



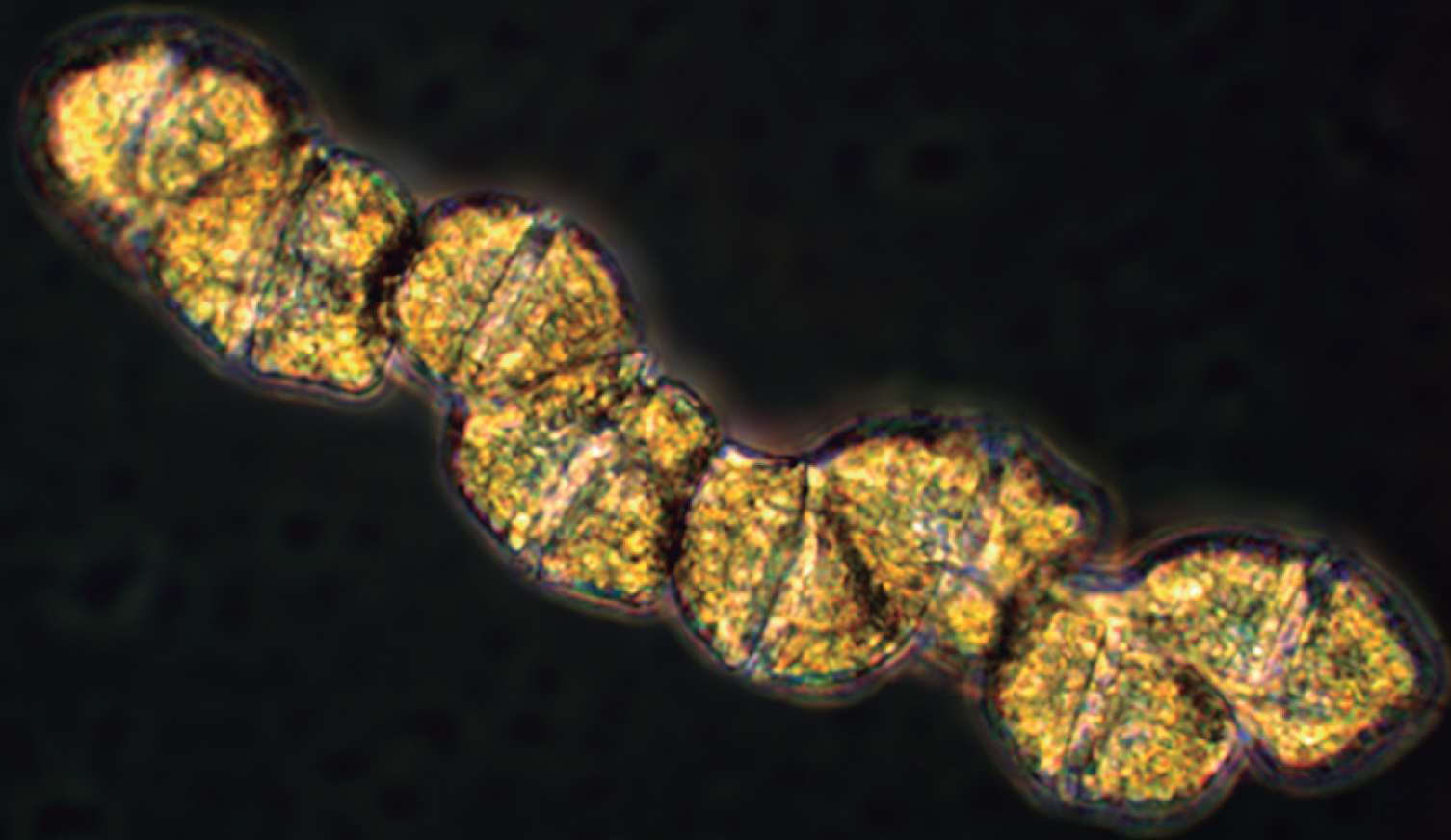
Illustrated Taxonomic Guide of the Marine Dinoflagellate Collection (CODIMAR)

Guía Taxonómica Ilustrada de la Colección de Dinoflagelados Marinos (CODIMAR)

Lourdes Morquecho-Escamilla

Amada Reyes-Salinas

Yuri B. Okolodkov



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

**Illustrated Taxonomic Guide of the Marine
Dinoflagellate Collection (CODIMAR)**

**Guía Taxonómica Ilustrada de la Colección de
Dinoflagelados Marinos (CODIMAR)**

**Lourdes Morquecho-Escamilla
Amada Reyes-Salinas
Yuri B. Okolodkov**



**Illustrated Taxonomic Guide of the Marine
Dinoflagellate Collection (CODIMAR)**

**Guía Taxonómica Ilustrada de la Colección de
Dinoflagelados Marinos (CODIMAR)**

**Lourdes Morquecho-Escamilla¹
Amada Reyes-Salinas¹
Yuri B. Okolodkov²**

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Programa de Planeación Ambiental y Conservación
Laboratorio de Taxonomía y Ecofisiología de Microalgas Marinas
Av. IPN 195, Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, B.C.S., México; C.P. 23096.

