

Primer registro de la especie japonesa *Grateloupia turuturu* (Halymeniaceae, Rhodophyta) en la costa del Pacífico mexicano

First record of the Japanese species *Grateloupia turuturu* (Halymeniaceae, Rhodophyta) in the Mexican Pacific coast

Luis E. Aguilar-Rosas,¹ Sung Min Boo,² Kyeong Mi Kim² y Cristiane V. Aguilar-Rosas³

¹Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, km 107 carretera Tijuana Ensenada, Ensenada, Baja California, 22830. México

²Department of Biology College of Biosciences and Biotechnology, Chungnam National University Gungdong 220, Yuseonggu Daejeon 305-764 Korea

³Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, 22830. México
e-mail: aguilarl@uabc.edu.mx

Aguilar-Rosas L. E., S. Min Boo, K. Mi Kim y C. V. Aguilar-Rosas. Primer registro de la especie japonesa *Grateloupia turuturu* (Halymeniaceae, Rhodophyta) en la costa del Pacífico mexicano. *Hidrobiológica* 22(2): 189-194.

RESUMEN

Se realizaron muestreos florísticos en noviembre de 2008, en los que se recolectaron ejemplares de *Grateloupia turuturu* creciendo adheridos a diferentes substratos en el puerto de Ensenada, Baja California, México. A partir de este hallazgo, se realizaron observaciones mensuales hasta julio de 2010 para conocer su posible desplazamiento. Poblaciones con especímenes de longitud promedio de 40 cm se encontraron con alta frecuencia en el puerto. Los análisis morfológicos y moleculares de las secuencias del gen *rbcl* de plastidios confirman la identidad taxonómica de *G. turuturu*. Se presenta el primer registro de *G. turuturu* como especie introducida en la costa del Pacífico mexicano. Considerando este nuevo hallazgo, concluimos que la colonización por esta especie en la costa del Pacífico mexicano ha iniciado y con ello se amplía su rango de distribución geográfica. Así mismo, durante los muestreos se encontró a *Grateloupia californica* de la cual se discute su presencia en las costas de Baja California.

Palabras clave: Especie introducida, *Grateloupia californica*, *G. doryphora*, *G. turuturu*, macroalgas, *rbcl*.

ABSTRACT

Floristic surveys were conducted in November 2008, in which we collected specimens of *Grateloupia turuturu*, growing attached to different substrata in Ensenada Port, Baja California, Mexico. From this finding, monthly observations were performed until July

2010 to find a possible displacement. Populations with specimen's average length of 40 cm were commonly found in the harbor. On the basis of morphological and molecular analyses of plastid *rbcl* gene sequences, we confirmed the taxonomic identity of *G. turuturu*. We present the first record of *G. turuturu* as introduced species in the Mexican Pacific coast. Considering this new finding in Mexico, we conclude that the colonization by this species in the Pacific coast has started, and hence its geographical range of distribution is increasing. Likewise, we found *Grateloupia californica*, and it is discuss its presences on Baja California coast.

Key words: *Grateloupia californica*, *G. doryphora*, *G. turuturu*, introduced species, macroalgae, *rbcl*.

Se han reportado 90 especies del género *Grateloupia* C. Agardh distribuidas alrededor del mundo (Guiry & Guiry, 2011), algunas de las cuales presentan una problemática taxonómica debido a la plasticidad morfológica. En específico, *Grateloupia turuturu* Yamada y *G. doryphora* (Montagne) M. A. Howe, han sido estudiadas usando datos moleculares para definir su estatus taxonómico y validar su distribución.

