



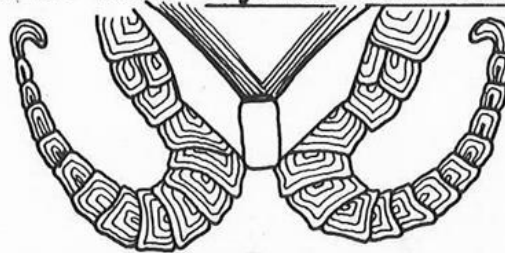
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS



ESTUDIOS SOBRE EXPULSION Y VIABILIDAD DE ESPORAS

EN EL ALGA ROJA Gigartina canaliculata Harv.



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL

TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

ZAUL GARCIA ESQUIVEL

Hay un espacio entre la imaginación y los  
logros del hombre que solo puede atravesar  
su ansiedad.

Gibran Jalil Gibran

## RESUMEN

Se llevaron a cabo siete muestreos durante 1983 a 1985 con el fin de cuantificar el total de esporas liberadas individualmente por plantas carposporofitas y tetrasporofitas de G. canaliculata puestas en laboratorio bajo condiciones no controladas. Adicionalmente se hicieron observaciones sobre el mecanismo de expulsión de esporas, desarrollo de estas en los primeros estadíos y se estimó el porcentaje de viabilidad después de un mes de incubación. En experimentos realizados separadamente en los meses de mayo y julio de 1985, se trabajó con trozos fértiles para determinar el efecto de la desecación sobre el monto de estructuras liberadas y el comportamiento de expulsión en un ciclo de veinticuatro horas.


Los resultados obtenidos indican un potencial reproductivo alto, con expulsiones cercanas al millón de esporas por planta y mas del 60% de ellas liberadas en los primeros cuatro días. Se sugiere que el mecanismo de expulsión, similar para ambas fases de la planta, obedece a estrategias ecológicas seguidas por el alga para su establecimiento en la franja litoral.


El porcentaje de tetrasporas y carposporas viables al final de un mes es similar, correspondiendo al décimo y undécimo días la máxima viabilidad. El patrón de germinación para ambos tipos de esporas incluye la formación de un disco basal y el desarrollo posterior del eje erecto. Se encontró que la cantidad de esporas liberadas por trozos expuestos al aire guardan una relación inversamente proporcional al tiempo que dura dicho efecto. La máxima emisión de esporas corresponde a las horas diurnas.

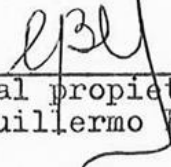
" ESTUDIOS SOBRE EXPULSION Y VIABILIDAD DE ESPORAS  
EN EL ALGA ROJA Gigartina canaliculata Harv. "

T E S I S  
QUE PRESENTA:  
ZAUL GARCIA ESQUIVEL


Aprobada por:

  
Presidente del Jurado  
Oc. Isai Pacheco Ruiz

  
Sinodal propietario  
Oc. Guadalupe G. de Ballesteros

  
Sinodal propietario  
Oc. Guillermo Ballesteros G.

  
Sinodal Suplente  
M.C. Roberto Millán Nuñez

  
Sinodal Suplente  
M.C. Guillermo Torres Moya

DEDICATORIA

A mis PADRES y HERMANOS ...

Constantes e insustituibles fuentes de  
aliento, comprensión y apoyo.

A la Tribu: JOSEFINA, ROCHA, MIMI, RAQUEL, LILY  
Separados hoy, pero seguimos juntos.

A mis maestros y amigos:

AMANDO DIEGUEZ e ISAI PACHECO ... Ejemplos de dedicación y constancia.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fué llevado a cabo en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas, dentro del proyecto Maricultura y Extracción Química de Algas en B.C.. Agradezco al jefe del programa M.C. José A. Zertuche el apoyo y las facilidades que me brindó durante el desarrollo de la tesis. Asimismo, agradezco a mis sinodales: Ocean. Guadalupe G. de Ballesteros; Ocean. Guillermo Ballesteros; M.C. Roberto Millán y M.C. Guillermo Torres la revisión crítica del escrito, sus comentarios y sugerencias para mejorarlo en calidad y presentación.

Un especial reconocimiento a mi director de tesis, Ocean. Isaí Pacheco por alentarme a incursionar en este campo, por la confianza y ayuda presentes en cada una de las etapas experimentales y durante la elaboración del escrito final.

El presente trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda desinteresada de muchas personas que de una u otra forma contribuyeron para su realización. En especial agradezco a mi hermano, P.O. Jesus García Esquivel, el material facilitado y sus aportaciones prácticas en el diseño experimental; a mis amigos P.O. Marco A. González, P.O. Arturo Escobedo, Oc. Rosaura Valenzuela, Ruperto Torres y Moramay Badillo (estudiantes de Oceanología),

quienes me auxiliaron en los trabajos de laboratorio; a mis compañeros tesistas Rafael Hernández y Fernando Ramírez por facilitarme los programas de graficado y asesorarme en el manejo de estos; a Ruperto Torres y P.O. Angel Cuevas por los dibujos incluidos en la tesis.

Las fotografías fueron tomadas por el fotógrafo de la escuela, Antonio Ramírez. A él y al dibujante Ramón Moreno gracias por haber contribuido a la terminación de la tesis.

## INDICE

1. Introducción .....	1
1.1 Antecedentes .....	4
1.2 Objetivos .....	7
2. Materiales y Métodos .....	8
3. Resultados .....	19
3.1 Expulsión por plantas individuales .....	19
3.2 Viabilidad .....	25
3.3 Desección .....	29
3.4 Expulsión (24 Horas) .....	31
4. Discusiones .....	34
5. Conclusiones .....	41
6. Literatura Citada .....	42

## INDICE DE TABLAS

Tabla I . Resumen de resultados obtenidos para los experimentos de expulsión de esporas con ejemplares completos de <u>G. canaliculata</u> .....	23
Tabla II . Total de carposporas y tetrasporas liberadas durante un período de expulsión y número de estas que permanecieron viables al final de un mes .....	26
Tabla III. Ecuaciones de regresión y pruebas para comparación de pendientes y elevaciones para los datos ajustados de expulsión con efecto de la desecación en las plantas de <u>G. canaliculata</u> .....	30
Tabla IV. Resultado de un ANOVA de 2 vías, teniendo como variable el No. esporas/gr. segm./día y como factores las horas del día y la fase de la planta. Datos correspondientes al experimento de expulsión en 24 horas .....	33

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de la zona de colecta .....	9
Figura 2.	Diagrama de la metodología empleada en los experimentos de expulsión y viabilidad de esporas de <u>G. canaliculata</u> ...	11
Figura 3.	Curvas acumulativas para determinar el area mínima de conteo de esporas en los experimentos de: (a) expulsión por plantas individuales y (b) viabilidad .....	14
Figura 4.	Morfología típica de <u>G. canaliculata</u> en su fase tetrasporofita (izq.) y gametofita femenina (der.) con cistocarpos presentes .....	19
Figura 5.	Secciones transversales en <u>G. canaliculata</u> : (a) nematecio mostrando los tetrasporangios y (b) cistocarpo con carposporas en su interior .....	20
Figura 6.	Gráficas que muestran el comportamiento de expulsión diaria por plantas individuales de <u>G. canaliculata</u> en laboratorio bajo condiciones no controladas .....	22
Figura 7.	Representación diagramática del proceso de expulsión de carposporas (a) y tetrasporas (b) en el alga <u>G. canaliculata</u> .....	24
Figura 8.	Período de expulsión en plantas individuales de <u>G. canaliculata</u> y relación porcentual de esporas que permanecieron viables al final de un mes .....	26
Figura 9.	Primeros estadios de desarrollo en el alga <u>G. canaliculata</u>	28
Figura 10.	Curvas de ajuste para los datos observados de expulsión de esporas en <u>G. canaliculata</u> expuesta a distintos períodos de desecación. (a) Experimento a la intemperie, (b) en laboratorio .....	30
Figura 11.	Histogramas que muestran la cantidad relativa de estructuras liberadas por <u>G. canaliculata</u> en un ciclo de 24 horas	33

## INTRODUCCION

Es bien sabido que las costas bajacalifornianas son de las más ricas en cuanto a producción pesquera en el país, ya que sus aguas soportan una gran variedad de especies animales y vegetales que se han venido explotando comercialmente desde varias décadas atrás.

Entre los vegetales marinos de importancia económica que se extraen de las aguas de la región sobresalen por su volumen de cosecha el alga parda Macrocystis pyrifera y las rodofitas Gigartina canaliculata y Celidium robustum, las dos primeras se exportan directamente al extranjero mientras que la última se procesa industrialmente en nuestro país (Sría. de Pesca, Dir. Gral. de Informática y Estadística). Los ficocoloides extraídos de estas y otras algas han llegado a ser componentes esenciales de muchos productos de uso diario, tales como alimentos instantáneos y convencionales, cosméticos, medicinas, pinturas, textiles, explosivos y otros más producidos por la industria estadounidense, la cual en 1972 llegó a aportar a ese país (producto nacional bruto) una cantidad cercana a los 22 mil millones de dólares por concepto de productos conteniendo derivados algales (Doty, 1979). En particular, Gigartina canaliculata ocupa uno de los primeros lugares en cuanto a demanda comercial y su explotación en Baja California se ha venido incrementando sustancialmente a partir de la década anterior hasta alcanzar volúmenes superiores a las 1000

toneladas en peso humedo por año ( Sría. de Pesca, Dir. Gral. de Informática y Estadística). La razón de ese aumento se debe probablemente a la buena calidad y creciente demanda de los carragenanos que se extraen de la planta, ya que de acuerdo a Abbott (1980), la fracción kappa de la fase gametofita produce un gel transparente y firme que puede ser usado en los procesos rutinarios de laboratorio como sustituto del agar comercial.

A pesar de la importancia que revisten las algas regionales mencionadas anteriormente y otras mas, susceptibles de ser aprovechadas (ver Aguilar et al., 1982), en México no se ha dado un paso serio tendiente a impulsar el desarrollo de este tipo de pesquerías, y en el caso específico de G. canaliculata aún se desconocen aspectos básicos necesarios para la buena administración del recurso, tales como la biología, biomasa presente, fecundidad, necesidades de la industria, etc. (Pineda-Barrera, 1974).

Dentro del campo biológico es importante disponer de información acerca de la capacidad productora de esporas en la planta, puesto que lo anterior representa una medida de la fecundidad y es un indicador de la estación en que las condiciones ambientales son mas propicias para la actividad reproductora del alga (Guzmán del Pró et al., 1972). En este sentido, Suto (1950) menciona que las macrofitas que se desarrollan en la zona del infralitoral expulsan las esporas cuando la temperatura del agua registra un nivel

característico para cada especie, mientras que las de zonas de entremareas expulsan anualmente en la misma estación independientemente de la temperatura del agua.

Los ejemplares de *G. canaliculata* se encuentran formando una franja horizontal casi continua en el mesolitoral medio extendiéndose hacia el inferior, en algunas partes se convierte en la planta mas dominante del mesolitoral, sobre todo en los meses de verano y otoño (Aguilar Rosas, 1982). Recientemente Abbott (1980), en sus estudios sobre la biología estacional de algas rojas productoras de coloides, reporta la presencia de plantas esporofitas y gametofitas (de ambos sexos) durante todo el año en California Central, observando también que la biomasa de las plantas femeninas sobrepasa a la de tetrasporofitas durante primavera y verano, invirtiéndose el proceso en las dos estaciones restantes. No obstante lo anterior, se hace necesario investigar factores tales como el comportamiento de las algas en cuanto al número total de esporas liberadas y la viabilidad de estas, lo cual, complementado con observaciones acerca del efecto de otras variables físicas (deseccación, hora del día, etc.) sobre el monto de estructuras expulsadas, nos ayuda a obtener un conocimiento más específico de la biología del alga y un mayor aprovechamiento de su potencial, pues como lo apuntan Guzmán del Pró et al. (op.cit.), la presencia de ramas fértiles no es suficiente para detectar en su totalidad la actividad

reproductora de las especies.

