se han detectado en la region norte de Chile En areas de cultivo de la zona de Caldera se ha reportado una sostenida accion de herbivoria de *Prolatylus* sobre *Gracilaria* y su control se ha basado en la diaria caza activa del pez por parte de los sistemas de manejo de las praderas

En la misma area y en sistemas de cultivo experimental muy cercano a areas de fondo rocoso, la accion del caracol herbivoro *Tegula* diezmo en forma casi instantanea plantaciones iniciales de *Gracilaria* Por otra parte, en zonas intermareales rocosas, de la VIII Region, este tipo de organismos asi como tambien anfipodos del genero *Hyale* han evidenciado una activa herbivoria sobre el mismo recurso En general, aparte de los ejemplos mencionados, aparentemente la accion de los herbivoros de las praderas comerciales de *Gracilaria* es poco efectiva debido principalmente a dos factores En primer lugar los habitats constituidos por fondos de arena fango presentan escasa densidad de herbivoros y por otra parte la alta tasa de crecimiento del alga disminuiria esta accion

3 2 *Competencia*

La competencia entre dos o mas especies se entiende por la utilizacion de cada una de estas entidades de los recursos ambientales del habitat en que coexisten La especie que presente la mejor eficiencia en la utilizacion de un recurso prosperara en mejor forma que las menos habiles Esta interaccion puede llegar al extremo del dominio total de la especie exitosa y la desaparicion del resto de las competidoras Los recursos por los cuales existe una marcada competencia entre especies de algas son recursos de caracter abiotico como sustrato, iluminacion y nutrientes

En las poblaciones de *Gracilaria* de tipo psadmofilas existe poca interferencia con otras especies en comparacion con lo que sucede con especies epilíticas *Gracilaria* al haber conquistado en forma efectiva sustrato arenoso fangoso (sustrato no apto para la gran mayoria de otras especies de algas) solo presenta interferencia fuerte por *Ulva* sp en la epoca de proliferacion de esta

y al desprenderse del sustrato rocoso Las corrientes transportan importantes stocks de *Ulva* a la deriva, la que se instala sobre extensas areas de la poblacion de *Gracilaria*

En estas condiciones *Ulva* que presenta una tasa de crecimiento muy elevada, interfiere con *Gracilaria* en el aporte de radiacion solar y compite activamente por la utilizacion de nutrientes El resultado es generalmente una baja drastica en el crecimiento de *Gracilaria* El proceso termina cuando la accion de corrientes fuertes o marejadas producen la varazon de *Ulva* en la costa, liberando asi a *Gracilaria* de su competidor

Otro ejemplo notable de interferencia lo presenta una especie filiforme de *Desmarestia spp* sobre *Gracilaria* de Isla Rocuant en Bahia Concepcion Durante los años 1975 1976 la pradera de *Gracilaria* se vio invadida por la proliferacion explosiva de la feofita justamente en la epoca de maxima biomasa poblacional de la pradera (diciembre, enero), produciendo un drastico descenso de biomasa de la agarofita (Fig 117) En este caso se presume que el excesivo crecimiento de *Desmarestia* redujo los niveles de iluminacion o el aporte de nutrientes Esta interaccion tiene el efecto adicional que al cosechar ambas algas es imposible separar *Desmarestia* El acido sulfurico exudado por esta ultima produce la hidrolisis del agar agar de *Gracilaria*, deteriorando totalmente la cosecha en el lapso de un par de horas

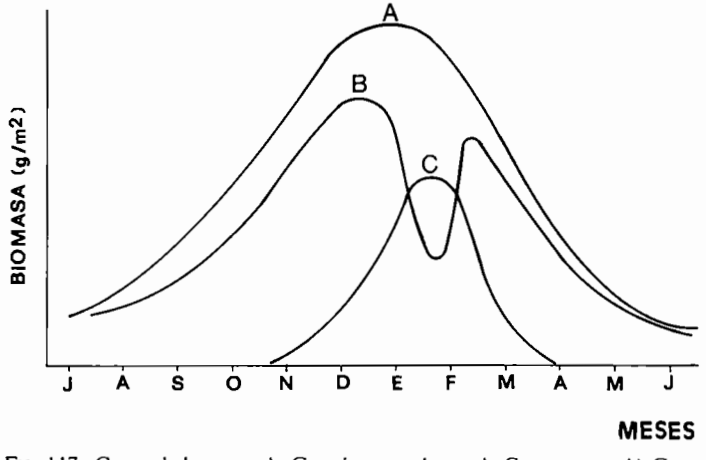


FIG 117 Curva de biomasa de *Gracilaria* en el area de Concepcion A) *Gracilaria* sin interferencia de *Desmarestia* Bahia Coliumo B) *Gracilaria* con interferencia de C) *Desmarestia*

4 0 *Distribución Espacial Interpoblacional*

La distribucion espacial hacia el interior de las praderas se observa como un mosaico conformado por agrupaciones de talos de forma y tamaño irregulares Esta distribucion no es constante a lo largo del año y va cambiando mensualmente

Este comportamiento del patron de distribucion espacial tendria su explicacion en los siguientes factores

i) Poda natural, con frecuencia aperiodica pro marejadas en sectores donde se ha producido acumulación de biomasa, debido a un acelerado crecimiento previo

ii) Competencia preferencial por la luz en agrupaciones de talos con distinta densidad

iii) Movimiento de sustrato blando provocando embancamientos y desembancamientos de talos, lo que determina diferencias en el crecimiento en distintos sectores de la pradera y

iv) Presion de cosecha no uniforme en la pradera

En areas estuarinas el proceso de cambio en la densidad de los manchones de *Gracilaria* es un poco mas lento que en poblaciones marinas debido a las condiciones mas constantes de baja turbulencia del estuario En estos casos, el factor mas importante lo constituyen los procesos de embancamientos por sedimentos del rio

4 1 *Efectos Geograficos en la Produccion de Gracilaria*

El ciclo de produccion de *Gracilaria* en ambientes marinos protegidos del oleaje en la zona norte (II V Region) se caracteriza por mantener niveles de biomasa con escasas fluctuaciones estacionales de tipo natural (Fig 118) La ausencia de un periodo de invierno con grandes temporales permite la mantencion de las plantas durante todo el año, y los buenos niveles de iluminacion y posiblemente de nutrientes, promueven un activo y sostenido crecimiento Las pequeñas fluctuaciones de biomasa son producto principalmente de marejadillas

En las regiones central sur, especialmente en las areas tipicamente marinas de la VIII Region, la curva de biomasa es notablemente estacional con minimos durante invierno y maximos notables durante fines de primavera y verano El decrecimiento de la biomasa en invierno es debido a la intensa remocion de plantas durante la epoca de los temporales y el alza en los niveles durante primavera y verano se debe a una menor frecuencia de marejadas y altos niveles de nutrientes e iluminacion

En las areas estuarinas las poblaciones del centro sur se comportan de manera similar a las praderas marinas, pero las diferencias de biomasa entre invierno y verano son menores debido a la ausencia de oleaje fuerte durante el invierno, producto de la situacion mas protegida de los estuarios

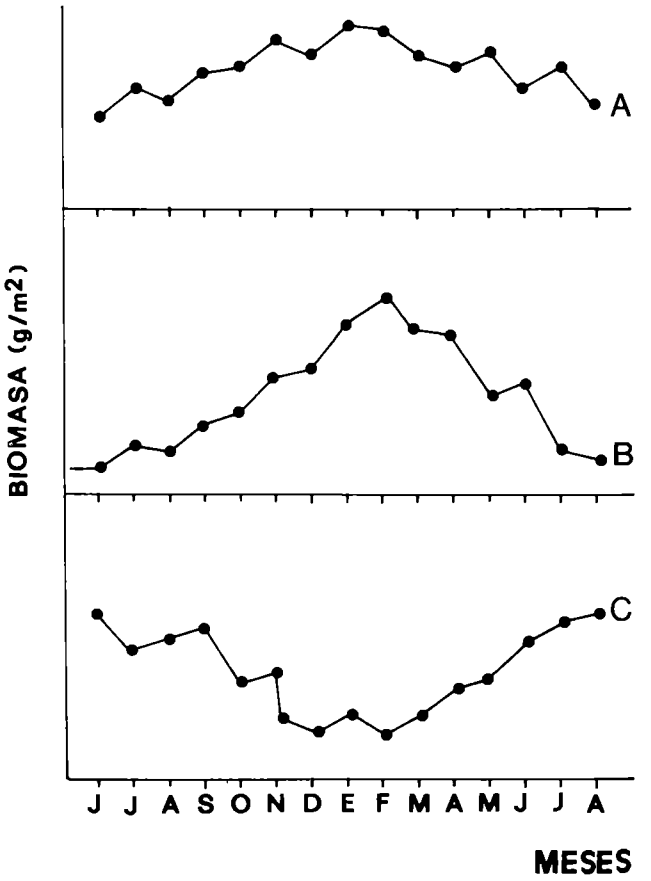


FIG 118 Fluctuaciones de biomasa en praderas de *Gracilaria* de las A) zona norte B) zona central VIII Region y C) zona sur con acentuada cosecha en el periodo de verano