Grateloupia turuturu, especie nativa de las costas de Japón y Corea (Yamada, 1941; Verlaque *et al.*, 2005), fue reportada fuera de su rango de distribución nativa por primera vez en 1973, en Portsmouth, Inglaterra (Farnham & Irving, 1973); posteriormente

ha sido reportada en China (Xia, 2004) y a lo largo de la costa Atlántica del este de Europa, en Gran Bretaña (Hardy & Guiry, 2003), Países Bajos (Stegenga *et al.*, 2007), Francia (De Clerck *et al.*, 2005; Verlaque *et al.*, 2005; Cecere *et al.*, 2011), Portugal (Araújo *et al.*, 2009), España (Bárbara *et al.*, 2005; Figueroa *et al.*, 2007) e Islas Canarias (John *et al.*, 2004) (Fig. 2). Así mismo, se ha encontrado en varios países de la costa Atlántica africana desde Mauritania hasta Namibia (John *et al.*, 2004), además de Australia, Nueva Zelanda (D'Archino *et al.*, 2007), Tasmania (Saunders & Withall, 2006) y Santa Bárbara, California, EUA, con muestras recolectadas el 1 de agosto de 2009, el cual corresponde al primer registro de esta especie en la costa del Pacífico americano (Hugley *et al.*, 2009). *G. turuturu* es considerada además, una especie introducida y/o potencialmente invasora en la costa este de los Estados Unidos de América (Marston *et al.*, 2002), la Península Ibérica (Barreiro *et al.*, 2006) y Nueva Zelanda (D'Archino *et al.*, 2007), y cuyo vector de dispersión ha sido referido a las esporas contenidas en el agua de lastre de buques cargueros (Villalard-Bohnsack & Harlin, 1997).

Por otra parte, *G. doryphora* una especie con ciertas semejanzas con *G. turuturu*, fue registrada incorrectamente en Europa y costas americanas del océano Atlántico (Villalard-Bohnsack & Harlin, 1997; Cabioch *et al.*, 1997). Gavio y Fredericq (2002), determinaron a través de secuencias cloroplásticas del gen *rbcl*, que *G. doryphora* se distribuía únicamente en el hemisferio sur del continente Americano, en las costas de Perú y Chile, con localidad Tipo en Callao, Perú (Guiry & Guiry, 2011); mientras que las poblaciones de *G. turuturu*, presentes en las costas Atlánticas de Europa y de América del Norte, se corresponden bien con las poblaciones de *G. turuturu* de la localidad tipo en Japón (Verlaque *et al.*, 2005). Además de los análisis moleculares, la diferenciación morfoanatómica de estas dos especies fue realizada por Gavio & Fredericq (2002), quienes indicaron que los caracteres distintivos de *G. turuturu* son: la disposición muy esparcida de los filamentos de la médula, característicamente anticlinales, una corteza delgada formada de células redondeadas y una transición abrupta entre las células de la corteza y la médula; por el contrario *G. doryphora* presenta una disposición densa de los filamentos periclinales, una corteza más gruesa formada de células elípticas, y una transición gradual entre las células de la corteza y la médula.

Con base en los resultados de un programa de monitoreo de algas marinas llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Baja California, en noviembre de 2008, se recolectaron ejemplares de *G. turuturu* y *G. "doryphora"* adheridos a los muelles, cuerdas, cascos de barcos y boyas, presentes en la zona del puerto de Ensenada en la bahía de Todos Santos, Baja California (31° 51' 58.87" N y 116° 37' 41.72" W). A partir de entonces, se realizaron observaciones periódicas hasta junio del 2010.

En el presente trabajo se reporta por primera vez la presencia de *G. turuturu* en las aguas del Pacífico mexicano, se define

el estatus taxonómico de *G. "doryphora"* y se discute la posible dispersión de ambas especies.

La identificación de los ejemplares de *G. turuturu* se realizó utilizando las descripciones e ilustraciones de Gavio y Fredericq (2002), Lee (2008), Cecere *et al.* (2011) y Verlaque *et al.* (2005). Con base a las características descritas por Kylin (1941) y Abbott & Hollenberg (1976), se realizó la identificación preliminar de los ejemplares de *Grateloupia "doryphora"*, la cual fue confirmada posteriormente como *G. californica* Kylin. Un juego completo de estas muestras fue depositado en el Herbario de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (CMMEX) (Holmgren *et al.*, 1990).

