

## Factores que influyen en la viabilidad y crecimiento de *Undaria pinnatifida* en cultivo: *fouling*, tamaño de plántula y períodos de aclimatación presiembra

J. CREMADES\*, J.M. SALINAS\*\*, A. GRANJA\*\*\*, I. BÁRBARA\*  
A.J. VEIGA\*, J.L. PÉREZ-CIRERA\*\*\* & C. FUERTES\*\*

\*Departamento de Biología Animal, Biología Vexetal e Ecoloxía. Universidade da Coruña  
Campus da Zapateira. 15071 A Coruña

\*\*Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Santander. Promontorio de San  
Martín s/n. Ap. 240. 39080 Santander

\*\*\*Departamento de Biología Vexetal. Facultade de Biología (Botánica). Universidade de Santiago  
de Compostela. 15706 Santiago de Compostela

(Recibido, octubre de 1996. Aceptado, febrero de 1997)

### Resumen

CREMADES, J., SALINAS, J.M., GRANJA, A., BÁRBARA, I., VEIGA, A.J., PÉREZ-CIRERA, J.L. & FUERTES, C. (1997). Factores que influyen en la viabilidad y crecimiento de *Undaria pinnatifida* en cultivo: *fouling*, tamaño de plántula y períodos de aclimatación presiembra. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 7: 29-40

Con objeto de mejorar el rendimiento de los cultivos marinos de *Undaria pinnatifida* y reducir los costes de producción de semilla, se ha tratado de averiguar la importancia que tiene sobre la productividad el tamaño inicial de las plántulas y la incidencia del *fouling*, estudiándose asimismo el posible acortamiento de la fase de cultivo en laboratorio y la influencia de los procesos de aclimatación presiembra en el mar. Los resultados de los experimentos realizados con cultivos en cuerdas verticales y horizontales (*long-line*) en dos rías de Galicia, han demostrado que, la introducción en el mar de gametófitos maduros y su precultivo durante un mes antes de la resiembra definitiva, permite reducir los costes de producción de semilla en laboratorio y acortar el tiempo de cultivo, así como minimizar los efectos negativos del *fouling* debido a la vitalidad y alta densidad de plántulas sobre los colectores en precultivo. Las producciones obtenidas en estas condiciones son mayores y de mejor calidad comercial, debido principalmente a la homogeneidad de las tallas de los individuos resultantes.

**Palabras clave:** *Undaria pinnatifida*, cultivo, desarrollo, producción, Océano Atlántico, Península Ibérica, Galicia.

### Abstract

CREMADES, J., SALINAS, J.M., GRANJA, A., BÁRBARA, I., VEIGA, A.J., PÉREZ-CIRERA, J.L. & FUERTES, C. (1997). Influence of the culture factors in the viability and development of *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta): *fouling*, seedling-size and adaptation periods before sowing. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 7: 29-40

In the aim of improving the yield of marine crops and reducing the productions costs of seedlings, we have attempted to find out the influence of the *Undaria pinnatifida* seedling-size over the final productivity as well as the effects of the *fouling* influence. We also studied the influence of adaptation periods into seawater before sowing and the possibility of reducing the laboratory phase. Our experiences realised with vertical and horizontal (*long-line*) culture ropes in two Galician «rias» have shown that adapting mature gametophytes into seawater for

a month before their definitive sown, the laboratory production costs of seedlings may be reduced as well as the time of crop. Negative effects of fouling also may be reduced because of vitality and high density of plants on collectors. The productivity obtained in this way are greater and better quality, mainly for the similarity of height of plants.

**Key words:** *Undaria pinnatifida*, seaweed-culture, aquaculture, development, productivity, Atlantic Ocean, Iberian Peninsula, Galicia.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar según la técnica de *free-living* desarrollada en Francia [Centro de Nantes dependiente del IFREMER (PÉREZ *et al.*, 1984, 1992)] se basa en la obtención de gran cantidad de gametófitos por cultivo intensivo en medio suspendido, para ser transferidos (sembrados) posteriormente a un sustrato conocido como hilo de semilla que, colocado sobre un colector, es sumergido en tanques de eclosión donde se produce la fecundación, obtención de embriones y, finalmente, el desarrollo de plántulas. Para obtener plántulas de 58 células (700µm) se precisan aproximadamente 15-20 días de cultivo, durante los cuales son necesarios especiales cuidados para garantizar su correcto desarrollo. Completar el ciclo vital de la planta en cultivo *indoor* hasta la talla de 1-3mm (tamaño de plántula más adecuado para su encordado en parque de cultivo) implica casi dos meses de cultivo y unos costes de producción notables. Este *modus operandi* tiene como ventaja la posibilidad de establecer un control muy riguroso sobre el desarrollo de las plántulas garantizando su abundancia y calidad para la producción final y, como principales inconvenientes, la posibilidad de incidentes, tanto en los equipos de control de parámetros ambientales, como en las manipulaciones, o, en casos extremos, la aparición de patologías que pueden destruir totalmente el cultivo.

La estrategia contraria sería una introducción temprana para reducir los costes de producción logrando una óptima adaptación de las plántulas al medio marino con un mínimo coste. Sin embargo, si es usada para la siembra directa

en el mar semilla con plántulas demasiado pequeñas, éstas podrían fácilmente sucumbir por el ataque de especies oportunistas. Por otro lado, poco se sabe de la influencia que sobre el desarrollo de las plántulas de *U. pinnatifida* tiene el paso de cultivo *indoor* a *outdoor*. Algunos autores (PEREZ *et al.*, 1992) aconsejan que antes del encordado definitivo los colectores de semilla pasen un período de aclimatación en el mar.

