

El alga invasora *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar en la Ría Deseado (Patagonia austral, Argentina): ciclo del esporofito y factores ambientales determinantes de su distribución

The invasive seaweed *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar in Ría Deseado (Southern Patagonia, Argentina): sporophyte cycle and environmental factors determining its distribution

Juan P. Martín¹ y Ricardo Bastida^{2,3}

¹Unidad Académica San Julián, Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Colón y Sargento Cabral (9310) Puerto San Julián, Argentina

²Depto. de Ciencias Marinas, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
martin_jpablo@yahoo.com.ar

Abstract.- *Undaria pinnatifida* was registered in Ría Deseado (47°45' S, 65°55' W – southern Patagonia) by the first time in spring 2005, colonizing the intertidal and shallow subtidal. A seasonal survey in 2006 showed that *U. pinnatifida* was established in a sheltered zone inside the estuary, along a coastal fringe of 8 km between Punta Cascajo and Cañadón del Puerto. This continuous distribution was only interrupted in the mouth of canyons that flow into Ría Deseado, where the bottom is conformed by mud and sand. The sporophytes were mainly found colonizing the rocky bottom in the lower intertidal, bordering the *Macrocystis pyrifera* population. The highest density and biomass of sporophytes (12.13 ind. m⁻²; 254.60 g m⁻²) were registered during spring, when the population was mainly conformed by individuals of medium sizes. The lowest density and biomass (0.33 ind. m⁻²; 5.69 g m⁻²) were registered in autumn. Juvenile sporophytes recruited throughout the year, but presented the highest percentage in the population during autumn and winter. First mature sporophytes appeared in spring and attained their maximum size in summer. After this, the sporophytes decayed and disappeared. Environmental factors such as rocky bottoms availability and water transparency may be the main factors determining the sporophytes distribution in Ría Deseado. The field experiment point out that *M. pyrifera* population is an important factor controlling the dispersion of *U. pinnatifida* towards the subtidal.

Key words: Invasive species, exotic species, life cycle, Laminariales, *Macrocystis pyrifera*

Resumen.- *Undaria pinnatifida* fue registrada en la Ría Deseado (47°45' S, 65°55' W – Patagonia austral) durante la primavera de 2005, colonizando el intermareal y submareal somero. Los relevamientos estacionales realizados durante el 2006, revelaron que *U. pinnatifida* se encontró establecida en una zona protegida en el interior de la ría, ocupando una franja costera de aproximadamente 8 km de largo entre Punta Cascajo y el Cañadón del Puerto. Esta distribución casi continua sólo presentó algunas interrupciones en la boca de los cañadones que desembocan en la ría, donde el fondo predominante es de tipo areno-fangoso. Los esporofitos de *U. pinnatifida* ocuparon preferentemente el fondo rocoso del intermareal inferior, limitando con la población de *Macrocystis pyrifera*. La densidad y biomasa más altas de esporofitos (12,13 ind. m⁻²; 254,60 g m⁻²) fueron registradas en primavera, cuando la población se encontró compuesta principalmente por individuos de tallas intermedias. La densidad y biomasa más bajas (0,33 ind. m⁻²; 5,69 g m⁻²) fueron registradas durante el otoño. Los esporofitos juveniles se reclutaron a lo largo de todo el año, pero alcanzaron su mayor proporción en la población durante el otoño y el invierno. Los esporofitos reproductivamente maduros aparecieron durante la primavera y alcanzaron su talla máxima durante el verano, luego del cual comenzaron a deteriorarse y a desaparecer. Factores como la disponibilidad de fondos rocosos y la transparencia de las aguas podrían actuar como los principales factores determinantes de su distribución en la ría. El experimento de campo realizado revela que los bosques de *M. pyrifera* actúan también como un importante factor de control, limitando la dispersión de *U. pinnatifida* hacia el submareal.

Palabras clave: Especies invasoras, especies exóticas, ciclo de vida, Laminariales, *Macrocystis pyrifera*

Introducción

El alga *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Laminariales, Phaeophyta) es originaria de las costas de Japón, Corea y China, donde es cultivada para consumo humano. Se trata de una especie altamente invasora que

ha sido introducida en diferentes áreas costeras del mundo en forma accidental, como también intencionalmente con fines de cultivo. El tráfico naviero es quizás el vector más importante de dispersión accidental de la especie, que puede ser introducida en nuevas áreas geográficas fijada al casco de los buques como también en forma de

esporas en el agua de lastre. *U. pinnatifida* fue introducida en las costas francesas del Mediterráneo y posteriormente fue registrada en las costas del Atlántico de España e Inglaterra (Bouderesque *et al.* 1985, Fletcher & Manfredi 1995, Salinas *et al.* 1996). También en las costas de Nueva Zelanda, Tasmania, Australia y más recientemente en las costas del Pacífico del sur de EEUU y México (Hay & Luckens 1987, Sanderson 1990, Campbell & Burridge 1998, Aguilar-Rosas *et al.* 2004).

En Argentina, esta especie fue detectada por primera vez en 1992 en el Golfo Nuevo (Patagonia norte), donde su ingreso fue atribuido al transporte por medio del agua de lastre de buques internacionales (Piriz & Casas 1994, Casas & Piriz 1996). Más recientemente, en la primavera de 2005, fue registrada en el interior de la Ría Deseado (Santa Cruz, Patagonia austral) (Martín & Cuevas 2006), ampliándose notablemente su límite de distribución austral. En esa oportunidad, *U. pinnatifida* se halló colonizando el intermareal inferior y el submareal somero cercano a la Isla Quinta, donde los esporofitos se encontraron fijados al fondo rocoso y a lajas y fragmentos de roca sueltos sobre el fondo de grava y fango. La densidad media de individuos osciló entre 2,4 y 3 ind. m⁻² (Martín & Cuevas 2006). Este último registro puso de manifiesto la progresiva expansión de la especie en las costas argentinas, la cual podría estar relacionada al tránsito de embarcaciones pesqueras y de transporte entre los puertos costeros de Patagonia, como así también tratarse de un nuevo ingreso de la especie en la región, a través de buques provenientes de puertos internacionales.