#### ANTECEDENTES

Actualmente hay un consenso en el sentido de que para la mayoría de las especies algales, la colonización de un hábitat va a estar determinado en buena parte por las estrategias de la planta en relación a la producción, dispersión y fijación de sus estructuras reproductoras. Los trabajos pioneros que arrojaron información corroborable acerca del tema datan de solo unas cuantas décadas atrás, siendo Suto (1950) quien con sus estudios de campo y laboratorio propone la primera clasificación de esporas en siete grandes grupos ecológicos, tomando como criterios principales para esto la zona litoral en que crece la planta madre, la habilidad de dispersión de la estructura liberada y la zona en que se fija.

La liberación de esporas ha sido ampliamente estudiada para varios géneros de algas rojas de interés económico. De este modo, la cuantificación del número de estructuras liberadas durante un período de expulsión fué uno de los aspectos inicialmente investigados para Porphyra tenera con el fin de lograr una mayor eficiencia en los cultivos (Takeuchi et al., 1954; Suto et al., 1954). Dentro de las algas productoras de coloides se han detectado ritmos de expulsión, para Gracilaria verrucosa (Oza y

Krishnamurthy, 1968) y Gelidium robustum (Guzmán del Proó et al., 1972) a partir de estudios con ejemplares completos. También se ha trabajado con segmentos fértiles para investigar la expulsión estacional de esporas en Gelidiella acerosa y Gracilaria corticata (Umamaheswara, 1974; 1976).

El efecto de distintos factores físicos sobre la expulsión de esporas en las algas ha sido estudiado con menor intensidad. No obstante, Umamaheswara (1976) determinó el efecto de la desecación y fotoperíodo sobre la cantidad de esporas liberadas por G. corticata y posteriormente Umamaheswara y Kaliaperumal (1983) investigaron con mayor énfasis la influencia de varios factores ambientales sobre la liberación de esporas en tres especies de algas rojas, incluyendo desecación, fotoperíodo, salinidad, temperatura e intensidad de luz. Guiry y Cunningham (1984) al trabajar con Gigartina acicularis son los primeros en reportar un control combinado de fotoperíodo y temperatura para la gametogénesis dentro de las rodofitas.

Observaciones sobre el comportamiento de expulsión a diferentes horas del día han sido realizadas para varias especies algales (Suto et al., 1954; Umamaheswara, 1974; 1976) y la viabilidad de las esporas fué estudiada entre otros por Umamaheswara (1976) y Boney (1978a). Este último determinó el efecto de varios factores ambientales asociados a hábitats intermareales (desecación, incremento de salinidad, etc.) sobre la sobrevivencia de las alfa-esporas

de Porphyra schyzophylla y la germinación de éstas en diversas especies de algas intermareales y submareales.

El mecanismo biológico que envuelve el proceso de expulsión fué inicialmente sugerido por Jones (1957) para Gracilaria verrucosa y posteriormente Boney (1967,1978b) confirmó, al estudiar los modos de expulsión en Polisyphonia sp. y Rhodomenia pertusa, que la emisión de esporas vía ostíolo del pericarpo envuelve un proceso activo y la dispersión un proceso pasivo.

En el aspecto dinámico, Coon et al. (1972), desarrollaron una técnica para determinar simultáneamente el tamaño y la razón de asentamiento de esporas no móviles, mientras que Charters et al. (1973) estudiaron los efectos de las fuerzas producidas por los movimientos del agua sobre las células germinales adheridas a un sustrato en algas rojas.

En particular, G. canaliculata es una especie muy poco estudiada. No obstante, hay una serie de investigaciones que han arrojado información específica sobre el alga. Así, Lawson et al. (1973) caracterizaron la repetición de estructuras en los sulfatos galactanos para esta y otras macrofitas usando distintos métodos de análisis. En esta misma línea, Santos (1980) discute las diferencias en cuanto a la composición molecular del kappa y lambda carragenano en G. canaliculata usando el método alcalino (fuerte y moderado) para la extracción de los coloides. Por otra

parte, Pineda-Barrera (1974) hizo un análisis sobre la explotación del alga en esta región desde sus inicios hasta 1973, e incluye observaciones relacionadas con los métodos de colecta, ubicación de los mantos y distribución del producto cosechado. La distribución general de la especie en el Pacífico ha sido reportada por Dawson (1961) y Abbott y Hollenberg (1976), mientras que Aguilar et al. (1982) mencionan su ocurrencia en varias localidades a lo largo de las costas de Baja California.

En lo referente a la parte biológica, Abbott (1980) hizo estudios acerca de la variación estacional en algunas agarofitas y carragenofitas (incluyendo G. canaliculata), estableciendo observaciones en cuanto a la proporción de las diferentes fases de la planta y comparando la calidad y tipo de coloide presente a lo largo del año. Finalmente, Okuda y Neushul (1981) en sus trabajos sobre sedimentación de esporas para once especies de algas rojas, determinaron la razón de asentamiento, densidad y diferencias de tamaño para las carposporas y tetrasporas de G. canaliculata.

#### OBJETIVOS

- 1.-Determinar el número máximo de esporas liberadas por plantas individuales de G. canaliculata en laboratorio bajo condiciones no controladas.

- 2.-Precisar la proporción de esporas viables durante el

período de expulsión.

3. Determinar:

a) El efecto de la desecación de la planta sobre el número de esporas liberadas.

b) La hora del día en que se libera la mayor cantidad de estructuras reproductoras.

#### MATERIALES Y METODOS

Para todos los experimentos se colectaron plantas fértiles de G. canaliculata, tanto de la fase carposporofita como tetrasporofita. El lugar de colecta se localiza 3 Km. al norte del Faro de San Miguel (Fig. 1). En esta parte el mesolitoral superior está constituido predominantemente por cantos rodados mientras que el mesolitoral medio e inferior (donde se distribuye la planta) está formado por un piso basáltico de pendiente suave. En el campo, las algas seleccionadas para cada uno de los experimentos se pusieron en una bolsa húmeda de plástico y fueron transportadas inmediatamente al laboratorio dentro de una cubeta protegida con el fin de que quedaran expuestas lo menos posible a los factores ambientales. En laboratorio todas las algas fueron puestas en agua de mar y posteriormente se procedió a seleccionar los ejemplares experimentales cuidando que estuvieran completos, no deteriorados y con estructuras reproductoras. Una vez hecha la selección se limpiaron

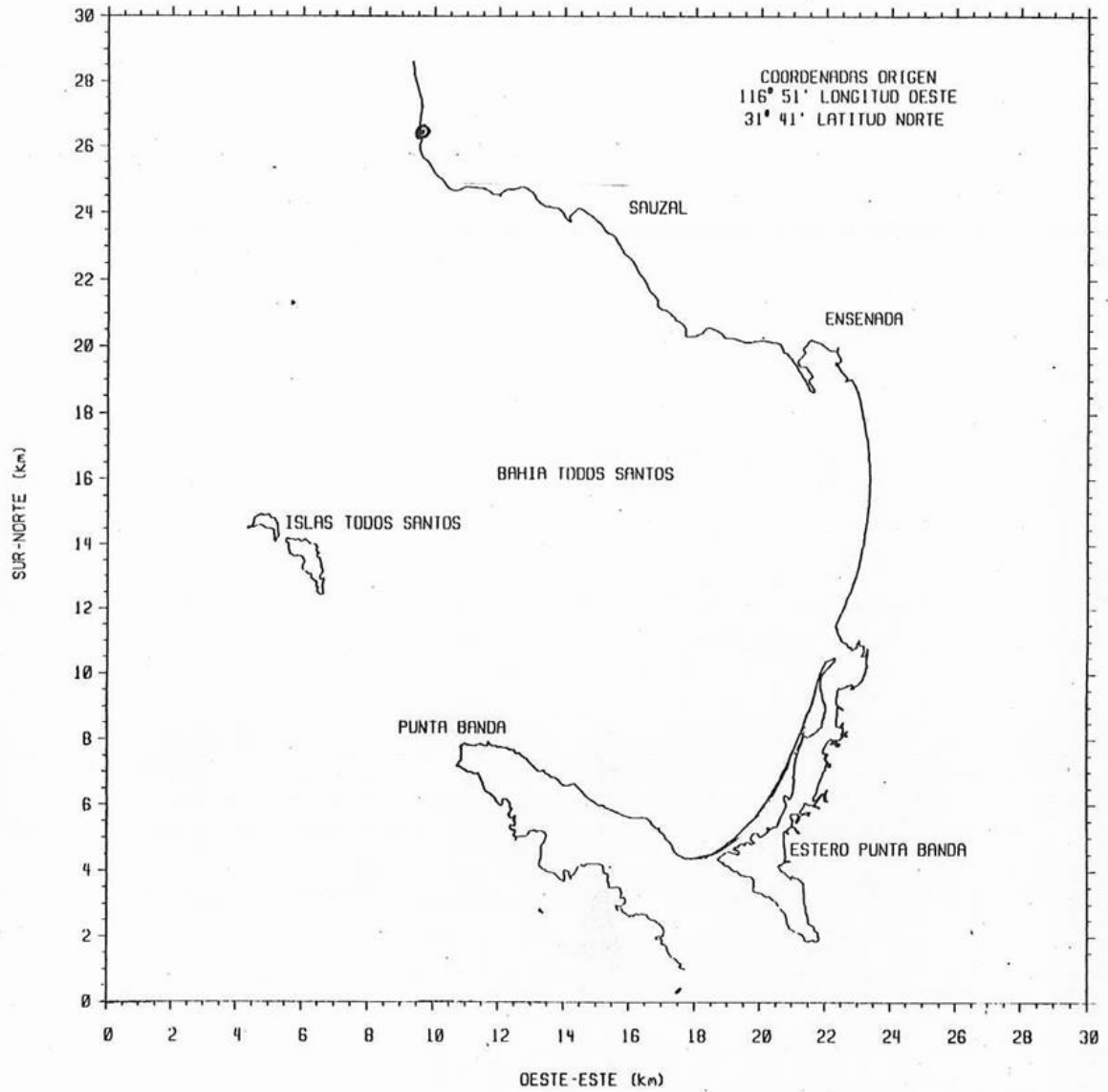


Fig. 1.- Localización de la zona de colecta  $\odot$

manualmente las algas para quitar las epífitas presentes, continuando después con la metodología apropiada para cada caso (Fig. 2):

1 No. Máximo de Esporas.- Un total de 7 colectas fueron llevadas a cabo desde 1983 a 1985. Las fechas de colecta se muestran en la Tabla I y corresponden a los meses de marzo, abril y noviembre de 1983; marzo, junio y agosto de 1984, y marzo de 1985. En laboratorio se seleccionó para cada experimento una planta carposporofita y otra tetrasporofita de aproximadamente 20 cm., las cuales una vez limpias se pusieron en frascos de boca ancha y sin fondo, dispuestos en forma invertida y llenos con agua de mar filtrada sin enriquecer (Fig. 2). Luego se colocaron en una sección de laboratorio de tal forma que quedaran expuestos indirectamente a la luz solar, de acuerdo a la metodología de Guzmán del Proó et al. (1972). Las condiciones de temperatura y fotoperíodo estuvieron determinadas por la estación del año en que se llevó a cabo el experimento. El material liberado por las plantas durante el período de expulsión se captó directamente en la tapa del frasco y cada 24 Hrs. se extrajeron las esporas, sifoneando el agua hasta el nivel de la tapa y desprendiendo esta para vertir su contenido en una cámara de sedimentación, lo cual se hizo por decantación y limpiando la tapa con agua rociada a presión por medio de una pizeta. La cámara conteniendo el material se agitó varias veces en