Los objetivos generales del presente trabajo, son: conocer las variaciones que en la futura productividad del cultivo puedan derivarse del tamaño inicial de plántula y la incidencia del *fouling*, estudiar el posible acortamiento de la fase *indoor* por precultivo en el mar y, por último, evaluar la influencia de los procesos de aclimatación presiembra. Todos estos objetivos tienen como fin último abaratar los costes de producción de la semilla, acortar el tiempo de cultivo, evitar diversos imponderables y asegurar una buena producción.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de los experimentos se seleccionaron dos zonas con condiciones oceanográficas adecuadas para este cultivo, una en la Illa de Arousa (42°34'29"N, 8°53'10"W) y otra en la Ensenada de Baiona (42°07'38"N, 8°50'10"W). Los cultivos se realizaron siguiendo un sistema de conducción tanto en cuerdas verticales como en *long-line*. La metodología detallada de obtención de plántulas, siembra de colectores, implante en el mar, etc., así como la metodología de muestreo, fue la misma que la descrita en un trabajo anterior (PÉREZ-CIRERA *et al.*, 1997).

## RESULTADOS

### Influencia del *fouling* y tamaño de plántula

El tamaño de plántula, de por sí, no tiene importancia en el desarrollo del cultivo. Sin embargo, este tamaño puede ser un muchos casos crítico para la viabilidad del cultivo en función de factores ambientales, en particular la competencia con especies pioneras y oportunistas.

El término *fouling* hace referencia a los organismos vivos que se fijan y colonizan superficies introducidas en el medio marino, como son, en este caso, los cabos portadores donde se realiza el implante del cultivo de *U. pinnatifida*. La influencia del *fouling* en el cultivo tiene una gran importancia en las fases iniciales de éste, convirtiéndose en un factor decisivo, sobre todo en el caso de que el tamaño de plántula inicial sea reducido. El desarrollo de algunas especies del *fouling* como *Hincksia granulosa* (Smith) Silva, *Polysiphonia brodiaei* (Dillwyn) Sprengel o diversas diatomeas pennales coloniales, de existir unas condiciones del medio marino favorables, es tan acelerado que en el plazo de un mes son capaces de cubrir totalmente el cabo portador con gruesos mechones, de hasta 15cm de longitud, de forma que se establece una competencia por nutrientes (y sobre todo por luz), que produce una ralentización del crecimiento de las plántulas de *U. pinnatifida* y, en casos extremos, la muerte de éstas.

Las primeras etapas de colonización del cultivo se caracterizan por el desarrollo de diatomeas pennales, *Hincksia granulosa* y *Polysiphonia brodiaei* en los 4 primeros metros, mientras que, a mayor profundidad, el *fouling* es fundamentalmente de origen animal, debido a la disminución de la luminosidad, siendo *Bugula neritina* (Linnaeus) y *Tubularia* sp. sus representantes principales (Tabla I). A partir de los 5 o 6 meses de inmersión estas especies empiezan a ser sustituidas por balánidos y mitílidos, siguiendo una dinámica similar a la puesta de manifiesto en los estudios de sucesión sobre superficies artificiales sumergidas realizados en las costas de Galicia

por GUILLERMES (1992), ESTÉVEZ OJEA (1994) y GUILLERMES *et al.* (1995).

La mayor o menor influencia del *fouling* está relacionada, a priori, con la época de inicio de la inmersión y la localización del cultivo. El aumento de la actividad del *fouling* puede deberse a muchos factores: afloramientos de aguas con altas cantidades de nutrientes, condiciones de temperatura del medio, época del año que coincide con condiciones favorables de reproducción de sus especies propias, fotoperíodo, etc.

Para estimar la variaciones del *fouling* y su influencia en relación con el tamaño de plántula, se ideó un experimento consistente en la introducción de unos cabos verticales (iguales a los utilizados como soporte del cultivo), con objeto de conocer la abundancia de organismos fijados sobre ellos a lo largo del período de cultivo de generaciones de *U. pinnatifida* con tamaño inicial de plántula diferente (Tabla II) y, además, ver las variaciones estacionales de este fenómeno durante diferentes períodos de inicio de la inmersión. Estos cabos se colocaron en dos zonas distintas de la Illa de Arousa: unos en el marco del parque de cultivo y otros en una batea próxima, con el fin de detectar posibles diferencias de colonización, ya que una de las conclusiones que obtuvimos en la fase anterior de este estudio (PÉREZ-CIRERA *et al.*, 1997) es que estas bateas podrían ser las responsables de un mayor reclutamiento por especies del *fouling* en las cuerdas de cultivo de *U. pinnatifida*, al comportarse como reservorios de diásporas.

Se realizaron 3 introducciones (febrero, marzo y abril), siendo la primera introducción coincidente con el encordado del parque de cultivo. En cada uno de los meses se introdujeron dos cuerdas testigo que fueron recogidas, una a los 30 y otra a los 45 días de inmersión. De esta manera se puede valorar la colonización en estos dos períodos de tiempo y en tres meses distintos de inicio de la inmersión. En cada uno de estos tres meses fue también introducida una cuerda en una batea de mejillón próxima al parque de cultivo y que fue recogida a los 45 días (Tabla III).