²Universidad Veracruzana
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías
Laboratorio de Botánica Marina y Planctología
Calle Hidalgo No. 617. Col. Río Jamapa, Boca del Río, Veracruz, México; C.P. 94290.

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

Programa de Planeación Ambiental y Conservación

Colección de Dinoflagelados Marinos (CODIMAR)

México 2016

First edition: 2016 D.R. © Scientific publication from the Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Av. IPN #195, Playa Palo de Santa Rita Sur; La Paz, B.C.S. México; 23096.

Primera Edición: 2016 D.R. © Publicación científica del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Av. IPN #195, Playa Palo de Santa Rita Sur; La Paz, B.C.S. México; 23096.

The contents of this book is the authors responsibility / El contenido de este libro es responsabilidad de los autores.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission of the publisher.

Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida mediante ningún sistema o método electrónico, mecánico, incluyendo fotocopiado, la grabación de cualquier otro sistema de recuperación y almacenamiento de información, sin el consentimiento del editor.

Responsible for editing / Responsable de la edición

Lourdes Morquecho-Escamilla

Cover design / Diseño de portada

Eliseo Sánchez-Gallegos

Cover illustration / Ilustración de la portada

Gymnodinium catenatum

Phase contrast microscopy / Microscopía de contraste de fases

Lourdes Morquecho-Escamilla

Inside graphic design / Diseño gráfico interior

Gerardo Rafael Hernández-García

For bibliographic purposes, this document should be cited as follows: / Con fines bibliográficos, este texto debe ser citado como:

Morquecho-Escamilla, L., Reyes-Salinas, A., Okolodkov, Y.B., 2016. Illustrated taxonomic guide of the Marine Dinoflagellate Collection (CODIMAR) / Guía taxonómica ilustrada de la Colección de Dinoflagelados Marinos (CODIMAR). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. x+147 p.

ISBN: 978-607-7634-20-1

Printed in Mexico / Impreso en México

Prologue

Harmful Algal Blooms (HAB) cause significant impacts on coastal resources all over the world. Mexico is no exception. This country is subject to recurring events of toxin accumulation in shellfish, mass mortalities of fish, and in extreme cases, mortalities of sea birds and mammals and even human victims.

Mexico is a large country with over 11,000 km of continental coast. It has a rich variety of ecosystems distributed between its two watersheds: the western watershed, with the Gulf of California and the open Pacific coast and the eastern watershed, with the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. These systems harbour a great diversity of microalgae including species characteristic of tropical waters, such as the dangerous producer of Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) toxins, *Pyrodinium bahamense*, and benthic dinoflagellates (*Gambierdiscus* species) agents of Ciguatera in the Caribbean and on the southern Pacific coast, as well as warm-temperate water species (some *Dinophysis* spp., *Lingulodinium polyedra* and *Gymnodinium catenatum*) in the upwelling region off Baja California.

HABs are a global phenomenon, but each region presents a unique ensemble of hydroclimatic conditions and diversity of strains which require species- and site-specific studies. Blooms are seldom monospecific, and the harmful species may represent only a small fraction of the global microalgal community, conditions that hamper advances of species-specific studies. Difficulties to establish monoalgal cultures of the target species often constitute the bottle neck to research progress. Success in the establishment of a species culture is the key to opening doors to further studies, of taxonomy, genetics, toxinology and pigment analyses, to characterize the species; physiology; toxic effects on other organisms; to advanced studies of genomics, proteomics and semi-automated quantification of HAB species with DNA chips.

Pioneers in the study of harmful algae at the Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), unit of La Paz, Baja California Sur,

Prólogo

Las Floraciones Algales Nocivas (FAN) causan considerables impactos en los recursos costeros a escala global. México no es una excepción, siendo habitual el registro cada año de episodios diversos de acumulación de toxinas en los moluscos, muertes masivas de peces, y en años extremos, mortandades de aves y mamíferos marinos, e incluso víctimas humanas.

México es un gran país con más de 11,000 km de costa continental. Presenta una rica variedad de ecosistemas repartidos en sus dos vertientes: la vertiente oeste, con el Golfo de Baja California y el océano Pacífico, y la este, con el Golfo de México y el Mar Caribe. En estos sistemas se presenta una gran diversidad de microalgas que incluye especies típicas de aguas tropicales, como el temible productor de toxinas paralizantes (PSP), *Pyrodinium bahamense* o especies bentónicas del género *Gambierdiscus*, agentes de Ciguatera en el Caribe y en la costa Pacífica sur, así como especies de aguas cálido-templadas (ciertas *Dinophysis* spp., *Lingulodinium polyedra* y *Gymnodinium catenatum*) en la zona de surgencias de Baja California.