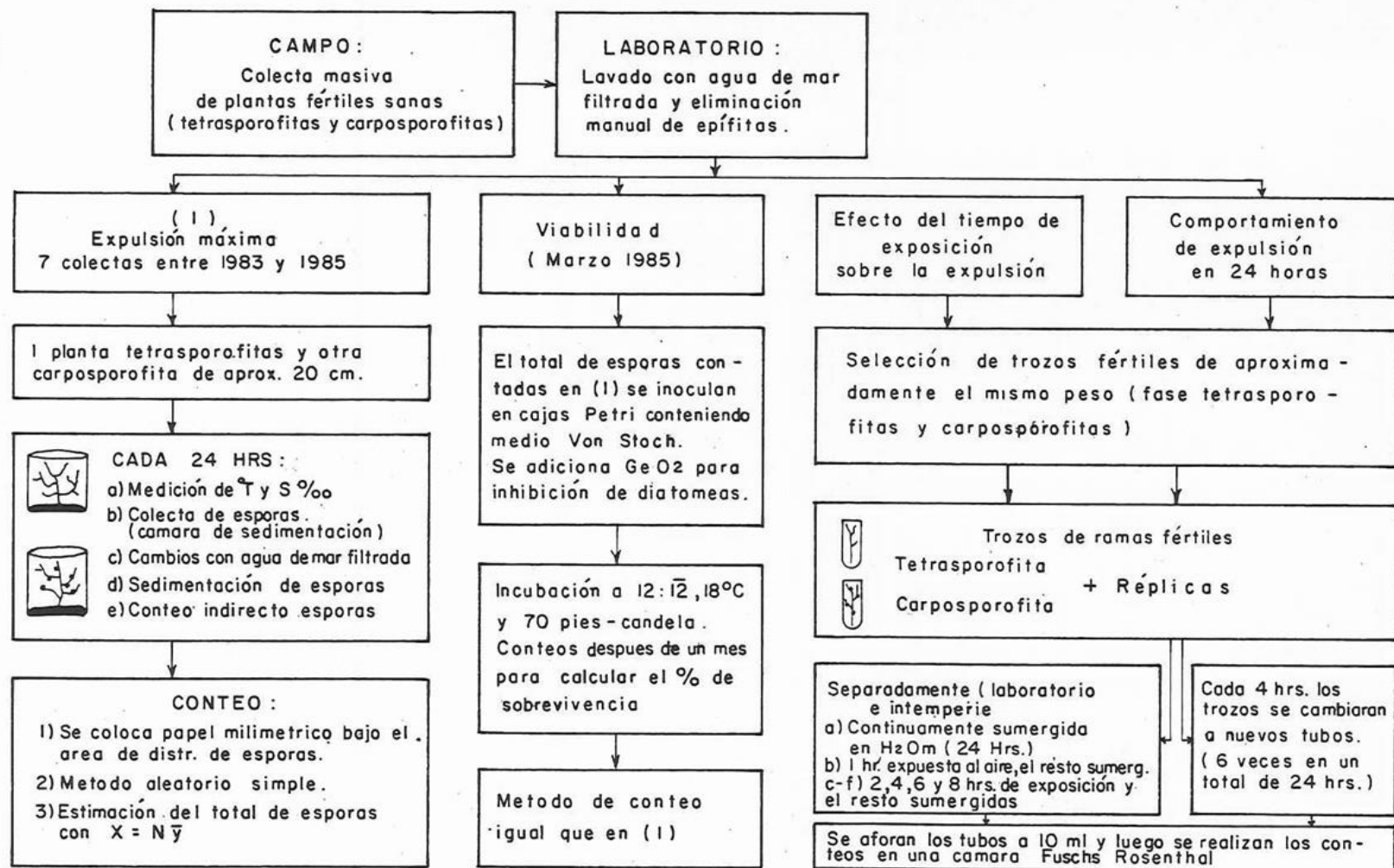


FIG. 2 - DIAGRAMA DE LA METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS EXPERIMENTOS DE EXPULSION Y VIABILIDAD DE ESPORAS DE G. canaliculata.

sentido vertical para romper las posibles agrupaciones de esporas y después se dejó reposando sobre una Caja Petri de 55 X 8 mm. puesta sobre una superficie horizontal y lisa durante 14 a 16 Hrs., tiempo después del cual se realizó el conteo de esporas sedimentadas en el fondo de la caja.

La captación y conteos de esporas se hicieron diariamente durante el tiempo que duró la expulsión o bien cuando las plantas comenzaban a fragmentarse por agotamiento. Los conteos se hicieron utilizando un microscopio estereoscópico del tipo Wild Heerbrugg M5A. Cada vez que se captaba el material se renovaba el agua del frasco, registrándose la temperatura y salinidad del agua antes y después de cada cambio por medio de un termómetro estándar (rango de -35 a +50 C y  $\pm 1$  precisión) y un refractómetro-salinómetro AO Goldberg ( $\pm 1\%$  precisión) respectivamente.

El conteo de estructuras depositadas en la Caja Petri se hizo ubicando una cuadrícula milimétrica de papel albanene debajo de la superficie de distribución [área total de distribución de esporas (ADE)= área de la boca de la cámara= 804 mm<sup>2</sup>]. Se eligió como unidad de muestreo 1mm<sup>2</sup>, tomando como criterio principal el tamaño de la espora que es de 18 a 20 micras (Okuda y Neushul, 1981). Del ADE se muestrearon al azar 20 mm<sup>2</sup>, contabilizando el número de estructuras presentes por mm<sup>2</sup>. El área mínima de muestreo se determinó visualmente en el primer experimento para tres

niveles de densidad (Fig. 3a). El procedimiento seguido consistió en graficar el promedio acumulativo de esporas/mm<sup>2</sup> contra el área acumulativa (Brower y Zar, 1977). El total de estructuras liberadas por la planta experimental se estimó a partir de los valores muestrales mediante la fórmula:

$$X = N\bar{y} \text{ (Rabinovich, 1982)}$$

Donde: X = Total de esporas presentes

N = ADE

$\bar{y}$  = Promedio de esporas por mm

En un experimento separado para determinar la pérdida por manipulación, se encontró que el error mas grande correspondió a las esporas que quedaron adheridas a la tapa y las paredes del frasco, con un 4.6%. La pérdida por sifoneo constituyó alrededor del 0.04%.

2 Viabilidad.- Tomando en cuenta que la mayor cantidad de esporas liberadas se registró en los meses de marzo, se decidió usar las estructuras expulsadas por las plantas de la parte 1 (correspondiente al experimento de marzo de 1985) para determinar su viabilidad. Así, durante los primeros siete días de expulsión, el total de carposporas y tetrasporas liberadas fueron inoculadas separadamente en Cajas Petri de 90 X 15 mm. conteniendo medio Von Stoch ajustado a una salinidad de 31% y adicionándoles GeO<sub>2</sub> para inhibición de diatomeas. Las cajas se pusieron en una incubadora marca Precision a una temperatura controlada de 18 ± 1 °C y fotoperíodo de 12:12 Hrs.. La luz proveniente de lámparas fluorescentes integradas en la incubadora se rebajó

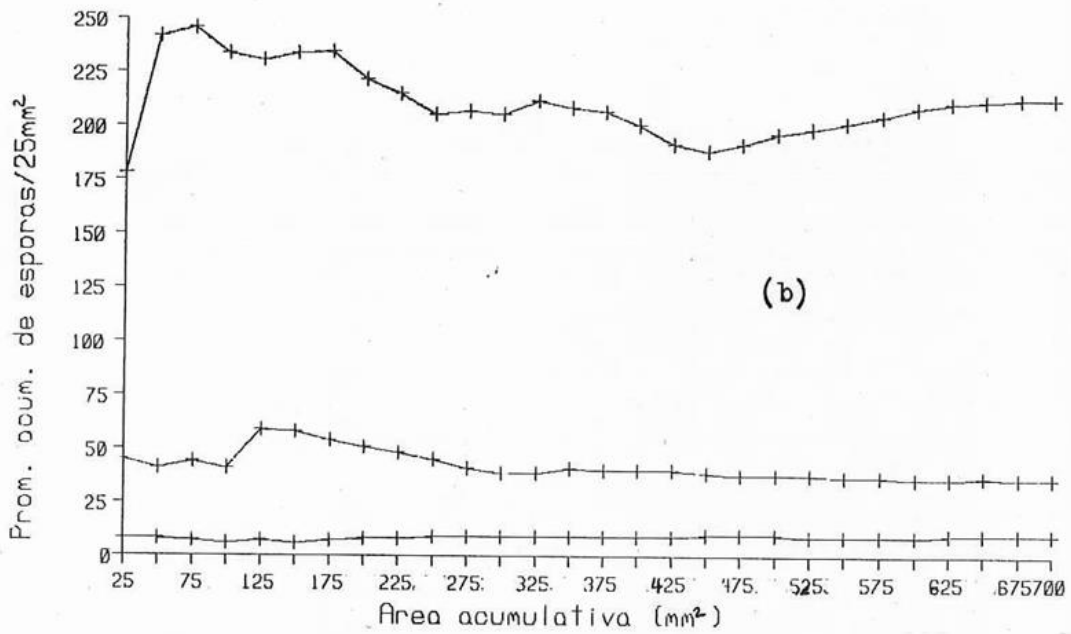
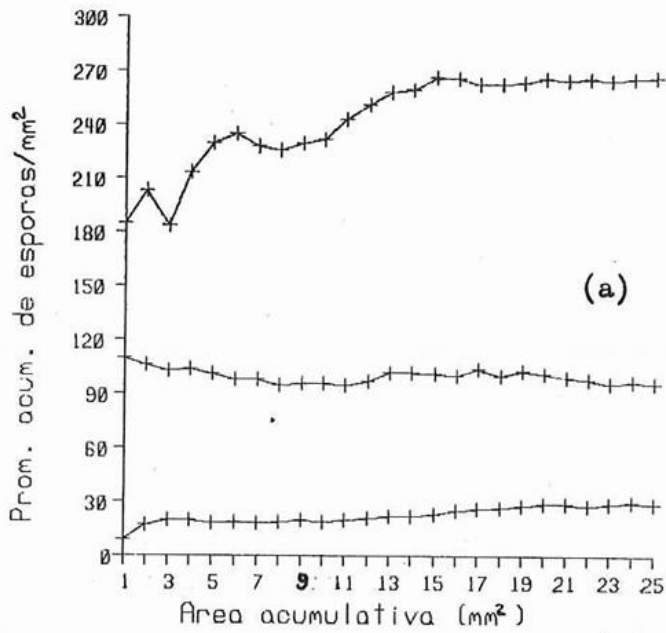


Fig. 3.- Curvas acumulativas para determinar el área mínima de conteo de esporas en los experimentos de: (a) expulsión por plantas individuales y (b) viabilidad.

hasta una intensidad de 70 pies-candela por medio de mallas de plástico con una área de apertura de 1 mm<sup>2</sup>. Dicha intensidad luminosa se midió con un fotómetro Weston modelo 703-67. Después del séptimo día de expulsión las esporas no fueron inoculadas diariamente, sino preferentemente cada tres días. Al final del mes se contabilizó el número de esporas germinadas, las cuales se reportaron como % de viabilidad con respecto al número inicial de esporas presentes. La estimación del total se hizo a partir de conteos en 30 cuadros de 25 mm<sup>2</sup> ., usando la misma metodología que la descrita en la parte 1 de esta sección. La curva para estimación del área muestral se presenta en la Fig. 3b.

