

BOLETÍN  
DE LA  
**RED LATINOAMERICANA**  
PARA EL ESTUDIO DE  
**ESPECIES INVASORAS**

Volumen 4, Número 1



Editores  
Ileana Herrera  
Ramiro Bustamante

Foto de la portada: *Schottera nicaeensis* (por: Erasmo Macaya)

Depósito Legal N° ppi201103MI713

## Expansión del área de distribución de la macroalga introducida *Schottera nicaeensis* (Rhodophyta: Gigartinales) en la costa chilena: ¿evidencia de una invasión?

CRISTÓBAL VILLASEÑOR-PARADA<sup>1,2,3</sup>, ANÍBAL PAUCHARD<sup>2</sup> & ERASMO MACAYA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile; <sup>2</sup>Laboratorio de Invasiones Biológicas (LIB), Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. <sup>3</sup>Laboratorio de Estudios Algales (ALGALAB), Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

### Introducción

Las invasiones biológicas son entendidas como un proceso de múltiples etapas en el que una especie no indígena es introducida fuera de su rango natural de distribución donde forma poblaciones estables y autosustentables (*i.e.* especie naturalizada), y eventualmente puede incrementar su distribución en el área invadida o bien volverse dominante en las comunidades donde ha sido introducida (*i.e.* especie invasora) (Richardson *et al.* 2000, Colautti & MacIsaac 2004, Catford *et al.* 2009). Aunque generalmente se asocia a una especie invasora con una especie que mantiene altas abundancias y genera importantes daños a nivel económico, ecológico y social, dicha definición es aplicable sólo a una fracción de especies en su etapa final de invasión (especies pestes, *sensu* Catford *et al.* 2009). Sin embargo, algunos modelos emblemáticos en ecología de invasiones (*e.g.* Shigesada & Kawasaki 1997, Richardson *et al.* 2000) no contemplan de manera explícita la biomasa de especies invasoras en las comunidades invadidas, sino que más bien enfatizan en su capacidad de expandir su área de distribución

desde la localidad en la que fueron introducidas, en una unidad de tiempo significativa. Al respecto Colautti & MacIsaac (2004), en su modelo de etapas de invasión, identifican dos maneras mediante las cuales una especie naturalizada (etapa III) puede convertirse en invasora: incrementando su rango de distribución (etapa IVa) o bien, incrementando considerablemente su biomasa en comunidades invadidas (etapa IVb), por lo que la creciente expansión del rango de distribución de una especie introducida, aún sin estar asociada a una alta biomasa en las comunidades invadidas, puede ser considerada también una invasión (Colautti & MacIsaac 2004).

En Chile, la principal alga invasora en sistemas costeros es *Codium fragile* subsp. *tomentosoides* (Castilla *et al.* 2005, Neill *et al.* 2006), y es la que ha recibido más atención por parte de los investigadores (*e.g.* identidad taxonómica, González & Santelices 2004; origen, Provan *et al.* 2005; distribución y efectos sobre actividades económicas, Neill *et al.* 2006; ecología, Villaseñor-Parada & Neill 2011, Villaseñor-Parada *et al.* 2013), aún cuando se ha reportado la

expansión del área de distribución de otras macroalgas introducidas como *Asparagopsis armata* (Ramírez *et al.* 2006) y *Mastocarpus* sp. (Macaya *et al.* 2013).

En este trabajo reportamos la expansión del área de distribución de *Schottera nicaeensis* (Rhodophyta, Gigartinales), una macroalga que fue probablemente introducida a fines de la década de 1980 en las cercanías del puerto de San Antonio (33°35'S) en la costa de Chile central (Santelices *et al.* 1989), y que a nivel mundial presenta una amplia y muy disjunta distribución que incluye las costa atlántica de Francia, España y Portugal; las Islas Británicas; varias localidades del Mediterráneo; la costa de Namibia y Sudáfrica; y la costa del sur de Australia e isla de Tasmania (Guiry & Guiry 2014). En Chile, esta macroalga habita sustratos rocosos del intermareal y submareal somero (Hoffmann & Santelices 1997) y de acuerdo con observaciones preliminares realizadas en sistemas intermareales de la costa de Chile central no parece ser una especie muy abundante. El objetivo de este trabajo es reportar el incremento en el área de distribución de *S. nicaeensis* en la costa chilena, la cual podría constituir un caso particular de invasión, menos conocido que el de las otras especies de algas invasoras en la costa chilena, pero no por ello menos importante.