VIII

Factores Antrópicos

En los procesos de extraccion, cultivo y destino de recursos exis te la posibilidad de producir interferencia en los sistemas de pro duccion natural con efectos nefastos, en las areas productivas

En el item *extraccion de recursos*, las consecuencias gene ralizadas han sido la sobreexplotacion de poblaciones En la ma yoria de los casos las normas tendientes a una racionalizacion de la extracion llegan demasiado tarde La recuperacion de poblaciones sobreexplotadas tarda años o a veces no se logra ni en el corto ni en el largo plazo

Recuperaciones destacables se han logrado sin embargo en praderas de *Gracilaria*, gracias al esfuerzo, coordinacion y parti cipación colectiva y ordenada de un numero elevado de perso nas Otros sectores no han tenido exito por carencia de los fac tores recien señalados

En el termino *extraccion* es necesario detenerse y señalar que hay una serie de factores involucrados en el La eficacia de las artes de pesca, el esfuerzo aplicado y el tiempo destinado a la extraccion unido a la capacidad de almacenaje y elaboracion, son componentes que influiran directamente en los montos extraidos La existencia de una elevada demanda en el area de extracción y precio del recurso pueden indicarse como factores decisivos de sobreexplotacion

El avance tecnico e industrializacion en otras areas produc tivas, transporte y comercio maritimo e incremento en desechos humanos vertidos al mar, han generado areas sobrecontamina das, procesos que por lo general ocurren en sectores restringidos y cerrados, con bajo dinamismo y en donde los procesos de autodepuracion estan retardados o son muy lentos Son estos sectores los que generalmente reunen las condiciones bioticas minimas o necesarias para la extraccion o cultivo de recursos con mayores posibilidades de exito Paralelamente sin embargo, son tambien los lugares en donde el impacto antropico es mas drastico y perdurable

En el item transporte maritimo los procesos de contamina cion por petroleo, aceite, residuos y basura proveniente de em barcaciones pesqueras artesanales, industriales o grandes barcos de transporte son cada dia de mayor envergadura Impactos ocasionales, pero de alta eficacia, son los derrames y accidentes por malas maniobras maritimas En este caso la recuperacion de los sectores influidos por el desastre es lenta y con fuertes impli cancias en poblaciones de recursos intermareales y submareales con desmedro fuerte de sistema productivos, alteracion del paisaje e impacto en actividades recreativas

Efectos antropicos destacables tienen su origen en fuentes

industriales de alta capacidad instalada en riberas marinas o relacionadas a cursos de agua continental y cuyos efectos se dejan sentir en la costa en el corto y largo plazo con resultados siempre nefastos Se hace un llamado de atencion especial al respecto, ya que la efectividad en el uso adecuado de areas y poblaciones marinas, la obtencion y aprovechamiento de recursos sanos y limpios, son la carta de presentacion que asegura estabilidad, crecimiento y desarrollo existoso de actividades productivas en el mar

Al respecto cabe señalar que una legislacion adecuada, clara y aplicable debe ser tambien necesariamente el punto de apoyo sobre el cual se estructure con justicia todo el proceso productivo en el sector Esto implica, sin embargo, capacidad para legislar bien y aplicar la ley correctamente

La iniciacion y proyeccion de actividades productivas antropicas en micro y macrosectores marinos esta basada en gran medida en la seguridad que otorga la ley Ello permitira la preparacion de personal capacitado, la reunion y uso de informacion pertinente, iniciar el uso de recursos marinos, incentivar sus cultivos o diversificar las lineas productivas

Orden en el uso de areas y recursos permite, indudablemente, incremento en la produccion, mejor aprovechamiento de los sectores geograficos, incremento en las utilidades, estabilidad y desarrollo de comunidades ribereñas, pero desgraciadamente tambien incremento del impacto antropico en el area Todos estos aspectos deben estar considerados claramente antes de iniciar actividades en el rubro

La utilizacion y manejo adecuado de recursos vivos y ambientales es sin duda el primer paso para lograr desarrollo Sin embargo existen otros componentes del sistema que constituyen premisas importantes a considerar

En la mayoria de los casos, las comunidades costeras basan su subsistencia en uno o dos items importantes, situacion cambiante y riesgosa toda vez que en muchas ocasiones la captura, especialmente de peces, suele tener fuertes variaciones Sistemas de cultivos pueden tambien verse seriamente amenazados por condiciones ambientales adversas o por procesos de contaminacion (salmones, ostras)

Es necesario entonces considerar como premisa importante que la diversificacion en el uso de recursos es una norma altamente recomendable Este predicamento no establece *necesariamente* tener policultivos en un mismo sector marino, sino mas bien lograr planificadamente un uso ordenado y diversificado de recursos, lo cual no excluye ni espacio ni procedencia del mismo La disponibilidad de recursos, su captura, elaboracion y procesos de distribucion implica considerar infraestructura y tecnologia adecuadas, las cuales mientras menos impacto ambiental tengan, mientras respeten principios basicos y se mantengan en funcionamiento eficaz, con poco gasto de energia, sera un sistema productivo estructurado sobre claros principios ecologicos

La existencia y uso adecuado de recursos, la aplicacion de las mejores tecnologias tienen un objetivo importante relacionados con los beneficios que reciben grupos sociales estructurados adecuadamente con fuerte sentido de responsabilidad productiva

Aspectos relacionados con salud, educacion, prevision, vivienda y en general bienestar familiar, es la meta final para lograr un verdadero desarrollo de las comunidades ribereñas Especialistas en las areas social y economica deben complementar el aporte de cientificos y tecnicos La consolidacion de niveles de coordinacion *ad hoc* facilitara enormemente el camino para el logro de un desarrollo integrado del grupo social

Anexo

Metodologias

(Extraido de Guias de Cursos Universidad de Concepcion)

COMPUESTO DEL NITROGENO

I *Determinacion del Nitrato Reactivo*

Un continuo balance de intercambio de nitrogeno entre los organismos residentes y su ambiente es esencial para la continuidad de la vida en el mar

La mayor parte del nitrogeno combinado presente en el mar se halla en forma de nitratos

Los principales metodos para la determinacion de nitratos en el agua de mar estan basados en la reduccion de nitrito*

El rango de nitratos en el agua de mar generalmente de 0 0060 ug at/l El metodo descrito por STRICKLAND y PARSON (1968) (basado en Morris y Riley, 1963) incluye el uso de cloruro de amonio (GRASSHOFF, 1964) y columnas de cadmio cobre (WOOD, ARMSTRONG y RICHARDS, 1967)

El metodo descrito a continuacion fue propuesto por STRICKLAND y PARSONS (1968), con ligeras modificaciones

1 *FUNDAMENTO*

El nitrato de agua de mar es reducido cuantitativamente a nitrito cuando la muestra pasa a traves de una columna que contiene amalgama de cadmio y virutas de cobre metalico en laminas El nitrito asi producido es determinado por diazotacion con sulfanilamida y copulacion con N (l naftil) etilendiamina para dar un tinte azo altamente coloreado, cuya extincion es medida

* — Reduccion heterogenea de nitratos o nitritos con zinc (segun Nelson y Kuttz y Bray 1964)
— Reduccion de nitrato o nitrito con hidracina en solucion buffer (pH 9 6) con presencia iones Ca como catalizadores (Mullin y Riley 1955)
— Reducción con polvo de zinc (Chow y Johnson 1962)

2 *EQUIPO Y APARATOS ESPECIALES*

Son necesarios

a) columnas de reduccion
b) Erlenmeyer de 125 ml
c) pipetas automaticas de 2 0 y 1 0 ml
d) probetas de 100 ml
e) espectrofotometro
f) set de material volumetrico clase A

3 *TOMA DE MUESTRA Y SU ALMACENAMIENTO*

Se toma 150 ml de muestra en una botella de PVC a partir de un muestreador de agua Las muestras son estables por muchas horas, si son guardadas frias y en la oscuridad, pero es preferible que los analisis no demoren mas de 12 horas Si se piensa guardarlas por mayor tiempo, las muestras deberan ser congeladas a 20°C

4 *REACTIVOS*

4 1 *Solucion concentrada de cloruro de amonio*

Se disuelve 175 gr de cloruro de amonio (p a) en 500 ml de agua destilada y se guarda en una botella de vidrio o de polietileno

4 2 *Solucion diluida de cloruro de amonio*

Se diluye 50 ml de la solucion concentrada de cloruro de amonio a 2000 ml con agua destilada y se guarda en una botella de vidrio o de polietileno