A continuación se presenta la descripción de los ejemplares de *Grateloupia turuturu* y *G. californica*, colectados en el Puerto de Ensenada, B. C. Los talos esporofitos de *G. turuturu* son laminares, lineares (Fig. 1a) y ampliamente ondulados en sus márgenes, mientras que los gametofitos son laminares, suborbiculares; adheridos al sustrato mediante una pequeña estructura de fijación discoide, de la cual surgen una o varias láminas, de 200-300 μm de grosor, con corteza formada por 5-7 capas de células redondeadas, dispuestas hacia la porción más interna de la corteza (Fig. 1b); médula constituida por filamentos muy esparcidos, característicamente anticlinales; transición entre la médula y la corteza abrupta. Tetrasporangios esparcidos entre las células corticales, cruciados, de 30 μm de largo y de 15 μm de ancho (Fig. 1c); cistocarpos de aproximadamente 120 μm de diámetro, embebidos en la capa de la médula (Fig. 1d).

Las muestras de ejemplares mexicanos de *Grateloupia californica* (Tabla 1) fueron identificadas como *Grateloupia doryphora*, con base en la similitud en características morfoanatómicas descritas por Kylin (1941) y Abbott & Hollenberg (1976) para tal especie como: tamaño de las láminas (30- 50 (>150) cm de largo; 3-5 cm de ancho), su forma lanceolada ensanchada hacia el ápice, ligeramente onduladas o lisas, con o sin proliferaciones marginales, suaves o resbalosas al tacto, médula filamentosa y corteza compuesta de varias capas de pequeñas células. *G. californica* se diferencia de *G. turuturu* por tener láminas más gruesas, de 400 a 700 μm , en comparación con *G. turuturu* que tiene de 200 a un poco más de 300 μm (Gavio & Fredericq, 2002; Hugley *et al.*, 2009).

La identidad de los ejemplares de *G. turuturu* y *G. californica* fue confirmada mediante análisis de biología molecular que incluyeron procesos de extracción, amplificación y secuenciación del gen *rbcl*, a partir de muestras conservadas en sílica gel recolectadas en el puerto de Ensenada y Punta Piedra, Baja California (Tabla 1), siguiendo los protocolos descritos por Geraldino *et al.* (2010). La secuencia obtenida del ejemplar mexicano de *G. turuturu* (Tabla 1) fue idéntica (100 % de similitud) a las secuencias de Corea depositadas en el Genbank (GU168563, GU168564). Mientras que las secuencias obtenidas de las muestras de *Grateloupia ca-*

