

Impacto de la cosecha y recuperación de la biomasa del alga *Gelidium sesquipedale* sometida a dos formas de explotación en el País Vasco (España)

Ángel Borja

AZTI-SIO; av. Satrustegui, 8; 20008 San Sebastián, España.

Received September 6, 1993; accepted December 22, 1993.

Borja A. *Aquat. Living Resour.*, 1994, 7, 59-66.

Impact and recovery of Gelidium sesquipedale algae biomass following two experimental harvesting methods in the Basque Country (Spain).

Abstract

Two commercial harvests of *Gelidium sesquipedale* by plucking and cutting, were carried out in July 1989 and July 1990. The recovery rate was studied in order to obtain data to manage the exploitation. After the harvest, biomass reduction of ca. 80 % could be observed; the density of the fronds did not vary and the mean length of the population was reduced by 48 % by cutting and by 31 % by plucking.

The most important period of biomass recovery extends over 3 to 4 months after the harvest. Therefore, in October there were no significant differences between biomass mean values in the control and the harvest areas. During this period growth rates were very little in the control area, while in harvest areas were approximately 1.3 % day⁻¹. From March to July growth rates were approximately 0.9 % day⁻¹ in both areas.

Production was 1.4 times higher in harvested areas (ca. 1 100 g.m⁻².yr⁻¹) and the turnover rate 2.5 times higher (ca. 6.8 yr⁻¹).

Epiphytes disappear after harvesting and recover their biomass along the next month, although never increasing significantly in relation to the control area.

Keywords: *Gelidium sesquipedale*, biomass, regrowth, production, harvesting, epiphytes, plucking, cutting.

Resumen

En julio de 1989 y 1990 se hicieron dos cosechas comerciales de *Gelidium sesquipedale* mediante arranque y corte, con objeto de observar la recuperación, obteniendo datos que sienten las bases biológicas para establecer un plan de gestión del recurso.

Se observa una reducción de la biomasa del 80 % tras la cosecha, no variando la densidad de frondes y reduciéndose la talla media de la población un 48 % por corte y un 31 % por arranque. Los 3 ó 4 meses que siguen a la cosecha son muy importantes en la recuperación de la biomasa, de manera que en octubre ya no existen diferencias significativas entre las medias de las zonas cosechadas y control. En este período, frente a tasas de crecimiento nulas en la zona control, se obtienen valores alrededor de 1.3 %.día⁻¹ en las cosechadas, mientras que entre marzo y julio oscilan alrededor de 0.9 %.día⁻¹.

La producción es 1.4 veces mayor en las áreas cosechadas (valores alrededor de 1 100 g.m⁻².año⁻¹), mientras que las tasas de renovación son 2.5 veces mayores en ellas (6.8 año⁻¹).

Los epífitos prácticamente desaparecen tras la cosecha, pero se recuperan al mes siguiente, no aumentando su biomasa en relación a la de la control.

Palabras clave : *Gelidium sesquipedale*, biomasa, crecimiento, producción, cosecha, epífitos, arranque, corte.

INTRODUCCIÓN

Gelidium sesquipedale (Clemente) Bornet et Thuret es el principal recurso algal con que cuenta la cornisa cantábrica, donde se recoge anualmente una media de 6400 t de algas secas (Borja, 1992). La explotación de esta especie se inició a partir de 1940 (Establier, 1964), datando de 1945 la primera regulación legal de su cosecha.

El establecimiento de la industria del agar indujo a un incremento de la explotación, no sólo de los arribazones (algas desprendidas del sustrato), sino de métodos como el arranque y el corte mediante buceadores (Juanes y Borja, 1991). Sus posibles efectos destructivos dieron lugar a una controversia que provocó los primeros estudios de la especie en España (Seoane-Camba, 1966, 1969; Cendrero y Ramos, 1967).

Ante los resultados obtenidos en ellos, o por opiniones no siempre basadas en experimentos (Alvarez de Meneses, 1972), la Administración fue prohibiendo progresivamente la cosecha del alga mediante arranque, si bien algunos trabajos llamaban la atención sobre la necesidad de realizar ensayos a gran escala que reprodujeran con mayor fiabilidad las condiciones de una explotación comercial (Gorostiaga, 1990).

Con el presente trabajo se pretende observar la evolución de las poblaciones de *G. sesquipedale* sometidas a explotación por arranque y corte mediante

métodos de cosecha comercial en grandes superficies de terreno. Para ello se ha estudiado el ciclo de biomasa después de la cosecha, así como la estructura poblacional en cuanto a densidad de frondes y peso medio por fronde, la tasa de crecimiento, la producción y la tasa de renovación. El objetivo final consiste en obtener datos que permitan sentar las bases biológicas para el establecimiento de un plan de gestión de este recurso en España (Juanes y Borja, 1991).

MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo se realizó en Herencin Chico (Fuenterrabía, 43° 22', 65' N-1° 50', 85' W, fig. 1), zona que presenta poblaciones homogéneas de *G. sesquipedale* entre 0 y 12 metros de profundidad. Se dividió el lugar en tres áreas, dos de 10000 m² (A y B) y una de 500 m² (C), dedicadas respectivamente a las experiencias de arranque, área control y corte.