4 3 *Sulfanilamida*

Se pesa 5 gr de sulfanilamida y se disuelve en una mezcla de 50 ml de HCl concentrado y 300 ml aproxima damente de agua destilada Luego se completa a 500 ml con agua destilada La solucion es estable por muchos me ses

4 4 *N (l naftil) etilendiamina*

Se pesa 0 5 gr del compuesto de $C_{10}H_7NH$ $CH_2CH_2NH_2$ 2HCl y se disuelve en 500 ml de agua desti lada libre de nitritos La solucion sera guardada en un bo tella ambar y renovada cuando aparezca un color pardo fuerte

4 5 *Preparacion de las columnas de cadmio*

Son preparados de la siguiente manera

a) Se lima finamente el metal cadmio y se selecciona la fraccion que pasa la malla de 2 mm y que es la retenida en otra malla de 0 5 mm Existe un producto Merck de Cd especial para cargar columnas Sin embargo, este debe seguir el tratamien to desde b)
b) Se toma aproximadamente 300 gr de metal cadmio (esta cantidad es suficiente para 6 columnas) y se lava brevemente con una solucion de HCl al 1%, luego se trata con una solu cion de sulfato de cobre pentahidratado (Cu $SO_4 5H_2O$) al 2% p/v hasta que empiece a formarse particulas de cobre se micoloidales en el liquido sobrenadante
c) Se lava con abundante agua destilada (por lo menos 10 veces), hasta que este libre de cobre coloidal
d) El fondo de la columna reductora (Fig 9) se pone un poco de

lana de vidrio y luego se agregan pequeños trozos de cobre laminado Se llena la columna con una solucion diluida de cloruro de amonio

e) Se carga la columna con los granulos de cadmio preparado (Fig 10) y se lava la columna con solucion diluida de cloruro de amonio

f) Se regula el flujo de la muestra El flujo de una muestra de 100 ml a traves de la columna debe demorar de 10 12 minutos Si el flujo demora menos de 8 minutos, sera necesario agregar mas cobre a la base o disminuir la salida del liquido Si el flujo demora mas de 12 minutos, debera quitarse cobre en la base de la columna

g) Se agrega lana de vidrio al extremo superior de la columna

h) Antes de la calibracion y reduccion de las muestras, las columnas deberan activarse pasando a traves de ella 1 litro de agua que contiene aproximadamente una concentracion de 20 ug/at/l de nitritos

i) Cuando no se usan las columnas ellas deberan dejarse en solucion diluida de cloruro de amonio en cantidades suficientes que cubra el metal

j) Las columnas deberan ser regeneradas cuando su eficiencia es reducida, en la siguiente forma se vacia el contenido de las columnas en un vaso y se lava con una solucion diluida de acido nitrico 1% v/v, luego con una solucion de HCl al 1%, y finalmente se lava con abundante agua destilada Enseguida se seca a 60°C aproximadamente Luego se procede en la forma descrita anteriormente para la preparacion de las columnas

5 *PROCEDIMIENTO DE ANALISIS*

5 1 Se toma 100 ml de agua de mar y se vierte a un Erlenmeyer, luego se agrega 2 0 ml de solucion concentrada de cloruro de amonio

5 2 Se pone la muestra en la columna reductora

5 3 En el Erlenmeyer se reciben los primeros 40 ml de la muestra, los cuales son desechados dejando tan seco como sea posible el Erlenmeyer

5 4 En el mismo Erlenmeyer se colectan los subsiguientes 50 ml de muestra

5 5 Tan pronto como sea posible se le añade 1 0 ml de reactivo sulfanilamida y se mezcla bien Luego se deja por espacio de 2 a 8 minutos

5 6 Se añade 1 0 ml de N (l naftil) etilendiamina y se agita

5 7 Se espera 10 minutos para que la solucion logre su maxima intensidad de color, el cual es estable por lo menos 2 horas

5 8 Se mide la extincion de la muestra a una longitud de onda de 543 nm usando un espectrofotometro y celda de 1 0 cm Si la extincion es mas grande que 1 25 (ca 30 ug at N/L), se mide en celda de 0 5 cm o se toma 25 0 ml de la solucion con una pipeta volumetrica y se vacia a un Erlenmeyer y luego se le añade 25 0 ml de agua destilada Se mezcla bien y se mide su extincion, doblando este valor en la formula que ha de emplearse mas abajo Si la extincion es menor que 0 1 con celda 1 0 cm, se debe repetir la lectura usando celda de 10 0 cm Para extincion de 0 1 a 0 2 con celda de 1 0 cm es conveniente usar celda de 5 0 cm

5 9 Se corrige la extincion medida por sustraccion del reactivo en blanco (usando celda de 1 0, 5 0 o 10 0 cm respectivamente)

5 10 Para obtener la concentracion de N NO_3 en umol l^{-1} dividida la extincion corregida de cada muestra por la pendiente de la curva de calibracion de la columna usada, y reste la N NO_2 umol/l de la muestra

6 *DETERMINACION DEL BLANCO*

6 1 *Blanco celda a celda*

Cuando ambas celdas (la de muestra y la de referencia) son llenadas con agua destilada la extincion de las dos celdas debe ser 0 000 sin embargo, debido a ligeros defectos opticos pueden encontrarse valores ligeramente positivos o negativos Este valor debe ser sustraido de la extincion de las muestras

El agua destilada de la celda debera ser cambiada todos los dias ya que puede resultar una marcada turbidez si esta permanece por un largo tiempo

6 2 *Blanco de Reactivo*

El reactivo en blanco cuando se usa celda de 1 0 cm es casi insignificante pero debera ser chequeado ocasionalmente en cambiò si se usa celda de 10 0 es muy importante

Se lleva a cabo como en el metodo descrito, usando 100 ml de agua destilada libre de nitratos (si el agua destilada contiene nitratos sera necesario redestilarla, agregandole una pequeña cantidad de permanganato alcalino) en lugar de agua de mar Se corrige la extincion resultante por la celda en blanco y no debera exceder de 0,1, usando celda de 10 0 cm

6 3 *Blanco de Turbidez*

Si la concentracion de nitratos es baja y se usa celda de 10 0 cm, el blanco de turbidez sera determinado y si su extincion es apreciable, las muestras deberan ser filtradas antes del analisis

En nuestro laboratorio las muestras para nutrientes son filtradas en 0 45 um, evitando asi corregir el blanco de turbidez

7 *CALIBRACIÓN*

7 1 *Agua de mar sintetica*

Se disuelve 310 gr de cloruro de sodio (NaCl), 100 gr de sulfato de magnesio ($MgSO_4$ $7H_2O$) y 0 50 gr de bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) en 10 litros de agua destilada

7 2 *Solucion stock*

Se disuelve 0,5100 gr de Nitrato de Potasio anhidro (p a) en 1000 ml de agua destilada, usando un matraz graduado La solucion es estable indefinidamente en la ausencia de la evaporacion

Concentracion 5000 umol NO_3 ^{2} l^1

7 3 *Solucion de trabajo*

Se diluye 10,0 ml de la solucion de Stock de Nitrato en 250 ml con agua de mar sintetica Esta solucion debera ser guardada en botella oscura y sera preparada inmediatamente antes de su uso

Concentracion 200 umol NO_3 l^1 = 0,2 umol NO_3 ml^1

7 4 *Preparacion de estandares*

A partir de la solucion de trabajo y usando agua de mar sintetica, deben realizarse las diluciones necesarias

para que presumiblemente dentro del rango estimado caigan las concentraciones de las muestras a analizar

Por ejemplo

1 ml sol de trabajo diluya a 100 ml = 2 umol N NO_3 l^{-1}
2 ml sol de trabajo diluya a 100 ml = 4 umol N NO_3 l^{-1}
5 ml sol de trabajo diluya a 100 ml = 10 umol N NO_3 l^{-1}
10 ml sol de trabajo diluya a 100 ml = 20 umol N NO_3 l^{-1}
15 ml sol de trabajo diluya a 100 ml = 30 umol N NO_3 l^{-1}

Observacion Prepare los estandares elegidos por triplicado
Trate cada uno como se indica en el punto 5 (procedimiento de analisis), construya la curva de calibracion para cada columna y determine el valor de cada una de sus pendientes

7 5 *Procedimiento de chequeo de columnas*

Previo al analisis de un grupo de muestras es necesario chequear el funcionamiento de las columnas Para ello prepare en triplicado un estandar que contenga por ejemplo 20 umol N NO_3 y proceda como en el punto 5 Si este valor es significativamente diferente del obtenido al hacer la curva de calibracion, proceda a reactivar la columna

NOTA

— El uso continuo de las limaduras de amalgama de cadmio puede ocasionar una progresiva desactivacion del reductor, debido posiblemente a la formacion de una capa de hidroxido de cadmio o carbonato de cadmio