TABLA I. Distribución batimétrica y abundancia de los principales organismos competidores del cultivo en Arousa a los 4 meses del inicio de inmersión

Especies competidoras	Profundidad (m)						
	0-0,1	0,1-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-4	4-8
<i>Enteromorpha</i> spp.	■	■					
<i>Ceramium secundatum</i> Lyngb.		■					
<i>Porphyra leucosticta</i> Thur.		■					
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i> (Stackh.) Collins & Herv.	■	■	■				
<i>Antithamnionella ternifolia</i> (Hook. & Harv.) Lyle	■	■	■				
<i>Apoglossum ruscifolium</i> (Zanard.) Kylin			■				
<i>Callitamnion tetragonum</i> (Whiting) Gray			■				
<i>Hincksia granulosa</i> (G.M.Sm.) P.C.Silva	■	■	■	■	■	■	■
<i>Polysiphonia brodiaei</i> Lyngb.	■	■	■	■	■	■	■
<i>Saccorhiza polyschides</i> (Lightf.) Batters			■	■	■	■	■
<i>Bugula neritina</i> (L.)			■	■	■	■	■
<i>Tubularia</i> sp.				■	■	■	■
<i>Ciona intestinalis</i> (L.)						■	■

TABLA II. Tamaño inicial de plántula en las 4 generaciones ensayadas

Generación	Tamaño introducción
1 <sup>a</sup>	3 ± 1,5mm
2 <sup>a</sup>	2 ± 0,7mm
3 <sup>a</sup>	1 ± 0,3mm
4 <sup>a</sup>	0,1 ± 0,02mm

TABLA III. Cronograma de los muestreos realizados en los cabos sumergidos para los estudios de colonización por los organismos del *fouling*. (int: introducción; rec: recogida; P: cuerda del polígono flotante; B: cuerda de la batea)

Fechas	18/2/95		16/3/95		30/3/95		20/4/95		4/5/95		18/5/95		2/6/95	
	int	rec	int	rec	int	rec	int	rec	int	rec	int	rec	int	rec
	P1/1		P1/1											
	P1/2				P1/2									
	B1				B1									
			P2/1				P2/1							
			P2/2						P2/2					
			B2				P3/1		B2		P3/1			
							P3/2							P3/2
							B3							B3

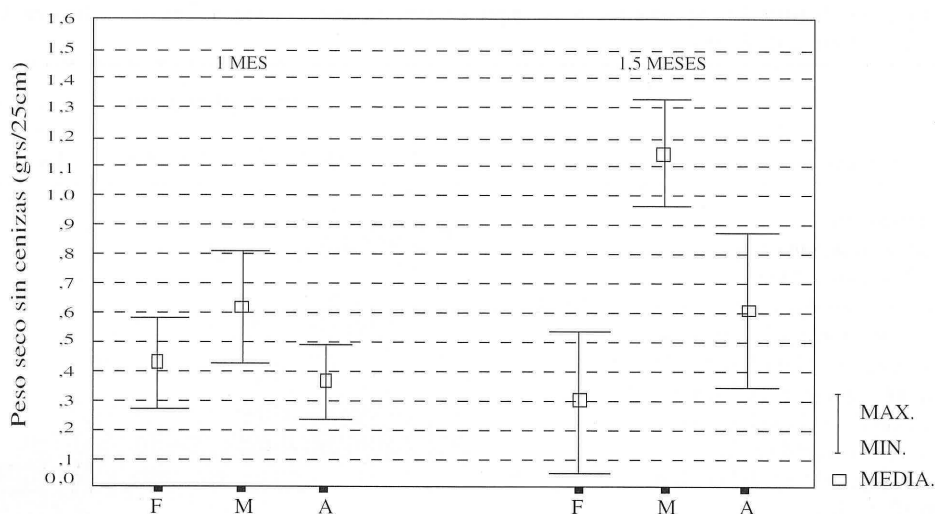


Fig. 1. Test de comparaciones múltiples a posteriori de Turkey (95% conf.) para la media del peso seco sin cenizas entre las cuerdas introducidas en febrero (F), marzo (M) y abril (A) a los 30 y 45 días de inmersión.

Las cuerdas muestreadas fueron trasladadas al laboratorio y de cada una de ellas se cortaron 4 fragmentos de 25cm del metro cuyo punto medio era coincidente con la profundidad a la que se encontraba el cultivo en *long-line* (1,5m). De estos fragmentos se desprendían todos los epibiontes que los colonizaban para posteriormente calcular su peso seco en estufa tras 12h a 110°C y materia orgánica sin cenizas por calcinación a 450°C durante 5h. El resto del cabo sirvió para identificar dichos epibiontes y realizar observaciones sobre las variaciones batimétricas de los mismos.