Este primer registro de *U. pinnatifida* en la Ría Deseado motivó la realización de un monitoreo estacional durante el año 2006, para determinar la magnitud de la invasión, como así también para conocer el ciclo de la fase esporofítica y para determinar los principales factores que regulan su distribución en la ría. Se realizaron experimentos de campo para analizar la interacción con los bosques de la feofíceo laminar *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh, que se desarrollan en el submareal de la Ría Deseado, y para determinar si estos últimos pueden actuar como condicionantes de la distribución de *U. pinnatifida*. El presente trabajo aporta resultados relevantes para predecir el comportamiento y distribución futura de la especie y para establecer planes de manejo y control en la Ría Deseado y en la región patagónica.

Material y métodos

Área de estudio

La Ría Deseado (47°45' S, 65°55' W) se encuentra localizada en la costa norte de la provincia de Santa Cruz

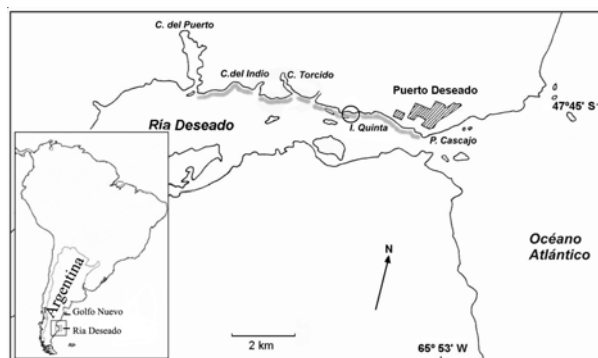


Figura 1

Área de estudio y sector costero de la Ría Deseado invadido por *Undaria pinnatifida* (en gris)

Study area and Ría Deseado coastal fringe colonized by *Undaria pinnatifida* (in gray)

(Patagonia austral) y penetra aproximadamente 40 km tierra adentro (Fig. 1). Se encuentra conformada por el antiguo cauce de un río, ocupado actualmente por aguas marinas con una salinidad de entre 33 y 34 ups. La temperatura del agua oscila entre 4,5°C (invierno) y 13,5°C (verano) y el régimen de mareas es de tipo macromareal semidiurno con una amplitud máxima de 5,62 m y una amplitud media de 3,61 m en cuadraturas. La profundidad máxima es de aproximadamente 30 m y la transparencia de las aguas es por lo general muy reducida, debido a la gran carga de sedimentos que las aguas arrastran desde la naciente de la ría. La visibilidad es inferior a 2 m en la boca y disminuye rápidamente hacia el interior de la ría (menos de 50 cm a 10 km de la boca) (Kuhneman 1969).

Los fondos de la ría son muy diversos y se encuentran formados por rocas duras de origen volcánico (pórfidos cuarcíferos) que alternan con fondos de grava (en su mayoría rodados) y playas de fango (limo + arcilla) con rodados y fragmentos de rocas y lajas sueltas. El límite entre el intermareal inferior y el submareal se encuentra definido por la presencia de los primeros ejemplares de *Macrocystis pyrifera*, que forman importantes bosques submareales que se extienden ría adentro hasta 20 km de la boca (Kuhneman 1969, Iantanos 2004).

El margen norte de la ría se caracteriza por la presencia de diversos cañadones de paredes rocosas abruptas, que desembocan perpendicularmente a la costa, siendo los más destacados el Cañadón Torcido, el Cañadón del Indio y el Cañadón del Puerto (Fig. 1). Las corrientes de marea aportan sedimentos finos a los cañadones, que se depositan en su interior en virtud de la baja energía. De esta forma, se generan planicies de

marea intermareales y submareales, constituidas principalmente por arena fina y fango, que ocupan el interior y la boca de los cañadones.

Monitoreos estacionales, relación con la profundidad y el tipo de fondo

Entre noviembre de 2005 y noviembre de 2006 se realizaron relevamientos y censos estacionales (verano, otoño, invierno y primavera) para establecer la magnitud del área invadida por *Undaria pinnatifida* y para conocer el ciclo de fijación del esporofito en la Ría Deseado. El margen norte de la ría fue recorrida por tierra mediante caminatas y desde el agua en un bote semirrígido con motor fuera de borda. Los fondos submareales fueron relevados mediante buceo. En la zona costera aledaña a la Isla Quinta se realizaron muestreos estratificados en los tres niveles ocupados por el alga: intermareal medio, intermareal inferior y submareal somero. Durante la marea baja se distribuyeron al azar 10 marcos de 1,5 m de lado (2,25 m²) por nivel en cada estación del año. Las muestras submareales se tomaron mediante buceo hasta una profundidad de 1 m, mas allá de la cual la baja visibilidad impidió realizar adecuados muestreos cuantitativos. Los esporofitos presentes en el interior de cada marco fueron recolectados y llevados al laboratorio para contabilizarlos, pesarlos (peso húmedo), medirlos y determinar su grado de madurez tomando en cuenta la presencia o ausencia de esporofilo desarrollado. Para analizar la estructura poblacional en las diferentes épocas del año se tomó el ancho del estipe como indicativo de la talla de los esporofitos, dado que el porcentaje de plantas con su ápice dañado fue muy elevado, no pudiendo utilizarse la altura de las mismas. Previamente se realizó un análisis de correlación y regresión entre el alto total y el ancho del estipe de un total de 383 plantas enteras, obteniendo como resultado una relación potencial entre ambas medidas: $\text{Alto} = 6,694 * \text{Ancho}^{0,656}$ ($R^2 = 0,801$, $n = 383$; $P < 0,0001$) (Figs. 2 y 3). La medida del ancho fue tomada con calibre (0,1 mm de precisión) por debajo de la base de la lámina (por encima del esporofilo en los ejemplares maduros), dado que esta parte del estipe se mantuvo bien conservada aún en los individuos con mayor grado de deterioro.