### **Materiales y Métodos**

Para evaluar la distribución de *S. nicaeensis* se identificó la presencia o ausencia de esta especie en el intermareal rocoso de 45 sitios a lo largo de toda la costa chilena (Fig. 1a),

desde Huayquique (20°16'S) hasta Fuerte Bulnes (53°38'S) abarcando más de 50 grados de latitud y generando un panorama representativo de las diferentes regiones biogeográficas de la costa de Chile continental. Los muestreos fueron realizados durante la época estival en los años 2013 y 2014.

Para describir el hábitat y la abundancia de *S. nicaeensis* en comunidades intermareales, se realizaron muestreos en el intermareal bajo (*i.e.* más cercano al mar) de cuatro localidades de la costa centro sur de Chile (Fig. 1c) durante las mareas de sicigia del invierno del año 2013 (entre fines de julio y principios de septiembre). Las localidades fueron: Playa la Sirena en Curanipe (35° 50' S; 72° 38' O), Burca (36° 28' S; 72° 54' O), Playa Necochea en península de Coliumo (36° 31' S; 72° 57' O) y Punta Montecristo en Cocholgüe (36° 36' S, 72° 58' O). En cada localidad se estableció una transecta de 50 metros paralela a la línea de costa, a lo largo de la cual se fueron alternando 10 cuadrantes de 0,25m<sup>2</sup> a cada lado de esta. Por problemas metodológicos, en la localidad de Curanipe sólo se observaron cinco cuadrantes. En cada cuadrante estimamos la abundancia de *S. nicaeensis* a partir de su cobertura (% del cuadrante ocupado), y se comparó entre localidades mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. La abundancia de las especies más conspicuas de cada localidad se estimó como frecuencia de ocurrencia en la transecta (*i.e.* número de cuadrantes en los que cada especie estaba presente).



