

**OPTIMIZACION DEL CULTIVO *in situ* DE *Bryothamnion triquetrum*
(GMELIN) HOWE, MEDIANTE EVALUACION DE DIVERSOS
SISTEMAS DE SUJECION**

**OPTIMIZATION OF *in situ* CULTURE OF *Bryothamnion triquetrum*
(GMELIN) HOWE, USING DIFFERENT FASTENING SYSTEMS**

Arsenio José Areces
Luis Raúl Soberats

Instituto de Oceanología
1era no. 18406 entre 184 y 186
Rpto. Flores, Marianao, La Habana, Cuba

Recibido en agosto de 1990; aceptado en junio de 1991

RESUMEN

Se analizan los resultados de 11 ensayos de cultivo *in situ* de la agarofita *Bryothamnion triquetrum* mediante flotación en el interior de mallas y fijación a cuerdas. Con el primer método se probaron dos alternativas diferentes: paños continuos y bolsas. Para el segundo, se consideraron tres variantes distintas de fijación. Se comprobó la potencialidad productiva de la especie cuando es cultivada durante el verano en períodos de corta duración. Las mallas como sostén resultaron muy eficaces para restringir la pérdida por fraccionamiento del material sembrado. En bolsas de malla suspendidas, la especie puede alcanzar durante la etapa estival aumentos en biomasa de hasta 20.5 g m⁻¹ día⁻¹, con una densidad media de siembra cercana a los 200 g m⁻¹. La abertura de la malla, la separación entre las bolsas y el tamaño del ejemplar incluido en su interior constituyeron factores de gran incidencia en el rendimiento. El tamaño del ejemplar y la parte de la planta fijada también influyeron marcadamente en el rendimiento final del cultivo, cuando éste se efectúa mediante fijación del material a cuerdas. Tanto con ejemplares suspendidos libremente en el interior de mallas como fijos a cuerdas, los lapsos de cultivo siempre fueron determinantes en su productividad.

ABSTRACT

Eleven *in situ* culture trials with the agarophyte *Bryothamnion triquetrum* were carried out during one year, using two fastening methods: rope fixation and free floating pieces inside net bags. Feasibility of farming this species has been shown when it is cultivated during short periods of time in summer. Polypropylene nets used as mechanical support restrain quite efficiently losses of seedling biomass. *B. triquetrum* can thrive inside hanging bags, reaching yields of up to 20.5 g m⁻¹ day⁻¹, with a mean sowing density of near 200 g m⁻¹. Network opening, distance between the bags and size of the specimens suspended inside them, were factors that greatly influenced the harvestable crop. When seedlings were tied directly to the rope, specimen size and the thallus section used also influenced the final yield. Culture lapses were a determining factor in the yield with both methods.

INTRODUCCION

La práctica agrícola moderna ha demostrado que sólo mediante la conjunción de un riguroso control fitosanitario, el empleo de

INTRODUCTION

Modern agricultural practice has shown that only through the conjunction of strict phytosanitary control, the use of selected

variedades seleccionadas y una agrotecnia eficiente, resulta posible incrementar de manera sustancial los rendimientos.

Este último aspecto reviste notoria importancia cuando se aplican técnicas extensivas en el cultivo masivo de vegetales marinos. En la actualidad, éstas se ciñen a la utilización de áreas naturales someras sujetas a una moderada eutroficación, donde son colocadas ramas, cuerdas, redes o incluso piedras y bloques, a los cuales se fijan, previa manipulación, fragmentos y esporas de algas (Huguenin, 1976; Yamada, 1976).

La abrasión, la denudación o incluso la ruptura del vegetal debida a la acción mecánica de un batimiento energético pueden ocasionar, bajo estas circunstancias, una rápida fragmentación de la biomasa sembrada si ésta es fijada al substrato de una manera inadecuada o se ubica en lugares poco convenientes.

Por ello, el perfeccionamiento metodológico de las técnicas de cultivo, además de ser enfatizado desde un punto de vista teórico por diversos autores (Horstmann, 1978; Doty, 1978), ha constituido la clave del éxito en la propagación a gran escala de especies de *Porphyra*, *Laminaria* y *Undaria* (FAO, 1976).

Común sobre fondos rocosos de la zona trasera arrecifal, la agarofita *Bryothamnion triquetrum* constituye ocasionalmente en la plataforma insular cubana, agrupaciones de elevada biomasa (Sosa, 1983). Por su tamaño y su concentración en galactanos, la misma ha sido considerada una de las especies de mayor perspectiva para desarrollar en el país a corto plazo la industria del agar (Arecas, 1985, en prensa).

Sin embargo, a pesar de su amplia distribución en todo el Atlántico tropical (Chapman, 1963), dicha especie sólo había sido examinada con anterioridad desde un punto de vista fitoquímico (Soloni, 1954; Díaz-Piferrer, 1961; Burkholder *et al.*, 1971; Estévez *et al.*, 1985; Fernández *et al.*, 1987). Su estudio biológico se inicia con el presente análisis acerca de las variaciones en el crecimiento, ocasionados por diferentes métodos de sujeción, así como la incidencia sobre éste del período estacional, el tiempo de cultivo, los tamaños, la distancia y la densidad de siembra.

Los resultados expuestos a continuación, en correspondencia con dicho propósito,

varieties and efficient agricultural techniques is it possible to increase yields substantially.

This is very important when extensive techniques are applied to the massive culture of marine plants. Nowadays, shallow natural areas subject to moderate eutrofication are used, where branches, ropes, nets or even rocks and bricks are placed, to which fragments and spores of algae are attached (Huguenin, 1976; Yamada, 1976).