Los estudios realizados anteriormente se limitaban a pequeñas áreas experimentales entre 0.25 y 1 m² (Seoane-Camba, 1966; Gorostiaga, 1990) y 100 m² (Cendrero y Ramos, 1967). El escoger para este trabajo áreas mayores se debe a varias razones: se puede emplear el método utilizado en la recolección profesional, lo que asegura que los datos sean el reflejo de una cosecha industrial; los buceadores, al estar más descansados, cosechan más intensamente al comienzo del día, por lo que si la superficie es pequeña la intensidad de la explotación experimental será mayor

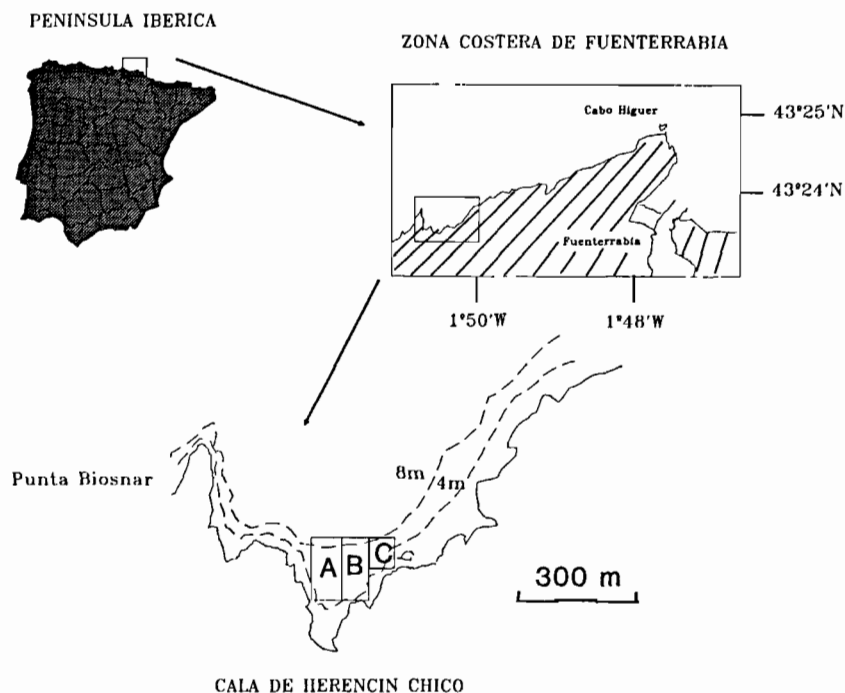


Figura 1. – Situación del área de muestreo en Herencin Chico, con las zonas de arranque (A), control (B) y corte (C). Se representan las isóbatas de 4 y 8 m.

Sampling area in Herencin Chico, with the different zones: plucking (A), control (B) and cutting (C). The 4 and 8 m isobaths are shown.

que la comercial y en superficies muy pequeñas (1-10 m²) la capacidad de recuperación de la zona podría variar al estar rodeadas por poblaciones naturales que contribuyen a la regeneración.

Las experiencias de arranque y corte de este trabajo se realizaron con buceadores dedicados a la recolección de algas, no pudiendo realizarse ambas simultáneamente. El arranque se hizo en julio de 1989 y el corte en julio de 1990, ya que en verano es cuando más biomasa hay (Borja, 1992) y la cosecha industrial se da en dicha época.

Para hacer ambas experiencias se marcaron mediante boyas los vértices del campo y se unieron por el fondo mediante cuerdas lastradas. Las únicas limitaciones impuestas a los buceadores fueron que no podían salir del área, el arranque debía ser manual y el corte con tijeras y la cosecha debía efectuarse hasta que considerasen no rentables los campos.

La técnica que utilizaron consistió en fondear un barco en mitad del campo y enviar 4 buceadores a cada vértice que iban arrancando con ambas manos las algas del borde hacia el centro. Las algas se introducían en sacos de 50 kg colgados del cuello, izándose a bordo una vez llenos. Al cabo de tres días el campo quedó cosechado.

En la época en que se hizo el experimento de corte no se habían perfeccionado aún las máquinas de corte, pero como todos los prototipos utilizan cuchillas de cizalla, se optó por utilizar tijeras de poda (Guzmán del Prío y de la Campa de Guzmán, 1969) accionadas con una sola mano, lo que liberaba la otra para almacenar las algas en las bolsas.

El muestreo se hizo antes y después de la cosecha y cada mes entre julio de 1989 y noviembre de 1990 para el arranque y de julio de 1990 a diciembre de 1991 para el corte. Se tomaron al azar 2 réplicas de 0.5 × 0.5 cm para biomasa y 3 de 0.2 × 0.2 cm para la densidad de frondes, entendiéndose por tal todo vástago que sale del sustrato de un único rizoide, aunque tenga varios ejes erectos (Guzmán del Prío y de la Campa de Guzmán, 1969; Seoane-Camba, 1969; Silverthorne, 1977). Las muestras se tomaron a 4 metros, profundidad habitual de trabajo de los cosechadores, mediante buceo con escafandra autónoma y raspado de la roca, recogiendo las muestras en los extremos y en el centro de cada área de muestreo (A, B y C, fig. 1) para evitar problemas de pseudoreplicación (Hurlbert, 1984), ya que de esta manera se puede considerar cada réplica como representativa de una subárea de 3 000 m² dentro de las áreas A, B y C fig. 1).