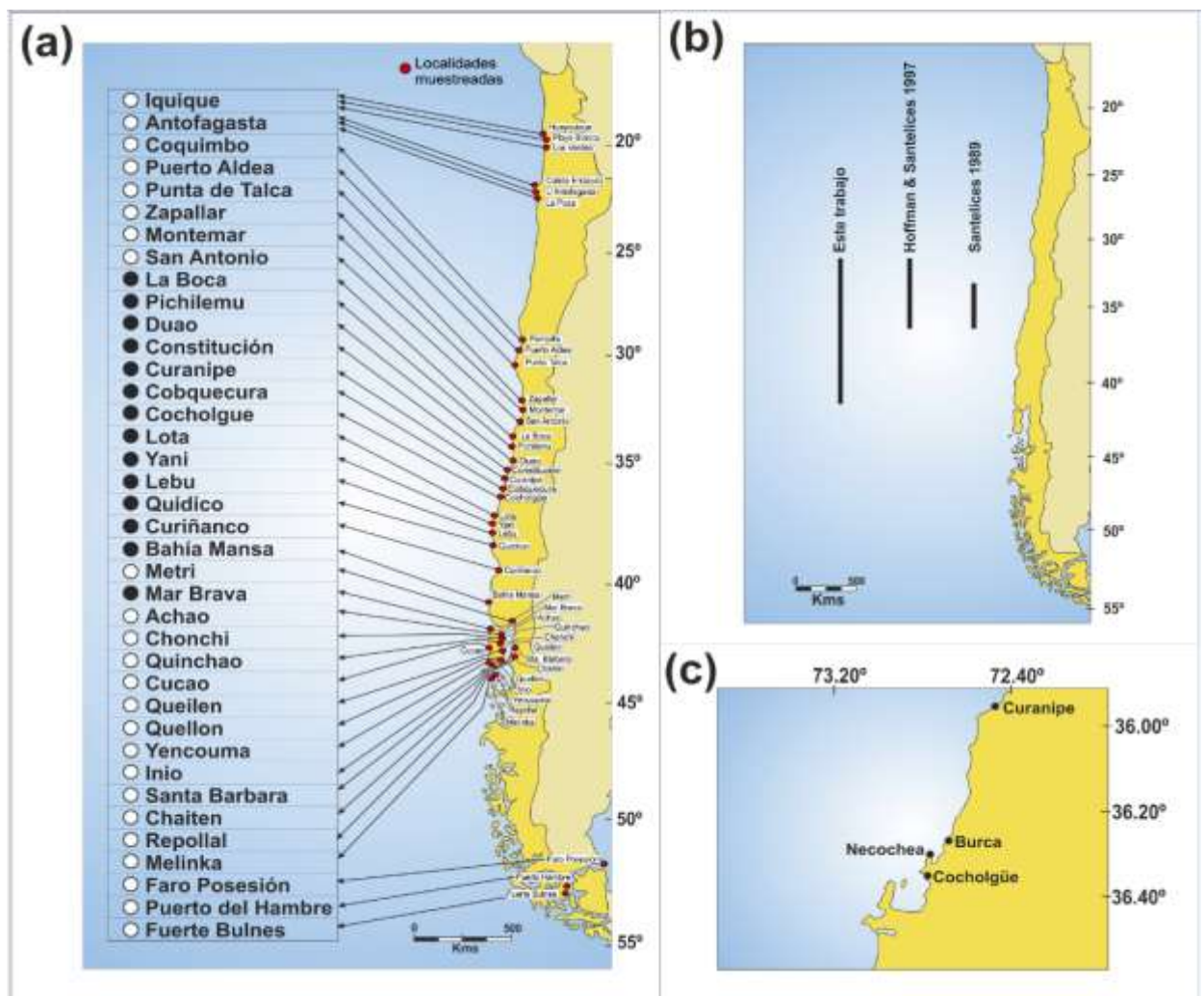


Figura 1. (a) Localidades a lo largo de la costa de Chile continental en las que se registró la presencia (en negro) o ausencia (en blanco) de *Schottera nicaeensis* en sistemas intermareales. (b) Incremento en la extensión del área de distribución de *Schottera nicaeensis* en la costa chilena basado en literatura y los datos reportados en este trabajo. (c) Localidades en la costa de Chile central en las que se evaluó la abundancia y características del hábitat de *Schottera nicaeensis*.

## Resultados

*Schottera nicaeensis* fue encontrada en 13 de los 45 sitios muestreados, de forma casi continua desde La Boca ( $33^{\circ}54'S$ ) hasta Mar Brava ( $41^{\circ}51'S$ ) (Fig. 1 a), abarcando casi toda la costa centro-sur de Chile. En ninguno de los parches muestreados, *S. nicaeensis* superó el 22% de cobertura en el cuadrante, y a pesar de no

encontrarse diferencias significativas al comparar la cobertura entre localidades (Fig. 2), se puede observar que en los intermareales de Burca y Cocholgüe la cobertura mostró una varianza mucho mayor respecto a Curanipe y Necochea. Sin embargo, *S. nicaeensis* fue una de las especies con mayor frecuencia de ocurrencia en la mayoría de las localidades (Tabla 1).

**Tabla 1.** Frecuencia de ocurrencia (proporción de cuadrantes) de las principales especies encontradas en muestreos del intermareal bajo en las localidades de: Curanipe (CU), Burca (BU), Necochea (NE) y Cocholgue (CO).

ESPECIE	GRUPO FUNCIONAL	FRECUENCIA DE OCURRENCIA					Todas
		CU	BU	NE	CO		
<i>Schottera nicaeensis</i>	Foliosa	0,6	0,4	0,3	0,5	0,44	
<i>Rhodymenia skottsbergii</i>	Foliosa	0	0,4	0,5	0,4	0,38	
<i>Mastocarpus</i> sp.	Foliosa	0	0,2	0	0,4	0,18	
<i>Mazzaella membranacea</i>	Foliosa	0,4	0	0,5	0,4	0,09	
<i>Grateloupia doryphora</i>	Foliosa	0,2	0,5	0,1	0,1	0,24	
<i>Gelidium lingulatum</i>	Foliosa	0,4	0,4	0,6	0	0,35	
<i>Ulva</i> spp.	Foliosa	0,2	0,5	0,9	0,5	0,59	
<i>Ahnfeltiopsis durvillei</i>	Terete	0,4	0,1	0,4	0,4	0,32	
<i>Lessonia spicata</i>	Huiral (Kelp)	1	0,3	0	0	0,24	
<i>Corallina officinallis</i> var. <i>chilensis</i>	Articulada	0,2	1	0,7	0,5	0,68	