Los datos de peso seco sin cenizas entre las diferentes cuerdas después de 30 y 45 días de inmersión muestran que la abundancia del *fouling* varía extraordinariamente en cortos períodos de tiempo (Figs. 1 y 2). El análisis de la varianza (ANOVA) muestra que, tras un mes de inmersión, no hay diferencias significativas entre las cuerdas sumergidas en febrero y abril, pero sí entre estas cuerdas y las sumergidas en marzo. Sin embargo, tras 45 días de inmersión hay diferencias significativas entre todas ellas, y la cuerda sumergida en marzo, siguiendo la tendencia manifestada tras un mes de inmersión,

muestra un espectacular incremento de biomasa (Fig. 1). Estas oscilaciones presentan cierta correlación con los valores de temperatura del agua en estos períodos (Fig. 3), suministrados por el *Centro de Control da Calidade do Medio Mariño*, dependiente de la *Dirección Xeral de Marisqueo e Acuicultura* (Xunta de Galicia). En el período de 45 días de inmersión de la primera cuerda (del 18 de febrero al 30 de marzo) la temperatura del agua del mar en superficie fue relativamente baja y constante (en torno a los 13°C), y por ello el desarrollo del *fouling* fue, tras este período de tiempo, relativamente moderado. Sin embargo, las cuerdas sumergidas en marzo y abril estuvieron sometidas a grandes fluctuaciones en las temperaturas del agua que podrían explicar las fuertes variaciones en biomasa de las mismas. Se aprecia también en estos datos que la biomasa de organismos fijados a la cuerda sumergida en febrero fue mayor tras 30 días de inmersión que a los 45 días; esto es debido a que cuando las aguas están frías y los días son relativamente cortos suelen manifestarse muy rápidamente vistosos afloramientos de diatomeas coloniales que cubren completamente los cabos e, incluso, evitan temporalmente que se fijen otros organismos

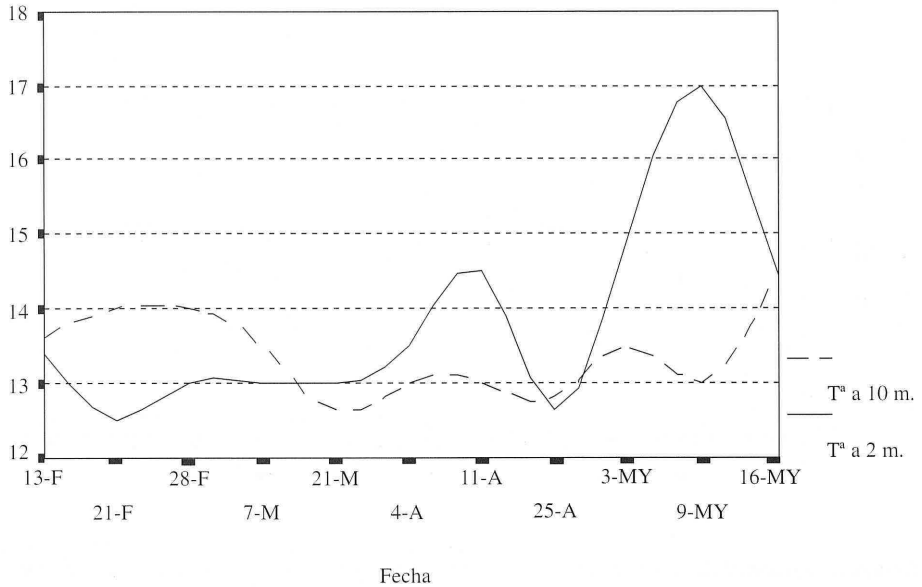


Fig. 2. Variaciones semanales de la temperatura del agua del mar a 2 y 10m de profundidad durante el período de experimentación de la colonización de las cuerdas por los organismos del *fouling*.

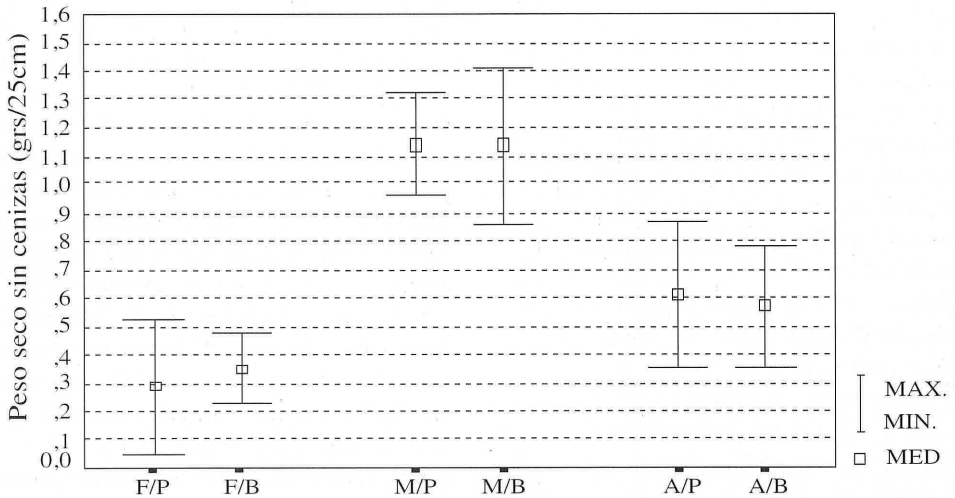


Fig. 3. Test de comparaciones múltiples a posteriori de Turkey (95% conf.) para la media del peso seco sin cenizas entre las cuerdas introducidas en febrero (F), marzo (M) y abril (A) en el polígono (P) y en la batea (B) tras 45 días de inmersión.

oportunistas de mayor biomasa. Estas colonias de diatomeas suelen degenerar rápidamente para dar paso a otros organismos, manifestándose temporalmente una disminución en la biomasa de organismos colonizadores.