En el laboratorio se separaron los epífitos y se halló su peso seco y el de *G. sesquipedale*, mediante secado a 70 °C durante 48 h. Las frondes se midieron de la base al ápice, al medio centímetro inferior, distinguiendo clases de talla de 1 cm.

Se calculó la tasa de crecimiento específica (TCE) (Hunt, 1978):

$$TCE = 100 \times \frac{\ln W_1 - \ln W_0}{T_1 - T_0}$$

donde W_1 : es el peso seco (g) en el tiempo T_1 ; W_0 : es el peso en T_0 y $T_1 - T_0$ es el tiempo en días. La tasa de crecimiento viene dada en %·día⁻¹.

Para el cálculo de la producción primaria se utilizó el método de Westlake (1969), de la siega periódica, en el que la producción (P) es la diferencia entre las biomásas (B) en peso seco (g) encontradas en dos tiempos (t) diferentes separados por períodos cortos (en este caso el período intermuestral), es decir:

$$P = \frac{\Delta B}{t}$$

También se calculó la relación entre producción y biomasa mínima (P/B), que expresa la tasa de renovación de la biomasa (Margalef, 1974).

Los cálculos se hicieron con el paquete estadístico "Statgraphics", utilizándose el test de la *t* de Student para determinar la significación de las diferencias entre las muestras. Se realizó una transformación logarítmica para satisfacer las asunciones de homogeneidad de la varianza (test de Cochran, $p > 0.05$; Winer, 1971).

RESULTADOS

La explotación de *G. sesquipedale* tanto por arranque como por corte, presenta una severa reducción de la biomasa inmediatamente después de la cosecha (tabla 1), cifrada en un 80 % de la biomasa inicial en ambos casos. En cambio no se han encontrado modificaciones significativas ($p > 0.05$) en la densidad de frondes antes y después de la cosecha.

A partir de la cosecha no hay diferencias significativas ($p > 0.05$) ningún mes entre las densidades medias de frondes en áreas cosechadas y control, siendo muy estable el número medio de frondes a lo largo del período de estudio: 3256 ± 186 frondes·m⁻² en la zona control y 3134 ± 206 en la de arranque (t : 0.17, diferencias no significativas $p > 0.05$ con 26 grados de libertad: g.l.) y 3273 ± 188 frondes·m⁻² en la control y 4011 ± 153 en la de corte (t : 1.04 diferencias no significativas $p > 0.05$ con 32 g.l.).

En general puede decirse que, en poblaciones naturales, cerca del 80 % de los frondes tienen tallas inferiores a 20 cm, con una biomasa que supone un 17-29 % de la total de la población. En cambio, tras la explotación en cualquiera de sus modalidades, el 99 % de los frondes son menores de 20 cm y su biomasa representa alrededor del 95 % de la total (tabla 1), habiéndose reducido las tallas máximas que se encuentran en la población.

Esta reducción se ve reflejada en la biomasa media del área (fig. 2), observándose que tras de cosecha se inicia inmediatamente una recuperación hasta el mes de octubre, duplicándose la biomasa inicial en la

Tabla 1. – Modificación de algunas variables poblacionales, en las zonas sometidas a arranque y corte, tras realizarse la cosecha. ES: error estándar. Variation in some population variables, in plucking and cutting areas, after harvesting. ES: Standard error of the mean.

TRATAMIENTO	VARIABLES	ANTES COSECHA	DESPUÉS COSECHA
ARRANQUE	Biomasa (%)	100	20.5
	Densidad (n° frondes.m ⁻²) ± ES	2 525 ± 152.1	2 575 ± 177.4
	Frondes < 20 cm (%) ± ES	78.4 ± 3.6	99.0 ± 0.4
	Biomasa de los frondes < 20 cm (%) ± ES	16.9 ± 0.7	93.0 ± 0.5
	Talla máxima (cm)	32	25
CORTE	Biomasa (%)	100	18.7
	Densidad (n° frondes.m ⁻²) ± ES	3 692 ± 405.5	4 608 ± 426.3
	Frondes < 20 cm (%) ± ES	78.1 ± 3.4	99.3 ± 0.3
	Biomasa de los frondes < 20 cm (%) ± ES	29.0 ± 1.0	96.0 ± 0.6
	Talla máxima (cm)	36	22