Las FAN son un fenómeno global, pero cada región presenta sus características hidroclimáticas y su variedad de cepas que requieren estudios específicos de especie y de localidad. Las floraciones en el medio natural raras veces son mono-específicas, o incluso la especie problema puede representar una pequeña fracción de la comunidad fitoplanctónica global, lo que dificulta los avances en los estudios específicos de especie. Las dificultades para establecer cultivos monoalgales de las especies problema es a menudo el cuello de botella que impide los avances en su investigación. Quien consigue establecer el cultivo de una especie, consigue la llave que le abre las puertas para multitud de estudios futuros, desde la caracterización taxonómica, toxinológica, pigmentaria y genética; la fisiología; los efectos en otros organismos (toxicología); hasta los más avanzados estudios de genómica y proteómica o la preparación de chips de ADN para la identificación y cuantificación de especies con métodos semiautomáticos.

were aware long ago of the importance of establishing a culture collection of harmful algae. This task requires a great deal of enthusiasm to start with, and long-term dedication to maintain. Our Mexican colleagues have overcome all difficulties, and their efforts, started in the late 90's, have been fruitful. The Colección de Dinoflagelados Marinos (CODIMAR) was formally established at the CIBNOR in 2004. Since its early days, this collection has been maintained with a vocation of service to other Mexican HAB experts and exchange of material with other international centres. New strains from Cuba were recently added to CODIMAR. It will be very encouraging if this indicates the beginning of an expansion of the collection to include strains from neighbouring countries with difficulties to establish their own cultures.

With this guide, the authors are pleased to offer an account of the research results attained using strains from CODIMAR. Following a general introduction, the guide presents a systematic account of most of the species causing harmful events in México. For each species, the guide provides a detailed morphological description (illustrated with excellent micrographs), their precise harmful effects, as well as additional information, mainly obtained with culture experiments, on their biology, ecology and toxicology. The information is up to date, and includes accounts of controversial matters concerning species designations and purported harmful effects which have not been unambiguously proved. The bilingual edition, in English and Spanish, is a great added value. There is no doubt this guide will be of great use to HAB experts, in particular those from Central America, the Caribbean and adjacent regions.

Beatriz Reguera

Research Professor

Instituto Español de Oceanografía (IEO)

Centro Oceanográfico de Vigo

Las primeras expertas dedicadas al estudio de algas nocivas en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), unidad de La Paz, Baja California Sur, fueron conscientes de la importancia de la creación de una colección de microalgas nocivas. Eso requiere un gran entusiasmo para iniciarla y un gran sacrificio y tesón posterior para mantenerla. Las colegas mexicanas supieron superar las dificultades y los esfuerzos iniciados a finales de los 90 dieron su fruto. En el año 2004 se establecía formalmente la Colección de Dinoflagelados Marinos (CODIMAR) en el CIBNOR, que desde sus comienzos ha tenido una clara vocación de servicio a otros expertos mexicanos y de intercambio de material con otros centros internacionales. La colección incluye ahora algunas cepas de las costas de Cuba. Sería excelente si esto fuera el comienzo de la inclusión de cepas de otros países adyacentes con mayores dificultades para establecer sus propias colecciones.

Esta guía refleja el orgulloso relato de sus autores sobre los resultados de investigaciones llevadas a cabo con cepas de la CODIMAR. Tras una introducción general, la guía nos presenta una colección de fichas sobre la mayor parte de especies causantes de eventos nocivos en México. Cada ficha incluye una detallada descripción morfológica (acompañada de excelentes microfotografías) de las especies, del impacto preciso que han causado, así como información adicional sobre su biología, ecología y toxicología obtenida en gran parte con el uso de cultivos. La información está muy bien actualizada y contrastada, presentando los casos controvertidos de designación taxonómica o de efectos negativos de ciertas especies no probados de forma fehaciente. Su edición bilingüe (castellano e inglés) supone un gran valor añadido. Sin duda, será una guía de utilidad para los estudiosos de las microalgas nocivas, en especial para los de la región del Caribe y mares adyacentes.

Beatriz Reguera

Profesor de Investigación

Instituto Español de Oceanografía (IEO)

Centro Oceanográfico de Vigo

Abstract

This bilingual guide brings together a review of 26 scientific articles (2003–2015) that contain information on some strains of the *Marine Dinoflagellate Collection* (CODIMAR, by its Spanish acronym), and illustrates, using file cards and photographic sheets, taxonomic and morphological characteristics of 26 species of the genera *Akashiwo*, *Alexandrium*, *Ceratium*, *Cochlodinium*, *Coolia*, *Gymnodinium*, *Lingulodinium*, *Ostreopsis*, *Pentaparsodinium*, *Protoceratium*, *Pyrodinium*, *Pyrophacus*, *Scrippsiella* and *Vulcanodinium*. The strains were isolated mainly from the southern Gulf of California; however, most species that comprise the collection have a wide geographical distribution. Some can cause harmful effects or produce toxins, thus having a direct impact on human and environmental health, as well as on economic activities such as fishing, aquaculture and tourism. The file cards, complemented with plates that include 211 micrographs, describe major taxonomic and morphological dinoflagellate characteristics. Updated information on biological, ecological and geographical distribution aspects, and harmful effects and/or toxicity, if any, are also included. The guide will serve as a reference document for researchers, instructors, technicians and students interested in the study of marine dinoflagellates.