El análisis de la varianza (realizado con los datos de peso seco sin cenizas) entre las cuerdas sumergidas en el parque de cultivo y las de la batea de mejillón, después de 45 días de inmersión, muestran que, estadísticamente, no hay

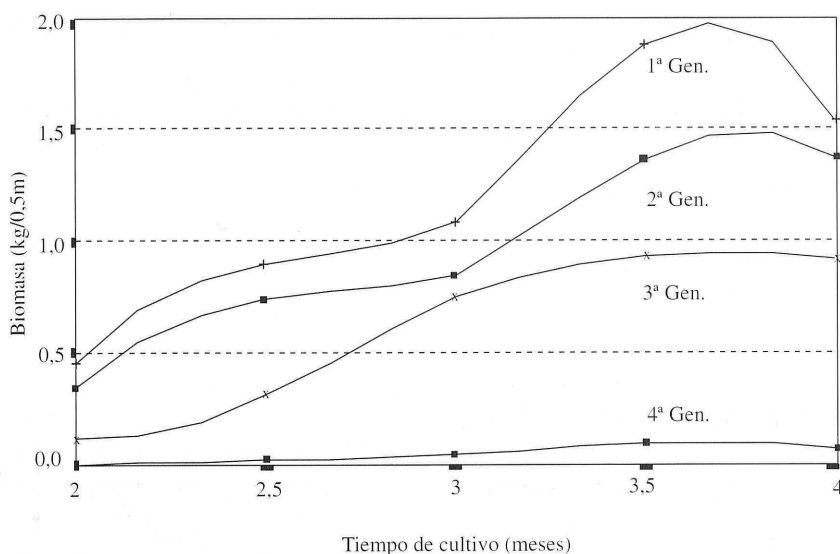


Fig.4. Evolución quincenal de la biomasa media de *U. pinnatifida* entre 2 y 4 meses de cultivo en el mar en función del tamaño inicial de plántula (Tabla II).

diferencias significativas entre ellas (Fig. 3). Esto quiere decir que, aunque las bateas sean unos reservorios de las especies del *fouling* esto no hace que en sus inmediaciones la colonización de un sustrato nuevo sumergido sea sustancialmente mayor. Este fenómeno podría deberse a un muy efectivo mecanismo de dispersión de las diásporas de las especies oportunistas o a una altísima densidad de las mismas en toda el área de cultivo.

Dada la vinculación de los resultados expuestos a los diversos factores ambientales, sería preciso repetir el experimento en otras épocas para cubrir todo el período operativo del cultivo industrial y valorar las posibles fluctuaciones anuales y las causas de las mismas.

En cuanto al ataque del *fouling* y su relación con el tamaño de plántula (Tabla II) y la viabilidad de las mismas (Fig. 4), el grado de colonización por las especies del *fouling* en el inicio del cultivo (comienzo de la inmersión en febrero) fue crítico para las plántulas de menos de 1mm (Fig. 4). Es decir que, incluso con un ataque de *fouling* moderado, las plántulas deben superar las tallas de 1mm, a partir de la cual la viabilidad de la producción está asegurada.

## Reducción de la fase *indoor* e influencia de la aclimatación de colectores

### Reducción de la fase *indoor*

De confirmarse la hipótesis de que pudiesen ser sembrados directamente en el mar gametófitos en fase de gametogénesis o embriones de muy pocas células, se reducirían notablemente los gastos de producción de semilla y se permitiría la utilización de zonas especiales de las rías como incubadoras de plántulas de *U. pinnatifida*, que serían resembradas finalmente en el *long-line* en el momento en que tuvieran el tamaño adecuado, según las previsiones de colonización del *fouling* u otras variables ambientales.

Los riesgos que se asumen con esta estrategia pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. *Mortalidad por ausencia de un período de adaptación a las condiciones del medio.* Las fases iniciales de la producción de plántulas se realizan a 16°C y el descenso térmico hasta 13°C se realiza gradualmente a medida que se aumenta la luz. No obstante, en experiencias de laboratorio se ha conseguido la obtención de plántulas en cultivo a baja temperatura (13°C a partir del

TABLA IV. Cronología de las introducciones y estado de desarrollo de los colectores utilizados en los experimentos de aclimatación y reducción de la fase *indoor*

nº colector	Días cultivo <i>indoor</i>	Fecha introducción mar	Estado introducción
1º	3	18-2-95	gametófitos
2º	7	22/2/95	prezigotos
3º	10	1/3/95	zigotos
4º	15	7/3/95	embriones

día 10 de cultivo), teniendo cuidado solamente durante los períodos iniciales de gametogénesis y fecundación (PÉREZ-CIRERA *et al.*, 1997). Una vez aparecido el cigoto, pueden cambiarse drásticamente las condiciones de cultivo sacrificando muy poca producción.

2. *Mortalidad por patologías bacterianas no controlables*. En condiciones de cultivo *indoor* pueden realizarse tratamientos con antibióticos y bloqueantes del desarrollo de diatomeas que permiten garantizar la supervivencia de la mayoría de los cultivos. Estos tratamientos no serían posibles en condiciones de cultivo en el medio natural y, dada la velocidad con que se presentan estas patologías, sería preciso un control diario de los colectores. No obstante, cabe señalar que en el medio natural y durante las fases iniciales son poco frecuentes patologías graves, por lo que supondría asumir un riesgo menor.

3. *Mortalidad por oclusión debida al rápido desarrollo de fouling sobre los colectores*. Ocurre cuando la talla de las plántulas no permite establecer una competencia suficiente o cuando existe un alto grado de sedimentación pasiva (limo, pseudoheces, etc.) en la zona donde se realiza la introducción. Ambos factores son exclusivos y variables en cada zona y pueden ser mitigados con un conocimiento previo de los mismos que permita arbitrar medidas correctoras, tales como, selección de las zonas (lejos de bateas, aportes fluviales y zonas con riesgo de removilización de sedimentos), modificación de la profundidad de cultivo, aumento de hidrodinámica, etc.