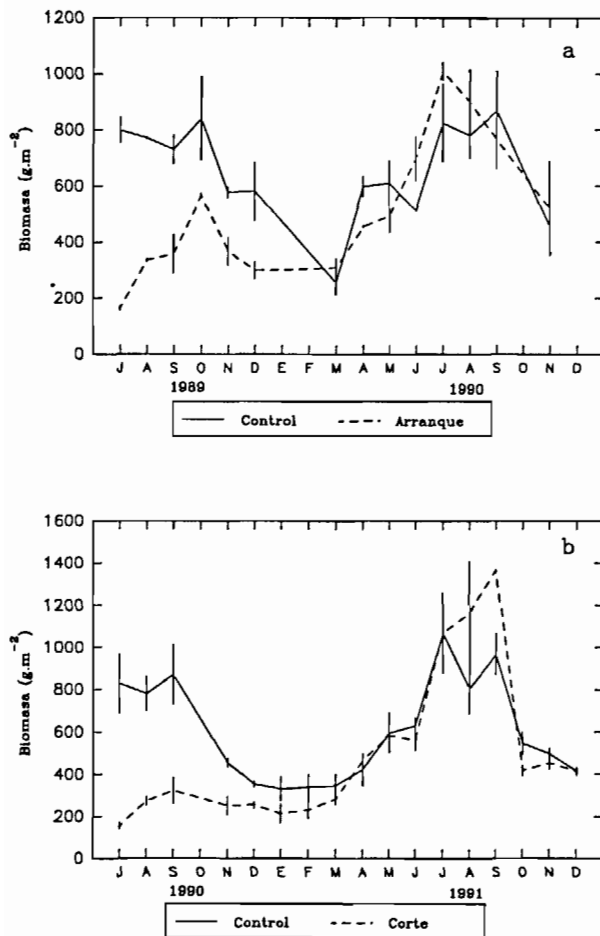


Figura 2. – Biomasa de *G. sesquipedale* en las áreas control y arranque (a) y control y corte (b). Las barras indican el error estándar. Biomass of *G. sesquipedale* in control and plucking areas (a) and control and cutting areas (b). Bars indicate standard error of the mean.

zona cortada y triplicándose en la arrancada, lo que representa al final del período el 37 y 49% de la biomasa control, respectivamente. En este período las diferencias entre las medias muestrales de las áreas de cosecha y control son significativas ($p < 0.05$), excepto en septiembre para el corte.

A partir de septiembre-octubre tienen lugar los desprendimientos debidos a los temporales (Borja, 1992), afectando por igual a todas las áreas hasta enero-marzo (fig. 2). Esto hace que las medias muestrales no presenten diferencias significativas ($p > 0.05$), siendo en diciembre la biomasa de las zonas arrancada y cortada el 52 y 72% de la control, respectivamente.

En marzo se inicia la recuperación de la biomasa, siguiendo las áreas control y explotadas pautas similares en su evolución a partir de entonces (fig. 2). No se encuentran ya diferencias significativas entre las medias ($p > 0.05$) a pesar de que tanto la zona arrancada como la cortada presentan en verano biomasa que son de media el 120 y 140% de la control.

En la tabla 2 se observa que la talla media de la población control es relativamente estable, oscilando a lo largo del año entre 11.1 y 15.4 cm y en verano de 13.5 a 14 cm, mientras que los pesos medios presentan oscilaciones en el año entre 0.1 y 0.3 g.

La reducción de talla debida al corte es mayor que la del arranque, al disminuir la media el 48 y el 31%, respectivamente. En ambos casos las diferencias con las tallas control son altamente significativas ($p < 0.001$). La reducción de biomasa por fronde es también muy importante, alrededor del 80%, coincidiendo con la reducción general de biomasa del área. Las diferencias con la biomasa por fronde del área control también son altamente significativas ($p < 0.001$).

A pesar de que, como se ha visto, la biomasa media se recupera para octubre, en el caso de la talla y peso medio por fronde las diferencias con la control dejan de ser significativas en marzo para el arranque (tabla 2), cuando la biomasa media de la población cosechada comienza a seguir la pauta de la control. Por otro lado, el área cortada continúa presentando diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) entre su talla media y la control al cabo de un año y medio de la explotación, mientras que las diferencias entre las biomasa medias por fronde dejan de ser significativas al cabo de un año. Esto indica que, a igual talla, las frondes cortadas presentan más biomasa debido a su mayor ramificación.

Tabla 2. – Comparación de talla y peso medio del fronde entre las poblaciones sometidas a arranque y corte y las control. ES: error estándar de la media, N: número de muestras, g.l.: grados de libertad (N y g.l. son comunes a talla y peso), t: t de Student, *: diferencias significativas $0.05 > p > 0.01$, **: diferencias significativas $0.01 > p > 0.001$, ***: diferencias significativas $p < 0.001$.

Comparison of length and mean frond biomass between populations harvested by plucking and cutting and control. ES: standard error of the mean, N: sample number, g.l.: degrees of freedom (N and g.l. are similar for length and biomass), t: t-test, *: significant $0.05 > p > 0.01$, **: significant $0.01 > p > 0.001$, ***: significant $p < 0.001$.