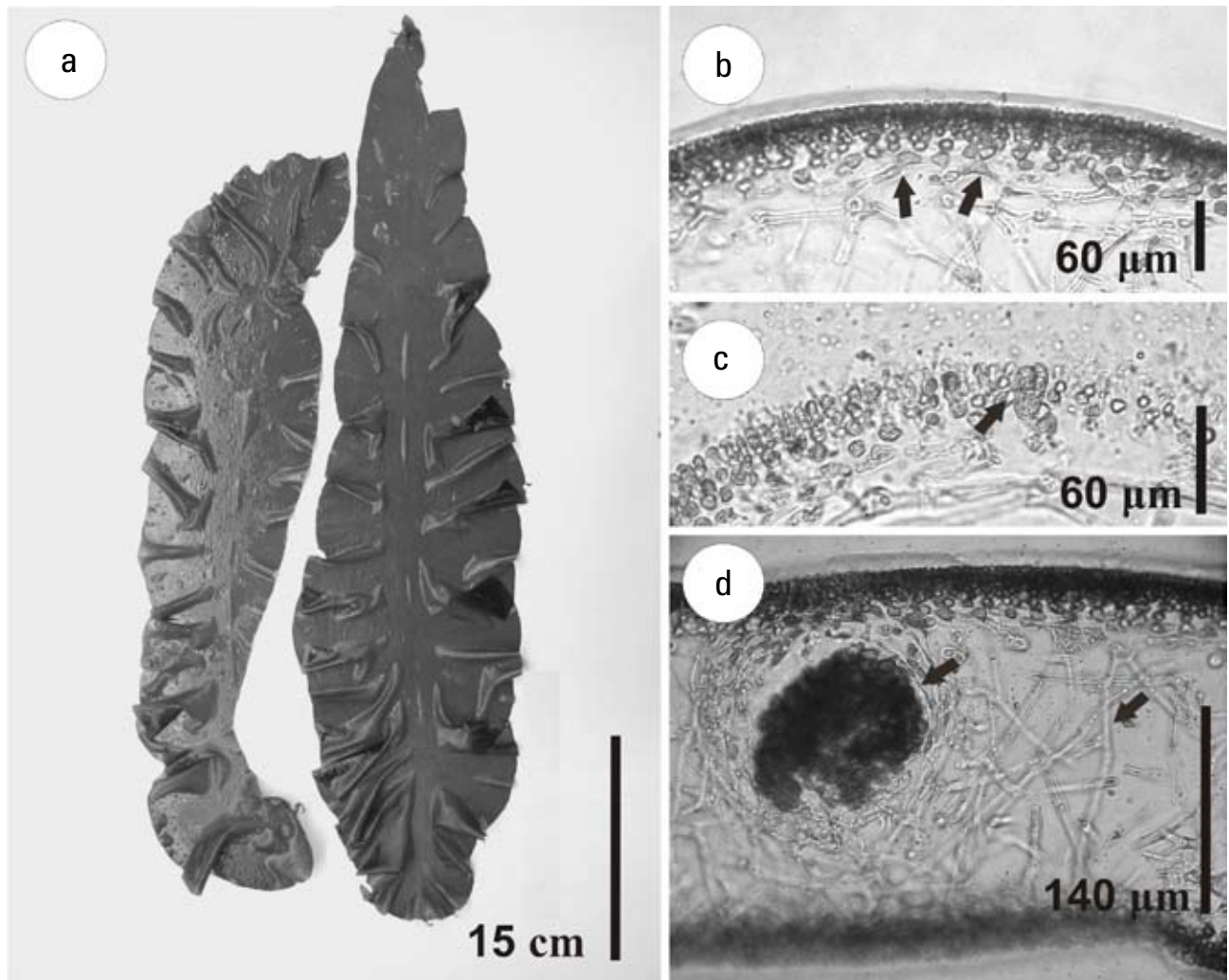


Figura 1. a-d. a) Talos foliares de esporofitos de *Grateloupia turuturu* del Puerto de Ensenada, Baja California, México. b) Corte transversal de esporofitos mostrando la capa delgada de células de la corteza, transición abrupta entre la corteza y médula filamentosa y las células expandidas en la porción más interna de la corteza. c) Corte transversal de esporofitos mostrando un tetrasporangio embebido entre las capas de células de la corteza. d) Corte transversal de gametofitos mostrando los evidentes filamentos anticlinales y cistoparpo maduro embebido en la médula.

lifornica en el Puerto de Ensenada (JN808315, JN808316) y Punta Piedra, Baja California (JN808313, JN808314, N808317) (Tabla 1), presentaron un 97.5 % de similitud con la secuencia del Genbank de *G. californica* (FJ013038, Monterrey, California, EUA) obtenida por Miller *et al.* (2009).

Basados en estos resultados, el presente hallazgo confirma el primer registro de *G. turuturu* en las aguas del Pacífico mexicano y por tanto una ampliación de su rango de distribución hacia el sur en la costa del Pacífico de América, de aproximadamente 400 km, desde Santa Bárbara, California EUA (Hugley *et al.*, 2009) hasta Ensenada, Baja California, México.

Aunque *G. turuturu* se reconoció en el Puerto de Ensenada desde noviembre de 2008, hasta el momento no ha representa-

do una amenaza para considerarla como invasora, y al parecer tampoco se ha desplazado hacia áreas aledañas a las instalaciones portuarias de la bahía de Ensenada. Por lo tanto, su introducción y asentamiento parecería tener un impacto menor y local sobre las especies nativas del puerto. Sin embargo, dado que su introducción en las costas mexicanas aparentemente es reciente (noviembre 2008), puesto que no se había encontrado anteriormente en muestreos realizados en el puerto, ni en áreas aledañas (Aguilar-Rosas *et al.*, 1985; 2004, 2007) y considerando el comportamiento agresivo que esta especie ha presentado para colonizar y aumentar su biomasa en distintas regiones (Villalard-Bohnsack & Harlin, 1997; Araújo *et al.*, 2011; Verlaque *et al.*, 2005), existe la posibilidad de que se dispersará de manera exitosa en las costas mexicanas, por lo que se sugiere supervisar la pobla-

Tabla 1. Lista de especies de *Grateloupia* recolectadas en Baja California, México, analizadas con secuencias nucleotídicas de *rbcl*.