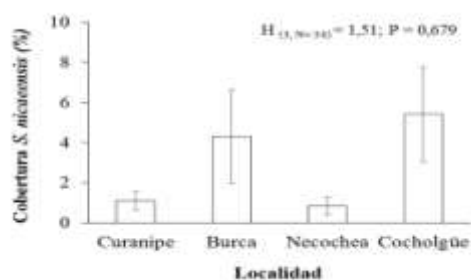
En los sistemas intermareales observados, *S. nicaeensis* habita en lugares expuestos y semi-expuestos al oleaje. Es común encontrarla bajo el dosel del alga laminaral *Lessonia spicata*, y otros microhábitats donde puede protegerse de la desecación. Es más frecuente en paredones que plataformas, y muy poco frecuente en bolones. En ejemplares colectados de *S. nicaeensis* en Cocholgue fue posible ver proliferaciones marginales en el ápice del talo (Fig. 3b y 3c), las que pueden dar origen a nuevas frondas constituyendo un caso particular de reproducción vegetativa, lo que también ha sido descrito en otras localidades a nivel mundial. *S. nicaeensis* se encuentra asociada con

*Rhodymenia skottsbergii*, una macroalga morfológicamente similar, con la que comúnmente co-ocurre. También se puede encontrar coexistiendo con otras especies foliosas como *Mazzaella membranacea*, *Grateloupia doryphora* y algunas especies de *Ulva*.

### Discusión

Nuestro trabajo muestra evidencia del significativo incremento de *S. nicaeensis* en su área de distribución en la costa chilena, el que primeramente fue reportado entre San Antonio (33°35'S) y Concepción (36°47'S) por Santelices (1989), y que posteriormente fue ampliado por Hoffmann & Santelices (1997) entre