Erosion, denudation or even the breaking of the plants due to the mechanical action of strong beating can cause, under these circumstances, a rapid fragmentation of the sown biomass if it is inadequately attached to the substrate or located in an inconvenient place.

Because of this, the methodological improvement of culture techniques, besides being emphasized from a theoretical point of view by several authors (Horstmann, 1978; Doty, 1978), has been the key to the successful large-scale propagation of species of *Porphyra*, *Laminaria* and *Undaria* (FAO, 1976).

The agarophyte *Bryothamnion triquetrum*, which is common on rocky bottoms, occasionally forms groups of high biomass on the platform of the Cuban island (Sosa, 1983). Because of its size and its concentration in galactans, it has been considered one of the most prospective species for the short-term development of the agar industry in Cuba (Arecas, 1985, in press).

However, in spite of its wide distribution in the tropical Atlantic (Chapman, 1963), this species has previously been studied only from a phytochemical point of view (Soloni, 1954; Díaz-Piferrer, 1961; Burkholder *et al.*, 1971; Estévez *et al.*, 1985; Fernández *et al.*, 1987). Its biological study begins with the present analysis of the variations in growth caused by different fastening methods, as well as the effect of seasonal period, time of culture, size, distance and sowing density on growth.

The following results were obtained from 11 *in situ* culture trials carried out during one annual cycle.

MATERIAL AND METHODS

The research was carried out in the interior of and in the coastal area adjacent to the small bay of the Instituto de Oceanología, Cuba (23°04'29" N, 82°28'20" W). This inlet

proviene de la evaluación de 11 experiencias de cultivo *in situ* efectuadas durante un ciclo anual.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en el interior y en la zona costera aledaña a la rada del Instituto de Oceanología (23°04'29" N, 82°28'20" O), ensenada pequeña de 15,487 m² enmarcada por dos espigones que delimitan su entrada, de aproximadamente 25 m de ancho. Alcanza una profundidad media de 1.5 m y posee un fondo compuesto por lechos de *Thalassia*, rocas y arena en la mitad interior, y sedimentos por lo general areno-fangosos hacia las cercanías de su boca. Esta zona fue seleccionada atendiendo a las facilidades que posee para el trabajo experimental y por disponer en sus inmediaciones de un extenso banco de la especie (Fig. 1).

Con el fin de evaluar bajo diversas condiciones de crecimiento la eficacia de cada tratamiento en la conservación de la biomasa, los ensayos de cultivo se distribuyeron en diferentes etapas del ciclo anual, desde el 11 de febrero de 1985 hasta el 24 de febrero de 1986.

Asimismo, para restringir la actividad de numerosos herbívoros bentónicos, en particular del erizo *Tripneustes ventricosus*, todos los ensayos de cultivo, con excepción de una experiencia llevada a cabo durante la primavera en el litoral oeste limitrofe, se hicieron en suspensión a no más de 0.5 m de profundidad. Para este fin, se utilizó una estructura cuadrangular colocada sobre fondo areno-fangoso a 2.5-3.0 m de profundidad, compuesta por pilotes de hierro insertados en bases de concreto. A los mismos se aseguraron boyas y cuerdas laterales de 10 m de extensión para facilitar la fijación de los cabos con los diferentes tratamientos de cultivo (Fig. 2).

El material fue colectado manualmente pocas horas antes de efectuarse la siembra, y se conservó a la sombra en estanques con agua de mar circulante. Todos los ejemplares utilizados se escardaron, posteriormente se lavaron en agua de mar y en caso necesario, se podaron hasta el peso deseado, desechándose aquellos que de una u otra forma evidenciaron algún síntoma de desecación a causa de la manipulación.

Se probaron dos métodos de fijación. Del primer método, basado en la fijación di-

of 15,487 m², is marked off by two jetties that delimit an entrance approximately 25 m wide, and reaches a mean depth of 1.5 m. Its bottom is composed of *Thalassia* beds, rocks and sand in the inner part, and sandy-mud sediments towards the mouth. This area was chosen because of its facilities for the experimental work and because of the wide occurrence of the species in its environs (Fig. 1).

In order to evaluate, under several growth conditions, the effectiveness of each treatment in the preservation of the biomass, the culture trials were distributed throughout the annual cycle, from 11 February, 1985 to 24 February, 1986.

Likewise, to restrict the activity of many benthic herbivores, mainly that of the sea urchin *Tripneustes ventricosus*, all culture trials except for one carried out in spring on the western littoral, were made in suspension at a depth of no more than 0.5 m. For this purpose, a quadrangular structure consisting of iron piles inserted into concrete bases, was placed on the sandy-mud bottom at 2.5-3.0 m depth. Buoys and 10 m-long lateral ropes were attached to the piles so that it would be easier to fasten the different culture systems (Fig. 2).

The material was collected by hand a few hours before sowing, and kept in the shade in tanks with circulating sea water. All specimens were weeded, washed with sea water and, if necessary, trimmed to reach desired weight. The specimens that showed signs of drying due to handling were discarded.

Two fastening methods were tested. The first one, based on direct fastening to an 8 mm-thick polypropylene rope, had three variants: placing the specimen between the strands of the rope (Fig. 3a), suspending the alga from the rope with a 1.5 mm-thick string less than 10 cm long (Fig. 3b) and tying the specimen directly to the rope with thin plastic-covered wire (Fig. 3c).