Resumen

Esta guía bilingüe reúne una revisión de 26 artículos científicos (2003-2015) que contienen información sobre algunas de las cepas de la *Colección de Dinoflagelados Marinos (CODIMAR)*, e ilustra, mediante fichas y láminas fotográficas, las características taxonómicas y morfológicas de 26 especies de los géneros *Akashiwo*, *Alexandrium*, *Ceratium*, *Cochlodinium*, *Coolia*, *Gymnodinium*, *Lingulodinium*, *Ostreopsis*, *Pentaparsodinium*, *Protoceratium*, *Pyrodinium*, *Pyrophacus*, *Scrippsiella* y *Vulcanodinium*. Las cepas fueron aisladas principalmente del sur del Golfo de California; sin embargo, la mayoría de las especies que componen el acervo presentan una amplia distribución geográfica. Algunas pueden causar efectos dañinos o producir toxinas, lo que ejerce un impacto negativo en la salud humana y ambiental, así como en actividades económicas como la pesca, la acuicultura y el turismo. Las fichas, complementadas con láminas que agrupan 211 fotografías, describen las principales características taxonómicas y morfológicas de los dinoflagelados. También se incluye información actualizada sobre aspectos biológicos, ecológicos, de distribución geográfica y, si es el caso, efectos dañinos y/o toxicidad. Esta guía servirá como un documento de referencia para investigadores, profesores, técnicos y estudiantes interesados en el estudio de los dinoflagelados marinos.

Contents / Contenido

Introduction / Introducción	1
Geographic scope / Cobertura geográfica	3
Localities / Localidades	3
Bahía Concepción	3
Isla San José	5
Bahía de La Paz	5
Bahía de Mazatlán	6
Jaimanitas	7
Curatorial practices / Prácticas curatoriales	7
Application of CODIMAR strains for HAB research / Uso de las cepas de la CODIMAR para la investigación sobre FAN	8 / 9
Toxicological characterization of <i>Gymnodinium catenatum</i> strains / Caracterización toxicológica de las cepas de <i>Gymnodinium catenatum</i>	9
Harmful effects of toxic dinoflagellates / Efectos dañinos de los dinoflagelados tóxicos	11
Taxonomy / Taxonomía	14 / 15
Growth kinetics / Cinética de crecimiento	17 / 18
Sexuality and reproduction / Sexualidad y reproducción	18 / 20
Control and mitigation of HAB / Control y mitigación de FAN	18 / 20
References / Referencias	21
Species descriptions / Descripción de las especies	25
Gonyaulacales	27
<i>Alexandrium margalefii</i>	29
<i>Alexandrium tamiyavanichii</i>	33
<i>Ceratium balechii</i>	37
<i>Coolia monotis</i>	41
<i>Lingulodinium polyedra</i>	45
<i>Ostreopsis</i> cf. <i>ovata</i>	49
<i>Protoceratium globosum</i>	53
<i>Protoceratium reticulatum</i>	57
<i>Pyrodinium bahamense</i>	61
<i>Pyrophacus horologium</i>	65
Gymnodiniales	69
<i>Akashiwo sanguinea</i>	71
<i>Cochlodinium fulvescens</i>	75
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	79
<i>Gymnodinium catenatum</i>	83
Peridinales	87
<i>Pentaparsodinium dalei</i>	89
<i>Scrippsiella spinifera</i>	95
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	99

<i>Vulcanodinium rugosum</i>	105
Prorocentrales	109
<i>Prorocentrum belizeanum</i>	111
<i>Prorocentrum compressum</i>	115
<i>Prorocentrum cf. concavum</i>	119
<i>Prorocentrum lima</i>	123
<i>Prorocentrum maculosum</i>	127
<i>Prorocentrum micans</i>	131
<i>Prorocentrum minimum</i>	135
<i>Prorocentrum rathymum</i>	139
Basic glossary of taxonomic terms / Glosario básico de términos taxonómicos	143

Introduction

Harmful algal blooms (HABs) are increasing on a global scale (Smayda 1990, Hallegraeff 1993, Glibert et al. 2005) affecting human and environmental health, as well as economic activities such as fishing, aquaculture and tourism (Landsberg 2002, Zingone & Enevoldsen 2000, Masó & Garcés 2006). To predict and minimize the effects of HABs, UNESCO has created interdisciplinary research programs to define biological and adaptive characteristics that determine when and where they occur and if they produce harmful effects (GEOHAB 2011). To achieve this objective, it is necessary to isolate and maintain strains of harmful microalgae and establish a reference collection.