La presencia de una pequeña cantidad de cloruro de amonio cambia el pH del agua de mar haciendola algo acida, el cual evita desactivar las columnas

— El volumen del flujo a traves de la columna para su lavado no debe ser menor de 40 ml

— Por el metodo descrito alrededor del 93% del nitrato es reducido a nitrito Los cambios de temperatura no tienen efecto entre 10° y 35°C

— No es necesario lavar las columnas entre muestras pero si permanece sin uso por varias horas sera necesario lavarlas con 50 ml de solucion diluida de cloruro de amonio

— Cantidades superiores a 2 mg S^{2} L^{1} se ha dicho que no interfiere en el metodo descrito, sin embargo repetidos analisis pueden desactivar las columnas debido a la formacion de sulfuro de cadmio

II *Determinacion del Nitrito Reactivo*

En el ciclo de nitrogeno en el agua de mar, el estudio de los nitritos es muy util porque ocupa una posicion intermedia entre el amoniaco y nitrato Como los estados de oxidacion del nitrogeno se encuentran en equilibrio, la concentracion de los nitritos puede servir como un indicador de la inestabilidad del sistema

La concentracion de los nitritos en el agua de mar varia generalmente desde 0 00 4 0 ug at/L como nitrito nitrogeno
En areas biologicamente productivas han sido observadas concentraciones de nitritos mayores que 9 0 ug at/L
Los metodos para la determinacion de los nitritos en el agua de mar dependen de la diazotacion de un compuesto amino, seguido por una reaccion de copulacion para dar un tinte azo Los mas usados son el acido sulfanilico y el alfa naftilamina, para sensibilidades extremas puede usarse el sulfanilamida y N (l naftil) etilendiamina biclorhidrato La discrepancia en los resultados de los metodos se debe a las variaciones en los reactivos y en el procedimiento

1 *FUNDAMENTO*

Por este metodo el nitrito del agua de mar se hace reac cionar con una amina aromatica, sulfanilamida en solucion aci da El compuesto diazo resultante se hace reaccionar con N (l naftil) etilendiamina y forma un tinte azo altamente colore ado, cuya intensidad es proporcional a la concentracion de nitri tos presente Luego se mide la extincion de la muestra a una longitud de onda de 543 nm , usando un espectrofotometro y celda de 10 cm de paso optico

2 *EQUIPO Y APARATOS ESPECIALES*

Son necesarios

— Botellas de 100 ml
— Erlenmeyer de 125 ml
— Probetas de 50 ml
— Pipetas automaticas de 1 0 ml
— Espectrofotometro
— Set de material volumetrico clase A

3 *TOMA DE MUESTRA Y SU ALMACENAMIENTO*

La probeta de 50 ml y el Erlenmeyer de 125 ml usados para la determinacion deben ser lavados dos veces con la muestra y luego se toman 50 ml de muestra en el Erlenmeyer Las muestras son estables en luz tenue por muchas horas a tempera tura del laboratorio, pero los analisis no deberan ser demorados mas de 5 a 10 horas Las muestras deberan ser congeladas si se piensa guardarlas por un tiempo, pero no es recomendable Para trabajos de alta precision en areas cercanas a la costa se separa una muestra de 30 ml de muestra para la medida de la turbidez

4 *REACTIVOS*

4 1 *Sulfanilamida*

Se pesa 5 gr de sulfanilamida y se disuelve en una mezcla de 50 ml de HCl concentrado y 300 ml aproxima damente de agua destilada Luego se completa a 500 ml con agua destilada La solucion es estable por muchos me ses

4 2 *N (1 naftil) etilendiamina*

Se pesa 0 5 gr del compuesto $C_{10}H_7$ NH $CH_2CH_2NH_2$2HCl y se disuelve en 500 ml de agua desti lada libre y nitritos La solucion sera guardada en una bo tella ambar en frio y renovada cuando aparezca un color pardo fuerte

5 *PROCEDIMIENTO DE ANALISIS*

Las muestras deberan ser tratadas con los reactivos tan pronto como sea posible

5 1 Se toma 50 ml de muestra de agua de mar y se vacia a un Erlenmeyer de 125 ml

5 2 Se agrega 1 0 ml del reactivo sulfanilamida y se mezcla bien Luego se deja por espacio de 2 a 8 minutos

5 3 Se añade 1 0 ml de N (1 naftil) etilendiamina y se agita

5 4 Se espera 10 minutos para que la solucion logre su maxi ma intensidad de color, el cual es estable por lo menos 2 horas

5 5 Se mide la extincion de la muestra a una longitud de onda

de 543 nm, usando un espectrofotometro y celda de 10 cm

5 6 Se corrige la extincion medida por sustraccion de la turbi dez y el reactivo en blanco

5 7 Para obtener la concentracion de N NO_2 en umol l^{-1} divi da la extincion corregida de cada muestra por la pendiente de la curva de calibracion

6 *DETERMINACIÓN DEL BLANCO*

6 1 *Blanco celda a celda*

Cuando ambas celdas (de la muestra y celda de refe rencia) son llenadas con agua destilada, la extincion de las dos celdas debe ser 0 000 Sin embargo, debido a ligeros defectos opticos pueden encontrarse valores ligeramente positivos o negativos Este valor debe ser sustraido de la extincion de las muestras

El agua destilada en la celda de referencia debera ser cambiada todos los dias, ya que puede presentar una mar cada turbidez si permanece por un largo tiempo

6 2 *Blanco de Reactivos*

Se lleva a cabo como se indica en el punto 5, usando agua destilada libre de nitritos en lugar de agua de mar

El reactivo en blanco no debera exceder de 0 03 El origen de este blanco es oscuro y parece producirse cuan do ambos reactivos son mezclados, cambiando algo de dia a dia Debera ser determinado para cada grupo de muestras, por duplicado

6 3 *Blanco de Turbidez*

La turbidez de las aguas cercanas a la costa puede lle gar a tener una apreciable fraccion de la extincion total, la cual raramente excede de 0 03 en determinaciones de nitritos El blanco de turbidez sera determinado en muestras de superficie y a 10 m de profundidad en cada lanzamiento Luego se mide progresivamente a mas gran des profundidades hasta que el valor llegue a ser apre ciablemente constante Este valor (generalmente menor que 0 01 debajo de 25 m en aguas lejos de la costa) es aproximadamente igual al blanco de celda a celda y puede ser ligeramente negativo

El blanco de turbidez sera medido, tomando 30 ml de muestra de agua de mar, a la cual se le agrega 1 0 ml de re activo de sulfanilamida

7 *CALIBRACIÓN*

7 1 *Solucion stock*

Se pesa 0 345 gr de nitrito de sodio, secado pre viamente a 110°C, se disuelve en agua destilada libre de nitrito y se completa a 1000 ml en un matraz aforado Se agrega 1 ml de cloroformo como preservativo, el cual ase gura una estabilidad de por lo menos de uno a dos meses

La solucion debera ser guardada en una botella oscu ra

Esta solucion contiene 5000 umol N NO_2 l^{-1}

7 2 *Solucion de trabajo*

Se mide 10 0 ml de la solucion de trabajo y se disuel ve en agua destilada libre de nitritos y luego se completa a 1 000 ml en un matraz aforado

Esta solucion contiene 50 umol N NO_2 l^{-1}

7 3 *Preparacion de estandares*

A partir de la solucion de trabajo y usando agua destilada deben realizarse las diluciones necesarias, para que presumiblemente dentro del rango estimado caigan las concentraciones de las muestras a analizar

Por ejemplo

1 ml solucion de trabajo diluye a 100 ml = 0 5 umol N NO_2 l^{-1}
2 ml solucion de trabajo diluye a 100 ml = 1 0 umol N NO_2 l^{-1}
3 ml solucion de trabajo diluye a 100 ml = 1 5 umol N NO_2 l^{-1}
4 ml solucion de trabajo diluye a 100 ml = 2 0 umol N NO_2 l^{-1}
5 ml solucion de trabajo diluye a 100 ml = 2 5 umol N NO_2 l^{-1}

Prepare los estandares por triplicado, trate a cada uno como se indica en el punto 5 (procedimiento de analisis) Construya la curva de calibracion y determine el valor de la pendiente

Previo al analisis de un grupo de muestra debe realizarse una nueva curva de calibracion

NOTA

— Este metodo no es afectado apreciablemente por la salinidad ni por pequeños cambios en la concentracion de los reactivos, en el volumen o por la temperatura Sin embargo, se recomienda mantener la temperatura en el rango de 15° a 25°C No es necesario medir exactamente 50 ml de muestra, pero si debe estar entre 45 ml y 55 ml

— La reaccion de diazotacion requiere 2 minutos No debe dejarse por mas de 8 minutos

— Para el desarrollo completo del color es necesario 10 minutos El color permanece constante por lo menos dos horas

— Con este metodo la Ley de Lambert Beer se cumple hasta los 10 umol N NO_2 l^{-1}