Fecha	Tratamiento	Talla (cm)	ES	N	g.l.	t	Peso (g)	Es	t
jul-89	Control	13.9	0.4	303	610	8.6***	0.31	0.03	7.3***
	Arranque	9.5	0.2	309			0.07		
oct-89	Control	15.4	0.3	441	774	3.0**	0.27	0.02	2.6**
	Arranque	14.0	0.3	335			0.20		
mar-90	Control	11.1	0.3	369	818	0.1	0.10	0.01	0.7
	Arranque	11.2	0.3	451			0.09		
jul-90	Control	13.5	0.3	458	1007	0.6	0.18	0.02	1.8
	Arranque	13.8	0.3	551			0.22		
jul-90	Control	13.5	0.4	443	994	16.7***	0.18	0.01	10.1***
	Corte	7.0	0.1	553			0.03		
nov-90	Control	12.0	0.5	254	707	10.0***	0.17	0.02	7.4***
	Corte	7.6	0.2	455			0.07		
mar-91	Control	11.5	0.4	316	852	10.0***	0.11	0.01	6.2***
	Corte	8.0	0.1	538			0.07		
jul-91	Control	13.8	0.4	448	950	4.3***	0.23	0.02	0.2
	Corte	12.0	0.2	504			0.24		
dic-91	Control	12.2	0.3	502	932	5.3***	0.10	0.01	1.7
	Corte	10.0	0.2	403			0.13		

En la *figura 3* se observan las tasas diarias de crecimiento en peso de *G. sesquipedale*. Las diferencias más importantes se obtienen en los meses posteriores a la cosecha, así, tanto el arranque como el corte tienen tasas mensuales alrededor de $1 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$ entre julio y octubre, mientras la zona control presenta tasas negativas o menores de $1 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$. Entre noviembre y enero-febrero las tasas son negativas (-0.5 a $-1.75 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$) o ligeramente positivas. En primavera y verano las tasas son normalmente positivas, tanto en áreas cosechadas como en control, pudiendo llegar a $3 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$.

Esta diferencia entre el período post-cosecha y el período de crecimiento del año siguiente se observa en la *tabla 3*. Así, mientras las tasas diarias de crecimiento de *G. sesquipedale* en los tres meses que siguen a la cosecha son prácticamente nulas en la zona control, las tasas en las áreas cosechadas oscilan entre 1.26 y $1.31 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$. Por otro lado, durante el período de crecimiento, de marzo a julio, las tasas de crecimiento difieren muy poco entre los tratamientos, oscilando entre 0.87 y $0.93 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$.

Los principales epífitos que tiene *G. sesquipedale* en el País Vasco son *Plocamium cartilagineum* y *Dictyota dichotoma*. Una vez cosechada el alga la reducción de epífitos es muy drástica, pasando *P. cartilagineum* de $179 \pm 25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ a $0.6 \pm 0.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ tras el arranque y de $72 \pm 10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ a $0.4 \pm 0.06 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ tras el corte y *D. dichotoma* de $1.24 \pm 1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ a cero tras el corte, no existiendo cuando se arrancó. A partir del mes siguiente al de la cosecha las diferencias entre las medias muestrales de las zonas explotadas y de la

control no son significativas ($p > 0.05$) a lo largo de todo el período de estudio.

Al igual que sucede con *G. sesquipedale*, los epífitos presentan las mayores tasas de crecimiento en el período inmediato a la cosecha, en el que frente a valores negativos (excepto en un caso) de las áreas control se observan tasas de 3.5 a $8.5 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$, según la especie y el tipo de cosecha (*tabla 3*). Los períodos de crecimiento son de marzo a julio en *P. cartilagineum* y de marzo a mayo en *D. dichotoma*. En ellos las tasas de crecimiento son parecidas en las áreas control y cosechadas, oscilando entre 1.5 y $3.4 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$ para *P. cartilagineum* y de 4.2 a $5.9 \text{ \%} \cdot \text{día}^{-1}$ en *D. dichotoma* (*tabla 3*).

En los períodos post-cosecha las tres especies presentan tasas de crecimiento más elevadas en las áreas cortadas que en las arrancadas y, excepto para *D. dichotoma*, sucede lo mismo durante el período de crecimiento de primavera-verano (*tabla 3*).

La producción de *G. sesquipedale* que se da en las áreas cosechadas es 1.3 a 1.5 veces mayor que la que se obtiene en las áreas control (*tabla 3*). En cambio, si bien la producción de los epífitos es más elevada en la zona arrancada que en la control, la obtenida en la zona cortada es muy similar a la control (*tabla 3*).

Las tasas de renovación de *G. sesquipedale* son 2.2 a 2.7 veces mayores en las áreas cosechadas que en la control, mientras que las de los epífitos pueden llegar a ser hasta 70 veces mayores (*tabla 3*). Esta elevada tasa de renovación de los epífitos se debe a que tras la explotación la biomasa mínima se reduce casi a cero, como antes se vio.

Tabla 3. – Tasa de crecimiento (A : período post-cosecha de julio a septiembre, B : período de crecimiento, de marzo a julio en *G. sesquipedale*, Gs, y *P. cartilagineum*, Pc, y de marzo a mayo en *D. dichotoma*, Dd), producción y tasa de renovación de cada especie y para cada tratamiento realizado. Growth rate (A: post-harvesting period July-September, B: growth period, March-July for *G. sesquipedale*, Gs, and *P. cartilagineum*, Pc, and March-May for *D. dichotoma*, Dd), production and turnover rate by specie and treatment.