The second method, based on indirect fastening with polypropylene nets of different mesh sizes, had two variants: bags made with quadrangular pieces of 18, 27 and 33 cm sides (Fig. 3d) and contiguous net sections 60 cm long and 31 to 33 cm wide (Fig. 3e).

To make the comparison between treatments easier, results are referred to values of biomass per linear meter corresponding to mean daily increase (IMB) or, alternatively, to the respective average of the individual ratio

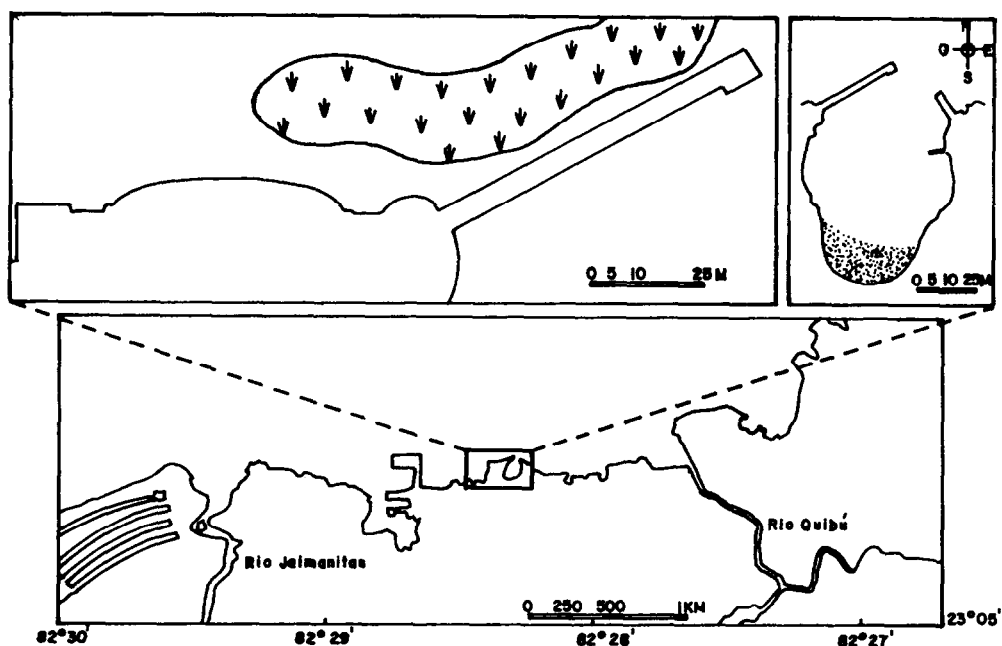


Figura 1. Ubicación del área experimental. La zona señalada representa los contornos del banco de *Bryothamnion triquetrum* utilizado.
Figure 1. Location of the experimental area. The area indicated represents the bed of *Bryothamnion triquetrum* used.

recta a una cuerda de polipropileno de 8 mm de grosor, fueron consideradas tres variantes, consistentes en la sujeción del ejemplar entre los cordones trenzados que la conforman (Fig. 3a), suspensión del alga a la cuerda por una soga libre de 1.5 mm de grosor que no rebasó los 10 cm de longitud (Fig. 3b), y amarre directo a la misma mediante un alambre fino revestido de plástico (Fig. 3c).

El segundo método, basado en la sujeción indirecta mediante mallas de diferentes tamaños de abertura tejidas con cuerdas de polipropileno, comprendió dos variantes: bolsas hechas con pedazos cuadrangulares de 18, 27 y 33 cm de lado (Fig. 3d) y malla subdividida en secciones contiguas de 60 cm de extensión y 31 a 33 cm de ancho (Fig. 3e).

Para facilitar la comparación entre tratamientos, los resultados se refirieron a valores de biomasa por metro lineal correspondientes al incremento medio diario (IMB) o, alternativamente, al promedio respectivo de la

of daily weight increase (RAP), expressed according to the formula:

$$\sum [(P_f / P_i) \cdot 100] / nt$$

where P_f = final weight, P_i = initial weight, t = days of culture and n = total number of specimens considered.

Fresh weight was determined using a technical scale with 0.1 g precision.

Since little is known about the behaviour of the species under culture conditions, establishing experimental arrangements that could presuppose an arbitrary or *a priori* definition of the most incident variables was avoided. Therefore, we opted to carry out a number of short-term experiments that would allow the step by step analysis of each factor chosen.

The little similarity between the variation coefficients of each treatment led to the