Para conocer la relación entre la densidad de esporofitos y la profundidad y el tipo de fondo colonizado, en la primavera de 2006 se distribuyeron 10 marcos de 2,25 m² por nivel sobre fondo rocoso y 10 marcos por nivel sobre fondo de fango y rodados con fragmentos de rocas y lajas sueltas. La densidad de esporofitos en los distintos niveles y fondos fueron comparados estadísticamente utilizando las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney (Zar 1996).

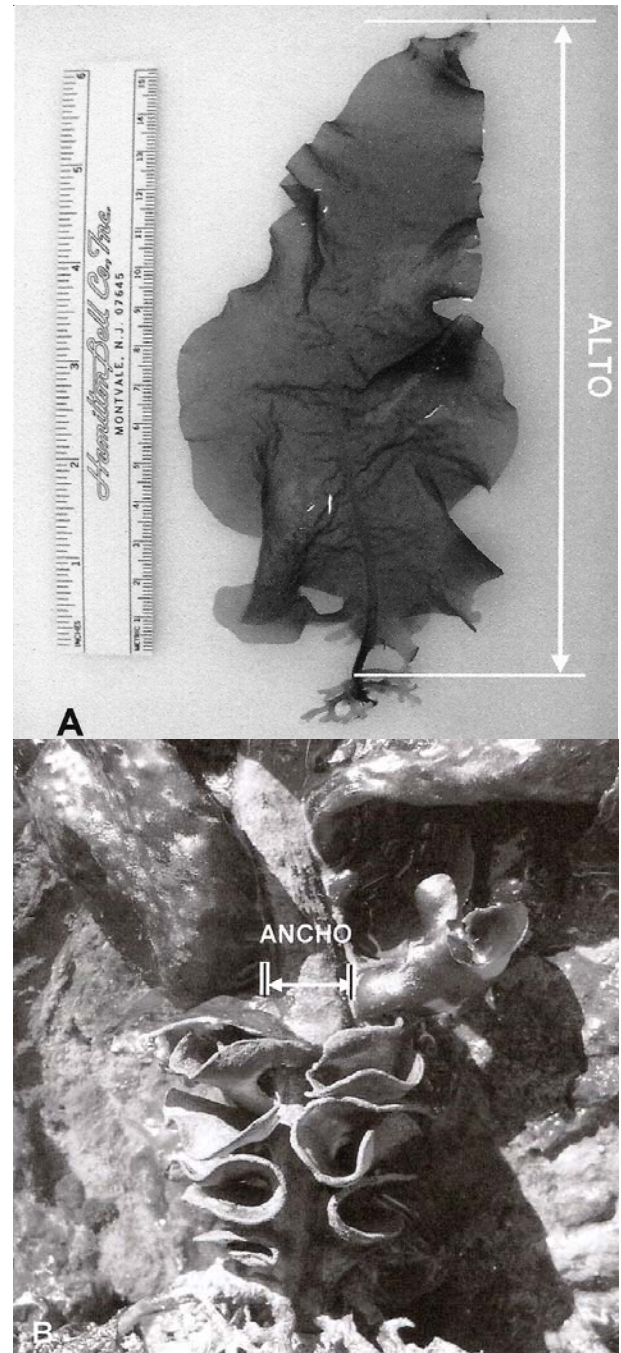


Figura 2

Medición del alto total del esporofito (A) y ancho del estipe (B) de *Undaria pinnatifida*. A, esporofito juvenil; B, esporofito maduro

Sporophyte total height (A) and stipe width (B) measure of *Undaria pinnatifida*. A, juvenile sporophyte; B, mature sporophyte

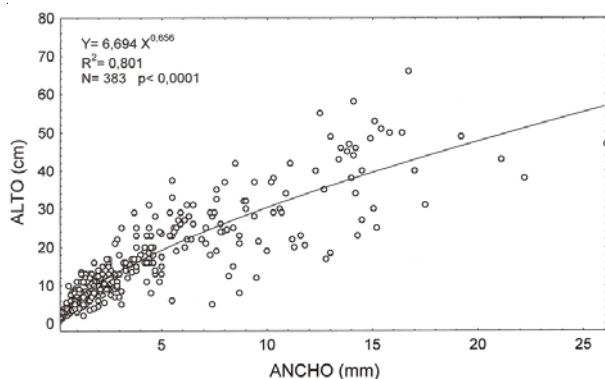


Figura 3

Relación entre el alto y el ancho del estipe de *Undaria pinnatifida*

Relationship between height and width of *Undaria pinnatifida* stipe

Experimento de campo en bosque de *Macrocystis pyrifera*

Para analizar la interacción entre *Undaria pinnatifida* y *Macrocystis pyrifera*, en septiembre de 2006 se inició un experimento en un bosque establecido sobre el fondo rocoso del submareal somero aledaño a la Isla Quinta. Los ejemplares de *M. pyrifera* (densidad media = 2 ind. m⁻²) fueron manualmente removidos junto con su grampón de un total de 5 parcelas de 2,25 m² distribuidas al azar. Se realizó una única remoción al comienzo del estudio experimental, no realizándose remociones posteriores durante el transcurso del experimento.

Al comienzo del experimento se extrajeron y censaron los esporofitos de *U. pinnatifida* en las 5 parcelas experimentales en las que se efectuó la remoción de *M. pyrifera* y en 5 parcelas control distribuidas al azar dentro del bosque, donde los ejemplares de *M. pyrifera* fueron dejados intactos. Luego de tres meses, en diciembre de 2006, se volvieron a censar los esporofitos de *U. pinnatifida* y también de *M. pyrifera* fijadas en las parcelas experimentales y parcelas control. Los datos de densidad al final del experimento fueron comparados utilizando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (Zar 1996).

Simultáneamente con este experimento, se removieron los ejemplares de *U. pinnatifida* en 5 parcelas distribuidas en el intermareal inferior rocoso (con ausencia de bosque de *M. pyrifera*), para comparar la densidad de esporofitos, luego de tres meses, con la hallada en el submareal con remoción de *M. pyrifera*.