4. *Pastoreo por fitófagos*. No es frecuente en las tallas correspondientes a la fase plántula. No

obstante, es un factor de incertidumbre dado que es prácticamente imposible de evitar.

El experimento desarrollado al efecto consistió en introducir en el mar 4 colectores con la misma generación de gametófitos. El tratamiento del hilo de semilla, proceso de gametogénesis y siembra fueron los tradicionales de la técnica del *free-living*. Las introducciones de colectores en el mar se hicieron coincidir cronológicamente con las fases de desarrollo de los embriones (Tabla IV). Estos colectores fueron controlados cada siete días, tomando muestras de 50cm de hilo por cada una de las generaciones introducidas y, una vez en el laboratorio, se valoraba el índice de supervivencia, la densidad de plántulas y el grado de desarrollo.

Si se analizan los resultados expuestos en la Fig. 5, puede verse que esta experiencia ha sido positiva. Es posible introducir en el mar colectores después de muy pocos días de su siembra sin que ello parezca ser un handicap, todo lo contrario, el desarrollo de las plántulas es óptimo y, además de abarataarse mucho el proceso, se evitan muchas de las incertidumbres a la que está sometida la semilla en la fase *indoor*. Para obtener plantas de 1mm, introduciendo en el mar colectores sembrados con gametófitos, se tarda 28 días; sin embargo, paradójicamente este tiempo aumenta a 35 días si introducimos gametófitos con prezigotos, a 40 días si introducimos cigotos y a 45 días si se introducen embriones. Probablemente este hecho curioso tenga como explicación que los estadios precoces del desarrollo de las plántulas de *U. pinnatifida* (prezigoto-embrión) sean muy sensibles a los cambios ambientales y ralenticen temporalmente su desarrollo o

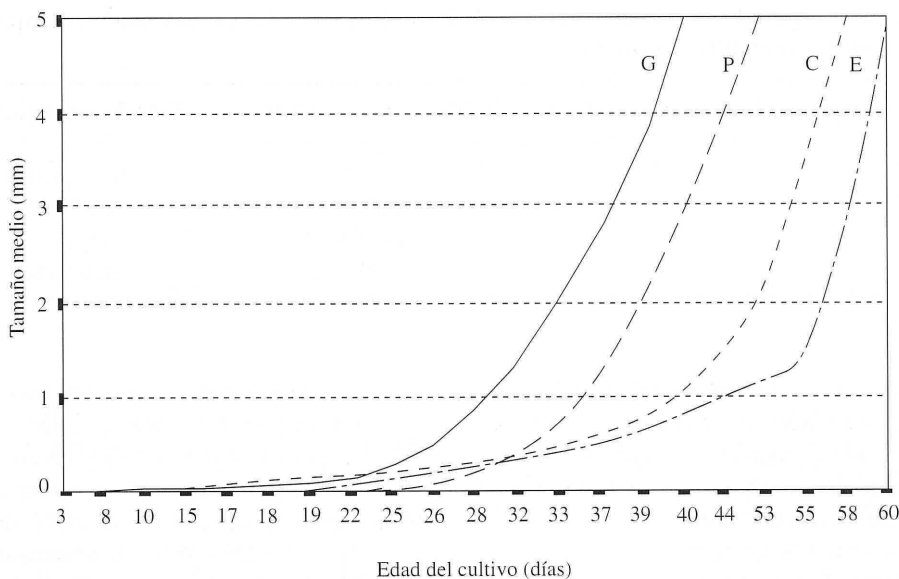


Fig. 5. Evolución de la talla de las plántulas de *U. pinnatifida* durante el período de aclimatación de los colectores en el mar en función del estado de desarrollo de los gametófitos (G = maduros; P = con prezigotos; C = con zigotos; E = con embriones).

mueran; en este último caso, el desarrollo posterior de nuevas plántulas es debido a gametogénesis y fecundaciones ocurridas in situ.

Por otra parte, los datos obtenidos parecen indicar que el tiempo óptimo de aclimatación (o mejor llamado precultivo) en el mar viene a ser de un mes, tal como indican otros autores (cf. PEREZ *et al.*, 1992).

#### Aclimatación de colectores

Para conocer la influencia de la aclimatación de colectores en el desarrollo de los cultivos de *U. pinnatifida* se diseñó un experimento en el que con el hilo de una de las generaciones ensayadas en otros experimentos se insemínó una cuerda vertical, mientras que el colector con el hilo sobrante fue suspendido para su aclimatación en un cabo vertical y a unos 2m de profundidad. Pasado un mes fue encordada con el hilo de siembra aclimatado otra cuerda vertical que fue arriada junto a la primera. A los 3,5 meses de la fecha de recepción del colector de semilla fueron extraídas las dos cuerdas anteriores y

muestreadas según la metodología expresada en un trabajo anterior (PÉREZ-CIRERA *et al.*, 1997).