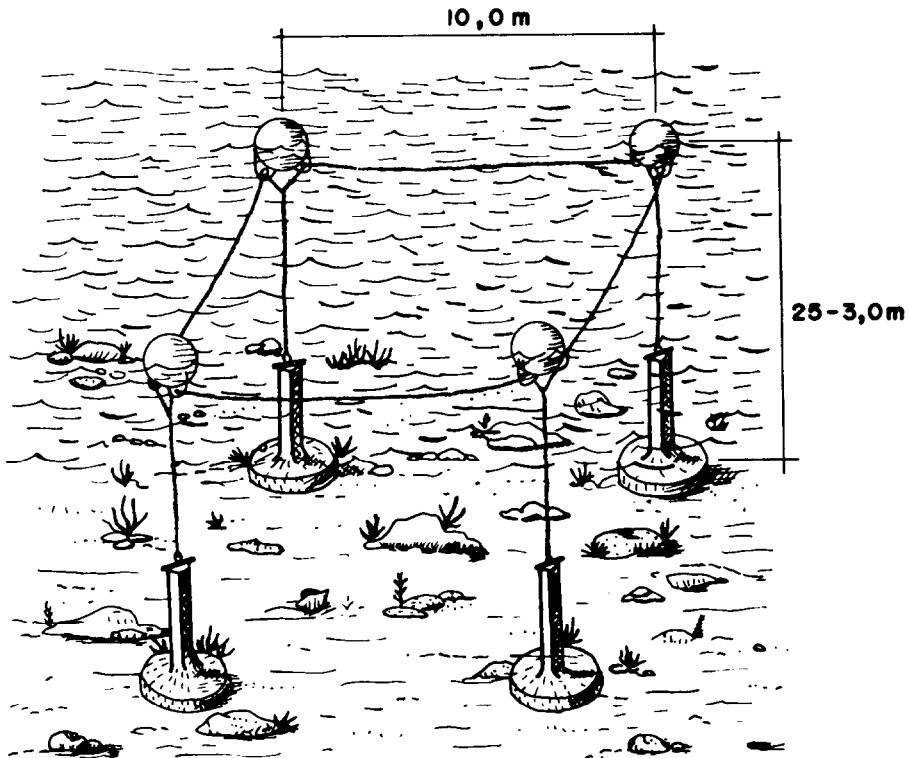


Figura 2. Estructura de soporte empleada para la sujeción de las cuerdas con diferentes tratamientos de siembra.

Figure 2. Support structure used to fasten the ropes with the different sowing treatments.

razón individual de aumento diario en peso (RAP), expresado según la siguiente formulación:

$$\sum [(P_f / P_i) \cdot 100] / nt$$

donde P_f = peso final, P_i = peso inicial y t = días de cultivo, siendo n el número total de ejemplares considerados.

El peso húmedo se determinó en balanza técnica con una precisión de 0.1 g.

Dado el desconocimiento existente acerca del comportamiento de la especie bajo cultivo, se evitó establecer de antemano arreglos experimentales que presupusieran una

use of nonparametric tests for their analysis. The Mann Whitney U stadigraph and the tests of the mean and exact probability of Fisher were used for the contrast of two samples, and the Kruskal-Wallis analysis of variance of classification by ranks was used for the verification of k independent samples (Siegel, 1972). An ANOVA was applied only in experiments of culture in bags with arrangements of $2 \times 3 \times 3$ factorial treatment (for culture time, specimen size and part of the plant used) or $3 \times 3 \times 3$ (for separation between bags, mesh opening and part of the plant used), after contrasting homocedasticity of the variances through the Bartlett test.

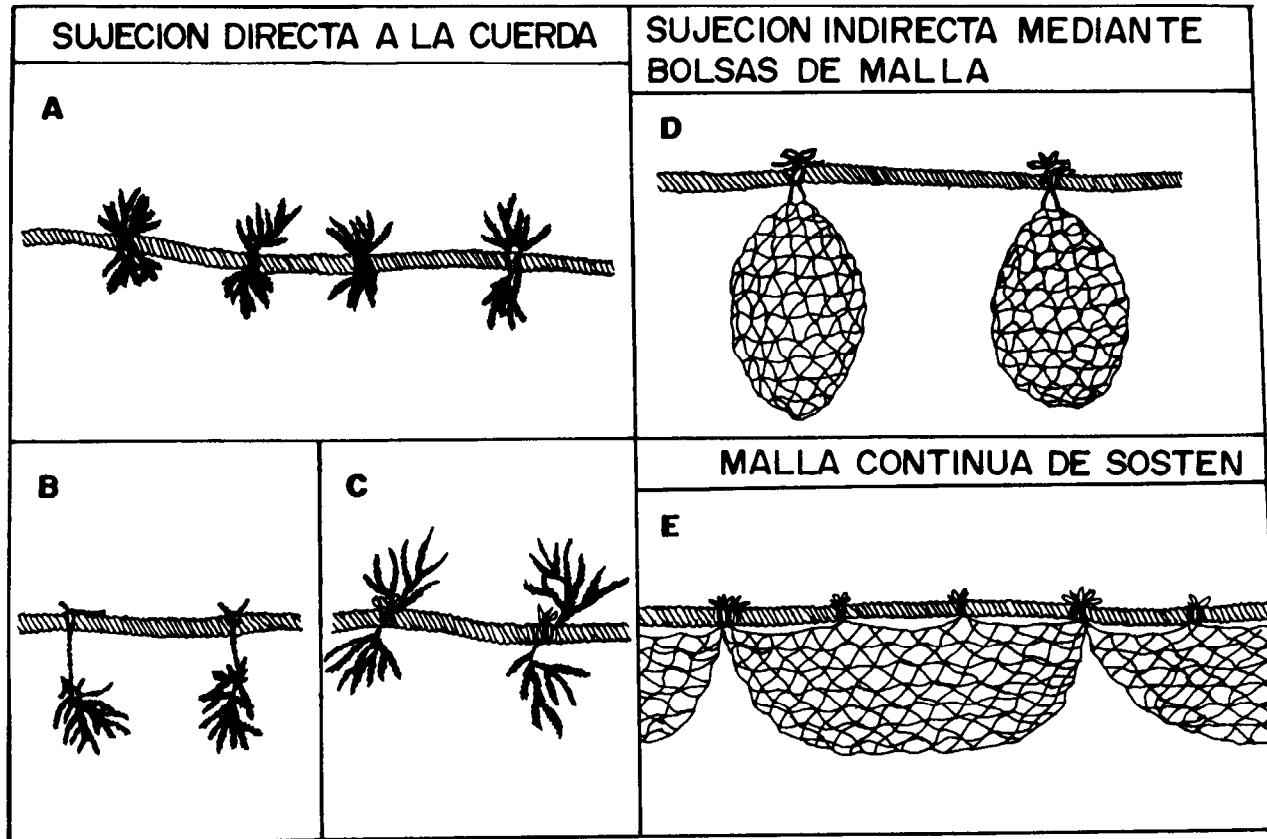


Figura 3. Variantes de fijación utilizadas en el cultivo *in situ* de *Bryothamnion triquetrum* Gmelin.
Figure 3. Fastening variants used in the *in situ* culture of *Bryothamnion triquetrum* Gmelin.