III *Determinacion del Ion Amonio*

El ion amonio (NH_4^+) es una de las formas reducidas de los compuestos del nitrogeno En condiciones oxigenadas el amonio proviene principalmente de la descomposicion biologica del detritus o bien de la eliminacion metabolica de los organismos marinos

Este compuesto es altamente inestable a pH del agua de mar, de tal manera que rapidamente pasa a nitrito y finalmente a nitrato En condiciones anoxicas los compuestos del nitrogeno como nitratos y nitritos tienden a reducirse hasta llegar a amonio

El contenido de amonio en la zona epipelagica de los oceanos es de 0 0 umol l^{-1} a 3 umol l^{-1}, pudiendo en algunos casos llegar a mas de 15 umol l^{-1} en zonas costeras con altos aportes de desechos organicos, o masas de agua de bajo contenido de oxigeno y con largos periodos de residencia

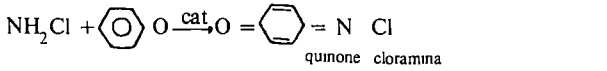
1 *FUNDAMENTO*

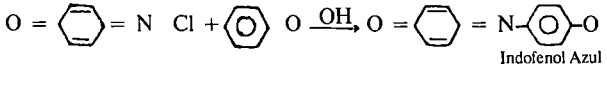
El metodo aqui entregado esta basado en el metodo del indofenol azul, usado por numerosos investigadores (i e Riley, 1953, Solorzano, 1969, Strickland & Parsons, 1972 y Koroleff, 1972)

La muestra es tratada en un medio alcalino tamponado con citrato, con hipoclorito de sodio o con 1 3 acido dicloro cianurico y fenol, utilizando nitroprusiato de sodio como catalizador

El mecanismo de reaccion propuesto por Berthelot es

$$NH_3 + OCL \longrightarrow NH_2\,CL_{(cloramina)}$$





La coloracion producida es proporcional a la concentra cion de amonio de la muestra

Se lee en un espectrofotometro en el pick maxima absor ción 630 nm en celda de 100 mm

Rango de Sensibilidad 0 05 35 mol N $NH_4^+ l^{-1}$

2 *EQUIPOS Y APARATOS ESPECIALES*

— frascos con tapa de 100 ml
— espectrofotometro
— celdas de 10 o 1 cm
— dosificadores para 1 ml
— buretas
— agitadores magneticos
— set de pipetas volumetricas clase A

3 *TOMA DE MUESTRA Y ALMACENAMIENTO*

Es conveniente tomar la muestra para analisis de amonio junto con la muestra de los otros nutrientes y refrigerar hasta que pueda ser realizado el analisis

Si las muestras no pueden ser refrigeradas, es conve niente analizar la muestra de inmediato y especialmente si son colectados en lugares de alta productividad

Se ha probado preservar las muestras agregando aci do, pero esto lleva a errores al neutralizar, en el momento del analisis

No es conveniente filtrar la muestra, ya que es muy dificil obtener filtros libres de amonio Una alternativa podria ser la centrifugacion

4 *REACTIVOS*

4 1 *Agua destilada libre de amonio*

Es dificil obtener agua completamente libre de amo nio, un procedimiento seria a un litro de agua destilada agregar 15 ml de NaOH 0 5 N y 1 g de $K_2S_2O_8$ hervir du rante 10 minutos y destilar hasta que reste 150 ml

Puede usarse tambien agua destilada y desionizada y chequear antes de la aplicacion

4 2 *Agua natural de mar*

Si no se obtuvo agua libre de amonio por el procedi miento anterior, puede usarse agua natural de mar colec tada durante un bloom fitoplanctonico y filtrada a traves de un filtro de fibra de vidrio o cuarzo

Se debe guardar en un recipiente tapado

4 3 *Solucion de hidroxido de sodio 0 5 N*

Disuelva 20 g de NaOH (p a) en agua libre de amo nio y diluir a 1000 ml

Almacene en botella de polietileno tapada

4 4 *Solucion de fenol*

Disuelva 38 g de fenol (C_6H_5OH) y 400 mg de nitroprusiato disodico dihidratado ($Na_2Fe(CN)_5 NO 2H_2O$) y diluir con agua libre de amonia a 1000 ml

La solucion de fenol debe presentar color palido

Almacenar en refrigerador en frasco ambar y bien ta pado, en estas condiciones el reactivo es estable por meses

4 5 *Solucion stock de hipoclorito de Sodio*

Puede usarse una solucion blanqueadora comercial (esta generalmente contiene cerca de un 5% de cloro activo) Su contenido de cloro activo puede ser determinado de la siguiente manera

Disolver 0 5 g de Kl en 50 ml de H_2SO_4 1N, agregar 1 ml de solucion de hipoclorito y titular el yodo liberado con solucion de tiosulfato de sodio 0 1 N

Un ml de solucion de tiosulfato es equivalente a 3 54 mg de cloro activo

Chequear constantemente esta solucion stock

De acuerdo a Grasshoff y Johannsen (1972) puede ser usado el trione (acido dicloro isocianurico o su sal sodica) como un donador de hipoclorito Para ello se disuelve 1 g de acido dicloroisocianurico en 100 ml de hidroxido de sodio 0 1 N Koroleff determino en esta solucion un 6% de cloro activo

4 6 *Reactivo de hipoclorito*

Diluya la solucion stock de hipoclorito necesaria con solucion de hidroxido de sodio 0 5 N de tal manera que contenga 0 15% o 150 mg de cloro activo por 100 ml

La solucion debe guardarse en botella de vidrio, con tapa plastica y en frio

El reactivo es estable por varias semanas

Si se usa el trione como alternativa disuelva la cantidad necesaria de reactivo en NaOH 0 5 N para que la solucion contenga un 0 15% de cloro activo Por ejemplo, 0 25 g de la forma acida se disuelven en 100 ml de NaOH 0 5 N

La solucion es estable por pocos dias y la formacion del indofenol azul puede ser lenta

4 7 *Solucion de citrato trisodico*

Disuelva 240 g de $C_6H_5Na_3O_7$ $2H_2O$, en alrededor de 500 ml de agua destilada Haga la solucion alcalina agregando 20 ml de solucion a NaOH 0 5 N Hierva la solucion para remover la amonia hasta un volumen aproximado de 150 ml (utilice piedras de ebullicion) Enfrie y diluya a 500 ml con agua libre de amonia, guarde en botella de vidrio con tapa plastica La solucion es estable

5 *PROCEDIMIENTO*

5 1 Se toma 50 ml de muestra de agua de mar en botella de vidrio ambar con tapa esmerilada Agregue 1 ml de solucion de citrato, 1 ml de solucion de fenol y 1 ml de reactivo de hipoclorito

Mezcle bien entre cada adicion de reactivo

5 2 Guarde el set de botellas en un lugar oscuro, por 6 horas

5 3 Una vez formada la coloracion azul, es estable por 30 horas

5 4 Se mide la extincion en un espectrofotometro a 630 nm en celda de 10 cm

5 5 Se corrige la extincion medida por sustraccion del reactivo en blanco y blanco de turbidez

5 6 Para obtener la concentracion de N NH_4^+ en umol/l, divida la extincion corregida de cada muestra por la pendiente de la curva de calibracion

6 *DETERMINACIÓN DEL BLANCO*

6 1 *Blanco celda a celda*

Ambas celdas (de la muestra y referencia) son llenadas con agua de mar filtrada, la extincion debe ser 0 000 Debido a ligeros defectos opticos se pueden obtener valo

res ligeramente diferentes, este valor debe ser sustraido a la absorbencia de la muestra

6 2 *Blanco de reactivo*

A 50 ml de agua de mar libre de amonia, se agregan los reactivos de amonia

A 50 ml de agua de mar libre de amonia se agregan el doble de reactivos de amonia

La diferencia entre dos valores corresponde al blanco reactivo

6 3 *Blanco de turbidez*

La turbidez de las aguas cercanas a la costa puede ser apreciable, por lo tanto, debera ser determinado en superficie y a 10 m de profundidad en cada lanzamiento, luego se mide a mas grandes profundidades hasta que el valor llegue a ser constante

El blanco de turbidez sera medido tomando 50 ml de muestra de agua de mar, a la cual se agrega 1 ml de solucion de citrato

7 *CALIBRACIÓN*

7 1 *Solucion stock*

Se pesa 53,5 mg de NH_4Cl (p a) secado previamente a 100°C Se disuelve en 100 ml con agua de mar filtrada libre de amonia (o agua libre de amonia que se ha preparado)

Concentracion 10 000 umol $NH_4^+ l^{-1}$

Debido a la inestabilidad de la solucion es recomendable prepararla en el momento de hacer la curva de calibracion

7 2 *Solucion de trabajo*

Disuelva 10 ml de solucion stock a 1000 ml con agua de mar filtrada libre de amonia