3 Desecación.- La colecta se hizo el día 8 de mayo de 1985. Se corrieron dos experimentos, uno a la intemperie y otro en laboratorio bajo condiciones no controladas. Para esto se cortaron segmentos fértiles de ambos tipos de plantas con aproximadamente el mismo peso (0.35gr. en promedio y S = .11gr.) y con una longitud promedio de 6.1 cm. (S = 1.3 cm.). Se contabilizó el número de cistocarpos y pínulas presentes en la carposporofita y el número de pínulas para los segmentos correspondientes a la tetrasporofita. Posteriormente se corrió por duplicado el experimento (para cada fase) con los fragmentos tratados de la siguiente manera:

a) Continuamente sumergidos en agua de mar (24 Hrs.).

b) 1 Hr. expuestos al aire y el resto sumergidos (23 Hrs.).

c-f) 2 Hrs., 4, 6 y 8 Hrs. de exposición y el resto sumergidos.

Una vez que los segmentos cumplieron su tiempo de exposición, se pusieron en tubos de ensayo conteniendo agua de mar filtrada no enriquecida con el fin de que las esporas liberadas cayeran directamente en los tubos. Al término de 24 Hrs., los trozos experimentales fueron quitados de los tubos y las esporas contadas. Para el conteo, las muestras se homogenizaron con agitación lateral, desprendiendo las esporas adheridas al fondo de los tubos con el uso de un pincel de cerdas suaves de nylon. Adicionalmente se hicieron observaciones al microscopio sobre el pincel, comprobándose que no quedaban esporas adheridas a las cerdas. Los tubos se aforaron a 10 ml. y la estimación del número de esporas se hizo a partir de conteos en una cámara ultraplana Fuschs Rosenthal (2/10mm. prof.). También se estuvo midiendo la temperatura del aire en el exterior y en laboratorio.

4 Expulsión en 24 Hrs..- Se trajeron ejemplares frescos el día 5 de julio de 1985. Se seleccionaron fragmentos fértiles de la misma forma que en (3), cuidando que en ningún momento estos quedaran expuestos al aire. después se pusieron separadamente 4 segmentos de cada fase en tubos de ensayo conteniendo agua de mar filtrada, es decir, el experimento se corrió por tetraplicado e inició a las 12 Hrs. del mismo día. Cada 4 Hrs. los trozos se cambiaron a

nuevos tubos con agua de mar, de tal forma que al final de las 24 hrs. se analizaron 6 muestras (tubos) para cada segmento. el número de esporas liberadas por los segmentos se estimó del mismo modo que en (3) y se estuvo midiendo la temperatura e intensidad de luz, esto último con un irradiómetro Kahlsico (268WA310).

5 Estadística.- Para las comparaciones de % de viabilidad en carposporas y tetrasporas al final de un mes, se aplicó una prueba t de Student, utilizando el paquete estadístico Minitab (Ryan et al., 1976) en una computadora Prime 400. El análisis de varianza (ANOVA) de dos vías con repetición, para detectar diferencias en el promedio de esporas liberadas en los experimentos de expulsión de 24 hrs. (teniendo como factores las horas del día y la fase de la planta) se llevó de acuerdo a la metodología descrita por los mismos autores y utilizando el mismo paquete después de transformar los datos con logaritmo natural. La comparación de pendientes y elevaciones en líneas ajustadas por regresión (experimentos de desecación) se efectuó por medio de pruebas t de Student aplicando las fórmulas dadas por Zar (1984) para tales casos. Las regresiones y comparación de las líneas se hicieron después de una transformación a raíz cuadrada para los datos de la variable dependiente e independiente.

Para los experimentos de desecación y expulsión en un ciclo de 24 Hrs., los resultados se reportaron en base al peso de los trozos experimentales. Esto se decidió después de comprobar que las correlaciones mas altas (teniendo como variables el No. de esporas por segmento vs. No. de pínulas, No. de cistocarpos y peso de los trozos) se detectaron en estas dos variables, usando el coeficiente de correlación de Pearson (Ryan op. cit.).

Para todas las pruebas estadísticas e intervalos de confianza se eligió un nivel de significancia del 0.05 y una decisión altamente significativa se consideró a un alfa = 0.01.

ramificaciones individuales o agrupadas a lo largo de las ramificaciones finales (Fig. 4) y las carposporas en el interior ocupan alrededor de las dos terceras partes del volumen total del cistocarpo (Fig. 5b).

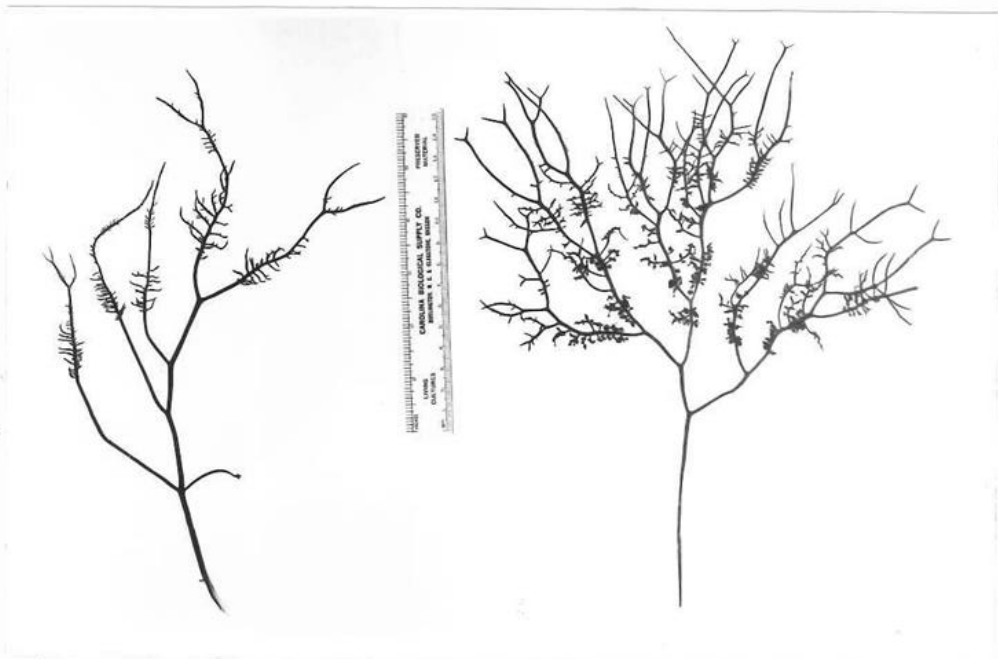


Fig. 4.- Morfología típica de G. canaliculata en su fase tetrasporofita (izq.) y gametofita femenina (der.) con cistocarpos presentes.

Los tetrasporangios son menos obvios. Se localizan generalmente sobre las partes laterales de las pínulas del ejemplar, aunque pueden presentarse con menos frecuencia en

sobresalen del tejido superficial como pequeñas almohadillas elipsoidales.

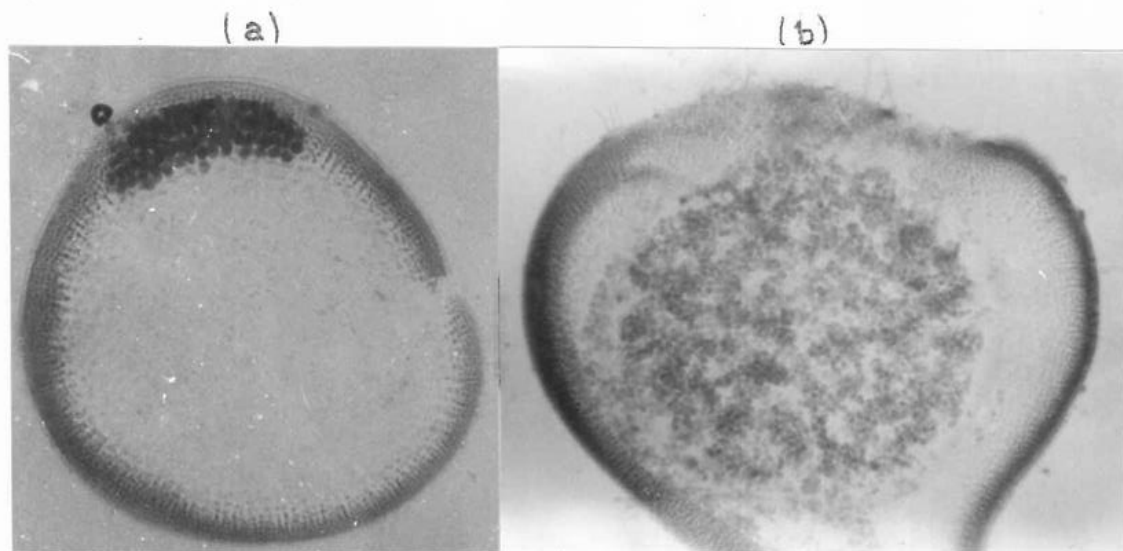


Fig. 5.- Secciones transversales en G. canaliculata: (a) nematecio mostrando los tetrasporangios y (b) cistocarpo con carposporas en su interior.

Las observaciones extraídas de los experimentos llevados a cabo indican que la cantidad de esporas liberadas/día por plantas individuales de G. canaliculata no permanece constante durante el tiempo que dura la expulsión, sino que en general hay una tendencia a disminuir con el

transcurso de los días. Se observó además un cierto ritmo durante el período de emisión de las estructuras reproductoras, alternándose (para ambos tipos de plantas) picos de alta y baja producción de esporas con intervalos de 2 a 3 días (Fig. 6). Durante los primeros 3 a 4 días se registró la mayor cantidad de esporas liberadas. Así, considerando todos los experimentos, al final del cuarto día la fase tetraspórofito expulsó un porcentaje promedio del 83 % del total de sus tetrasporas y la carposporofita alcanzó un 67 % en ese mismo lapso. Por otra parte, si bien en los meses de 1983 *G. canaliculata* expulsó un gran número de esporas/día, para 1984 dicha cantidad disminuyó bruscamente en ambas fases. Consecuentemente el monto mayor de estructuras liberadas por las plantas individuales corresponde a 1983, con valores que fluctúan entre  $3.43 \times 10^5$  y  $2.734 \times 10^6$  esporas/planta (Tabla I).