Especie	Tratamiento	Tasa Crecimiento (%.día ⁻¹)		Producción (g.m ⁻² .año ⁻¹)	Tasa renovación (año ⁻¹)
		A	B		
Gs	Control	0.05	0.87	769.9	3.0
	Arranque	1.26	0.88	1110.9	6.8
	Control	0.09	0.93	828.5	2.5
	Corte	1.31	0.90	1053.3	6.8
Pc	Control	-1.58	3.43	95.0	132.0
	Arranque	3.46	1.49	119.8	200.0
	Control	-1.32	2.56	45.2	17.7
	Corte	7.15	2.08	44.4	1109.5
Dd	Control	4.52	4.24	8.1	27.1
	Arranque	6.64	5.95	38.4	1919.5
	Control	-8.60	5.86	2.4	60.0
	Corte	8.47	4.23	2.5	254.0

DISCUSIÓN

El dato de que el 80 % de la biomasa inicial es cosechada por los buceadores coincide con lo citado por Carter y Simons (1987) para el arranque de *G. pristoides*, siendo superior al 60 % que obtienen para el corte. El principal problema de la explotación de gelidiales estriba en que se actúe sobre su parte basal al cosechar dicha biomasa, de tal forma que si se desprendieran muchos rizoides la recuperación sería muy lenta (Fralick y Andrade, 1981 ; Santelices, 1989).

Seoane-Camba (1966) estima que al arrancar se desprende el 90 % de los rizoides, mientras que Carter y Anderson (1985) encuentran valores del 20 - 30 %. Aquí se ha visto que la diferencia en la densidad de vástagos antes o después del arranque o corte no es significativa ($p > 0.05$). Esto puede deberse al hecho observado durante la cosecha de que al principio los buceadores arrancan el alga desde la base, pero al irse cansando sólo arrancan los penachos grandes que son los que más biomasa tienen (Borja, 1992), por lo que la cantidad de rizoides desprendida no es muy elevada. Esta actuación selectiva se ve confirmada en los datos de la tabla 1.

Según Santelices (1989), al diseñar un programa de cosecha, es preciso establecer la cantidad mínima de alga capaz de regenerar la biomasa estival. Esta sería la biomasa no cosechable y normalmente coincide con la invernal. En este trabajo la biomasa invernal oscila entre 0.2 y 0.3 kg.m⁻², y la que queda tras la cosecha oscila entre 0.15 y 0.2 kg.m⁻².

Las tasas de crecimiento y producción obtenidas, así como la comparación de las biomásas medias, demuestran la importancia de los 3 ó 4 meses posteriores a la cosecha en la recuperación de la biomasa, coincidiendo con lo establecido para

G. pristoides cosechado en primavera o verano (Carter y Anderson, 1985 ; Carter y Simons, 1987). De hecho, la recuperación durante estos meses hace que se alcance la biomasa mínima invernal que es capaz de regenerar la biomasa en el verano siguiente.

La tasa de crecimiento post-corte coincide con la encontrada por Melo *et al.* (1991) para *G. nudifrons* y los valores de producción de arranque y corte lo hacen con los valores máximos de una especie de menor porte, *G. pristoides* (Carter y Anderson, 1985).

Los porcentajes de recuperación de biomasa, que se han encontrado al cabo de un año de muestreo, oscilan entre el 120 y el 140 % de la biomasa control, siendo algo mayores que los de Cendrero y Ramos (1967) y muy superiores al 54-72 % citado por Seoane-Camba (1966) o el 24 % de Gorostiaga (1990). Esto posiblemente se derive de los diferentes sistemas de muestreo utilizados por estos autores, ya que no parece casual que a menor superficie experimental la recuperación sea menor. De hecho, los datos de superficie utilizada y recuperación obtenida por ellos se relacionan por medio de una regresión logarítmica:

$$R = 54.11 + 8.56 \ln S$$

$$(r: 0.95, \text{ significativa para } p < 0.005 \text{ y } 5 \text{ g.l})$$

donde R es el porcentaje de recuperación, S la superficie utilizada por cada autor y r la correlación. Esta ecuación indica que la recuperación de grandes áreas explotadas comercialmente es mayor que la de pequeñas superficies experimentales, posiblemente debido a que la intensidad de cosecha inicial es mayor en estas últimas. Esto confirmaría la necesidad de realizar los experimentos a la manera de los efectuados en este trabajo sobre áreas grandes, explotadas comercialmente, lo que permite observar mejor lo que sucede realmente con las poblaciones cosechadas para su transformación industrial.