Tabla 1. Comportamiento bajo diversas condiciones experimentales de cinco variantes de fijación de biomasa. DS = distancia de siembra, BMS = biomasa media sembrada, P/IP = peso/intervalo de peso de los ejemplares utilizados, L = luz de la malla de sostén, E = estación climática, T = tiempo bajo cultivo, IMB = incremento medio en biomasa.

Table 1. Behaviour of five variants of biomass fastening under several experimental conditions. DS = sowing distance, BMS = mean biomass sown, P/IP = weight/range of weight of the specimens used, L = mesh size, E = climatic station, T = time of culture, IMB = mean increase in biomass.

Variante	Tratamiento							Resultados
	DS (cm)	BMS (g m ⁻¹)	P (g)	IP (g)	L (cm)	E	T (días)	IMB (g m ⁻¹ día ⁻¹)
A	20	70.0	-	0.9-35.5	-	I	10	-2.37
	10	159.7	-	1.0-66.1	-	I	32	-1.45
B	20	43.3	-	1.4-33.4	-	I	29	-0.29
C	15	87.0	-	6.0-20.1	-	P	53	+2.11
	15	557.7	-	71.5-79.7	-	V	54	+3.10
D	30	83.3	25.0	-	6.0	I	30	-0.02
	30	166.7	50.0	-	6.0	I	30	-0.11
	15	193.2	-	20.7-30.5	6.0	V	45	+20.54
	15	366.3	-	44.0-56.7	6.0	V	45	+15.85
E	-	166.7	25.0	-	9.0	I	40	-2.78
	-	166.7	25.0	-	6.0	I	40	+0.05
	-	166.7	25.0	-	3.0	I	40	+0.72

definición arbitraria o *a priori* de las variables de mayor incidencia. De tal modo, como estrategia de trabajo se optó por ejecutar un cúmulo adecuado de experiencias de corta duración, que permitieran analizar paso a paso el efecto de cada factor seleccionado.

La poca similitud entre los coeficientes de variación de cada tratamiento, determinó que se emplearan preferencialmente pruebas no paramétricas en el análisis de los mismos. Para el contraste de dos muestras se usó el estadígrafo *U* de Mann Whitney, las pruebas de la mediana y la probabilidad exacta de Fisher y, para la verificación de *k* muestras independientes, el análisis de varianza de una clasificación por intervalos de Kruskal-Wallis (Siegel, 1972). Sólo en experimentos de cultivo en bolsas con arreglos de tratamiento factorial 2 x 3 x 3 (para el tiempo de cultivo, el tamaño

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 summarizes the changes in yield when five different ways of fastening the material were used in the culture of *B. triquetrum*.

Fixation to support ropes, which is one of the most frequent methods of *in situ* culture of several species of *Gracilaria*, *Euclidean*, *Gelidium* and *Laminaria* (McFarlane, 1968; Raju and Thomas, 1971; Doty, 1978; Lavroskaya, 1979), does not seem to be the most appropriate choice in this case. With this method, the loss of biomass reached 2.37 g m⁻¹ day⁻¹ in winter under several culture periods (T) and a wide range of sizes (IP), distances (DS) and sowing densities (BMS) (Table 1).

Tabla 2. Variaciones manifestadas por dos indicadores de rendimiento atendiendo al tamaño y a la parte del vegetal sembrada. (Amarre directo al cabo mediante un alambre fino. Verano de 1985.)
Table 2. Variations shown by two indicators of yield according to size and part of the plant sown. (Direct fastening to rope with thin wire. Summer 1985.)

Factor	Indice
Intervalo de peso (g)	IBM (g m ⁻¹ día ⁻¹)
> 115.0	-10.34
92 - 103.0	-2.37
71.0 - 80.0	+3.10
42.0 - 56.0	-0.93
20.0 - 31.0	-1.73
7.0 - 10.0	-0.71
Sección	RAP (% día ⁻¹)
Plantas completas	1.62
Estípite con ramas inferiores	2.61
Estípite y ramas intermedias	1.98
Porción apical. Ramas superiores	0.55

del ejemplar y la parte de la planta utilizada) o 3 x 3 x 3 (para la separación entre bolsas, la abertura de la malla y la porción de la planta empleada), se aplicó un ANOVA, después de contrastar la homocedasticidad de las varianzas mediante la prueba de Bartlett.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 1 resume las modificaciones del rendimiento experimentadas por el cultivo de *B. triquetrum* cuando éste se efectúa según cinco variantes distintas de sujeción del material.

La fijación a cuerdas de soporte, uno de los métodos más frecuentes de cultivo *in situ* de diversas especies de *Gracilaria*, *Euclima*, *Gelidium* y *Laminaria* (McFarlane, 1968; Raju y Thomas, 1971; Doty, 1978; Lavroskaya, 1979), no parece ser en este caso la opción más apropiada. Con dicho método, la pérdida de biomasa alcanzó en invierno hasta 2.37 g m⁻¹ día⁻¹ bajo diversos períodos de cultivo (T) y una variada gama de tamaños (IP), distancias (DS) y densidades de siembra (BMS) (Tabla 1).