Especie	Lugar y fecha de recolecta	<i>rbcl</i>
<i>Grateloupia turuturu</i>	Puerto de Ensenada, 28 septiembre 2008	JN808318
<i>Grateloupia californica</i>	Puerto de Ensenada, 11 junio 2009	JN808315
<i>Grateloupia californica</i>	Puerto de Ensenada, 11 junio 2009	JN808316
<i>Grateloupia californica</i>	Punta Piedra, 10 septiembre 2010	JN808313
<i>Grateloupia californica</i>	Punta Piedra, 10 septiembre 2010	JN808314
<i>Grateloupia californica</i>	Punta Piedra, 22 noviembre 2010	JN808317

Fig. 2. Distribución mundial de *Grateloupia turuturu* ○, *G. californica* ● y *G. doryphora* ■. (? poblaciones de *Grateloupia* por corroborar su determinación)

ción encontrada en el Puerto de Ensenada, para dar seguimiento de su posible dispersión e impacto sobre las especies locales, ya que su naturaleza de especie invasora la convierte en un riesgo ecológico (Marston *et al.*, 2002).

Considerando estos resultados se confirmó que los ejemplares previamente identificados como *G. doryphora*, en las localidades de California y Baja California, pertenecen realmente *G. californica*. Cuyas diferencias morfoanatómicas son: grosor de las láminas de 200 a 230 μm , 4-6 capas de células corticales de forma elipsoidal en *G. doryphora* (Gavio & Fredericq, 2002), mientras que *G. californica* el grosor de las láminas es de 400 a 700 μm (Hugley *et al.*, 2009), con 6-7 capas las células corticales de forma redondeada (Kylin, 1941). Con base a ello se puede afirmar que *G. californica* presenta una distribución restringida, localizada únicamente en el Pacífico Norte oriental, mientras que *G. doryphora* está también restringida al Pacífico Sur, en las costas de Perú y Chile. Por el contrario *G. turuturu* tiene una amplia distribución tanto en el Atlántico oriental y Pacífico Norte (occidental y oriental) (incluyendo la porción Norte de México) y Mar de Tasmania (Fig. 2).

Se recomienda realizar análisis moleculares adicionales, ya sea con el gen *rbcl* u otros genes, para corroborar la identidad genética de las poblaciones identificadas preliminarmente como *Grateloupia doryphora* de las costas de Jalisco (Mendoza-González & Mateo-Cid, 1991), Michoacán (Dreckmann *et al.*, 1990) y Oaxaca (León-Tejera & González-González, 1993), ya que las condiciones ambientales presentes en dichas zonas son muy distintas a las de las costas de California y Baja California (ambientes típicamente fríos), condiciones ecológicas lo cual puede indicar que probablemente las poblaciones identificadas con ese nombre, corresponden a otra especie.

AGRADECIMIENTOS

A Filiberto Núñez Cebrero por el apoyo en la recolección de muestras. A la Universidad Autónoma de Baja California por el apoyo para la realización del presente trabajo mediante el Programa de investigación CA 403/1/C/50/14, CONABIO FB1389/GN007/09, el Programa de Monitoreo del Herbario CMMEX. Este estudio fue financiado parcialmente por la MarineBio 21 program grant a SMB de Chungnam National University.