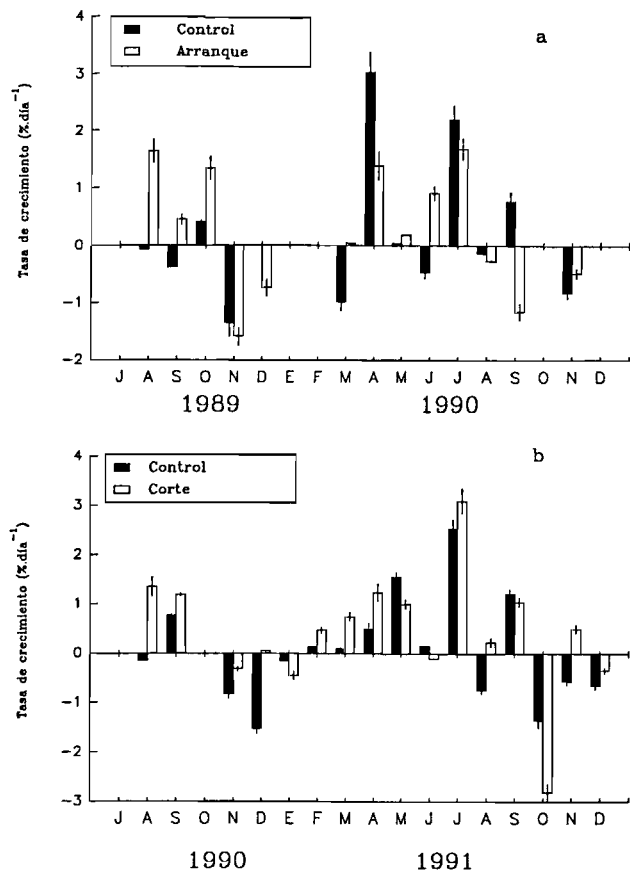


Figura 3. – Tasas diarias de crecimiento específico (TCE) de biomasa en las áreas control y arranque (a) y control y corte (b). Las barras indican el error estándar.

Daily biomass growth rate (TCE) in control and plucking areas (a) and in control and cutting areas (b). Bars indicate standard error of the mean.

Los epífitos de las áreas control presentan tasas de crecimiento similares a las que halla Kain (1987) de 2.6 a 3.9%. día^{-1} para *P. cartilagineum*. Estos valores sólo se ven superados en el período post-cosecha en las zonas explotadas, pero una vez recuperada la biomasa inicial no se produce un aumento significativo ($p > 0.05$) de los epífitos, como se vio.

Todos los datos obtenidos permiten pensar en el arranque como un actividad que reproduce los efectos de desprendimiento de biomasa y disminución de la talla media que provocan sobre la población los temporales otoñales (Borja, 1992). Así, el arranque actúa principalmente sobre los frondes más viejos y desarrollados, entendiéndose por tal a los que tienen más talla, están más ramificados y presentan mayor biomasa distal. Esto provoca un rejuvenecimiento de la población que facilita una reacción de crecimiento y producción durante el verano y comienzos del otoño que en las praderas control no se da, posiblemente al haber llegado a su capacidad de carga. Este efecto ha sido descrito por Foster y Barilotti (1990) como beneficioso para la población. El posterior aumento de

producción y biomasa tras la cosecha también se ha descrito para otras algas (Smith, 1985).

La cosecha inicial por corte provoca una reducción de la talla mayor que el arranque, pero la recuperación de la biomasa media de la población se da igual de rápido que en las zonas arrancadas, lo que coincide con los datos de Anderson *et al.* (1991). En cambio, la estructura de la población, referida a su composición en tallas, no se recupera incluso un año y medio después. Esto hace que el corte difiera del arranque, al ser el crecimiento longitudinal más lento, tal y como encuentran Carter y Simons (1987), mientras que, a igual talla, los frondes cortados tienen más biomasa.

Esto se debe a que al cortar se originan rebrotes múltiples en los ápices, que provocan una ramificación más intensa y un acúmulo mayor de biomasa en frondes pequeños (Salinas, 1991). Así, para igual biomasa media en áreas cosechadas y control, después de un año de explotación, el 82% de la biomasa del área cortada se encuentra en frondes menores de 20 cm, mientras que en el área arrancada es sólo el 18%.

En este sentido, aun no pudiéndose comparar adecuadamente ambos métodos entre sí al haberse realizado la experiencia en años consecutivos, parece que tanto el arranque como el corte pueden ser utilizados en la cosecha de *G. sesquipedale* siguiendo un plan de gestión racional (Juanes y Borja, 1991; Borja, 1992), lo que contradice algunos trabajos realizados hasta ahora y que se posicionan a favor únicamente del corte (Seoane-Camba, 1966; Guzmán del Prío y de la Campa de Guzmán, 1969; Álvarez de Meneses, 1972; Gorostiaga, 1990) y coincide con trabajos más modernos en cuanto a concepción metodológica (Carter y Simons, 1987; Anderson *et al.*, 1991).

CONCLUSIÓN

La cosecha por arranque y corte, en julio, de *G. sesquipedale* provoca una drástica reducción de la biomasa y de la talla media de la población, no observándose variaciones en la densidad de los frondes.

Se ha demostrado la importancia del período post-cosecha en la recuperación de la biomasa, ya que, debido a altas tasas de crecimiento, se consiguen en 3-4 meses diferencias no significativas ($p > 0.05$) con la biomasa del área control.