Even when these differences in treatments generate apparently dissimilar values (Table 1; Figs. 3a and 3b), in conditions of turbulence and resuspension of the sediment none of the four factors significantly reduced the breakage and disappearance of the material that was fastened with a free string to the rope or held between its strands.

However, the specimens tied to the rope with wire (Fig. 3c) withstood tension and swaying of the rope better than the ones held between the strands.

The simultaneous evaluation of these two variants (Figs. 3a and 3c), on the same rope located on the outside of the small inlet and a few centimeters from the rocky substrate in an area only 0.5 m deep, revealed a higher IBM (mean, $\alpha = 0.05$) when specimens were fastened with wire.

Nevertheless, the lack of a flexible laminar plant and the relative stiffness and compactness of the specimens under development, affect their low tolerance to deposition of resuspended sediments and, under culture conditions, their fragility to sudden lateral movements of the support rope.

Aun cuando estas diferencias de tratamiento generan valores en apariencia disímiles (Tabla 1; Figs. 3a y 3b), en condiciones de turbulencia y resuspensión del sedimento ninguno de los cuatro factores restringió de manera significativamente diferente el fraccionamiento y la desaparición del material sostenido mediante un cabo libre a la cuerda o trenzado en la misma.

Sin embargo, los ejemplares unidos directamente a la cuerda con un alambre (Fig. 3c), soportaron la tensión y el vaivén de la misma mejor que aquellos insertados entre sus cordones.

La evaluación simultánea de estas dos variantes (Figs. 3a y 3c) en una misma cuerda ubicada en el exterior de la rada y a escasos centímetros del sustrato rocoso, en un área batida de apenas 0.5 m de profundidad, evidenció un IMB netamente superior (mediana, $\alpha = 0.05$) cuando los ejemplares se fijan mediante alambre.

No obstante, la carencia de una planta laminar flexible y la relativa rigidez y compactación de los ejemplares en desarrollo, inciden en la poca tolerancia de éstos a la deposición de los sedimentos resuspendidos y, bajo condiciones de cultivo, en la fragilidad que de cualquier modo manifiestan ante sacudidas laterales bruscas del cabo de soporte.

Este hecho se refleja en las diferencias del IMB observadas al fijar directamente a la cuerda ejemplares de distinto tamaño o seccionados de diferente forma. Tanto el tamaño (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0.05$), como la parte del vegetal empleada (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0.01$), influyeron significativamente en el rendimiento alcanzado.

En correspondencia con una mayor resistencia mecánica y una menor posibilidad de fractura, los tamaños intermedios y las porciones fijadas por el estípite o las ramas de mayor grosor, soportaron mejor la manipulación inicial y el movimiento del cabo (Tabla 2).

Aun así, sólo mediante la utilización de mallas de sujeción resultó posible disminuir al máximo la pérdida de material en invierno e incluso lograr con el uso de paños continuos y aberturas de malla inferiores a 6 cm, mínimos incrementos de biomasa en dicho período (Tabla 1).

Cuando se empleó la sujeción indirecta a través de la malla, los lapsos de cultivo (ANOVA, $p = 0.01$), la abertura de la malla

This fact is reflected in the differences observed in the IMB when specimens of different size or sectioned in a different way were fastened directly to the rope. The size (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0.05$) as well as the part of the plant used (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0.01$), significantly influenced the yield.

Corresponding to greater mechanical resistance and less possibility of breaking, intermediate sizes and portions fastened by the stalk or by thicker branches bore initial handling and movement of the rope better (Table 2).

Even so, only through the use of suspension nets was it possible to reduce the loss of material in winter, and low biomass increases were obtained in the same period with continuous net sections and mesh openings smaller than 6 cm (Table 1).

When indirect fastening was used, culture lapses (ANOVA, $p = 0.01$), network opening (ANOVA, $p = 0.01$), distance between bags (ANOVA, $p = 0.01$) and size of the specimen (ANOVA, $p = 0.01$) significantly influenced the final yield (Table 3).

Once decrease in biomass due to breakage was reduced, the seasonal period and length of the culture became the most important factors in the productivity.

Even though direct fastening produced lower values than suspension in nets, this method allowed, from spring on, a net gain in yield to be obtained. This apparent seasonality is clearly evident when the species was cultivated in bags during summer (Table 1).

During this period, the species had the highest increase rate, reaching fresh weights between 15.9 and 20.5 g m⁻¹ day⁻¹, equivalent to a production of 715 to more than 900 g m⁻¹ of biomass in only 45 days. According to these values, its potential net yield in summer harvests of less than two months duration could surpass 18 T ha⁻¹ (p.h.) if we adopt a spacing of 0.5 m between ropes, which is similar to the separation distance established for the culture of *Eucheuma* with the monoline technique (DeBoer, 1981).

Several authors have reported similar magnitudes in culture trials with some species of *Gracilaria*. Raju and Thomas (1971) estimated an annual harvest not under 2,950 g m⁻¹ (p.h.) for *Gracilaria edulis* cultivated on ropes. Friedlander and Zelikovitch (1984), with an initial inoculum of 100 g of *Gracilaria* sp., registered a yield of

(ANOVA, $p = 0.01$), la distancia entre bolsas (ANOVA, $p = 0.01$) y el tamaño del ejemplar incluido en su interior (ANOVA, $p = 0.01$), influyeron notablemente en el rendimiento final del cultivo (Tabla 3).