Resultados

Distribución, ciclo de fijación y estructura poblacional del esporofito

Como resultado de los relevamientos estacionales se observó que hacia la primavera de 2006, *Undaria pinnatifida* se encontraba ocupando una franja casi continua de aproximadamente 8 km de largo en la costa norte de la Ría Deseado, entre Punta Cascajo y Cañadón del Puerto (Fig. 1). Esta franja sólo se encontró interrumpida en la boca de los cañadones, donde el sustrato predominante es de tipo areno-fangoso.

La franja de mayor concentración de *U. pinnatifida* se encontró ocupando el intermareal medio e inferior y los primeros metros del submareal (profundidad <3 m aprox.), sobre fondo rocoso y también en fondos de fango con presencia de rodados, lajas y fragmentos de roca que sirvieron de sustrato al esporofito.

Si bien, los esporofitos se encontraron presentes a lo largo de todo el año, durante el otoño se observaron los valores más bajos de densidad y biomasa media (0,33 ind. m⁻²; 5,69 g m⁻²), mientras que durante el invierno se registró un aumento gradual de los mismos, alcanzando su máximo en la primavera (Fig. 4A y B). La densidad y la biomasa media de esporofitos durante la primavera de 2006 (12,13 ind. m⁻²; 254,60 g m⁻²) mostraron un aumento con respecto a la primavera del año anterior (3,08 ind. m⁻²; 233,64 g m⁻²). Este aumento fue más evidente en el intermareal inferior que en los niveles intermareal medio y submareal (Fig. 4A y B).

Durante el verano, la población de *U. pinnatifida* estuvo representada por individuos de todas las clases de talla, con un predominio de las clases intermedias (10-15 mm de ancho del estipe) (Fig. 5). Durante el otoño se observó un importante cambio en la estructura de la población, la que presentó un modo principal en las clases menores (hasta 5 mm de ancho) y la desaparición de las clases de talla mayores. Durante el invierno adquirió mayor importancia la clase de talla más pequeña ($\leq 2,5$ mm), cuyos individuos constituyeron el 65% de la población, y estuvieron ausentes las clases de talla intermedias y mayores. En la primavera se observó un desplazamiento modal hacia la clase de 2,5-5 mm y la aparición de las clases de talla intermedias en la población (hasta 20 mm de ancho) (Fig. 5).

Los individuos de *U. pinnatifida* considerados reclutas ($\leq 2,5$ mm de ancho del estipe) se encontraron presentes a lo largo de las cuatro estaciones del año, si bien alcanzaron su mayor porcentaje en la población durante el otoño y el invierno. Los primeros esporofitos

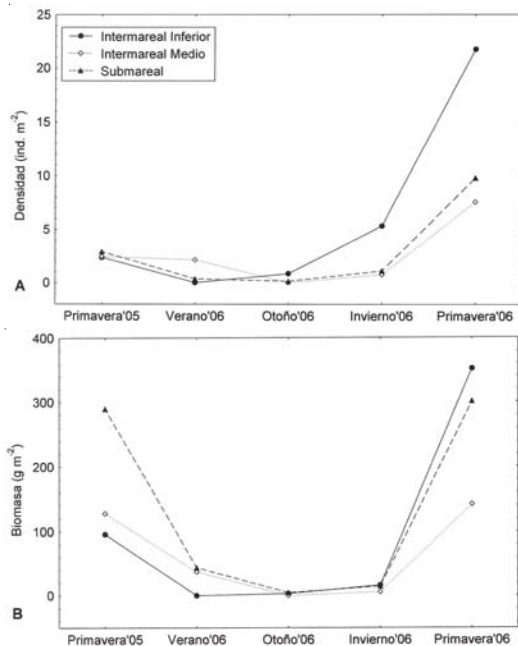


Figura 4

Densidad (A) y biomasa (B) de esporofitos de *Undaria pinnatifida* en diferentes niveles y épocas del año

Density (A) and biomass (B) of *Undaria pinnatifida* sporophytes in different levels and seasons

reproductivamente maduros aparecieron en la primavera y alcanzaron su mayor porcentaje en la población durante el verano. En el otoño se redujo notablemente la presencia de individuos maduros, que estuvieron totalmente ausentes en la población durante el invierno (Fig. 5).

Relación con el nivel y tipo de fondo

Durante la primavera de 2006, el nivel que presentó mayor fijación de esporofitos de *Undaria pinnatifida* fue el intermareal inferior, donde la densidad de ejemplares fue significativamente más alta que la hallada en los niveles intermareal medio y submareal (Prueba de Kruskal-Wallis, $X^2 = 15,20$, g.l.= 2; $P = 0,0005$). No se observaron diferencias significativas en la densidad de esporofitos entre el intermareal medio y el submareal (Prueba de Mann-Whitney, $Z_{adj} = 1,518$, $N_1 = N_2 = 10$; $P = 0,143$) (Fig. 6). El fondo preferentemente colonizado fue el rocoso, donde se observaron densidades de esporofitos de hasta seis veces superiores a las encontradas en los fondos de fango y rodados con fragmentos de rocas y lajas sueltas ($Z_{adj} = 3,794$, $N_1 = N_2 = 10$; $P < 0,0001$) (Fig. 7).