7 3 *Preparacion de estandares*

A partir de la solucion de trabajo y usando agua de mar filtrada libre de amonia, deben realizarse las diluciones necesarias para que presumiblemente dentro del rango estimado caigan las concentraciones de las muestras a analizar

Por ejemplo

0 5 ml	soluc de trabajo diluye a 100 ml	0 5 umol l^{-1}
1 0 ml	soluc de trabajo diluye a 100 ml	1 0 umol l^{-1}
2 0 ml	soluc de trabajo diluye a 100 ml	2 0 umol l^{-1}
5 0 ml	soluc de trabajo diluye a 100 ml	5 0 umol l^{-1}
10 0 ml	soluc de trabajo diluye a 100 ml	10 0 umol l^{-1}

Prepare los estandares por triplicado

Trate los estandares como se indica en el punto 5 (procedimiento de analisis de muestra), construya la curva de calibracion y calcule su pendiente

Debe realizarse la curva de calibracion cada vez que se analiza un nuevo grupo de muestras

NOTA

1 El nitroprusiato en concentraciones de 0 5% es suficiente para catalizar las reacciones y producir un blanco estable y bajo

2 La fuerza y la cantidad de hipoclorito tiene un marcado efec to en la reaccion en el agua de mar

3 Si bien es cierto la curva de calibracion puede ser realizada en agua de mar filtrada libre de amonia o con agua destilada libre de amonia, el valor azul producido por la misma canti dad de amonia es menor en el agua de mar, debido al efecto salino

Este efecto salino se debe

a) A la concentracion del ion magnesio (Grasshoff y Johan sen, 1974)
b) Y la capacidad buffer del agua de mar, por ello, el efecto salino puede deberse al efecto pH
Debido a ello si la curva de calibracion se realiza con agua destilada libre de amonia, debe buscarse el factor de correccion con respecto al agua de mar, usando la siguien te tabla

S‰	0 8	11	14	17	20	23	27	30	33	36
pH	11 4	11 8 10 6	10 5	10 4	10 3	10 2	10	9 85	9 9	9 8
Efec Salino	1	1 01	1 02	1 03	1 04	1 05	1 06	1 07	1 08	1 09

Si se busca el factor de correccion para un estandar de por ejm 1 umol $NH_4^+ l^{-1}$

$$F_{10}cm = \frac{1\ 0}{A_{st}\ A_b}$$

F = factor de correccion $\cong$ 5

A_{st} = extinción del estandar

A_b = extinción del blanco

El valor de extincion corregido del estandar debe ser mul tiplicado por F y por el valor correspondiente al efecto salino

IV *Determinacion de Fosforo Reactivo*

El fosforo en el agua de mar se puede encontrar como fos foro soluble o como fosforo particulado en suspension

Como fosforo soluble se encuentra el ion ortofosfato, algu nos compuestos organicos fosfatados de facil hidrolisis y polifos fatos Todas estas formas son reactivas y pueden medirse con el metodo de determinación de fosfatos

El fosforo que se encuentra formando parte del material particulado puede ser organico (i e , restos de material viviente o detritus) o inorganico (se encuentra combinado formando mine rales) Este tipo de fosforo no es reactivo y se requiere de una fuerte oxidacion para valorarlo

Una de las formas estandares mas comunes de separar el fosforo soluble del fosforo particulado es mediante un filtro de 0 45 u

El contenido de fosforo inorganico disuelto en el agua de mar se expresa en micromoles de fosforo fosfato por litro (i e , umol P PO_4^{3-} l^{-1}) o como microgramo atomo de fosforo fosfato por litro (i e , ug at P PO_4^{3-} l^{-1}) Las concentraciones maximas de P PO_4^{3-} para aguas oceanicas son de 3 5 4 0 umol l^{-1}, pudiendose encontrar valores mayores en las zonas costeras, fiordos anoxi cos o en aguas antarticas

Los metodos para analisis de fosfatos en agua de mar se ba san en la formacion de un complejo fosfomolibdico, que poste riormente se reduce a un compuesto de intenso color azul

Otros metodos incluyen el cloruro estanoso como reductor a temperatura ambiente que aumenta la sensibilidad del meto do, y disminuye la interferencia por compuestos organicos hidrolizables Este metodo, es complejo debido a la interferen cia del arsenico, que produce problema en el blanco, al reducir el molibdato del agua en ausencia de fosfatos Un analisis com parativo de metodos ha sido descrito por Jones y Spencer (1963)

El metodo descrito a continuacion esta basado en el trabajo de Murphy and Riley (1962) Se ha adaptado para su uso en nuestro Laboratorio

Rango de Sensibilidad 0,03 5 umol/litro

1 *FUNDAMENTO*

Para este metodo el fosfato disuelto en la muestra se hace reaccionar con una disolucion que contiene acido molibdico, acido ascorbico y un antimonio trivalente

El complejo resultante es un acido heteropolar, el cual es reducido, *in situ*, dando un intenso color azul cuya intensidad es proporcional a la concentracion del fosfato presente

Luego se mide la extincion de la muestra a una longitud de onda de 885 nm (maximo primario de extincion) 0 a 170 nm (maximo secundario de extincion)

2 *EQUIPO Y APARATOS ESPECIALES*

— Botellas de polietileno para colectar la muestra
— Erlenmeyer 125 ml
— Pipetas automaticas de 5 0 ml
— Probeta
— Espectrofotometro
— Celdas de 10 cm
— Set de material volumetrico, clase A

3 *TOMA Y ALMACENAMIENTO DE LA MUESTRA*

La muestra debe ser extraida en envases de politieleno y el analisis debe ser realizado tan pronto como se pueda, dado que existe evidencia de la perdida de fosfatos por el polietileno del envase a temperatura ambiente

Si esto no es posible puede guardarse en un baño de glicol al 40% y a 20°C

4 *REACTIVOS*

4 1 *Solucion molibdato de Amonio*

Disolver 15 grs de $(NH_4)_6\ Mo_7\ O_{24}\ 4H_2O$, en 500 ml de agua destilada Guardar en botella plastica, fuera de la luz La solucion es estable indefinidamente

4 2 *Solucion Acido Sulfurico*

Agregue 140 ml de acido concentrado (s g 1 82) a 900 ml de agua destilada

4 3 *Solucion Acido Ascorbico*

Disolver 27 grs de acido en 500 ml de agua destilada Guardar en botella plastica y congelar al freezer Al usar descongelar y volver a congelar de inmediato De esta forma es estable muchos meses, a temperaturas de laboratorio no mas de una semana

4 4 *Antimonil Tartrato de Potasio*

Disolver 0 34 grs en 250 ml de agua, calentando si es necesario Estable por varios meses

4 5 *Solucion mixta*

Estable hasta 6 horas De acuerdo a la cantidad de muestras para analizar prepare su solución mixta Por ejemplo

Para	10 muestras	20 muestras	30 muestras	100 muestras
Toma de				
Soluc c	10 ml	20 ml	30 ml	100 ml
Soluc d	25 ml	50 ml	75 ml	250 ml
Soluc e	10 ml	20 ml	30 ml	100 ml
Soluc f	5 ml	10 ml	15 ml	50 ml

5 *PROCEDIMIENTO DE ANALISIS*

Las muestras deberan ser tratadas con los reactivos tan pronto como sea posible

a) Se toma 50 ml de muestra de agua de mar filtrada (si se desea obviar el problema de turbidez) y se vacia a un Erlenmeyer de 125 ml

b) La muestra debe encontrarse a una temperatura, entre 15 a 20°C (puede usarse baño termico)

c) Se le agrega 5 ml de la solucion mixta con un dosifica dor y se mezcla bien

d) Se espera 5 minutos para que la solucion alcance su maxima intensidad de color, el cual es estable por lo menos 2 a 3 horas

e) Se mide la extincion de la muestra a una longitud de onda de 885 nm usando un espectrofotometro y celda de 10 cm

f) Se corrige la extincion medida por sustraccion de la turbidez (si no se ha filtrado previamente la muestra) y el reactivo en blanco

g) Para obtener la concentracion de P PO_4^3 en umol l^{-1} di vida la extincion corregida de cada muestra por la pen diente de la curva de calibracion

6 *DETERMINACIÓN DE BLANCO*

6 1 *Blanco celda a celda*

Cuando ambas celdas, de la muestra y celda de agua destilada, son llenadas de agua destilada, la extincion de las dos celdas debe ser 0 000, sin embargo, debido a ligeros defectos opticos pueden encontrarse valores ligeramente positivos o negativos Este valor debe ser sustraido de la extincion de las muestras

El agua destilada en la celda referencia debera ser cambiada todos los dias, ya que, puede resultar una mar cada turbidez si permanece en la celda por largo tiempo

6 2 *Blanco de Reactivo*

Se realiza de identica manera al procedimiento de analisis de muestra (5) usando 50 ml de agua destilada en vez de 50 ml de muestra