Antes de pasar a comentar los principales resultados obtenidos es necesario precisar que se usaron los datos obtenidos en los primeros 5m de las cuerdas, puesto que a más profundidad, en muchos casos, no hubo crecimiento por factores ajenos a la viabilidad de *U. pinnatifida*, como son, por ejemplo, movimientos de arena que produjeron abrasión del implante, etc. Igualmente, se partió de la base de que el número de individuos y la biomasa en función de la profundidad es la misma para dos cuerdas verticales gemelas, ya que el análisis de covarianza realizado no resultó estadísticamente significativo. Es decir, en cualquier periodo de inmersión una sola cuerda es representativa de toda la población (siempre y cuando la densidad inicial del implante sea suficiente).

Analizando los resultados obtenidos en cuanto a la biomasa por tramos, número de individuos y relaciones de tallas, se aprecia que ambas cuerdas son muy similares y que incluso la que permaneció el primer mes en aclimatación

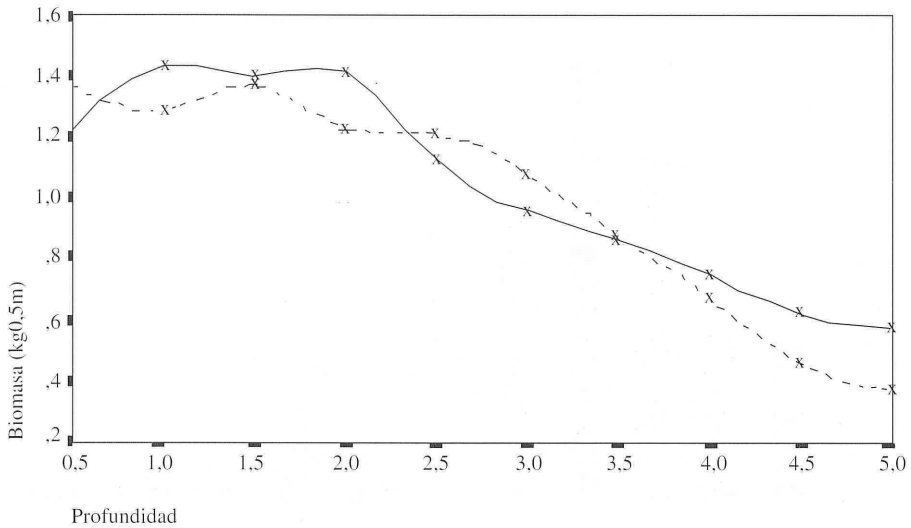


Fig. 6. Biomasa de *U. pinnatifida* por tramos de profundidad a los 3,5 meses de cultivo en cuerdas verticales con aclimatación previa de un mes (trazo continuo) o sin aclimatar (trazo discontinuo).

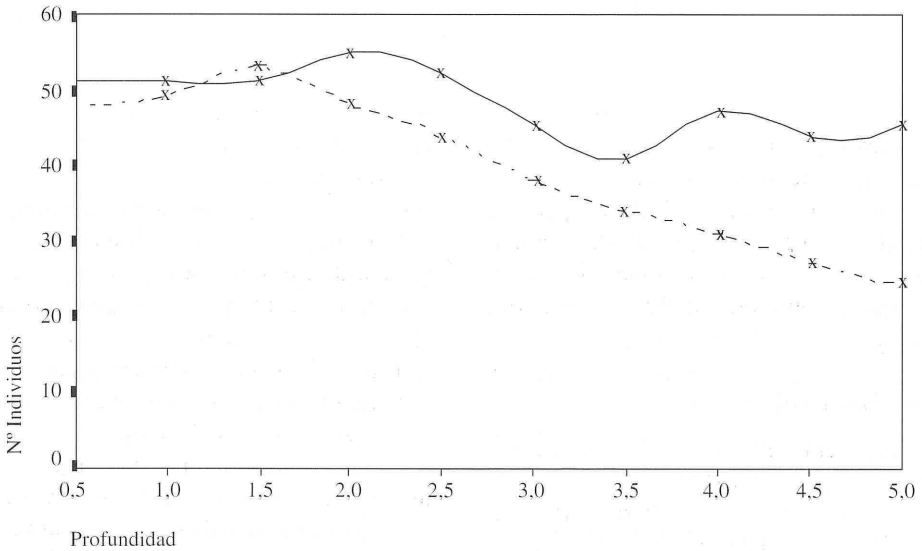


Fig. 7. Número de individuos de *U. pinnatifida* por tramos de profundidad a los 3,5 meses de cultivo en cuerdas verticales con aclimatación previa de un mes (trazo continuo) o sin aclimatar (trazo discontinuo).

alcanza valores superiores en todos los aspectos. Además, dentro del estudio de la frecuencia de tallas, interesante desde el punto de vista comercial, se observa que, aparte de haber un número mayor de individuos en la cuerda aclimatada, la

distribución de los mismos es comercialmente más óptima, puesto que se observa un mayor porcentaje de individuos situados en las tallas medias (Figs.6-8).