Los datos obtenidos sugieren que el arranque reproduce los efectos del desprendimiento de biomasa y reducción de la talla originados por los temporales, mientras que el corte ejerce una acción más intensa. En ambos casos se recupera la biomasa de la población en menos de un año, por lo que se podrían realizar cosechas anuales durante el verano integradas en un plan general de gestión del recurso.

Agradecimientos

La ayuda de las siguientes personas fue fundamental: C. Erauskin, J. M. Emezabal, A. M. Gómez, L. Cuesta, V. Valencia y P. Villastrigo. El Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco aportó la financiación de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez de Meneses A., 1972. Contribución al conocimiento de los campos de algas del Cantábrico. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, **154**, 1-35.
- Anderson R. J., R. H. Simons, N. G. Jarman, G. J. Levitt, 1991. *Gelidium pristoides* in South Africa. *Hydrobiologia*, **221**, 55-66.
- Borja A., 1992. La gestión de los recursos algales en el País Vasco: comunidades naturales de *Gelidium sesquipedale*, cosecha de arribazones y recuperación tras explotación por arranque y corte. *Inf. Técn. Dep. Agric. Pesca Gob. Vasco*, **44**, 98 p.
- Carter A. R., R. J. Anderson, 1985. Regrowth after experimental harvesting of the agarophyte *Gelidium pristoides* (Gelidiales: Rhodophyta) in the eastern Cap de Province. *S. Afri. J. Mar. Sci.*, **3**, 111-118.
- Carter A. R., R. H. Simons, 1987. Regrowth and production capacity of *Gelidium pristoides* (Gelidiales, Rhodophyta) under various harvesting regimes at Port Alfred, South Africa. *Bot. Mar.*, **30**, 227-231.
- Cendrero O., F. Ramos, 1967. Trabajos sobre las algas del género *Gelidium* en la provincia de Santander. *Publ. Téc. Junta Est. Pesca.*, **6**, 283-290.
- Establier R., 1964. Variación estacional de la composición química, extracción y características del agar-agar de algunas algas (género *Gelidium*) de la costa sudatlántica española. *Inv. Pesq.*, **26**, 165-194.
- Foster M. S., D. C. Barilotti, 1990. An approach to determining the ecological effects of seaweed harvesting: a summary. *Hydrobiologia*, **204-205**, 15-16.
- Fralick R. A., F. Andrade, 1981. The growth, reproduction, harvesting and management of *Pterocladia pinnata* (Rhodophyceae) in the Azores, Portugal. *Proc. 10 Int. Seaweed Symp.*, **10**, 289-295.
- Gorostiaga J. M., 1990. Aspectos demográficos del alga roja *Gelidium sesquipedale* (Clemente) Thuret. Discusión sobre su adecuada gestión como recurso explotable. *Tesis Dr. Univ. País Vasco*. 313 p.
- Guzmán del Prío S. A., S. de la Campa de Guzmán, 1969. Investigaciones sobre *Gelidium cartilagineum* en la costa occidental de Baja California, México. *Proc. 6 Int. Seaweed Symp.*, **6**, 179-186.
- Hunt R., 1978. Plant growth analysis. *Studies in Biology* 96, Edward Arnold, London, 67 p.
- Hurlbert S. H., 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monog.*, **54(2)**, 187-211.
- Juanes J. A., Borja, 1991. Biological criteria for the exploitation of the commercially important species of *Gelidium* in Spain. *Hydrobiologia*, **221**, 45-54.
- Kain J. M., 1987. Seasonal growth and photoinhibition in *Plocamium cartilagineum* (Rhodophyta) off the Isle of Man. *Phycologia*, **26**, 88-99.
- Margalef R., 1974. *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona, 951 p.
- Melo R. A., B. W. W. Harger, M. Neushul, 1991. *Gelidium* cultivation in the sea. *Hydrobiologia*, **221**, 91-106.
- Salinas J. M., 1991. Spray system for re-attachment of *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born. et Thur. (Gelidiales: Rhodophyta). *Hydrobiologia*, **221**, 107-117.
- Santelices B., 1989. *Algas Marinas de Chile*. Ed. Univ. Católica de Chile, 399 p.
- Seoane-Camba J., 1966. Algunos datos de interés en la recolección de *Gelidium sesquipedale*. *Publ. Téc. J. Est. Pesca.*, **5**, 437-455.
- Seoane-Camba J., 1969. Crecimiento, producción y desprendimiento de biomasa en *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Thuret. *Proc. 6 Int. Seaweed Symp.*, **6**, 365-374.
- Silverthorne W., 1977. Optimal production from a seaweed resource. *Bot. Mar.*, **20**, 75-98.
- Smith B. D., 1985. Recovery following experimental harvesting of *Laminaria longicruris* and *L. digitata* in Southwestern Nova Scotia. *Helgoländer Meeresunters.*, **39**, 83-101.
- Westlake, D. F., 1969. Macrophytes. En: *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. *I.B.P. Handbook 12*, ed. Volenweider.
- Winer B. J., 1971. *Statistical principles in experimental design*. McGraw-Hill, New York, 907 p.