Se observó además que, excepto para los meses de 1984 y noviembre de 1983, la fase carposporofita mostró el mayor potencial reproductivo, cuantificándose expulsiones superiores al millón de carposporas/planta. Durante 1983 no se detectaron grandes diferencias en cuanto al número de esporas liberadas por ambas fases. En general, el período de expulsión es más prolongado en las plantas carposporofitas y no se encontró una correlación significativa entre la cantidad de estructuras liberadas y el número de pínulas presentes en el alga o temperatura o

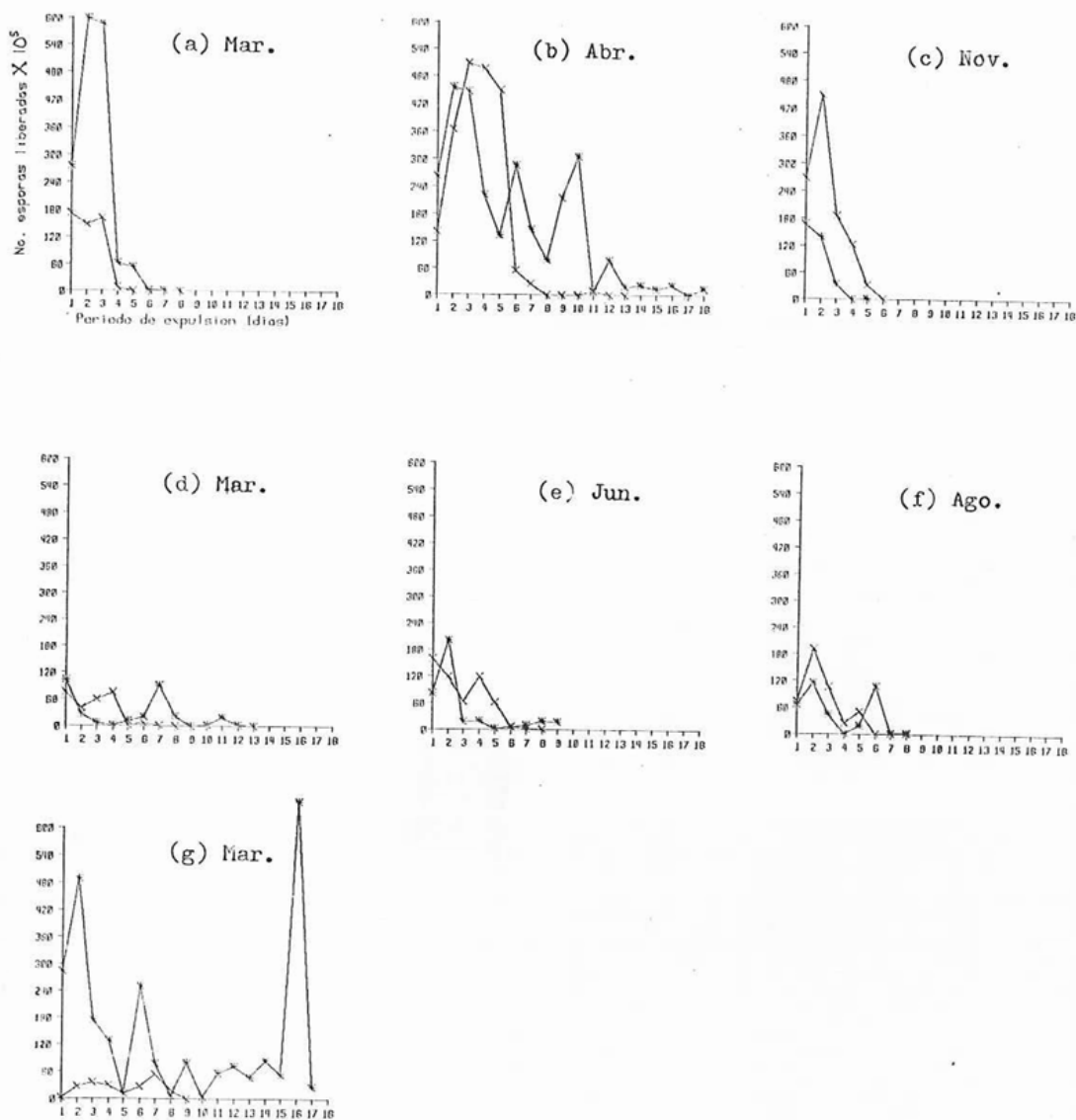


Fig. 6.- Gráficas que muestran el comportamiento de expulsión diaria por plantas individuales de G. canaliculata en laboratorio, bajo condiciones no controladas. x, tetrasporas; \* carposporas. (a-c), 1983; (d-f), 1984; (g), 1985.

salinidad.

Tabla I.- Resumen de resultados obtenidos por los experimentos de expulsión de esporas con ejemplares completos del alga G. canaliculata.

T=tetrasporofita, C=carposporofita.

Fecha de colecta	Fase	No. de pí- nulas	Talla (cm.)	Días de ac- tividad.	Total de esporas	Para el agua - del frasco: T (°C)	S%.
22 mar. 1983	T C	163 220	20.7 18.0	6 8	492957 1585138	19.5	32.0
19 abr. 1983	T C	284 134	20.9 13.8	13 18	2050978 2734267	20.0	33.0
24 nov. 1983	T C	709 288	— —	6 5	1060099 343402	18.5	33.0
15 mar. 1984	T C	162 69	21.0 20.0	8 13	260793 311951	20.0	35.0
03 jun. 1984	T C	212 294	22.0 29.0	8 9	591964 374801	21.0	35.0
28 ago. 1984	T C	— —	— —	8 8	452106 360144	24.5	34.0
05 mar. 1985	T C	135 99	22.0 17.5	9 17	208316 2511865	18.0	33.5
Premed.	T	277	21.3	8	731030	20.2	33.5
Totales	C	184	19.7	11	1174510		

El proceso de expulsión es básicamente el mismo para ambos tipos de plantas. La salida de carposporas vía ostíolo del pericarpo ocurre vertiginosamente durante los primeros dos minutos y después la tasa de expulsión es mas lenta. El fenómeno inicia con la salida de "hileras" de esporas pasando individualmente a través del ostíolo y acompañadas de mucílago (Fig. 7a). Una vez en el exterior,

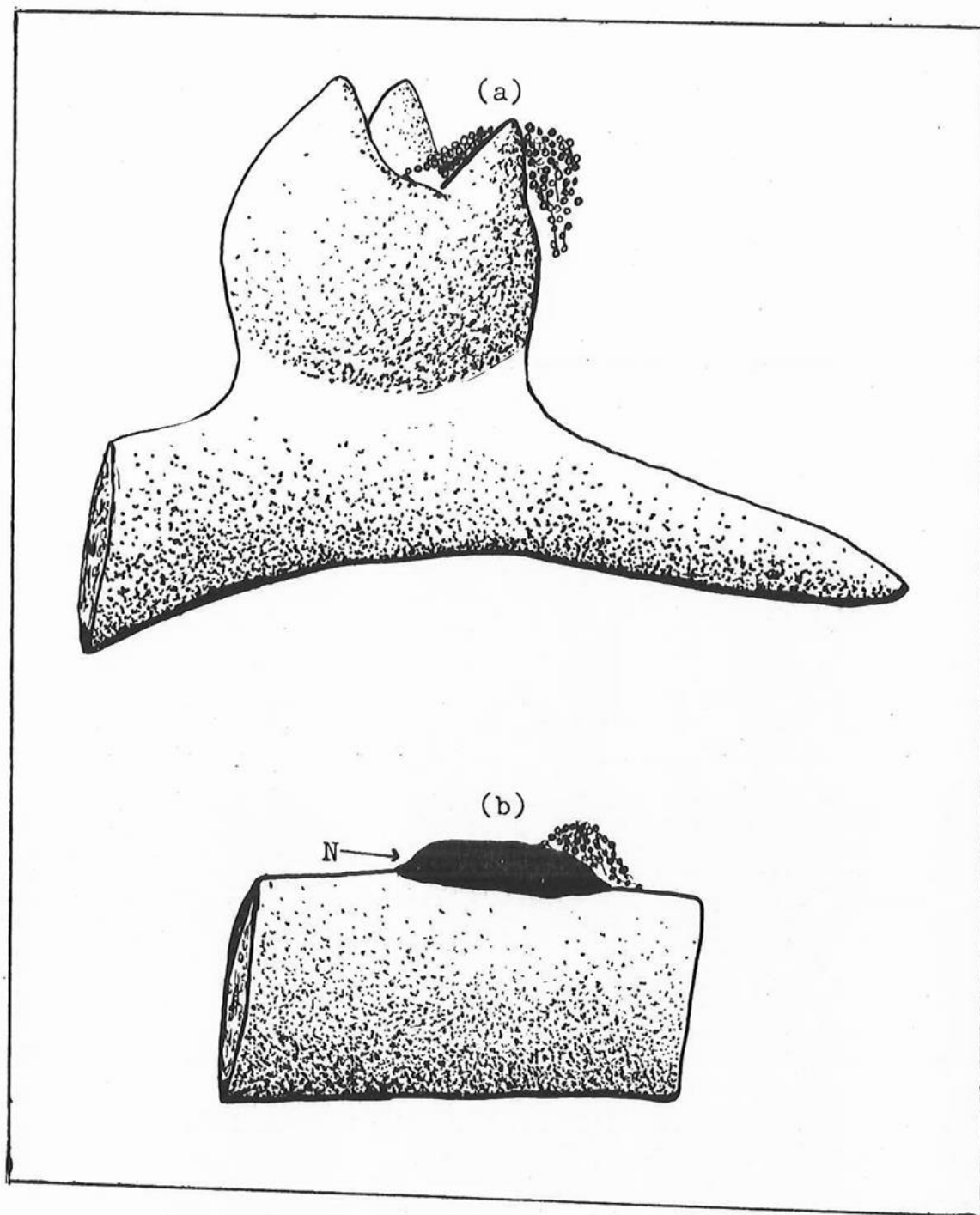


Fig. 7.- Representación diagramática del proceso de expulsión de carposporas (a) y tetrasporas (b) en el alga G. canaliculata. N, nematecio.

las carposporas se acumulan en grupos de varios cientos y posteriormente caen en masa dentro de la columna de agua, desprendiéndose muchas de ellas del mucílago que las une. Durante la expulsión hay breves intervalos de tiempo en los que no hay salida de cuerpos reproductivos y en vez de esto se forman pequeñas "corrientes de esporas" en el interior del cistocarpo que culminan con una nueva expulsión en serie. Al final, el cistocarpo queda semivacío. Un solo cistocarpo pequeño es capaz de expulsar mas de 3000 esporas. La liberación de tetrasporas ocurre de la misma forma que la descrita arriba. El proceso comienza con la salida en serie de las estructuras a través de una apertura que se forma en la parte superior y lateral del nematecio (Fig. 7b). Las tetrasporas son expulsadas activamente al principio (de 3 a 5 por segundo) y luego el ritmo se hace mas lento conforme se va vaciando el órgano. Después de la expulsión el nematecio queda como una cápsula vacía y semitransparente.

#### Viabilidad

El porcentaje de esporas que permanecieron viables después de un mes puede observarse en la Fig. 8. Las tetrasporas liberadas el primer día mostraron alrededor de un 50% de éxito, mientras que en los subsecuentes nueve días esta proporción disminuyó y volvió a presentar un máximo de sobrevivencia en la expulsión correspondiente al décimo día

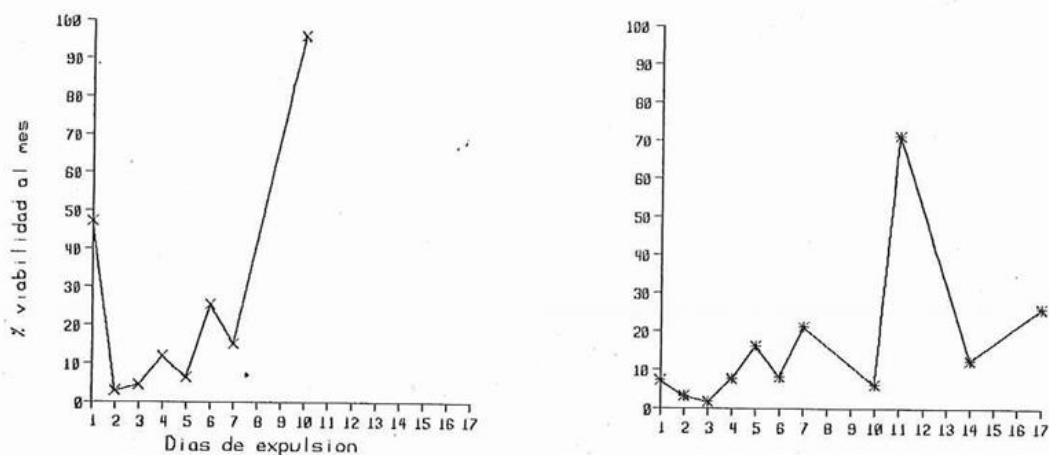


Fig. 8.- Período de expulsión (días) en plantas individuales de G. canaliculata y relación porcentual de esporas que permanecieron viables al final de un mes. Datos correspondientes a marzo de 1985. (x, tetrasporas; \* carposporas).