REFERENCIAS

- ABBOTT, I. A. & G. J. HOLLENBERG. 1976. *Marine Algae of California*. Stanford University Press, Stanford, 827 p.
- AGUILAR-ROSAS, L. E., E. BALTAZAR-VALENZUELA & I. PACHECO-RUIZ. 1985. Las algas marinas bentónicas de la rada portuaria de Ensenada, Baja California. *Ciencias Marinas* 11 (3): 121-126.
- AGUILAR-ROSAS, R., L. E. AGUILAR-ROSAS, G. ÁVILA-SERRANO & R. MARCOS-RAMÍREZ. 2004. First record of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Laminariales, Phaeophyta) on the Pacific coast of Mexico. *Botanica Marina* 47 (3): 255-258.
- AGUILAR-ROSAS, L. E., R. AGUILAR-ROSAS, H. KAWAI, S. UWAI, & E. VALENZUELA-ESPIÑOZA. 2007. New record of *Sargassum filicinum* Harvey (Fucales, Phaeophyceae) in the Pacific Coast of Mexico. *Algae* 22 (1): 17-21.
- ARAÚJO, R., I. BÁRBARA, M. TIBALDO, E. BERECIBAR, P. D. TAPIA, R. PEREIRA, R. SANTOS & I. S. PINTO. 2009. Checklist of benthic marine algae and cyanobacteria of northern Portugal. *Botanica Marina* 52: 24-46.
- ARAÚJO, R., J. VIOLANTE, R. PEREIRA, H. ABREU, F. ARENAS, & I. S. PINTO. 2011. Distribution and population dynamics of the introduced seaweed *Grateloupia turuturu* (Halymeniaceae, Rhodophyta) along the Portuguese coast. *Phycologia* 50: 392-402.
- BÁRBARA, I., J. CREMADES, S. CALVO, M. C. LÓPEZ-RODRÍGUEZ & J. DOSIL. 2005. Checklist of the benthic marine and brackish Galician algae (NW Spain). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 62: 69-100.
- BARREIRO, R., M. QUINIOLA, I. BARBARA, & J. CREMADES. 2006. RAPD differentiation of *Grateloupia lanceola* and the invasive *Grateloupia turuturu* (Gigartinales, Rhodophyta) in the Iberian Peninsula. *Phycologia* 45: 213-217.
- CABIOCH, J., A. CASTRIC-FEY, M. T. L'HARDY-HALOS & A. RIO. 1997. *Grateloupia doryphora* et *Grateloupia filicina* var. *luxurians* (Rhodophyta, Halymeniaceae) sur les côtes de Bretagne (France). *Cryptogamie Algologie* 18: 117-137.
- CECERE, E., J. MORO, M. A. WOLF, A. PETROCELLI, M. VERLAQUE & A. SFRISO. 2011. The introduced seaweed *Grateloupia turuturu* (Rhodophyta, Halymeniales) in two Mediterranean transitional water systems. *Botanica Marina* 54 (1): 23-33.
- D'ARCHINO, R., W. A. NELSON & G. C. ZUCCARELLO. 2007. Invasive marine red alga introduced to New Zealand waters: first record of *Grateloupia turuturu* (Halymeniaceae, Rhodophyta). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 41: 35-42.
- DE CLERCK, O., B. GAVIO, S. FREDERICO, I. BÁRBARA & E. COPPEJANS. 2005. Systematics of *Grateloupia filicina* (Halymeniaceae, Rhodophyta), based on *rbcL* sequence analyses and morphological evidence, including the reinstatement of *G. minima* and the description of *G. capensis* sp. nov. *Journal of Phycology* 41 (2): 391-410.
- DRECKMANN, K. M., F. F. PEDROCHE & A. SENTÍES G. 1990. Lista florística de las algas marinas bentónicas de la costa norte de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50: 19-42.
- FARNHAM, W. F. & L. M. IRVINE. 1973. The addition of a foliose species of *Grateloupia* to the British marine flora. *British Phycological Journal* 8: 208-209.
- FIGUEROA, F. L., N. KORBEE, O. DE CLERCK, I. BÁRBARA, & E. A. R. GALL. 2007. Characterization of *Grateloupia lanceola* (Halymeniales, Rhodophyta), an obscure foliose *Grateloupia* from the Iberian Peninsula, based on morphology, comparative sequence analysis and mycosporine-like amino acid composition. *European Journal of Phycology* 42: 231-242.
- GAVIO, B. & S. FREDERICO. 2002. *Grateloupia turuturu* (Halymeniaceae, Rhodophyta) is the correct name of the non-native species in the Atlantic known as *Grateloupiadoryphora*. *European Journal of Phycology* 37: 349-59.
- GERALDINO, P. J. L., R. RIOSMENA-RODRIGUEZ, L. M. LIAO & S. M. BOO. 2010. Phylogenetic relationships within the genus *Hypnea* (Gigartinales, Rhodophyta), with a description of *H. caespitosa* sp. nov. *Journal of Phycology* 46 (2): 336-45.
- GUIRY, M. D. & G. M. GUIRY. 2011. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available at: <http://www.algaebase.org> [accessed January 2011].
- HUGLEY, J. R., K. A. MILLER & A. LYMAN. 2009. California. *Madroño* 56 (4): 293-295.
- HARDY, F. G. & M. D. GUIRY. 2003. *A Check-list and Atlas of the Seaweeds of Britain and Ireland*. London: British Phycological Society. 435 p.
- HOLMGREN, P. K., N. H. HOLMGREN & L. C. BARNETT. 1990. Index Herbariorum. I. *The Herbaria of the World*. New York Botanical Garden, Bronx, N.Y. Regnum Vegetabile vol. 120. 693 p.
- JOHN, D. M., W. F. PRUD'HOMME VAN REINE, G. W. LAWSON, T. B. KOSTERMANS & J. H. PRICE. 2004. A taxonomic and geographical catalogue of the seaweeds of the western coast of Africa and adjacent islands. *Beihftezur Nova Hedwigia* 127: 1-339.
- KYLIN, H. 1941. Californische Rhodophyceen. *Acta Universitatis Lundensis* 37 (2): 1-71.
- LEE, Y. 2008. *Marine algae of Jeju*. Seoul: Academy Publication. 177 p.
- LEÓN-TEJERA, H. & J. GONZÁLEZ-GONZÁLEZ. 1993. Macroalgas de Oaxaca. En: Salazar Vallejo, S.I. y N.E. González (eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO y CIQRO, México, D.F. pp. 486-498
- MARSTON, M. & M. VILLALARD-BOHNSACK. 2002. Molecular variability and potential sources of *Grateloupia doryphora* (Halymeniaceae, Rhodophyta), an invasive species in Rhode Island waters (USA). *Journal of Phycology* 38: 659-658.
- MENDOZA-GONZÁLEZ, A. C. & L. E. MATEO CID. 1991. Estudio preliminar de las algas marinas bentónicas de la costa de Jalisco, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 37: 9-25.