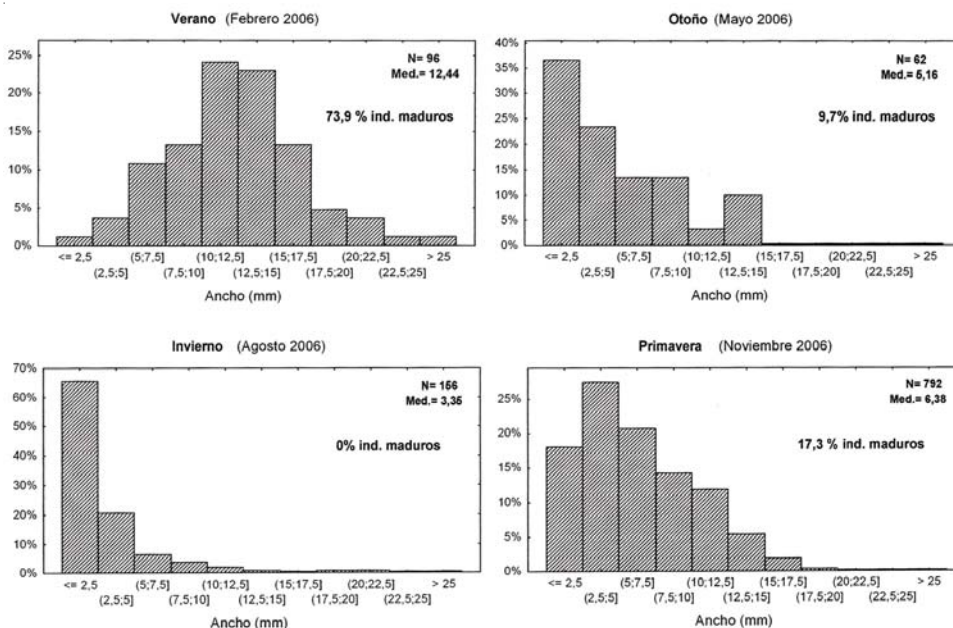


Figura 5

Estructura poblacional de los esporofitos de *Undaria pinnatifida* y porcentaje de individuos maduros en las diferentes estaciones del año

Population structure and percentage of mature individuals of *Undaria pinnatifida* sporophytes in different seasons

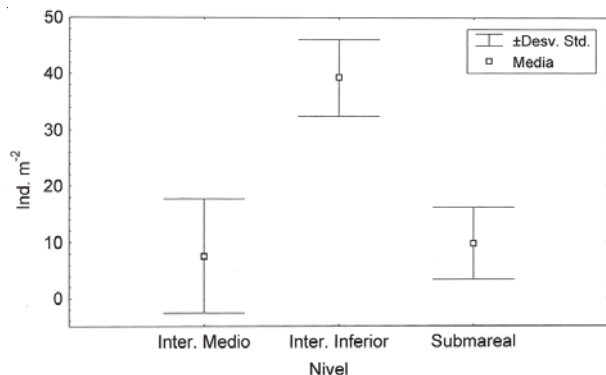


Figura 6

Densidad de esporofitos de *Undaria pinnatifida* en los diferentes niveles del fondo rocoso en la primavera de 2006

Density of *Undaria pinnatifida* sporophytes in different levels of rocky bottom in spring 2006

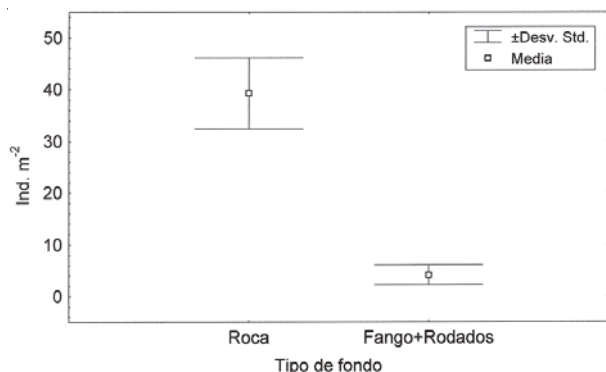


Figura 7

Densidad de esporofitos de *Undaria pinnatifida* en los diferentes fondos del intermareal inferior en la primavera de 2006

Density of *Undaria pinnatifida* sporophytes in different lower intertidal bottoms in spring 2006

Experimento en bosque de *Macrocystis pyrifera*

Al comienzo del experimento, en septiembre de 2006, la densidad media de esporofitos de *Undaria pinnatifida* en las parcelas establecidas dentro del bosque de *Macrocystis pyrifera* fue de 6 ind. m⁻², no observándose diferencias entre las parcelas experimentales y control (Prueba de Mann-Whitney, $Z_{adj} = -0,313$, $N_1 = N_2 = 5$; $P = 0,84$) (Fig. 8A).

Luego de tres meses, al finalizar el experimento en diciembre de 2006, la densidad promedio de esporofitos de *U. pinnatifida* en las parcelas experimentales con remoción de *M. pyrifera*, fue significativamente mayor a

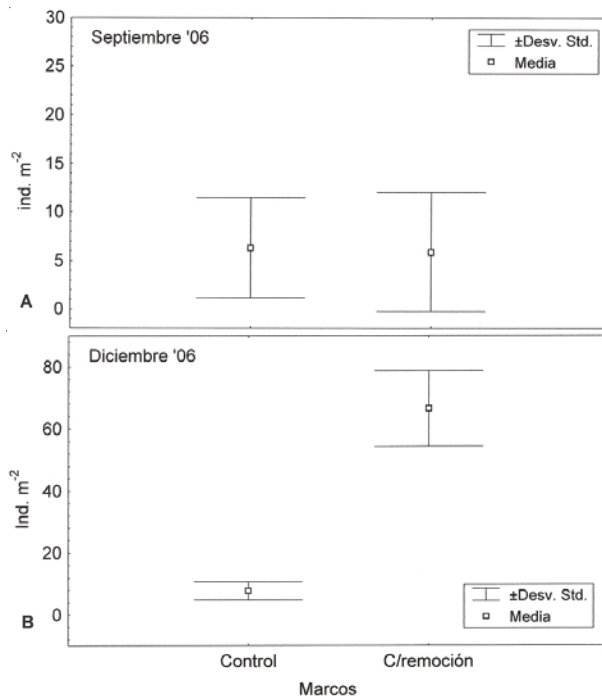


Figura 8

Densidad de esporofitos de *Undaria pinnatifida* en las parcelas experimentales (con remoción de *Macrocystis pyrifera*) y control. A, al comienzo del experimento (septiembre 2006). B, al final del experimento (diciembre 2006)

Density of *Undaria pinnatifida* sporophytes in experimental (removing *Macrocystis pyrifera*) and control plots. A, at the start of experiment (September 2006). B, at the end of experiment (December 2006)

la densidad de esporofitos encontrada en las parcelas control ($Z_{adj} = 2,619$, $N_1 = N_2 = 5$; $P = 0,008$) (Fig. 8B).