El reactivo en blanco no debe ser mayor a 0 02 de ex tincion

6 3 *Blanco de Turbidez*

Se toma en muestras de agua de mar adentro, bajo los 25 m o bien en cada muestra

Esta medida se puede obviar, filtrando las muestras previo al analisis

7 *CALIBRACIÓN*

7 1 *Preparacion solucion stock*

Pesar a 0 3400 grs de KH_2PO_4 anhidro secado pre viamente a 110°C Disuelva en agua destilada y afore a

1000 ml Guardar en frasco polietileno con gotas de cloro formo Estable varios meses

Concentracion 2500 umol PO_4^3 l^1

7 2 *Preparacion solucion patron*

Tomar 10 ml de solucion stock y aforar a 1000 ml, con agua destilada Estable 1 semana

Concentracion 25 umol PO_4^3 l^1

7 3 *Preparacion de estandares*

A partir de la solucion de trabajo y usando agua destilada, deben realizarse las diluciones necesarias para que, presumiblemente dentro del rango estimado, caigan las concentraciones de las muestras a analizar

Por ejemplo

2 ml sol de trabajo diluya a 100 ml = 0 5 umol P PO3/4 l^1
4 ml sol de trabajo diluya a 100 ml = 1 0 umol P PO3/4 l^1
8 ml sol de trabajo diluya a 100 ml = 2 0 umol P PO3/4 l^1
10 ml sol de trabajo diluya a 100 ml = 2 5 umol P PO3/4 l^1
15 ml sol de trabajo diluya a 100 ml = 3 75 umol P PO3/4 l^1

Prepare los standares por triplicado

Trate los estandares como se indica en el punto 5 (Procedimiento de analisis) Construya la curva de calibracion, y calcule su pendiente

Debe realizarse la curva de calibracion, cada vez que se analice un nuevo grupo de muestras

V *Determinacion de Silicatos Inorganicos Disuel tos*

La forma exacta de las especies dominantes de los compuestos del silicio disuelto en el agua de mar no es clara, debido a que el acido silicico (H_4SiO_4) se comporta como un acido debil al pH del oceano (Sillen, 1961) De tal manera que cerca de un 5% del silicio disuelto se encuentra a la forma de $H_3Si\ O_4$ y la mayor parte se encuentra como $Si(OH)_4$

El silicio forma parte de los nutrientes esenciales para el fitoplancton en el oceano, y por ello presenta fluctuaciones estacionales en su concentracion Durante el periodo de primavera verano aumenta el requerimiento por parte de las diatomeas que forman sus frustulos de silicio, disminuyendo el contenido de silicio en la capa fotica Los rangos promedios que pueden encontrarse en la zona epipelagica son de 0 a 60 micromoles l^1, sin embargo, en las grandes cuencas oceanicas o en cuencas donde se produce acumulacion de tecas y frustulos de diatomeas los valores de silicio disuelto pueden aumentar de 60 a 180 micromoles l^1

El metodo entregado a continuacion esta basado en el descrito por Koroleff (1972) y adaptado para el uso en nuestro laboratorio

1 *FUNDAMENTO*

Todos los metodos de determinacion de silicatos en agua de mar estan basados en la formacion de un complejo silicomolibdico que posee una coloracion azul

El metodo descrito por Koroleff usa acido sulfurico para obtener un pH adecuado y evitar la polimerizacion de los silicatos, luego usa el acido ascorbico y oxalico como reductores que dan una mayor sensibilidad al metodo y dan lugar al complejo silicomolibdico

La coloracion azul es proporcional a la cantidad de si licato de la muestra, de tal manera que puede leerse la muestra en un espectrofotometro a una longitud de onda donde su absorcion es maxima (absorcion primaria)

2 *EQUIPOS Y APARATOS ESPECIALES*

- Botellas plasticas o de polietileno con tapa de 50 ml
- Probeta plastica de 100 ml
- Espectrofotometro
- Celdas de 1 cm
- Matraces aforados de 50 ml
- Set de material volumetrico clase A

3 *TOMA DE MUESTRA Y ALMACENAMIENTO*

La muestra se toma en botellas plasticas a partir del muestrador de agua

El analisis debe ser realizado tan pronto como sea po sible

4 *REACTIVOS*

4 1 *Solucion de heptamolibdato de amonio*

Disuelva 99 g de heptamolibdato de amonio $(NH_4)_6 Mo_7O_{24}\ 4H_2O$ (p a) con agua bidestilada y enrace a 500 ml

4 2 *Solucion de acido sulfurico 7N*

Prepare 500 ml de solucion a partir de un acido sulfu rico concentrado (p a)

4 3 *Mezcla reactiva*

Mezcle la solucion de heptamolibdato (preparada en 4 1) con 500 ml de solucion de acido sulfurico 7N(4 2)

4 4 *Solucion de acido ascorbico 0 1M*

Disuelva 17 6 g de acido ascorbico $C_6H_8O_6$ (p a) con agua bidestilada y enrace a 1000 ml Guarde en botella de polietileno o teflon

4 5 *Solucion a acido oxalico O 7N*

Disuelva 44 125 g de acido oxalico $(COOH)_2\ 2H_2O$ (p a) y enrace a 500 ml con agua bidestilada

Guarde en frio y en botella de polietileno o teflon, descongele en el momento de usar y vuelva a congelar

5 *PROCEDIMIENTO DE ANALISIS*

5 1 Tome 25 ml de la muestra de agua de mar en una botella de polietileno y agregue 0 7 ml de la mezcla reactiva

5 2 Despues de 30 minutos, (si es una muestra de agua fresca o de baja salinidad) o de 10 minutos (si es una muestra de agua de alta salinidad) agregue 0 7 ml de solucion de aci do ascorbico Agite durante la adicion de los reactivos

5 3 Se mide la extincion de la muestra a una longitud de onda de 810 nm usando un espectrofotometro y en celda de 1 cm

5 4 Se corrige la extincion medida por sustraccion del blanco reactivo y blanco de turbidez (si no se ha filtrado pre viamente la muestra)

5 5 Para obtener la concentracion de silicio en umol l^{-1}, divida la extincion corregida de cada muestra por la pendiente de la curva de calibracion

6 *DETERMINACIÓN DEL BLANCO*

6 1 *Blanco celda a celda*

Cuando ambas celdas, de la muestra y celda agua destilada, son llenadas con agua bidestilada la extincion de las dos celdas, deben dar 0 000 Debido a ligeros defec tos opticos se pueden hallar valores pero ligeramente posi tivos o negativos Este valor debe ser sustraido del valor de extincion de la muestra

6 2 *Blanco de reactivos*

Se lleva a cabo como se indica en el punto 5, usando agua bidestilada en vez de agua de mar

El blanco de reactivo no debera exceder 0 03 de ex tincion

6 3 *Blanco de turbidez*

Blanco de turbidez se determinara para cada muestra, si estas no han sido previamente filtradas

7 *CALIBRACIÓN*

7 1 *Agua de mar sintetica*

Se prepara disolviendo 6 1 g de NaCl (p a) y 2,9 g de $MgSO_4$ (p a) con agua bidestilada y se afora a 1000 ml

7 2 *Solucion stock*

Se disuelven 0,47015 g de fluorisilicato de sodio anhidro Na_2SiF_6 (p a) con agua bidestilada y se afora a 250 ml

Se almacena en botella de polietileno y en frio la so lucion es estable indefinidamente

1 ml solucion 10 umol Si

7 3 *Solucion de trabajo*

Se toman 50 ml de solucion stock y se diluye a 500 ml con agua bidestilada

Solucion contiene 1000 umol Si l^{-1}

7 4 *Preparacion de estandares*

A partir de la solucion de trabajo y usando agua de mar sintetica, deben realizarse las diluciones necesarias para que presumiblemente dentro del rango estimado caigan las muestras a analizar

Por ejemplo

0 5 ml de sol de trabajo diluya a 50 ml = 10 umol l^{-1}
2 0 ml de sol de trabajo diluya a 50 ml = 40 umol l^{-1}
4 0 ml de sol de trabajo diluya a 50 ml = 80 umol l^{-1}
5 0 ml de sol de trabajo diluya a 50 ml = 100 umol l^{-1}

Prepare los estandares elegidos por triplicado

Trate cada uno como se indica en el punto 5, usando en vez de la muestra de agua de mar su estandar, constru ya la curva de calibracion y determine el valor de su pen diente

Previo al analisis de un grupo de muestras debera re alizar una nueva curva de calibracion