There are approximately 154 species of microalgae recognized as harmful (Moestrup et al. 2009), of which 56% are represented by marine dinoflagellates. However, their ecological importance as primary producers and modulators of the functioning of marine ecosystems should not be overlooked. Marine microalgae contribute to approximately 50% of global photosynthetic activity (Field et al. 1998), affect the abundance and diversity of other marine organisms, and set the upper limits to fishery yields (Pauly & Christensen 1994). Also, they have a major influence on the climate (Murtugudde et al. 2002) and biogeochemical cycles on a global scale (Sabine et al. 2004). In addition, microalgal metabolism is adapted for inhabiting a wide range of extreme habitats, due to its capacity to produce a wide array of secondary metabolites (Day et al. 1999), some of them toxic. The phytochemical properties of these metabolites are of considerable biotechnological value (Jha & Zi-rong 2004, García-Camacho et al. 2007, Villa & Gerwick 2010, Gallardo-Rodríguez et al. 2012).

As algae have a unique status in terms of their environmental importance and because their phytochemical production capabilities are considerable, it is imperative that algal diversity be protected with complementary *ex situ* conservation methods (Day et al. 1999). Scientific collections shelter more than 300 years of systematic work around the world, more

Introducción

Los florecimientos algales nocivos (FAN) se están incrementando a escala global (Smayda 1990, Hallegraeff 1993, Glibert et al. 2005) afectando la salud humana y ambiental, así como actividades económicas, como las pesquerías, la acuicultura y el turismo (Landsberg 2002, Zingone & Enevoldsen 2000, Masó & Garcés 2006). Para predecir y minimizar el impacto de los FAN, entidades como la UNESCO han creado programas científicos interdisciplinarios con el propósito de identificar las características biológicas y de adaptación que determinan cuándo y cómo estos organismos se presentan y producen sus efectos dañinos (GEOHAB 2001). Para lograr este objetivo, es necesario aislar y mantener cepas de microalgas nocivas y establecer colecciones de referencia.

Si bien se reconocen como nocivas aproximadamente 154 especies de microalgas (Moestrup et al. 2009), de las cuales el 56% está representado por dinoflagelados, no se debe soslayar la importancia que tienen estos organismos como productores primarios y modulators de la funcionalidad del ecosistema marino. Las microalgas marinas contribuyen con el 50% de la actividad fotosintética global (Field et al. 1998), afectan la abundancia y diversidad de otros organismos marinos, y regulan los límites superiores del rendimiento de las pesquerías (Pauly & Christensen 1994). Además, ejercen una importante influencia sobre el clima (Murtugudde et al. 2002) y los ciclos biogeoquímicos a escala global (Sabine et al. 2004). Aunado a esto, el metabolismo de las microalgas está adaptado a un amplio rango de hábitats extremos, debido a su capacidad de producir una gran variedad de metabolitos (Day et al. 1999), algunos de ellos tóxicos. Las propiedades fitoquímicas de estos metabolitos son de un considerable valor biotecnológico (Jha & Zi-rong 2004, García-Camacho et al. 2007, Villa & Gerwick 2010, Gallardo-Rodríguez et al. 2012).

Debido a que las algas tienen un estatus único en lo relativo a su importancia ambiental y su considerable capacidad de producción fitoquímica, es imperativo que su diversidad

than 3,000 million specimens, and between 2 and 30 million species (Martínez-Meyer 2005). The development of other scientific disciplines, including systematics, biogeography, molecular biology and genomics has not only been possible thanks to the collections, but also force its progress by improving tissue preservation techniques, as well as the conformation of relevant biological data bases (Martínez-Meyer 2005).

For HAB research, it is usually desirable and often essential to obtain cultures of harmful or nuisance species from local infested waters to help the identification of the organisms and to determine the systematic position of previously unrecognized taxa (Guillard & Morton 2003). In addition, biochemical, toxicological and genetic characterization, as well as growth kinetics, life cycle and ultrastructural studies, can be conducted with strains (GEOHAB 2001, Guillard & Morton 2003).

Recognizing the great value of the biological collections and to support international and research agencies dealing with HABs, in 2000 we established the *Colección de Dinoflagelados Marinos (CODIMAR)* [Marine Dinoflagellate Collection], which was formally inaugurated and opened to researchers in February 2004 with a site hosted on the official website of the *Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, S.C. (CIBNOR)*, La Paz, Baja California Sur, Mexico (<http://www.cibnor.mx>, biological collections section).

The CODIMAR is formally recorded in the *Public and Private Registry for Museography and Scientific Collection of Wild Species* (code BCS-ALG-161-0104) and in the Registry of Service Providers marketing specimens, parts, and derivatives of wildlife (code SGPA-DGVS-COM-081-D.F.) of the *Ministry of the Environment and Natural Resources of Mexico*. In 2014, we finished the task of archiving the database (project JC006) to formalize registration of CODIMAR in the *National Biodiversity Information System* of the *National Commission for the Knowledge and Use of Biodiversity (CONABIO)*, by its Spanish acronym) of Mexico as an agency that supports the maintenance of scientific collections of pests that affect human health. The funding received for this project has helped to improve the curatorial quality of strains and to renew infrastructure, thus ensuring the operation of CODIMAR for the next decade.