La densidad media de esporofitos de *U. pinnatifida* en las parcelas con remoción de *M. pyrifera* fue también significativamente mayor a la densidad media encontrada en el intermareal inferior rocoso ($39,28 \pm 6,82$ ind. m⁻²) ($Z_{adj} = 2,611$, $N_1 = N_2 = 5$; $P = 0,008$) (Fig. 9).

Al comparar la densidad media de esporofitos de *U. pinnatifida* con la de *M. pyrifera* en las parcelas experimentales al final del experimento, se encontró que la primera presentaba una densidad muy superior a la segunda ($Z_{adj} = 2,611$, $N_1 = N_2 = 5$; $P = 0,008$) (Fig. 10). La altura máxima observada para los esporofitos de *U. pinnatifida* fue de 70 cm, mientras que para los de *M. pyrifera* fue de 97 cm.

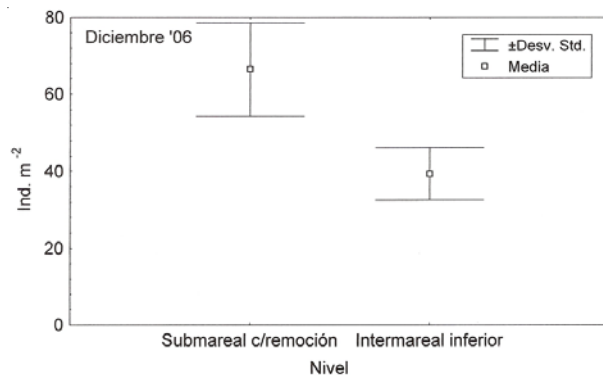


Figura 9

Densidad de esporofitos de *Undaria pinnatifida* en diciembre de 2006 en el nivel submareal (con remoción de *Macrocystis pyrifera*) y en el nivel intermareal inferior

Density of *Undaria pinnatifida* sporophytes in December 2006, in the subtidal level (removing *Macrocystis pyrifera*) and the lower intertidal level

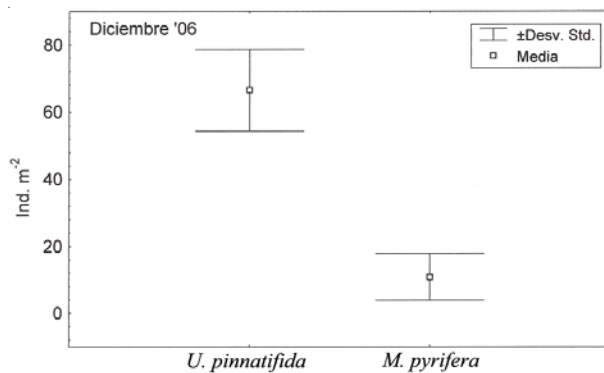


Figura 10

Densidad de esporofitos de *Undaria pinnatifida* y *Macrocystis pyrifera* en las parcelas experimentales al final del experimento en el submareal somero (diciembre 2006)

Density of *Undaria pinnatifida* and *Macrocystis pyrifera* sporophytes in experimental plots at the end of the experiment in the upper subtidal (December 2006)

Discusión

La fase esporofítica de *Undaria pinnatifida* se encontró presente a lo largo de todo el año en la costa norte de la Ría Deseado, con una marcada estacionalidad en la densidad y biomasa de la población. Este patrón estacional responde principalmente a los procesos de reclutamiento y crecimiento de los esporofitos. Los individuos juveniles se incorporaron a la población principalmente durante el otoño y el invierno, cuando los individuos de las clases de talla mayores se encontraron en baja proporción o

estuvieron ausentes. El crecimiento de los juveniles y la continua incorporación de reclutas, durante fines del invierno y durante la primavera, dieron como resultado los elevados valores de densidad y biomasa observados durante los últimos meses del año 2006.

En la Ría Deseado, los esporofitos comenzaron a madurar reproductivamente durante la primavera y alcanzaron su talla máxima durante el verano, luego de lo cual comenzaron a deteriorarse y a desaparecer. La especie presentó así un patrón estacional, tanto en el reclutamiento como en el crecimiento y la maduración de los esporofitos, similar al observado en el Golfo Nuevo (600 km al norte de la Ría Deseado) y en diversas áreas geográficas, donde la especie también ha sido introducida (Casas & Piriz 1996, Campbell & Burrige 1998, Aguilar-Rosas *et al.* 2004, Cremades-Ugarte *et al.* 2006). El ciclo de vida de *U. pinnatifida* se encontraría regulado principalmente por la temperatura del agua, como ya fuera señalado por otros autores (Zhang 1984, Hay & Luckens 1987, Sanderson 1990) y posiblemente también por la intensidad de la luz y el fotoperíodo, los cuales presentan una marcada variación estacional en estas latitudes.

Importantes diferencias se pueden observar en el desarrollo de los esporofitos de la Ría Deseado con respecto a aquellos del Golfo Nuevo, que son de tallas notablemente superiores (hasta 180 cm de altura, Casas & Piriz 1996). También se observa un retraso en el crecimiento de los individuos de la Ría Deseado en comparación con los del Golfo Nuevo, que alcanzan sus tallas máximas durante el invierno y principios de la primavera. Estas diferencias pueden ser atribuidas a la baja transparencia del agua en la ría, pero también a que en la Ría Deseado la especie se encuentra desplazada hacia los niveles intermareales, donde las condiciones de estrés son mayores que en el submareal, debido a que las plantas se ven regularmente expuestas a períodos de exondación y a grandes cambios en los factores ambientales. Su efecto puede ser también observado en el alto grado de deterioro que presentan los esporofitos que habitan el intermareal.