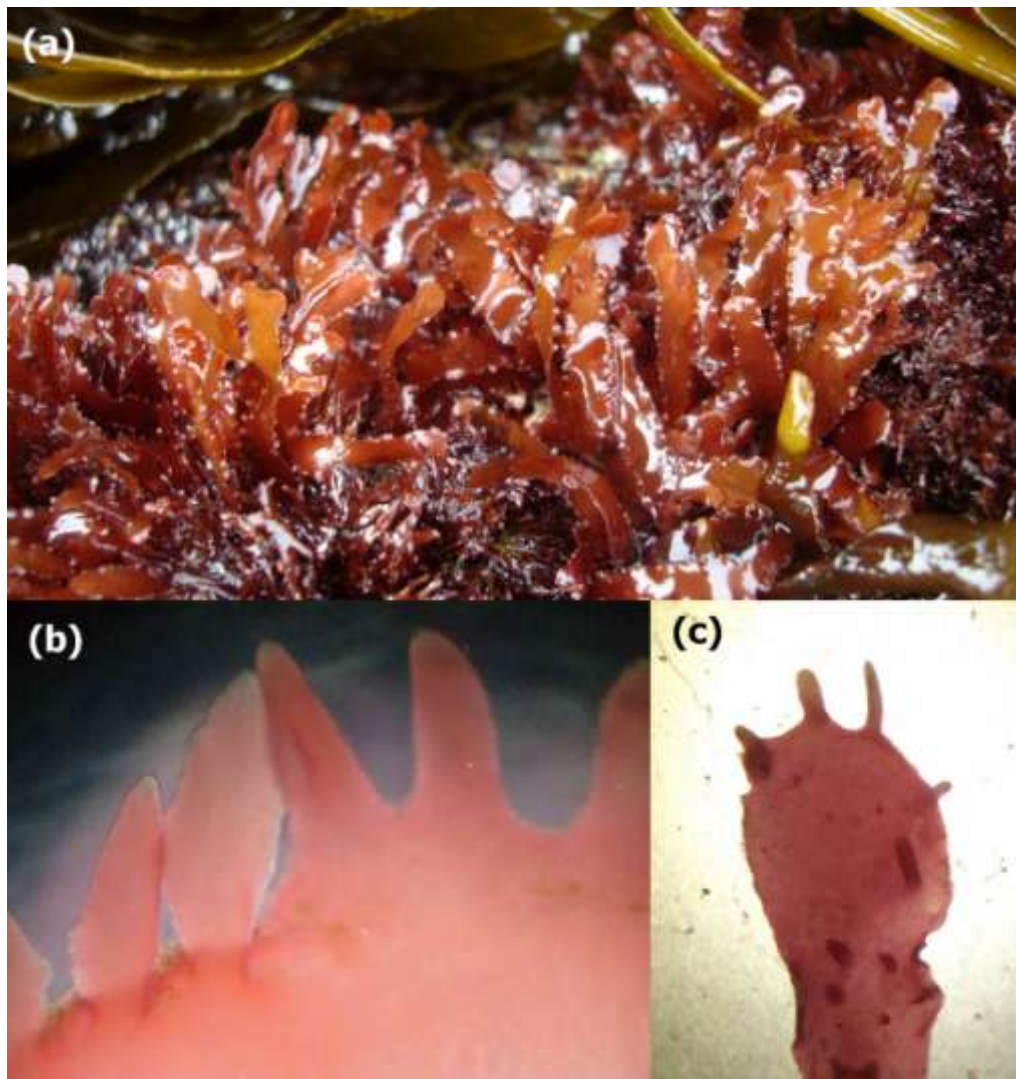
Los Vilos (31°53'S) y Concepción (36°47'S), (Fig. 1b) quienes además hacían mención de la ausencia de reportes en otras localidades. Nuestro muestreo, realizado más recientemente (*i.e.* entre los años 2013 y 2014), reporta la reciente expansión del área de distribución de *S. nicaeensis* en más de cinco grados de latitud, lo que constituye una clara evidencia de un creciente aumento en su distribución en la costa chilena, el cual se ajusta a los modelos clásicos de invasión, que describen el incremento en el área de distribución de especies introducidas en función del tiempo (*e.g.* Shigesada & Kawasaki 1997, Richardson *et al.* 2000). Sin embargo, durante el invierno, y al menos en comunidades intermareales, el tamaño de los parches de *S. nicaeensis* es bastante discreto respecto a otras especies de macroalgas con las que coexiste. A pesar de ello, *S. nicaeensis* es una de las especies que presenta mayor frecuencia de ocurrencia en el intermareal bajo, por lo que su baja cobertura no necesariamente refleja una baja abundancia en los sistemas invadidos.



**Figura 2.** Cobertura de *Schottera nicaeensis* en las cuatro localidades muestreadas (media  $\pm$  error estándar). Se muestra además los resultados del análisis de Kruskal-Wallis.

Considerando que *S. nicaeensis* es una especie cuya introducción es relativamente reciente (primer reporte corresponde a 1976 sensu Santelices *et al.* 1989) su expansión podría seguir incrementando con el tiempo, por lo que entender los factores determinantes en este proceso es de gran importancia para evitar su propagación e identificar los sitios más susceptibles a la invasión. El reporte más antiguo que se tiene de *S. nicaeensis* en Chile, es en la localidad de Pelancura (33°33'S), cerca del puerto de San Antonio, en Octubre del año 1976 (Santelices *et al.* 1989), por lo que su introducción podría estar ligada al tráfico marítimo, tal como se ha sugerido para el sur de Australia, donde fue encontrada en la década de 1970 habitando en instalaciones portuarias de la región de Melbourne (Lewis & Kraft 1979).

Sin embargo, en nuestro muestreo esta especie fue observada tanto en localidades cercanas a puertos (*e.g.* La Boca, Lota y Cocholgue) como en localidades bastante alejadas de ellos (*e.g.* Pichilemu, Duao y Curanipe), tal como ha sido comentado por otros autores (Santelices 1989, Hoffmann & Santelices 1997). Para generar planes que prevengan su expansión en la costa chilena, muestreos en infraestructura asociada al tráfico marítimo (*e.g.* cascos de barcos, muelles, boyas) son necesarios, así como la evaluación experimental que permita identificar otros posibles vectores que favorezcan su expansión (*e.g.* acuicultura, pesca artesanal, etc.).