Una vez restringida la merma de biomasa por fragmentación, el período estacional y la duración del cultivo resultaron los factores de mayor importancia en su productividad.

Aunque muy inferior en magnitud a los valores obtenidos utilizando malla de sujeción, el método basado en la fijación directa permitió obtener, ya a partir de la primavera, una ganancia neta en la cosecha. Esta aparente estacionalidad se evidencia con claridad cuando la especie es cultivada en bolsas durante el verano (Tabla 1).

En dicho período, la misma logra la mayor tasa de incremento, alcanzando valores en peso húmedo comprendidos entre 15.9 y $20.5 \text{ g m}^{-1} \text{ día}^{-1}$, equivalentes a una producción de 715 a más de 900 g m^{-1} de biomasa en sólo 45 días. Atendiendo a estas magnitudes, su rendimiento neto potencial en cosechas estivales de menos de dos meses de duración pudiera rebasar las 18 T ha^{-1} (p.h.) si asumiéramos un espaciado de 0.5 m entre las guías, similar a la distancia de separación establecida para el cultivo de *Eucheuma* mediante la técnica de monolínea (DeBoer, 1981).

Varios autores han reportado magnitudes casi del mismo orden en ensayos de cultivo con diversas especies de *Gracilaria*. Raju y Thomas (1971) estimaron para *Gracilaria edulis* cultivada sobre cuerdas, una cosecha anual no inferior a $2,950 \text{ g m}^{-1}$ (p.h.). Friedlander y Zelikovitch (1984), por otra parte, registraron con 100 g iniciales de inóculo de *Gracilaria* sp., un rendimiento equivalente a $872 \pm 70 \text{ g m}^{-2}$ en igual período. En el Caribe oriental, Smith *et al.* (1984, 1986) obtuvieron con *Gracilaria domingensis* después de 92 días de cultivo y con *Gracilaria* sp. en sólo 58 días, rendimientos del orden de los $1,065$ y 451 g m^{-1} (p.h.), respectivamente.

Resalta la interdependencia de carácter negativo observada entre el rendimiento y la persistencia del cultivo, aun en el transcurso del verano, etapa de crecimiento a todas luces óptima. Esta situación podría estar condicionada quizás no tanto a la capacidad intrínseca de desarrollo de la especie aislada del sustrato, como al hecho de haberse vulnerado,

$872 \pm 70 \text{ g m}^{-2}$ for a similar period. In the eastern Caribbean, Smith *et al.* (1984, 1986) obtained, with *Gracilaria domingensis* after 92 days of culture and with *Gracilaria* sp. in only 58 days, yields of $1,065$ and 451 g m^{-1} (p.h.), respectively.

The negative interdependence between the yield and the persistence of the culture is noticeable, even during summer when growth is clearly optimum. This situation might be due not so much to the intrinsic ability of the species to develop isolated from the substrate as to having affected, because of inadequate handling of the culture, the subtle balance between two processes with opposite effects: the rate of colonization of the plants by browsers, microherbivores and epiphytes, and the speed of generation of new plant biomass.

This shows that adaptation to long-lasting culture conditions can only be maintained by implementing phytotechnical norms based on a precise knowledge of the ecophysiological needs of the species. Only in this way can continuity, and hence success, of the reproductive cycle be assured.

CONCLUSIONS

1. The productive potential of the agarophyte *Brythamnion triquetrum* in short-term summer cultures was shown.

2. None of the direct fastening variants were efficient in preventing loss due to breaking of the sown biomass. With this method, weight increases for the highest yields did not surpass $3.10 \text{ g m}^{-1} \text{ day}^{-1}$. However, with the use of suspension nets it was possible to significantly reduce the loss of material cultured in winter under conditions of turbulence and sediment resuspension, as well as to obtain, in summer, biomass increases of 15.9 and $20.5 \text{ g m}^{-1} \text{ day}^{-1}$ when the species was cultured inside net bags.

3. Culture lapses, network opening, distance between bags and size of the specimens were factors of great incidence in the final yield.

English translation by Lucrecia Orensanz.

producto de un manejo inadecuado de su cultivo, el sutil equilibrio entre dos procesos de efectos contrapuestos: la tasa de colonización

Tabla 3. Influencia de cuatro factores fitotécnicos en el crecimiento de ejemplares de *B. triquetrum* cultivados en bolsas. (Datos basados en dos experiencias realizadas durante el verano de 1985.)

Table 3. Influence of four phytotechnical factors on the growth of specimens of *B. triquetrum* cultured in bags. (Data based on two trials carried out in summer 1985.)

Factor	Tratamiento	RAP (% día ⁻¹)
Tiempo (días)	45	8.90
	90	2.18
Tamaño de los ejemplares (g)	20.0 - 31.0	7.68
	44.0 - 57.0	5.77
	90.0 - 105.0	3.35
Luz de la malla (cm)	3.0	7.00
	6.0	7.26
	8.0	4.76
Separación entre bolsas (cm)	10	7.49
	20	5.87
	30	5.57

de la planta por ramoneadores, microherbívoros y epifitas, y la velocidad de generación de nueva biomasa vegetal.

Ello demuestra que la adaptación a condiciones prolongadas de cultivo sólo puede sustentarse con la implementación de normas fitotécnicas basadas en un conocimiento preciso de los requerimientos ecofisiológicos de la especie. Únicamente así se aseguraría la continuidad, y por ende el éxito, del ciclo reproductivo.