VI *Glosario*

ACINETA Esporas de resistencia
BISPORANGIO Esporangio generador de dos esporas
CARPOGONIO Celula reproductiva femenina en algas rojas
CARPOSPORA Celula reproductiva de algas rojas Se desarrolla en el cistocarpo
CARPOSPOROFITO DIPLOIDE Esporofito microscopico parasito en gametofito femenino de las algas rojas
CELULA APICAL Celula del apice de un alga
CICLO DE VIDA TRIFASICO Historia vital de tres fases reproductivas
CIGOTO Celula diploide resultante de la fusion de una celula o gameto femenino con un gameto masculino
CISTOCARPO Organo de reproduccion de algas rojas y productor de carposporas
CLADOMA MULTIAXIAL Estructura de algas organizada en base a varios ejes centrales de la cual nacen ramificaciones opuestas, alternas o radiales
CLADOMA UNIAXIAL Estructura de algas organizada en base a un eje central de la cual nacen ramificaciones opuestas, alternas o radiales
COLLINSIELLA Estados gametofiticos crustosos de *Entero morpha*
CONCHOCELIS Estado filamentoso esporofito de *Porphyra*
CONCHOSPORAS Celulas reproductivas desarrolladas por la fase conchocelis de *Porphyra*
CONCHOSPORANGIOS Organos productores de conchosporas de la fase conchocelis
CRECIMIENTO TRICOTALICO Zona de crecimiento ubicada en la base de un pelo hialino
DIOICAS Plantas con sexos separados en plantas distintas
DIPLOIDE Con dotacion completa de cromosomas
ENDOFITISMO Organismo que habita en el interior de los tejidos de otro sin nutrirse de el
EPIFITO Organismo que crece sobre una planta
EPIZOICO Organismo que crece sobre un animal
ESPERMACIO Gametos masculinos de algas rojas
ESPORA Celula reproductiva asexuada
ESPORANGIO PLURILOCULAR Organo productor de esporas dividido en loculos o compartimentos
ESPORANGIO UNILOCULAR Organo productor de esporas sin division en loculos o compartimentos
ESPOROFILA Hojas especializadas en la formacion de esporangios
ESPOROFITO Fase del ciclo de vida de un alga que produce esporas
FILAMENTOSO Con forma de filamento
FOLIOSO Con forma de hoja
GAMETOS Celulas reproductivas masculinas y femeninas
GAMETOFITO Plantas sexuadas
GERMINAR Desarrollo inicial de un cigoto o una espora
HAPLOIDE Dotacion cromosomica reducida a la mitad
HAPTERIO Formaciones en los grampones de fijacion de algas Laminariales
HETEROMÓRFICA Generaciones de formas diferentes
HISTORIA VITAL Procesos y fases reproductivas y vegetativas de las algas
HORMOGONIO Trozo pequeño de algas Cianoficeas que originan un nuevo filamento
ISOGAMETOS Gametos de igual forma y tamaño
ISOMORFICA Fases de formas iguales
LAMINAR Con forma de lamina
MEIOSIS Forma de division celular de la que resultan nucleos haploides
MERISTEMA APICAL Area de crecimiento ubicada en el apice de una planta
MERISTEMA BASAL Tejido celular ubicado en la base del talo, encargado del crecimiento del alga
MERISTEMA DE CRECIMIENTO Tejido responsable del crecimiento de un alga
MERISTEMA DE FIJACION Tejido ubicado en el aparato de adherencia del alga al sustrato
MERISTEMA INTERCALAR Tejido celular intercalar en el talo, responsable del crecimiento del alga
MITOSPORAS Espora producida por simple division

MONOSPORA Espora formada individualmente en un esporangio

PARASITISMO Organismo que habita en el interior de los tejidos de otro, nutriendose de sustancias elaboradas por el hospedero

POLISPORANGIO Esporangio generador de muchas esporas

PROPAGULO Elementos de reproduccion vegetativa de un vegetal (esporas, cigotos, fragmentos de talos)

RAMA CARPOGONIAL Estructura de escaso numero de celulas que forman el aparato reproductivo femenino en algas rojas

SOROS ESPERMATANGIALES Zona productora de elementos masculinos

TETRASPORAS 4 Esporas desarrolladas en un esporangio

TETRASPORANGIO Esporangio de algas rojas que origina cuatro esporas

TETRASPORANGIO CRUCIADO Esporangio constituido por cuatro esporas divididas por tabiques transversales entre si

TETRASPORANGIO TETRAEDRICO Esporangio constituido por cuatro esporas formando un tetraedro

TETRASPORANGIO ZONADO Esporangio constituido por cuatro esporas definidas por tres planos paralelos entre si

TETRASPOROFITO Alga productora de tetrasporas

ZOOSPORA Espora provista de flagelos

BIBLIOGRAFIA

AHUMADA R y L CHUECAS 1979 Algunas caracteristicas hidrograficas de la Bahia de Concepcion (36° 40 S 73° 02 W) y areas adyacentes Chile Gayana Miscelanea 8

ALVEAL K (ed) 1988 I Congreso Latinoamericano de Ficologia Marina y III Symposium sobre Algas Marinas Chilenas Gayana Bot 45 (1 4)

CANDIA A H ROMO K ALVEAL y V DELLAROSSA 1979 Cultivo unialgal de *Macrocystis pyrifera* (L) C Agardh de la Bahia de Concepcion Chile Rickia 8 75 83

CANÒN J R (ed) 1985 Geografia de Chile Tomo IX Instituto Geografico Militar

CORFO 1965 Geografia Economica de Chile (Texto Refundido) Santiago de Chile 885 pp

DARLEY W M 1987 Biologia de las Algas Enfoque Fisiologico Editorial Li mosa pp 236

EDDING M J MACCHIAVELLO y H BLACK 1987 Culture of *Gracilaria* sp in outdoors tanks productivity Hidrobiologia 151/152 369 374

GONZALEZ M y O PARRA 1975 Cianofitas Marinas de Chile I Cianofitas del Ambiente de la Bahia de Concepcion Gayana Bot 31

HENDEY 1964 An Introductory account of the smalles algae of British coastal waters Part V Bacillariophyceae (Diatoms) Fish Invest H er Ma gesty s stationery office 4(4) 1 347

LEVRING T H A HOPE & O J SCHMID 1969 Marine Algae a survey of re search and utilization Cram de Gruter & Co

LOBBAN C S P HARRISON y M J DUNCAN 1985 The Physiological and eco logy of Seaweed Cambr Univ Press pp 242

MARGALEF R 1977 Ecologia Ediciones Omega Barcelona Espana

MARTÍNEZ HIDALGO y TERAN J M (ed) 1957 Enciclopedia General del Mar Ediciones Garriga Barcelona España 8 Tomos

MOORE J R 1975 Oceanografia Selecciones de Scientific American

PARRA O 1981 Botanica General de plantas no vasculares Mimeogr Depto Bot Universidad de Concepcion Chile

PIZARRO A y H BARRALES 1986 Field assessment of two methods for plan ting the agar containing seaweeds *Gracilaria* in Northern Chile Aquaculture 59 31 43

POBLETE A 1986 Situacion del recurso *Gracilaria* en Lenga VIII Region pp

154 165 En Memorias Seminario Taller Manejo y Cultivo de *Gracilaria* en Chile

RAMUS J 1981 The capture and transduction of light energy In The Biology of Seaweed Ed Lobban y Wynne Bot Monographs Vol 17

RIVERA P 1973 Diatomeas epifitas en *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss recolectadas en la Costa Chilena *Gayana* Bot 25

ROUND F E 1981 The Ecology of Algae Cambridge University Press

SANTELICES B 1976 Una nota sobre Cultivo Masivo de algunas especies de Gelidiales (Rhodophyta) Revista de Biologia Marina Valparaiso 16 27 33

SANTELICES B 1986 A case study for the harvest and culture of the economically important species of Gelidium in Chile pp 165 192 En H S Doty Caddy y B Santelices (Eds) Case studies of seven commercial seaweed resources FAO Fisheries Technical Paper 281

SANTELICES B 1989 Algas Marinas de Chile Distribucion Ecologia Utilizacion Diversidad Ediciones Universidad Catolica de Chile

SERNAP 1988 Anuario Estadistico de Pesca 1988 Ministerio de Economia Fomento y Reconstruccion Servicio Nacional de Pesca Chile

TRAINOR F R 1978 Introductory Phycology John Wiley & Sons 525 pp

WESTERMEIR R y P RIVERA 1989 Evaluacion de Sistemas de Cultivos en CORFO Investigacion desarrollo cultivos y uso industrial de Algas *Gracilaria*

Mar

YA QUE EL HOMBRE HA LOGRADO
CON INSENSIBLE ACIERTO DESTRUIR
LO QUE EL MAR, EN ARMONICA
SUCESION HA IDO MODELANDO EN
FORMA TENUE Y DELICADA . . .

TENEMOS EL DEBER DE PROCURAR LAS VIAS
PARA REPONER LA FINA RED
VITAL, YA ALTERADA . . .

SERA NUESTRA MEJOR OFRENDA
PARA GENERACIONES FUTURAS.

diseño