Tabla II.- Total de carposporas y tetrasporas liberadas por plantas individuales durante un período de expulsión y número de estas que permanecieron viables al final de un mes. CV.= Coeficiente de variación.

Fecha de expulsión (1985)	Tetrasp. liberadas	Carposp. liberadas	Tetrasp. viables al mes.	C.V. (%)	Carposp. viables al mes.	C.V. (%)
06 marzo	1908	284174	903	53.9	20901	4.1
07 "	27500	488261	806	15.4	15615	2.1
08 "	35741	175875	1612	3.1	3017	22.8
09 "	30709	128801	3648	11.1	9932	6.2
10 "	11277	12502	719	12.0	2044	33.4
11 "	26663	250325	6787	26.9	20574	7.7
12 "	54479	78284	8637	28.8	16674	2.1
15 "	260	79033	250	24.3	4966	16.7
16 "	---	5247	---	---	3741	1.1
19 "	---	48481	---	---	6074	37.8
22 "	---	15165	---	---	3948	16.3

(96%). La fase carposporofita mostró un máximo de carposporas viables al undécimo día de expulsión con un 71%. Una prueba t para comparación de dos muestras nos indicó que no hay diferencias significativas entre el porcentaje promedio de carposporas y tetrasporas viables al final del mes.

La Tabla II muestra el total de esporas liberadas para cada día por las plantas experimentales de G. canaliculata y el total de estructuras que permanecieron viables al final del mes. Con el fin de probar si existían o no diferencias en la cantidad de esporas viables para una y otra fase, se aplicó nuevamente una prueba t, resultando de esta que hay diferencias altamente significativas, siendo la fase carposporofita quien presentó la mayor cantidad de esporas germinadas.

Por otra parte, la morfología esférica de las carposporas y tetrasporas recién liberadas son similares y presentan el mismo patrón de germinación en condiciones de cultivo estático (Fig. 9 a-d), iniciando con una división en un plano longitudinal primero y luego otra en sentido perpendicular dentro de las primeras 24 horas (Fig. 9a) Posteriormente ocurren una serie de divisiones periclinales y anticlinales (Fig. 9b) dando como resultado la forma de disco o almohadilla al término del quinto día. Después de aproximadamente 12 días, los discos multicelulares comenzaron a mostrar crecimientos marginales acompañados de

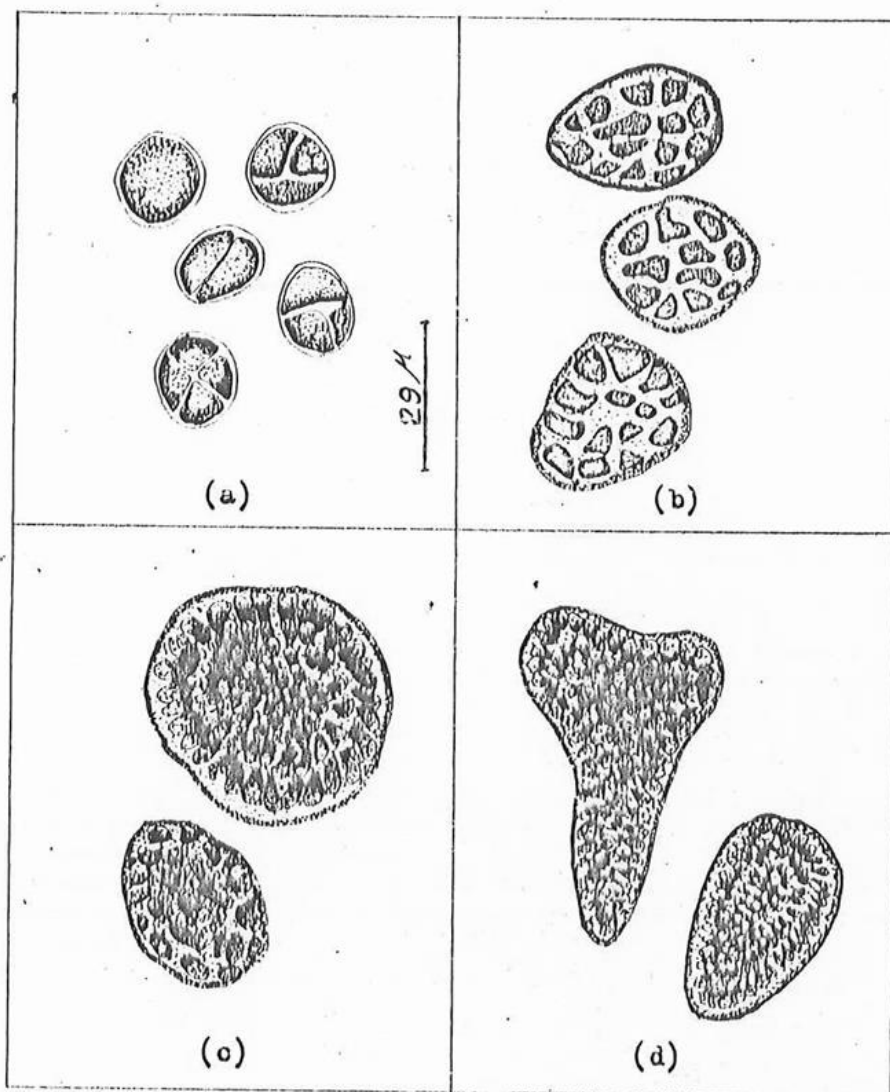


Fig. 9.- Primeros estadios de desarrollo en el alga G. canaliculata: (a) Divisiones en uno y dos planos despues de 24 Hrs.; (b) Divisiones periclinales y anticlinales (5 dias); (c) Discos multicelulares con crecimientos marginales (12 dias); (d) Elongacion del disco basal y formacion del eje erecto (12 a 22 dias).

un rápido aumento de tamaño (Fig. 9c). La presencia de un incipiente abultamiento y la formación posterior de una porción basal y otra erecta (Fig. 9d) ocurrieron en los subsecuentes diez días. Cabe hacer notar que en esta etapa final de desarrollo germinal el crecimiento de los cuerpos multicelulares mostró una alta heterogeneidad, y se pudieron notar grandes diferencias en cuanto al tamaño y morfología de estos.

#### Desecación

Tanto para los experimentos llevados a cabo con trozos expuestos directamente al sol, como en los de laboratorio, se observó una significativa correlación inversa entre el número de esporas liberadas por la planta y el tiempo de exposición (Hrs.). La máxima cantidad de esporas liberadas ocurrió cuando los segmentos estuvieron completamente sumergidos, con valores cercanos a  $1 \times 10^5$  carposporas/gr.segmento para la fase carposporofita en ambos experimentos y un máximo promedio de 316970 tetrasporas/gr.segmento en condiciones de laboratorio (Fig. 10). Para todos los casos se encontró una disminución gradual en la cantidad de estructuras liberadas conforme aumenta el período de exposición, hasta alcanzar valores mínimos con un tiempo máximo de 8 horas de exposición.

Basados en pruebas t para comparación de pendientes

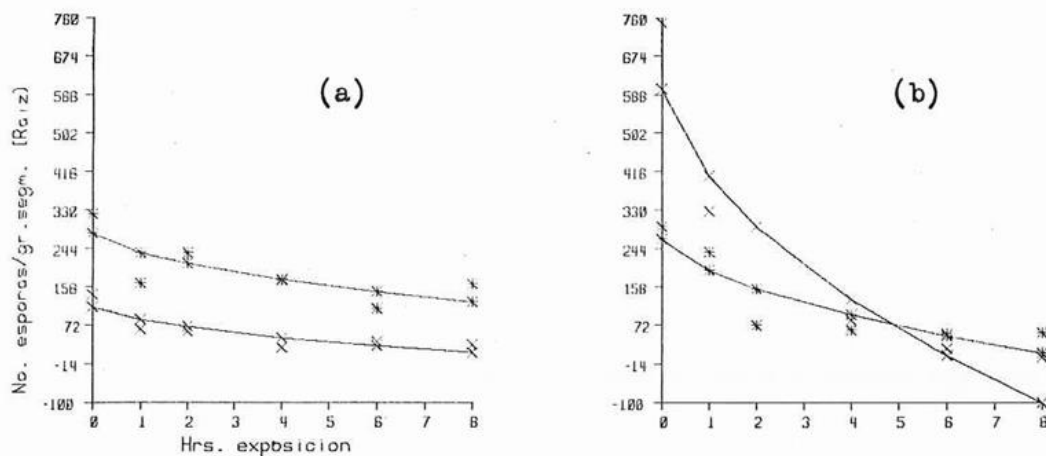


Fig. 10.- Curvas de ajuste para los datos observados de expulsión de esporas en G. canaliculata expuesta a distintos períodos de desecación. (a) Experimento a la intemperie, (b) en laboratorio. Las ecuaciones se dan en la Tabla III. x, tetrasporas; \*, carposporas.

Tabla III.- Ecuaciones de regresión y pruebas para comparación de pendientes y elevaciones para los datos ajustados de expulsión con efecto de la desecación en las plantas de G. Canaliculata.

T=tetrasporofita, C=carposporofita; Dir.=directa, Indir.=indirecta  
 $T_o$  = t observada,  $T_c$  = t crítica.

Tipo de exposición y fase	Ecuación de ajuste.	R	Comparación pendientes (g.l.=8)	Comparación elevaciones (g.l.=9)
Dir. (T)	$\sqrt{Y}=126-40.5\sqrt{X}$	76.3	$T = 7; T_c = 2.3$	
Indir. (T)	$\sqrt{Y}=686-278\sqrt{X}$	85.0	Rechaza $H_0$ : $b_1 = b_2$	
Dir. (C)	$\sqrt{Y}=298-102\sqrt{X}$	79.0	$T = 1.1; T_c = 2.3$ Acepta $H_0$	$T_o = 2; T_c = 2.2$ Acepta $H_0$ : $a_1 = a_2$
Indir. (C)	$\sqrt{Y}=298-61.6\sqrt{X}$	62.0	$b_1 = b_2$	

(Tabla III), encontramos que la pendiente de la línea ajustada para las tetrasporas liberadas por los trozos puestos a la intemperie es significativamente distinta a la pendiente mostrada por la misma fase en condiciones de laboratorio, lo cual indica un mayor efecto negativo de la desecación sobre los segmentos completamente expuestos (Fig. 10a.) por el contrario, para la fase carposporofita (Fig. 10 a-b) no se detectaron diferencias significativas entre ambos experimentos, ya que tanto las pendientes como las elevaciones mostraron no ser diferentes (Tabla III).