CONCLUSIONES

1. Se demostró la potencialidad productiva de la agarofita *Bryothamnion triquetrum* en cultivos estivales de corta duración.

2. Ninguna de las variantes evaluadas de fijación directa a la cuerda de sostén resultó eficaz para restringir la pérdida por fraccionamiento de la biomasa sembrada. Con este método, los mayores rendimientos reflejaron incrementos en peso no superiores a 3.10 g m⁻¹ día⁻¹. El empleo de malla de sostén permitió, sin embargo, disminuir notablemente la pérdida de material cultivado en condiciones invernales de turbulencia y resuspensión de sedimentos y lograr, durante el transcurso de los meses de verano,

aumentos de biomasa del orden de los 15.9 y 20.5 g m⁻¹ día⁻¹ cuando la especie se cultiva en bolsas suspendidas.

3. De significativa incidencia en el rendimiento final del mismo resultaron los lapsos de cultivo, la abertura de la malla, la distancia entre bolsas y el tamaño del ejemplar incluido en su interior.

LITERATURA CITADA

- Areces, A.J. (1985). Situación actual y perspectivas de desarrollo del cultivo de agarofitas en el país. Informe al Ministerio de la Industria Pesquera (inédito), 7 pp.
- Areces, A.J. (en prensa). Cultivo de agarofitas. Balance y perspectivas de la actividad en Cuba. Memorias, 1er Congreso de Ciencias del Mar, La Habana, 1987.
- Burkholder, P.R., Burkholder, L.M. and Almodovar, L.R. (1971). Nutritive constituents of some Caribbean marine algae. *Botanica Marina*, 14: 132-135.
- Chapman, V.J. (1963). The marine algae of Jamaica. Part 2. Phaeophyceae and Rhodophyceae. *Bull. Inst. Jamaica, Science Series*, No. 12, 201 pp.

- DeBoer, J.A. (1981). The marine plant resources and their aquaculture potential in the Bahamas. Reporte al Proyecto de Entrenamiento y Desarrollo de Pesquerías BHA/78/002 (inédito), 49 pp.
- Doty, M.S. (1978). *Eucheuma* - current marine agronomy. In: R. Krauss (ed.), *The Marine Plant Biomass of the Pacific Northwest Coast*. Oregon State Univ. Press, Oregon, pp. 203-214.
- Díaz Piferrer, M. (1961). Taxonomía, ecología y valor nutrimental de algas marinas cubanas. Tres algas productoras de agar. Mem. Inst. Cubano Invest. Tecnol., 17: 1-82.
- Estévez, M.L., Oliván, E. y Velázquez, L. (1985). Estudio químico de algas marinas cubanas. Rev. Cubana Quim., 1(1): 87-93.
- FAO (1976). Culture of algae and seaweeds. In: FAO Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, Japan, 26 May-2 June, 1976. FAO Fish. Rep., 188: 34-35.
- Fernández, L.E., Valiente, O.G., García, R., Vélez Castro, H., Machytka, D., Zsold-Mady, V. and Neszmelyi, A. (1987). A ^1H and ^{13}C n.m.r. study of agar polysaccharide from *Bryothamnion triquetrum*. Carbohydrate Research, 163: 143-147.
- Friedlander, M. and Zelikovitch, N. (1984). Growth rates, phycocolloid yield and quality of the red seaweeds *Gracilaria* sp., *Pterocladia capillacea*, *Hypnea musciformis*, and *Hypnea cornuta*, in field studies in Israel. Aquaculture, 40: 57-66.
- Horstmann, V. (1978). Nearshore macroalgae culture in tropical developing countries. The Philippine Scientist, 15: 67-75.
- Huguenin, J.E. (1976). An examination of problems and potentials for future large-scale intensive seaweed culture systems. Aquaculture, 9: 313-342.
- Lavroskaya, N.F. (1979). Cultivo de algas macrofitas. Algas rojas (Rhodophyta). En: Cultivo de algas e invertebrados en haciendas marinas. Ed. Industria Alimenticia, Moscú, pp. 15-21.
- McFarlane, C.I. (1968). The cultivation of seaweeds in Japan and its possible application in the Atlantic provinces of Canada. Canadian Department of Fisheries, Ind. Dev. Serv., Ottawa, 96 pp.
- Raju, P.V. and Thomas, P.C. (1971). Experimental field cultivation of *Gracilaria edulis* (Gmel.) Silva. Botanica Marina, 14(2): 71-75.
- Siegel, S. (1972). Diseño experimental no-paramétrico aplicado a las ciencias de la conducta. Ed. Revolucionaria, La Habana, 346 pp.
- Smith, A.H., Nichols, K. and McLachlan, J. (1984). Cultivation of seamoss (*Gracilaria*) in St. Lucia, West Indies. Hidrobiologia, 116/117: 249-251.
- Smith, A.H., Jean, A. and Nichols, K. (1986). An investigation of the potential for commercial mariculture of seamoss (*Gracilaria* spp., Rhodophyta) in St. Lucia. Proc. Gulf. Caribb. Fish. Inst., 37: 4-11.
- Soloni, F.G. (1954). Ficocoloides de algas marinas cubanas. Contr. Invest. Pesqueras (Cont.), 4: 1-20.
- Sosa, E.H. (1983). Posibilidades de utilización industrial de las agarofitas de Cuba. Rep. Invest. Inst. Bot., 4: 1-25.
- Yamada, N. (1976). Current status and future prospects for harvesting and resource management of the agarophyte in Japan. J. Fish. Res. Bd. Canada, 33(4): 1024-1030.