At present, the collection includes the most harmful dinoflagellate species of Mexico (Table

se proteja con métodos complementarios de conservación *ex situ* (Day et al. 1999). Alrededor del mundo las colecciones científicas albergan más de 300 años de trabajo sistemático, más de 3,000 millones de especímenes, y entre 2 a 30 millones de especies (Martínez-Meyer 2005). El desarrollo de otras disciplinas científicas, incluidas la sistemática, biogeografía, biología molecular y genómica, no solo ha sido gracias a las colecciones, sino también al perfeccionamiento de las técnicas de preservación de tejidos y a la creación de relevantes bases de datos biológicas (Martínez-Meyer 2005).

Para la investigación sobre FAN, es usualmente deseable y frecuentemente esencial obtener cultivos de las especies nocivas de las localidades que infestan, para facilitar su identificación y lo más importante, para determinar la posición sistemática de organismos aún no caracterizados o desconocidos (Guillard & Morton 2003). La caracterización bioquímica, toxicológica y genética, así como estudios sobre cinética del crecimiento, ciclo de vida y morfología ultraestructural, también pueden llevarse a cabo con el uso de cepas (GEOHAB 2001, Guillard & Morton 2003).

Reconociendo el gran valor de las colecciones biológicas y con el objetivo de apoyar a las agencias internacionales de investigación que abordan el tema de los FAN, iniciamos en el 2000 el establecimiento de la *Colección de Dinoflagelados Marinos (CODIMAR)*, la cual fue formalmente inaugurada y puesta en marcha en febrero de 2004 con un sitio en Internet alojado en la página oficial del *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)* (<http://www.cibnor.mx>, sección colecciones biológicas).

La CODIMAR está formalmente registrada en el *Padrón de Colecciones Científicas y Museográficas Públicas o Privadas de Especímenes Silvestres* (clave BCS-ALG-161-0104) y en el *Padrón de Prestadores de Servicios vinculados con la comercialización de ejemplares, partes y derivados de la vida silvestre* (clave SGPA-DGVS-COM-081-D.F.) de la *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. En 2014 se concluyó el trabajo de computarización del acervo (proyecto JC006) para formalizar su registro en el *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)* de la *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)*, bajo la modalidad de colecciones científicas de plagas que afecten la salud humana. El financiamiento recibido con este proyecto permitió mejorar la calidad de curación del acervo y renovar la infraestructura,

I, p. 8), as well as several toxic species registered in the *IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae* (Moestrup et al. 2009). In addition, with technical assistance provided by a former student, the collection has several strains collected from the northwestern coast of Cuba.

The CODIMAR is housed in a new facility that is a part of the *Laboratory of Taxonomy and Ecophysiology of Marine Microalgae* of CIBNOR (campus La Paz, B.C.S., Mexico). The main function of the collection is to provide dinoflagellate strains to the national and international scientific and academic community for research and education.

Twelve years on from the opening of CODIMAR, this illustrated guide aims to compile scientific information that has been generated with the use of the strains, as well as integrate illustrated file cards of the species that make up the collection, complemented with taxonomic, biological, ecological and biogeographic information.

Geographic scope

CODIMAR primarily contains marine dinoflagellates (Dinophyceae) isolated from the Gulf of California in Mexico (Figure 1) and from northwestern Cuba.

Localities

Bahía Concepción

Bahía Concepción (26° 39' 39" N, 111° 48' 58" W) is located on the central east coast of the Gulf of California (Figure 1); it is approximately 40 km long and 9.5 km in its widest part (Obeso-Nieblas et al. 2012). It is a semi-enclosed and shallow bay with a 30 m deep channel located in the northwestern portion and with a mixed semi-diurnal tidal regime (Obeso-Nieblas et al. 1996). Hydrological conditions range from homogeneous and temperate in autumn and winter (16–20°C) to stratified and warm during spring and summer (28–32°C), apparently separated by two short transition periods (Lechuga-Devéze et al. 2000, López-Cortés et al. 2003, Morquecho & Lechuga-Devéze 2004, Obeso-Nieblas et al. 2012). The thermocline, halocline and pycnocline are more pronounced in spring (Obeso-Nieblas et al. 2012). Nutrient concentrations increase with depth during the stratification period (López-Cortés et al. 2003); below 10–15 m phosphate and silicate

lo que garantiza la operatividad de la CODIMAR en el mediano plazo.

Actualmente, el acervo de la colección está constituido por las especies más nocivas de México (Tabla I, p. 8), así como por varias especies tóxicas registradas en la *Lista Taxonómica de Referencia de Micro Algas Nocivas* de la *Comisión Oceanográfica Intergubernamental* de la UNESCO (Moestrup et al. 2009). Asimismo, como resultado de la asistencia técnica que se le dio a una egresada del posgrado del CIBNOR, se cuenta con varias cepas aisladas de una localidad ubicada en el litoral noroccidental de Cuba.