**Figura 3.** (a) Imagen de *Schottera nicaeensis* desde la zona intermareal. (b) y (c) Detalle de la lámina con proliferaciones marginales del talo, que dan origen a nuevos individuos mediante reproducción vegetativa.

Una característica que podría afectar de manera positiva la capacidad de dispersión y colonización de *S. nicaeensis*, tanto en Chile como a nivel mundial, es su capacidad de generar proliferaciones periféricas en las láminas, las que posteriormente pueden dar origen a nuevos individuos. Este tipo de reproducción vegetativa, presente también en otras especies de algas rojas (e.g. Perrone &

Cecere 1997, Sobarzo & Alveal 1997, Pacheco-Ruiz *et al.* 2005), ha sido reportado para *S. nicaeensis* en el Mar Adriático (Felicini & Perrone 1972, Perrone & Felicini 1988, 1993), las islas Británicas (Guiry & Hollenberg 1975) y también en Chile (Sobarzo & Alveal 1997), y puede servir como una estrategia para mantener poblaciones sin reproducción sexual a partir de pocos individuos, o bien para



incrementar el éxito de los propágulos en la colonización de nuevos sitios.

Por otra parte, la aparentemente baja tolerancia a la desecación que presenta *S. nicaeensis* restringe su ocurrencia a ciertos microhábitats. En nuestras observaciones fue posible identificar que es altamente frecuente encontrarla en hendiduras horizontales y paredones expuestos al oleaje, o bien bajo el dosel del alga laminaral *Lessonia spicata*. Una asociación positiva entre *S. nicaeensis* y una especie nativa tan frecuente en sistemas intermareales como lo es *L. spicata* (u otras del mismo género como *L. trabeculata*) podría ser un importante modelo de estudio que busca identificar sinergismos y facilitación entre especies nativas y exóticas, las que al parecer son más frecuentes de lo esperado (Bruno et al. 2005). Si bien no hubo diferencias significativas en la abundancia entre localidades, los intermareales de Cocholgué y Burca mostraron una varianza significativamente mayor, lo que creemos se debe a que estos sistemas en particular mostraron una mayor variación topográfica que incluía plataformas y paredones, mientras que en el caso de Curanipe, el intermareal básicamente consistía en una plataforma. En comunidades del sur de Gran Bretaña Guiry & Hollenberg (1975) también describen una mayor cobertura en paredones, pero en primavera encontraron mayor cobertura en playas de bolones. Necochea fue la única playa de bolones en la que realizamos mediciones, pero fue la localidad en donde *S. nicaeensis* presentó la menor cobertura y frecuencia de ocurrencia.

Los resultados de nuestro trabajo constituyen una primera aproximación respecto al tipo de comunidades invadidas por *S. nicaeensis* en la costa chilena, los que se encuentran limitados a una estación puntual (invierno). Incrementar la escala temporal y espacial de estos (e.g. muestreos anuales, incrementar el número de localidades y sistemas invadidos) permitirá evaluar de mejor manera los potenciales efectos de esta especie introducida en sistemas costeros chilenos.

### **Agradecimientos**

Agradecemos a Judith Castillo, María Paz Lagos, Álvaro Villaseñor, Sebastián Parada y Alejandro Krausse por su valiosa ayuda en terreno; y a María Fabiola Monsálvez por su ayuda en la identificación taxonómica de las especies algales. Este trabajo fue financiado por el Proyecto FONDECYT de Iniciación N° 11110437. CV-P es financiado por Beca CONICYT para Doctorado Nacional N° 21110927.

### **Literatura citada**

- Bruno JF, Fridley JD, Bromberg KD, Bertness MD. 2005. Insights into biotic interactions from studies of species invasions. En: Sax DF, Stachowicz JJ & SD Gaines (Eds.) Species invasions. Pp. 9-12. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Castilla JC, M Uribe, N Bahamonde, M Clarke, R Desqueyroux-Faúndez, H Moyano, N Rozbaczylo, B Santelices, C Valdovinos, P Zavala. 2005. Down under the southeastern Pacific: marine non-indigenous species in Chile. *Biological Invasions* 7(2): 213-232.