Las temperaturas mínima y máxima del agua en la Ría Deseado (ver Área de estudio) son inferiores a las observadas en el Golfo Nuevo (8,7-18°C, Casas & Piriz 1996) y este hecho podría también explicar las diferencias observadas en la talla máxima y el retraso en el desarrollo de los esporofitos observados en el presente estudio. Aún así, la temperatura del agua en la ría se encuentra dentro del rango de tolerancia de *U. pinnatifida* (3,5-24°C, Zhang 1984, Sanderson 1990) posibilitando la adaptación de la especie y su éxito para colonizar este nuevo ambiente.

En la Ría Deseado, *U. pinnatifida* se encontró

restringida al sector costero protegido, en el interior de la ría. Ninguna planta fue hallada en el sector expuesto ubicado más allá de Punta Cascajo hacia la boca de la ría, y tampoco en las costas aledañas de mar abierto. El mayor grado de exposición a condiciones hidrológicas de alta energía que presentan estos sectores, sería posiblemente uno de los factores determinantes de su ausencia. *U. pinnatifida* presenta una mayor afinidad por los sectores costeros protegidos de la acción de las olas (Casas & Piriz 1996, Salinas *et al.* 1996, Silva *et al.* 2002, Aguilar-Rosas *et al.* 2004, Cremades-Ugarte *et al.* 2006), pero también debe ser tomado en cuenta que el intermareal inferior y el submareal en el sector de la boca de la ría presentan una densa comunidad de algas autóctonas, que raramente dejan áreas libres factibles de ser colonizadas por especies invasoras. Los sectores protegidos presentan una mayor disponibilidad de sustrato, debido a que la diversidad, el grado de desarrollo y la densidad de las algas autóctonas disminuyen como resultado del aumento de sedimento en suspensión, que reduce la transparencia del agua y dificulta la fijación de las algas al sustrato (Khüneman 1969).

En el presente estudio, *U. pinnatifida* se encontró ocupando principalmente los niveles intermareales medio e inferior y el nivel submareal somero. Si bien no se pudo determinar con precisión la profundidad máxima a la que se encuentra esta alga en la ría, debido a la reducida visibilidad de las aguas, los resultados confirman las observaciones realizadas en los estudios previos, que indican que la zona donde la especie se ha establecido con mayor intensidad no se extendería más allá de los 2 o 3 m de profundidad (Martin & Cuevas 2006). En el Golfo Nuevo, *U. pinnatifida* fue hallada siempre en el submareal, a profundidades de entre 2 y 15 m (Casas & Piriz 1996). Se observa así una importante diferencia en la distribución del alga con respecto al Golfo Nuevo, cuyas aguas se caracterizan por su elevada transparencia. Khüneman (1969) atribuye a la baja transparencia de las aguas de la ría un papel determinante en la distribución de la flora marina en general, y considera a la gran carga de sedimento de las aguas y a la baja penetración luminosa como las causas principales que limitan la penetración de los bosques de *Macrocystis pyrifera*, que logran extenderse hasta 20 km ría adentro gracias a la gran altura que pueden desarrollar estas algas (>15 m). Esta característica le permitiría ubicar sus frondas (provistas de neumatóforos) a corta distancia de la superficie del agua, para recibir la luz suficiente para fotosintetizar, logrando una clara ventaja sobre el resto de las algas autóctonas y también sobre la exótica *U. pinnatifida*, cuya talla en la ría no supera los 90 cm de altura. *M. pyrifera* puede así ocupar mayores profundidades y los sectores

más internos de la ría donde la transparencia del agua se encuentra muy disminuida.

La presencia de importantes bosques de *M. pyrifera* en la Ría Deseado constituye otra importante diferencia entre esta nueva área de invasión y el Golfo Nuevo, donde el submareal se encuentra mayormente ocupado por algas de reducido tamaño. En consecuencia, en la Ría Deseado puede observarse una franja de mayor densidad de *U. pinnatifida* en el intermareal inferior y una disminución de la densidad de esporofitos al entrar en contacto con el bosque de *M. pyrifera* en el submareal.

Los resultados del experimento realizado en el presente trabajo son concluyentes en cuanto a que la presencia de *M. pyrifera* constituye un factor limitante para la colonización del submareal por parte del alga invasora, como surge de las grandes diferencias en las densidades de *U. pinnatifida* entre las parcelas experimentales (sin *M. pyrifera*) y las parcelas control (con *M. pyrifera*). Los resultados demuestran también que en ausencia de *M. pyrifera* la densidad de esporofitos de *U. pinnatifida* establecidos en el submareal rocoso es incluso superior al observado en el nivel intermareal inferior.

Es importante señalar también que en ningún caso se ha observado la presencia de esporofitos de *U. pinnatifida* fijos sobre el talo de *M. pyrifera*, aún sobre el grampón, indicando que el alga invasora se ve imposibilitada de utilizarla como sustrato. Esto reduce la posibilidad de la especie invasora de instalarse con éxito dentro de los bosques de *M. pyrifera*. Por otra parte, es posible que se produzca una relación de competencia entre ambas especies, tanto por el sustrato como también por la luz, en la cual *M. pyrifera* se encuentra beneficiada por su mayor altura.

Estos resultados demuestran claramente que la especie exótica invasora presenta mayor capacidad que *M. pyrifera* para colonizar rápidamente el sustrato denudado, denotando el mayor éxito de la primera, al menos a corto plazo. Este hecho tiene particular importancia, tomando en cuenta que los desprendimientos naturales de *M. pyrifera* son un proceso natural que se produce frecuentemente como resultado de las tormentas, luego de las cuales suelen observarse plantas de gran tamaño depositadas en la resaca sobre las playas. Estos desprendimientos naturales generan como resultado la liberación del sustrato, que quedaría disponible para la colonización por parte de *U. pinnatifida*. La especie exótica podría así desplazar progresivamente a la especie nativa. Sin embargo, es difícil predecir a largo plazo el resultado de este proceso, dado que los esporofitos de *M. pyrifera* presentan mayor velocidad de crecimiento,

habiendo alcanzado casi un metro de altura en las parcelas experimentales en tres meses. Esta ventaja le permitiría a *M. pyrifera* recuperar con el tiempo las áreas invadidas, principalmente como resultado de la competencia por la luz. Observaciones por períodos más prolongados se continúan realizando en el área de estudio, para confirmar o descartar estas hipótesis y para verificar la normal recuperación del bosque en las parcelas experimentales.