La CODIMAR recientemente se reubicó en nuevas instalaciones y forma parte del *Laboratorio de Taxonomía y Ecofisiología de Microalgas Marinas* del CIBNOR (unidad La Paz, B.C.S., México). Su función primordial es la de proveer cultivos de dinoflagelados a la comunidad científica y académica nacional e internacional, para que sean utilizados en investigación y enseñanza.

A doce años de la apertura de CODIMAR, este documento tiene como objetivo recopilar la información científica que se ha generado con el uso de las cepas, e integrar fichas ilustradas de las especies que componen la colección, complementadas con información taxonómica, biológica, ecológica y biogeográfica.

Cobertura geográfica

La CODIMAR está constituida primordialmente por dinoflagelados (Dinophyceae) marinos aislados del Golfo de California (Figura 1) y del Noroeste de Cuba.

Localidades

Bahía Concepción

Bahía Concepción (26° 39' 39" N, 111° 48' 58" O) se localiza en la costa este central del Golfo de California (Figura 1), tiene aproximadamente 40 km de largo y 9.5 km en su parte más ancha (Obeso-Nieblas et al. 2012). Es una bahía semicerrada y somera, en su porción noreste tiene un canal de 30 m de profundidad y desarrolla un régimen de marea mixto semidiurno (Obeso-Nieblas et al. 1996). Las condiciones hidrológicas de la columna de agua varían de homogénea y templada en otoño e invierno (16–20°C), a estratificada y cálida durante primavera y verano (28–32°C); aparentemente ambas condiciones están separadas por dos periodos cortos de transición (Lechuga-Devéze

Species descriptions

The bilingual illustrated file cards of the species that comprise the CODIMAR are integrated with updated information on their taxonomy, biology, ecology, geographic distribution, and if this is the case, their harmful effects. The Kofoidian plate tabulation was followed for armored species plate designation (Kofoid 1909, Balech 1980). The majority of the morphometric data, both motile forms and cysts, were measured with specimens in the collection. Abbreviations used in the file cards and plates are defined in table V.

The International Code of Nomenclature (McNeill et al. 2012) was followed for the taxonomical treatment of species names; basionyms and synonyms, if any, are included. The names of the taxonomic authorities were standardized and abbreviated according to Brummitt & Powell (1992) and the botanist's index of Harvard University Herbaria (HUH) (http://kiki.huh.harvard.edu/databases/botanist_index.html).

Descripción de las especies

Las fichas taxonómicas ilustradas bilingües de las especies que componen a la CODIMAR están integradas con información actualizada sobre taxonomía, biología, ecología, distribución geográfica, y si es el caso, sobre los efectos nocivos. Para designar las placas en las especies de dinoflagelados tecados, se siguió la tabulación Kofoidiana (Kofoid 1909, Balech 1980). La mayoría de los datos morfométricos, tanto de las formas móviles como quísticas, fueron medidos con especímenes de la colección. Las abreviaciones usadas en las fichas y láminas están definidas en la tabla V.

Se siguió el Código Internacional de Nomenclatura (McNeill et al. 2012) para el manejo taxonómico del nombre de las especies; si es el caso, se incluyen basiónimos y sinónimos. Los nombres de las autoridades taxonómicas fueron abreviados considerando el catálogo de Brummitt & Powell (1992) y el índice de botánicos del Harvard University Herbaria (HUH) (http://kiki.huh.harvard.edu/databases/botanist_index.html).

Table V. Meaning of the abbreviations used in the illustrated file cards.

Locality	Morphology	Microscopy
BACO= Bahía Concepción	<i>a</i> = auxiliary pore	LM-bf= light microscopy, brightfield
BAMAZ= Bahía de Mazatlán	<i>bi</i> = intercalary band	LM-epi= light microscopy, epifluorescence
	<i>c</i> = cingulum	LM-pc= light microscopy, phase contrast
	<i>ca</i> = apical horn	SEM= scanning electron microscopy
	<i>cad</i> = right antapical horn	
	<i>cai</i> = left antapical horn	
	<i>Ea</i> = apical spine	
	<i>Ead</i> = right antapical spine	
	<i>Eai</i> = left antapical spine	
	<i>f</i> = flagellar pore	
	<i>F</i> = foramen	
	<i>N</i> = nucleus	
	<i>P</i> = pyrenoid	
	<i>pc</i> = connection pore	
	<i>Po</i> = apical pore plate	
	<i>Pv</i> = ventral pore	
	Rp = ridged plate	
	<i>S.a.</i> = anterior sulcal plate	
	<i>S.d.</i> = right sulcal plate	
	<i>S.p.</i> = posterior sulcal plate	
	<i>T</i> = transitional plate	
	Vp = ventral plate	
	<i>x</i> = canal plate	

Gonyaulacales



Alexandrium margalefii

Balech, 1994 (Trans. Amer. Microsc. Soc. 113, 2): 220, fig. 12–15.

Pl. (Lám.) 1, fig. 1–6.