En observaciones realizadas sobre las carposporas expulsadas por los trozos expuestos directamente al sol, se notó que solo para la primera hora de exposición las estructuras se conservaron aparentemente sanas, pero con mas tiempo estas salen contraídas y muchas pierden la esfericidad. Los segmentos se volvieron negruzcos y se contrajeron después de una hora de exposición directa, y al reinstalarlos en agua (para la expulsión) mostraron una considerable pérdida de su pigmentación inicial adquiriendo una tonalidad rojiza. Acorde con esto, el agua de los tubos conteniendo los segmentos también mostró un cambio, pasando de transparente a ligeramente turbia.

#### Expulsión (24 Horas)

Los resultados de un ANOVA factorial de 2 vías teniendo

como variable el número de esporas liberadas/gr.segm./día y como factores el tiempo (períodos de 4 hrs. durante 24 hrs.) y la fase de la planta (tetrasporofita y carposporofita), se muestran en la Tabla IV. De acuerdo a esta, se encontró que existen diferencias altamente significativas en el número promedio de esporas liberadas por los segmentos para las distintas horas del día, correspondiendo al ciclo diurno la máxima cantidad. Por otra parte, no se detectaron diferencias entre el promedio de esporas liberadas por las distintas fases de G. canaliculata. No obstante lo anterior, la presencia de interacción entre el tiempo y la fase de la planta, nos indica que el número de estructuras liberadas a las distintas horas del día depende en gran medida del segundo factor (la fase). Así, en la Fig. 11 se observa que la liberación de tetrasporas por los segmentos ocurrió a todo lo largo del día, mostrando un máximo de 55800 tetrasporas/gr.segm./día en el período comprendido de las 12-16 Hrs. y la mínima cantidad durante las horas nocturnas (20-8 Hrs.) con valores cercanos a cero. Por el contrario, la fase carposporofita mostró un comportamiento diferente (Fig. 11), liberando la mayor cantidad durante las horas de la mañana y en la tarde (8-12 Hrs. y 16-20 Hrs. respectivamente), registrando valores mínimos en el período comprendido de las 12-16 Hrs. (296 carposporas/gr.segm./día) y en las horas nocturnas (24-8

Tabla IV.- Resultado de un ANOVA de 2 vías, teniendo como variable el No. de esporas/gr. segm./día y como factores las horas del día (períodos de 4 horas) y la fase de la planta (T=tetrasporofitas). Datos correspondientes al experimento de expulsión en 24 - horas.

Fuente de variación	g.l.	F <sub>obs.</sub>	F <sub>crít.</sub> alfa=0.05	Decisión Alfa=0.05
Tiempo (Hr. del día)	5	13.89	2.48	Signif.
Fase (T y C)	1	0.81	4.11	N.S.
Interaccion (Hrs.*Fase)	5	6.19	2.48	Signif.

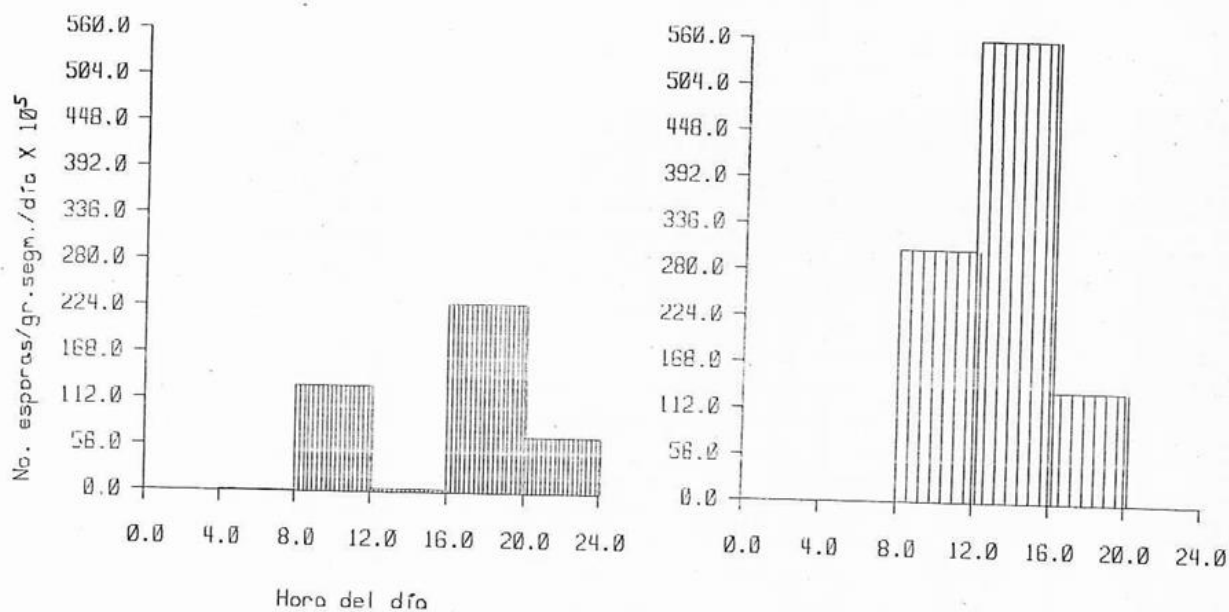


Fig. 11.- Histogramas que muestran la cantidad relativa de estructuras liberadas por G. canaliculata en un ciclo de 24 horas. Las barras oscuras corresponden a carposporas y las mas claras a tetrasporas.

Hrs.) con valores promedio de 82 a 433 carposporas/gr.segm./día. En general, se comprobó mediante la prueba de Tukey para comparaciones múltiples (Zar, 1984) que las horas nocturnas tienden a agruparse con los valores mas bajos de expulsión.

#### DISCUSIONES

A pesar de que la variación anual en el número de esporas liberadas por los ejemplares completos de G. canaliculata fué grande, se pudo detectar un potencial reproductivo varias veces mas alto de la planta en comparación con otras especies de importancia económica, tanto para el total de esporas liberadas como para el numero de estructuras expulsadas por día. Así, Oza y Krishnamurthy (1968) reportan un máximo de 73000 esporas liberadas por Gracilaria verrucosa correspondientes al mes de diciembre, mientras que los máximos valores para Gelidium robustum corresponden a septiembre, con un total de 299072 carposporas liberadas por planta (Guzmán del Proó et al., 1972). G. canaliculata llegó a mostrar expulsiones máximas superiores a los dos millones de esporas por ejemplar, siendo la media cercana a 700000 para tetrasporofitas y mayores de  $1 \times 10^6$  para carposporofitas. Similarmente a las especies ya mencionadas, los ritmos de expulsión de esporas en G. canaliculata se presentaron en períodos cortos,

liberando mas del 50% de su material en los primeros cuatro días, con picos de expulsión presentes cada 2 o 3 días. En relación a lo último, todo parece indicar que los ritmos son de naturaleza endógena, tomando en cuenta que el fenómeno se presentó en casi todos los experimentos , para ambas fases de la planta y con periodicidades similares. Sweney y Hastings (1972) enfatizan en que este tipo de ritmos se presentan independientemente de los cambios ambientales, y en los cuales es evidente el involucramiento de procesos fisiológicos innatos. Con referencia a esto, Oza y Krishnamurthy (op. cit.) mencionan que aparte de la temperatura, la madurez del ejemplar tiene gran influencia sobre la expulsión de las esporas, causando periódicas maduraciones y liberación rítmica de estructuras reproductoras. No obstante las observaciones anteriores, está claro que se necesita un estudio mas detallado sobre este aspecto para poder detectar con mayor claridad los factores que intervienen en el control del fenómeno. Por otra parte, se ha sugerido que la temperatura puede influir estacionalmente de manera directa sobre la cantidad de estructuras liberadas (Suto, 1950; Oza y Krishnamurthy, 1968; Guzmán del Proó et al., 1972). Sin embargo, el no encontrar una correlación significativa entre el número de esporas liberadas y los factores medidos en nuestros experimentos (temperatura y salinidad), nos indica que para los períodos que duró la expulsión dichos factores no representaron una

gran influencia sobre el monto total de estructuras liberadas, mas bien las condiciones experimentales (agua sin movimiento ni nutrientes añadidos) parecen tener un mayor efecto, provocando un "stress de acondicionamiento" que se refleja en la expulsión deliberada de cuerpos reproductivos durante los primeros días. Ya anteriormente Suto (en Oza y Krishnamurthy, 1968), encontró que la liberación de esporas en Celidium amansii aumentaba cuando el tiempo estaba en calma y decrecía cuando las condiciones cambiaban. Además, tal como lo señala Schwenke (1971), las plantas adaptadas a la vida en hábitats expuestos responden mas sensitivamente al agua sin movimiento que aquellas de hábitats profundos, afectándoles tanto en su crecimiento como en su fisiología.

La expulsión de carposporas y tetrasporas en masa con presencia de mucílago indica un mecanismo de expulsión similar al descrito por Jones (1957) y Boney (1978b) para Gracilaria verrucosa y Rhodomenia pertusa respectivamente, ventajoso desde el punto de vista ecológico si tomamos en cuenta que en una zona como en la que se distribuye C. canaliculata el tiempo de calma es relativamente corto, por lo que un agrupamiento con mucílago influenciaría la tasa de asentamiento, disminuyéndola y permitiendo un mayor tiempo de residencia de la espora en el sustrato para su posterior fijación.

Por lo que respecta a viabilidad, los resultados muestran que no existen diferencias significativas entre el

% de sobrevivencia de tetrasporas y carposporas y que los menores porcentajes de viabilidad corresponden justamente (para ambos tipos de plantas) al período en que se expulsó mas del 60% de las esporas (los primeros cuatro días). Lo anterior hace sugerir que la sobrevivencia en dicho período se vió afectada principalmente por la cantidad y calidad de las estructuras expulsadas, siendo en este lapso de "stress" cuando se liberó la mayor cantidad de esporas inmaduras. Umamaheswara (1976) reporta un 26 % de viabilidad después de un mes para las tetrasporas de Gracilaria corticata, pero debido a que no menciona a que día de expulsión corresponden dichos datos, no es posible establecer comparaciones.

Por otra parte, si bien Okuda y Neushul (1981) encontraron diferencias en cuanto al tamaño y tasa de sedimentación para las tetrasporas y carposporas de G. canaliculata, la morfología durante las primeras etapas de desarrollo es básicamente la misma para ambos tipos de esporas y su patrón de germinación es similar al descrito para otras Gigartinales (Ogata et al., 1972; Bird et al., 1977), con un desarrollo inicial en forma de disco y la posterior formación del eje erecto.