La baja penetración luminosa y la presencia de bosques submareales de *M. pyrifera* se conjugan limitando el avance de *U. pinnatifida* hacia el submareal y restringiendo a la especie exótica al intermareal inferior de la ría, donde *M. pyrifera* se encuentra ausente y el nivel del agua proporciona los requerimientos mínimos necesarios para la subsistencia de la especie. Una distribución similar fue observada en las costas de Galicia, donde *U. pinnatifida* comparte el espacio con otras laminariales (Cremades-Ugarte *et al.* 2006).

Si bien *U. pinnatifida* puede habitar el intermareal medio, la especie en este nivel se encuentra colonizando preferentemente las pozas de marea que retienen agua aún durante las mareas bajas, siendo muy reducido el porcentaje de plantas halladas fuera de estos enclaves. El intermareal medio presenta así una menor superficie disponible para la colonización por *U. pinnatifida*. Lo mismo ocurre en los sectores intermareales y submareales de fango con rodados, donde el sustrato efectivo de fijación del esporofito lo constituyen los fragmentos de roca y lajas dispersas. En estos sectores, el alga no puede aprovechar la totalidad de la superficie del fondo, que de esta forma presenta densidades de esporofitos inferiores a las observadas en el intermareal inferior rocoso.

Tomando en cuenta su gran capacidad de competencia con las especies autóctonas (Casas *et al.* 2004), es posible que la densidad de *U. pinnatifida*, en la franja costera colonizada, aumente con respecto a los años previos, principalmente por desplazamiento progresivo de las algas nativas de menor tamaño. Sin embargo, su distribución y expansión futura se encontraría determinada fundamentalmente por la disponibilidad de fondos rocosos, la transparencia de las aguas y la presencia de bosques de *M. pyrifera*, pudiendo jugar también un papel importante el mayor grado de exposición al oleaje en el sector de la boca de la ría y en las costas de mar abierto aledañas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Diana Sánchez y a Martín Cuevas por su colaboración en el trabajo de campo y en el procesado de las muestras. Agradecen también a los

evaluadores anónimos que contribuyeron con sus valiosas sugerencias y aportes. El presente estudio fue financiado parcialmente por la Universidad Nacional de la Patagonia Austral y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través de los subsidios de investigación UNPA 29/B069 y PICTO-UNPA 30727.

Literatura citada

- Aguilar-Rosas R, L Aguilar-Rosas, G Ávila-Serrano & R Parcelas-Ramirez. 2004.** First record of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Laminariales, Phaeophyta) on the Pacific coast of Mexico. *Botanica Marina* 47: 255-258.
- Boudouresque CF, M Gerbal & M Knoepffer-Peguy. 1985.** L'algue japonnaise *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae, Laminariales) en Méditerranée. *Phycologia* 24: 364-366.
- Campbell S & T Burrige. 1998.** Occurrence of *Undaria pinnatifida* (Phaeophyta: Laminariales) in Port Phillip Bay, Victoria, Australia. *Marine and Freshwater Research* 49: 379-381.
- Casas G & M Piriz. 1996.** Surveys of *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) in Golfo Nuevo, Argentina. *Hydrobiologia* 326/327: 213-215.
- Casas G, R Scrosati & M Piriz. 2004.** The invasive kelp *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae: Laminariales) reduces native seaweed diversity in Nuevo Gulf (Patagonia, Argentina). *Biological Invasions* 6: 411-416.
- Cremades-Ugarte J, O Freire-Gago & C Peteiro-Garcia. 2006.** Biología, distribución e integración del alga alóctona *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) en las comunidades bentónicas de las costas de Galicia (NW de la Península Ibérica). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 63(2): 169-187.
- Fletcher RL & C Manfredi. 1995.** The occurrence of *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae Laminariales) on the south coast of England. *Botanica Marina* 38: 355-358.
- Hay C & P Luckens. 1987.** The Asian kelp *Undaria pinnatifida* (Phaeophyta: Laminariales) found in a New Zealand harbour. *New Zealand Journal of Botany* 25: 329-332.
- Iantanos N. 2004.** Dinámica sedimentaria de la Ría del Deseado, Provincia de Santa Cruz. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina, 173 pp.
- Kühnemann O. 1969.** Vegetación marina de la Ría de Puerto Deseado. *Opera Lilloana* 17: 1-123.
- Martin JP & M Cuevas. 2006.** First record of *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) in Southern Patagonia, Argentina. *Biological Invasions* 8: 1399-1402.
- Piriz M & G Casas. 1994.** Occurrence of *Undaria pinnatifida* in Golfo Nuevo, Argentina. *Applied Phycology Forum* 10: 4.
- Salinas J, E Llera & C Fuertes. 1996.** Nota sobre la presencia de *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Phaeophyceae,

Laminariales) en Asturias (Mar Cantábrico). Boletín del Instituto Español de Oceanografía 12: 77-79.

Sanderson J. 1990. A preliminary survey of the introduced macroalga, *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar on the east coast of Tasmania, Australia. *Botanica Marina* 33: 153-157.

Silva PC, RA Woodfield, AN Cohen, LH Harris & JH Goddard. 2002. First report of the asian kelp *Undaria*

pinnatifida in the Northeastern Pacific Ocean. *Biological Invasions* 4: 333-338.

Zar J. 1996. *Biostatistical analysis*, 718 pp. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Zhang DM, GR Miao & LQ Pei. 1984. Studies on *Undaria pinnatifida*. *Proceedings of the International Seaweed Symposium* 11: 263-265.

Recibido el 1 de febrero de 2008 y aceptado el 27 de mayo de 2008