- Catford JA, R Jansson & C Nilsson. 2009. Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. *Diversity and Distributions* 15: 22–40.
- Colautti RI, HJ MacIsaac. 2004. A neutral terminology to define 'invasive' species. *Diversity and Distributions*: 10: 135–141.
- Felicini GP, C Perrone. 1972. Le rôle des pro-lérations de la fronde dans le cycle biologique de *Petroglossum nicaeense*. *Phycologia* 11: 197–205.
- González A, B Santelices. 2004. A dichotomous species of *Codium* (Bryopsidales, Chlorophyta) is invading northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 293–304.
- Guiry MD, GJ Hollenberg. 1975. *Schottera* gen. nov. and *Schottera nicaeensis* (Lamour. ex Duby) comb. nov. (= *Petroglossum nicaeense* (Lamour. ex Duby) Schotter) in the British Isles. *British Phycological Journal* 10: 149–164.
- Guiry MD, GM Guiry. 2014. *Algae Base*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; Visitada el 12 de junio de 2014.
- Hoffman A, B Santelices. 1997. *Flora marina de Chile central*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 434 pp.
- Lewis JA, GT Kraft. 1979. Occurrence of a European red alga (*Schottera nicaeensis*) in southern Australian waters. *Journal of Phycology* 15: 226–230.
- Macaya EC, S Pacheco, A Cáceres, S Musleh. 2013. Range extension of the Non-Indigenous Alga *Mastocarpus* sp. along the South-Eastern Pacific Coast. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 48: 661–665.
- Neill PE, O Alcalde, S Faugeron, SA Navarrete & JA Correa. 2006. Invasion of *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* in northern Chile: a new threat for *Gracilaria* farming. *Aquaculture* 259: 202–210.
- Pacheco-Ruiz I, JA Zertuche-González, J Espinoza-Ávalos. 2005. The role of the secondary attachment discs in the survival of *Chondracanthus squarulosus* (Gigartinales, Rhodophyta). *Phycologia* 44: 629–631.
- Perrone C, E Cecere. 1997. Regeneration and mechanisms of secondary attachment in *Soliera filiformis* (Gigartinales, Rhodophyta). *Phycologia* 36: 120–127.
- Perrone C, GP Felicini. 1988. Physiological ecology of *Schottera nicaeensis* (Phylloporaceae, Rhodophyta): functional significance of heterotrichy. *Phycologia* 27: 347–354.
- Perrone C, GP Felicini. 1993. Morphogenetic effects of daylength in *Schottera nicaeensis*. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 14: 145–150.
- Provan J, S Murphy, CA Maggs. 2004. Tracking the invasive history of the green alga *Codium fragile* ssp. *tomentosoides*. *Molecular Ecology* 14: 189–194.
- Ramírez MR, M García-Huidobro, F Goecke. 2007. Extensión del límite sur de distribución de *Asparagopsis armata* Harvey (Bonnemaisoniales, Rhodophyta) en la costa de Chile continental, una especie invasora en el Mediterráneo. *Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 359: 23–29.
- Richardson DM, P Pysek, M Rejmánek, MG Barbour, FD Panetta, CJ West. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distribution* 6: 93–107.
- Santelices B. 1989. *Algas marinas de Chile. Distribución, ecología, utilización, diversidad*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 380 pp.
- Shigesada N, K Kawasaki. 1997. *Biological invasions: Theory and practice*. Oxford (UK): Oxford University Press.

- Sobarzo G, K Alveal. 1997. Procesos de proliferación en algunas especies chilenas de Rhodophyta. *Gayana Oceanologica* 5(1): 63-68.
- Villaseñor-Parada C, EC Macaya, LM Jara, PE Neill. 2013. Variación temporal y espacial en la producción de gametangios de la macroalga exótica *Codium fragile* subsp. *tomentosoides* (Suringar) Hariot (Chlorophyta: Bryopsidales) en el submareal de Caldera. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 48(1): 213-218.
- Villaseñor-Parada C, PE Neill. 2011. Distribución espacial de epifitos en el talo de la macroalga introducida *Codium fragile* subsp. *tomentosoides* en el submareal de Caldera. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 46(2): 257-262.