Por lo que respecta a los resultados de expulsión con efecto de exposición sobre la planta, se encontró que la liberación máxima de esporas ocurridas en segmentos sumergidos de G. canaliculata presenta un comportamiento

similar al mostrado por otros miembros del mismo orden (Umamaheswara, 1976; Umamaheswara y Kaliaperumal, 1983). Sin embargo a diferencia de ellos, G. canaliculata no presenta una repentina suspensión en la descarga de sus esporas a un determinado período de exposición, sino que disminuye en forma inversamente proporcional. Esto indica que la especie en cuestión tiene una mayor tolerancia, lo cual puede deberse a la adaptación del alga a su hábitat en la zona intermareal, que le permite estar sumergida en mareas muertas y expuesta en mareas cercanas a cero o negativas. En este sentido, Biebl (1972), menciona que en general las algas sublitorales son menos tolerantes a la desecación que aquellas distribuidas cerca de la playa. El efecto de la desecación sobre el número de esporas liberadas es obvio para la fase tetrasporofita, ya que una exposición directa al sol, se refleja en un número menor de estructuras liberadas. De acuerdo a DeWreede (1980), estos efectos no están limitados únicamente al período de desecación (que afecta la actividad fisiológica del alga), pues en observaciones con Sargassum muticum encontró que las plantas intermareales llevaron a cabo la fotosíntesis aún con un 30-35% de desecación, y talos con un 95% de desecación a períodos cortos de tiempo sobrevivieron pero disminuyeron su actividad fotosintética. En el caso de la fase carposporofita no se detectaron diferencias en cuanto al patrón y número de carposporas liberadas para los

experimentos corridos en laboratorio y a la intemperie, pero las diferencias halladas en cuanto a la condición de salud en que fueron expulsadas son un indicador de que en el último caso la viabilidad es muy pobre o nula, pues con 2 hrs. o más de exposición a la intemperie las esporas mostraron una morfología similar a las de 6 a 8 hrs. de exposición en laboratorio y los segmentos mismos fueron claramente afectados. Se ha reportado una sobrevivencia del 80% para alfa-esporas de Porphyra schisophylla puesta en agua evaporada durante 36 horas (Boney, 1978), a pesar de que esta especie tiene una distribución que incluye lugares protegidos de la zona intermareal inferior durante primavera y verano. Para el caso de algas como G. canaliculata es de esperarse que los efectos de la desecación en experimentos de laboratorio sean más drásticos que los que suceden en el medio natural, pues como lo señala DeWreede (op cit.), en el campo toma mucho más tiempo al alga para desecarse, debido a traslapamientos de plantas, alta humedad etc..

Aún cuando no se detectaron diferencias significativas en el promedio de esporas liberadas por las plantas carposporofitas y terasporofitas en un ciclo de 24 Hrs., es notable el hecho de que la mayor producción de los cuerpos reproductivos ocurrió durante el día, lo cual contrasta con lo observado por Umamaheswara (1976) para Gracilaria corticata, cuya emisión de esporas fúe máxima durante la noche. Comportamientos similares al mostrado por G.

canaliculata han sido reportados para Gracilaria verrucosa (Oza y Krishnamurthy, op cit.) y Gelidiella acerosa (Umamaheswara, 1974). La presencia de una interacción altamente significativa hallada en el presente trabajo, nos indica que existe preferencia por parte del alga para expulsar la mayor cantidad de esporas a cierta hora del día, dependiendo de la fase de la planta. El efecto de la luz sobre la descarga de esporas ha sido registrado por Umamaheswara y Kaliaperumal (1983), quienes sugieren que la cantidad de energía lumínica recibida por las plantas controlan dicha expulsión debido a un efecto fotosintético. Para los experimentos llevados a cabo en este trabajo, se pudo detectar que el pico de expulsión de tetrasporas ocurrió justamente cuando la intensidad luminosa fué mayor (12-16 hrs.) y parece ser que esa intensidad resultó inhibitoria para la fase carposporofita, la cual liberó la mayor cantidad de esporas en las primeras horas de la mañana y la tarde. Todo lo anterior hace sugerir que, si bien la luz desempeña un papel fundamental sobre la emisión de estructuras reproductoras, existe también un reloj biológico que actúa sobre la planta, inhibiendo la liberación de esporas durante las horas nocturnas y estimulando la descarga de estas durante las horas del día.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se exponen las siguientes conclusiones:

1) Las plantas individuales de G. canaliculata liberaron un promedio total de  $7.3 \times 10^5$  tetrasporas ( $2.05 \times 10^6$  máx.) y  $1.17 \times 10^6$  carposporas ( $2.73 \times 10^6$  máx.). Las dos fases mostraron ritmos de expulsión con picos presentes cada dos o tres días y mas del 60% de esporas liberadas en los primeros cuatro días.

2) La expulsión de tetrasporas y carposporas ocurre de manera similar. El mecanismo incluye la salida seriada de estructuras con presencia de mucílago, acumulación de masas de esporas en el exterior y sedimentación de estas en la columna de agua.

3) La viabilidad de las esporas (después de un mes) es baja durante los días de máxima emisión y los valores mas altos de sobrevivencia se detectaron al décimo (Tetrasporas 96%) y undécimo días (carposporas 76%), no existiendo diferencias significativas entre el porcentaje de esporas viables en ambos tipos de plantas. El desarrollo en los primeros estadíos corresponde a la forma de disco y la posterior formación del eje erecto, para ambas clases de esporas.

4) Hay un efecto de la desecación de la planta sobre el número de esporas liberadas, disminuyendo la cantidad de estas conforme se aumenta el período de exposición.

5) La máxima cantidad de esporas liberadas corresponde a las horas diurnas. La fase carposporofita libera la mayor cantidad en las horas de la mañana y la tarde. La tetrasporofita al medio día.

#### LITERATURA CITADA

Abbott, I.A. and C.J. Hollenberg, 1976. Marine Algae of California. Stanford University Press, Stanford Ca., 827pp.

-----, 1980. Some field and laboratory studies on colloid-producing red algae in Central California. Aquat. Bot., 8:255-266.

Aguilar-Rosas, L.E.; R. Aguilar-Rosas; I. Pacheco-Ruiz, E. Borquez-Garces; M.A. Aguilar-Rosas y E. Urbieta-Gonzalez, 1982. Algas de importancia económica de la región noroccidental de Baja California, México. Ciencias Marinas (Mex.), 8:49-63.

Aguilar-Rosas, M.A., 1982. Un estudio sobre las algas marinas bentónicas de Baja California, México. Tesis licenciatura, U.A.B.C., 138 pp.

- Biebl, R., 1972. Seaweeds. En: Lewin, R.A. (Ed.), Physiology and Biochemistry of Algae, Academic Press, London, pp. 799-815.
- Bird, N.; J. McLachlan and D. Grund, 1977. Studies on Gracilaria. 5. In vitro life history of Gracilaria sp. from the Maritime Provinces. Can. J. Bot., 1282-1290.
- Boney, A.D., 1967. Carpospore release in a species of Polysiphonia. J. nat. Hist., 4:501-504.
- \_\_\_\_\_, 1978a. Survival and growth of alpha-spores of Porphyra schizophylla Hollenberg (Rhodophyta:Bangiophyceae). J. exp. mar. Biol. Ecol., 35:7-29.
- \_\_\_\_\_, 1978b. The liberation and dispersal of carospores of the red algae Rhodymenia pertusa (Postels et Rupr.) J. Ag. J. exp. mar. Biol. Ecol., 32:1-6.
- Brower, J.E. and J.H. Zar, 1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company Publishers, Iowa, 194 pp.

- Charters, A.C.; M. Neushul and D. Coon, 1973. The effect of water motion on algal spore adhesion. Limnol. Oceanogr., 18:884-896.
- Coon, D.A.; M. Neushul and A.C. Charters, 1972. The settling behavior of marine algal spores. Proc. Intl. Seaweed Symp., 7:237-242.
- Dawson, E.Y., 1961. Marine red algae of Pacific Mexico. IV. Gigartinales. Pacific Naturalist, 2:1-125.
- DeWreede, R.E., 1980. The effect of some physical and biological factors on a Sargassum muticum community and their implication for commercial utilization. In: Abbott, I.A., M.S. Foster and L.F. Eklund (Eds.), Pacific Seaweed Aquaculture, California Sea Grant Program, U.S.C.D., p pp. 32-44.
- Doty, M.S., 1979. Status of marine agronomy with special reference to the tropics. Proc. Intl. Seaweed Symp., 9:35-58.
- Guiry, M.D. and E.M. Cunningham, 1984. Photoperiodic responses in the reproduction of north-eastern Atlantic Gigartina acicularis (Rhodophyta:Gigartinales). Phycol., 23:357-367.

- Guzmán-del Proó, S.A.; S. de la Campa-de Guzmán and J. Pineda-Barrera, 1972. Shedding rhythm and germination of spores in Gelidium robustum. Proc. Intl. Seaweed Symp., 7:221-228.
- Jones, W.E., 1957. Some aspects of growth and development in Gracilaria verrucosa (Huds.) Papenf. Brit. Phycol. Bull., 5:16.
- Lawson, C.J.; D.A. Rees; D.J. Stancioff and N.F. Stanley, 1973. Carrageenans. Part VIII. Repeating structures of galactan sulphates from Furcellaria fastigiata, Gigartina canaliculata, Gigartina chamissoi, Gigartina atropurpurea, Ahnfeltia durvillae, Gimnogongrus furcellatus, Eucheuma cottonii, Eucheuma spinosum, Eucheuma isiforme, Eucheuma uncinatum, Agardhiella tenera, Pachymenia hymantophora and Gloiopeltis cervicornis. J. Chem. Soc., 1,19, 2177-2182.
- Ogata, E.T.; T. Matsui and H. Nakamura, 1972. The life cycle of Gracilaria verrucosa (Rhodophyceae, Gigartinales) in vitro. Phycol., 11:75-80.
- Okuda, T. and M. Neushul, 1981. Sedimentation studies of red algal spores. J. Phycol., 17:113-118.

- Oza, R.M. and V. Krishnamurthy, 1968. Studies on carposporic rhythm of Gracilaria verrucosa (Huds.) Papenf.. Bot. Mar., 11:118-121.
- Pineda Barrera, J., 1974. La cosecha de algas comerciales en Baja California. III. Pelo de cochi. Inst. Nal. de Pesca, Serie Divulgacion, 6:11-14.
- Ravinovich, J.E., 1982. Introducción a la Ecología de las Poblaciones Animales. Cía. Editorial Continental, S.A., México. 313 pp.
- Ryan, T.A.; B.L. Joiner and B.F. Ryan, 1976. Minitab Student Handbook. Dextbury Press, Mass.
- Santos, G.A., 1980. Quality of carrageenan and agar. En: Abbott, I.A., M.S. Foster and L.F. Eklund (Eds.), Pacific Seaweed Aquaculture, California Sea Grant Program, U.S.C.D., pp. 123-129.
- Schwenke, H., 1971. Water Movement. Plants. En: Kinne, O. (Ed.), Marine Ecology, Wiley-Interscience, London. Vol. I., Part 2, pp. 1091-1121.

Suto, S., 1950. Studies on shedding, swimming and fixing of the spores of seaweeds. Bul. Jap. Soc. Sci. Fish., 16:1-9.

-----; T. Murayama and O. Umebayashi, 1954. On the shedding of spores from "Conchocelis phase" of Porphyra tenera cultured in shells of bivalves. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 20:490-493. (Resum. en inglés).

Sweeney, B.M. and J.W. Hastings, 1972. Rhythms. En: Lewin, R.A. (Ed.), Physiology and Biochemistry of Algae, Academic Press, London. pp. 687-700.

Takeuchi, T.; T. Matsubara and N. Shitanaka, 1954. On the shedding of spores from the cultured "Conchocelis phase" of Porphyra tenera set in the sea. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 20:487-489. (Resum. en inglés).

Umanaheswara, R.M., 1974. Observations on fruiting cycle, spore output and germination of tetraspores of Gelidiella acerosa in Gulf of Mannar. Bot. Mar., XVII:204-207.

Umamaheswara, R.M., 1976. Spore liberation in Cracilaria corticata J.Agard growing at Mandapam. J. exp. mar. Biol. Ecol., 21:91-98.

----- and N. Kaliaperumal, 1983. Effects of environmental factors on the liberation of spores from some red algae of Visakhapatnam coast. J. exp. mar. Biol. Ecol., 70:45-53.

Zar, J.H., 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 718 pp.