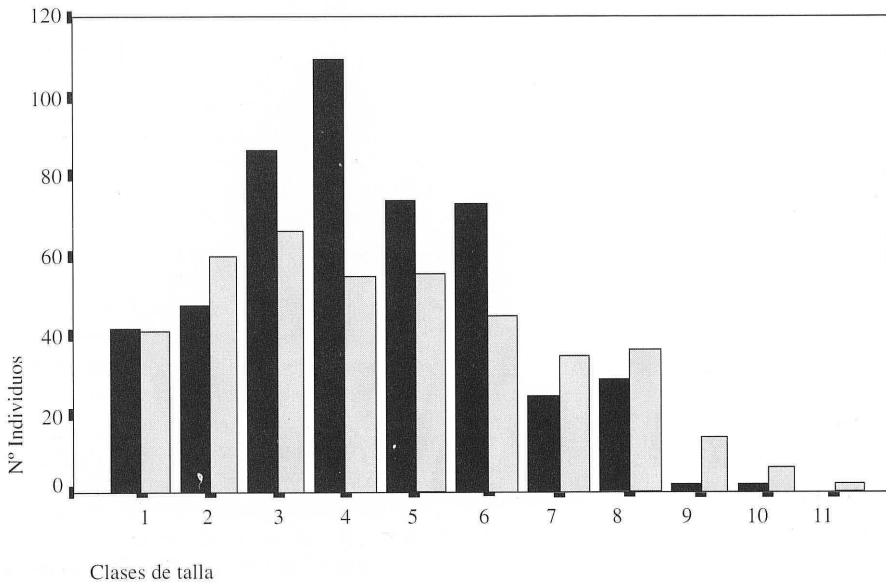


Fig. 8. Distribución de las clases de talla de los individuos de *U. pinnatifida* a los 3,5 meses de cultivo en cuerdas verticales, con aclimatación previa de un mes (trama negra) o sin aclimatar (trama gris).

Se concluye, por tanto, que un período de aclimatación de al menos un mes es, a la vista de los resultados obtenidos en éste y en el anterior experimento, conveniente para el desarrollo de esta especie en cultivo. A esto hay que añadir también que la aclimatación es ventajosa por otros aspectos: permite introducir en el mar plántulas de tallas muy pequeñas y que gracias a permanecer en el colector (donde la densidad de plantas es muy superior a la que se presentaría en el encordado) no son afectadas por los fenómenos de competencia de especies oportunistas, hace disminuir riesgos en las primeras fases de cultivo y abaratar la producción de semilla en laboratorio al introducirse en el mar antes de tiempo y, por último, disminuye otro tipo de riesgos, como las contaminaciones o patologías de la semilla en el laboratorio (al acortar su permanencia en el mismo) y evita un tiempo de cultivo en el mar sometida a diversos imponderables que pueden poner en peligro su supervivencia, como, por ejemplo, temporales, accidentes, robos, etc.

## CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos en los experimentos realizados queda de manifiesto que en las primeras fases del cultivo de *U. pinnatifida* existen muy distintas maneras de proceder en función de diversos condicionantes. En general, se puede concluir que el modo de actuación que con más seguridad permite lograr los objetivos de este trabajo, es decir: abaratar los costes de producción de la semilla, acortar el tiempo de cultivo, evitar diversos imponderables y asegurar una buena producción, es introducir en el mar colectores sembrados con gametófitos maduros y precultivarlos durante un mes, en estas condiciones, hasta su resiembra definitiva en los cabos portadores. De esta manera se abaratan sustancialmente los costes de producción de semilla en laboratorio y se acorta el tiempo de cultivo al no sufrir las plántulas un cambio en sus condiciones ambientales, que al parecer supone la muerte de muchas de ellas o, al menos, la ralentización de su crecimiento. Final-

mente, actuando de esta manera se minimizan los efectos negativos de la colonización por las especies del *fouling* en las fases en que *U. pinnatifida* es más vulnerable, gracias a la vitalidad y alta densidad de plántulas que se desarrollan sobre el colector en precultivo, que evita los fenómenos de competencia interespecífica. Además, todas estas ventajas redundan en la obtención de mayores producciones y de mejor calidad comercial, principalmente por la homogeneidad de tallas.

### AGRADECIMIENTOS

El equipo investigador agradece a la dirección y personal del Instituto Galego de Formación en Acuicultura (IGafa, Xunta de Galicia) de la Isla de Arousa su colaboración al poner a nuestra disposición todos los medios necesarios para realizar este trabajo.

Este trabajo ha sido financiado por la Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura (Xunta de Galicia) y JACUMAR, mediante convenio de colaboración de la Universidad de Santiago de Compostela con la citada Consellería y el Instituto Español de Oceanografía.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESTÉVEZ OJEA, O. (1994). Aportaciones al conocimiento del macrofouling en el puerto de Vigo. Tesis de licenciatura (inéd.). Universidad de Vigo.
- GUILLERMES, M.I. (1992). Composición estructura y dinámica de las comunidades del *fouling* algal sobre estructuras sumergidas en el puerto de Vigo (Galicia; N.O. España). Tesis de licenciatura (inéd.). Universidad de Santiago de Compostela.
- GUILLERMES, M.I., CREMADES, J. & PÉREZ-CIRERA, J.L. (1995). Primeros resultados sobre la composición florística y sucesión de las comunidades algales del *fouling* en el puerto de Vigo (Galicia, N.O. España). *Studia Botanica*, **13**: 31-37.
- PEREZ, R., KAAS, R. & BARBAROUX, O. (1984). Culture expérimentale de l'algue *Undaria pinnatifida* sur les côtes de France. *Sci. Pêche*, **343**: 3-15.
- PEREZ, R., KAAS, R., CAMPELLO, F., ARBAULT, S. & BARBAROUX, O. (1992). *La culture des algues marines dans le Monde*. Service de la Documentation et des Publications (SDP). IFREMER - Centre de Brest. Francia.
- PÉREZ-CIRERA, J.L., SALINAS, J.M., CREMADES, J., BARBARA, I., GRANJA, A., VEIGA, A.J & FUERTES, C. (1997). Cultivo de *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) en Galicia. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, **7**: 3-28.