- MILLER, K. A., J. R. HUGHEY & P. W. GABRIELSON. 2009. First report of the Japanese species *Grateloupia lanceolata* (Halymeniaceae, Rhodophyta) from California, USA (Research note). *Phycological Research* 57: 238-241.
- SAUNDERS, G. W. & R. D. WITHALL. 2006. Collections of the invasive species *Grateloupia turuturu* (Halymeniales, Rhodophyta) from Tasmania, Australia. *Phycologia* 45: 711-714.
- STEGENGA, H., M. KARREMANS & J. SIMONA. 2007. Zeewieren van de voormalige oesterputten bij Yerseke. *Gorteria* 32: 125-143.
- VERLAQUE, M., P. M. BRANNOCK, T. KOMATSU, M. VILLALARD-BOHNSACK & M. MARSTON. 2005. The genus *Grateloupia* C. Agardh (Halymeniaceae, Rhodophyta) in the Thau Lagoon (France, Mediterranean): a case study of marine plurispecific introductions. *Phycologia* 44: 477-96.
- VILLALARD-BOHNSACK, M. & M. HARLIN. 1997. The appearance of *Grateloupia adoryphora* (Halymeniaceae, Rhodophyta) on the northeast coast of North America. *Phycologia* 36: 324-328.
- XIA, B. M. 2004. *Flora algarummarinarum sinicarum Tomus II Rhodophyta No. III Gelidiales Cryptonemiales Hildenbrandiales*. Beijing: Science Press. pp. 1-203.
- YAMADA, Y. 1941. Notes on some Japanese algae IX. *Scientific Papers of the Institute of Algological Research, Faculty of Science, Hokkaido Imperial University* 2: 195-215.

Recibido: 01 de abril del 2011.

Aceptado: 27 de julio de 2012.