Morphology

Vegetative stage: Cells subspherical, with a thin theca. Plate formula: $Po, x, 4', 6'', 6c, 9-10s(?), 5''', 2''''$. Po is oval, large, and irregular; in some cases part of the ventral half of the right margin can be almost straight or concave. Comma is large and has a relatively narrow flange on the left side where quite regular marginal pores can usually be seen. Plate 1' is disconnected from the Po . A ventral pore (Pv) is present in the anterior left corner of plate 1' and is delimited by both plates 1' and 4' (Balech 1995). The species is clearly differentiated from other species that have the 1' plate positioned away from Po .

Resting cyst: Spherical and covered with mucilage. Cytoplasm with clear granular contents and a yellow accumulation body (Hallegraeff et al. 1991, Morquecho & Lechuga-Devéze 2003).

Size

Vegetative stage: 28–36 μm long, 31–40 μm wide.

Resting cyst: 30 μm in diameter (Morquecho & Lechuga-Devéze 2003).

Life form: Solitary cells.

Biological note: Capable of rapid excystment (Morquecho & Lechuga-Devéze 2003, Tiffany et al. 2007). Nucleus is large, with a higher rDNA copy number; genome size content 169.0 ± 3.21 pg DNA per vegetative cell (Figuerola et al. 2014).

Ecological note: In early 2006, *A. margalefii* developed a bioluminescent massive bloom in association with *Prymnesium* sp. ($50,100$ cells mL^{-1}) in the Salton Sea, a salt lake in southern California (Tiffany et al. 2007).

Morfología

Estadio vegetativo: Células subesféricas, con teca delgada. Fórmula de la teca: $Po, x, 4', 6'', 6c, 9-10s(?), 5''', 2''''$. Po es oval, alargada e irregular; en ocasiones la mitad ventral del margen derecho puede ser casi recta o cóncava. La coma es larga con un reborde relativamente angosto sobre el lado izquierdo y donde se ubican los poros marginales. La placa 1' no se conecta con Po . Hay un poro ventral (Pv) en el margen anterior izquierdo de la placa 1' que está delimitado por esta y la placa 4' (Balech 1995). La especie se diferencia claramente de las otras especies que tienen la placa 1' apartada de Po .

Quiste de reposo: Esférico y cubierto con mucilago. El citoplasma es granular y posee un cuerpo de acumulación color amarillo (Hallegraeff et al. 1991, Morquecho & Lechuga-Devéze 2003).

Tamaño

Estadio vegetativo: 28–36 μm de largo, 31–40 μm de ancho.

Quiste de reposo: 30 μm de diámetro (Morquecho & Lechuga-Devéze 2003).

Forma de vida: Células solitarias.

Nota sobre biología: Posee una rápida capacidad de desenquistamiento (Morquecho & Lechuga-Devéze 2003, Tiffany et al. 2007). El núcleo es grande, con un elevado número de copias de rADN; cada célula vegetativa posee un contenido genómico de 169.0 ± 3.21 pg ADN (Figuerola et al. 2014).

Nota sobre ecología: A principios de 2006, *A. margalefii* desarrolló un florecimiento masivo bioluminiscente en asociación con *Prymnesium* sp. en el lago salado Salton Sea, al sur de California (Tiffany et al. 2007).

Habitat and distribution: Meroplanktonic. Widely distributed from temperate to subtropical waters: Mediterranean Sea (Balech 1994, Penna et al. 2008), Australia (Hallegraeff et al. 1991), Gulf of California, Mexico (Band-Schmidt et al. 2003, Morquecho & Lechuga-Devéze 2003), Pacific coast of Russia (Selina et al. 2006). The ability to quickly excyst into viable vegetative populations may be one of the factors explaining its apparent geographical range expansion (Tiffany et al. 2007).

Harmful effects: Nontoxic; however, it has been reported to produce an ichthyotoxic substance that could cause massive fish mortalities (Hallegraeff et al. 1991).

Plate 1: LM-pc. Scale= 20 µm. (1) Cell in ventral view, with rounded epitheca and hypotheca. (2) Theca in ventral view; arrow indicates ventral pore (*Pv*). (3) Dissected theca in ventral view showing apical plate 1', and precingular 6"; arrow indicates *Pv*. (4-5) Epitheca with *Po*, *Pv*, apical (1', 2', 3', 4'), and precingular (4'', 5'', 6'') plates. (6) Hypotheca.

Hábitat y distribución: Meroplanctónica. Ampliamente distribuida en aguas templadas y subtropicales: Mar Mediterráneo (Balech 1994, Penna et al. 2008), Australia (Hallegraeff et al. 1991), Golfo de California, México (Band-Schmidt et al. 2003, Morquecho & Lechuga-Devéze 2003), costas del Pacífico de Rusia (Selina et al. 2006). Su capacidad de exquistamiento y de transformarse rápidamente en forma vegetativa viable, quizás sea uno de los factores que puedan explicar su aparente expansión geográfica (Tiffany et al. 2007).

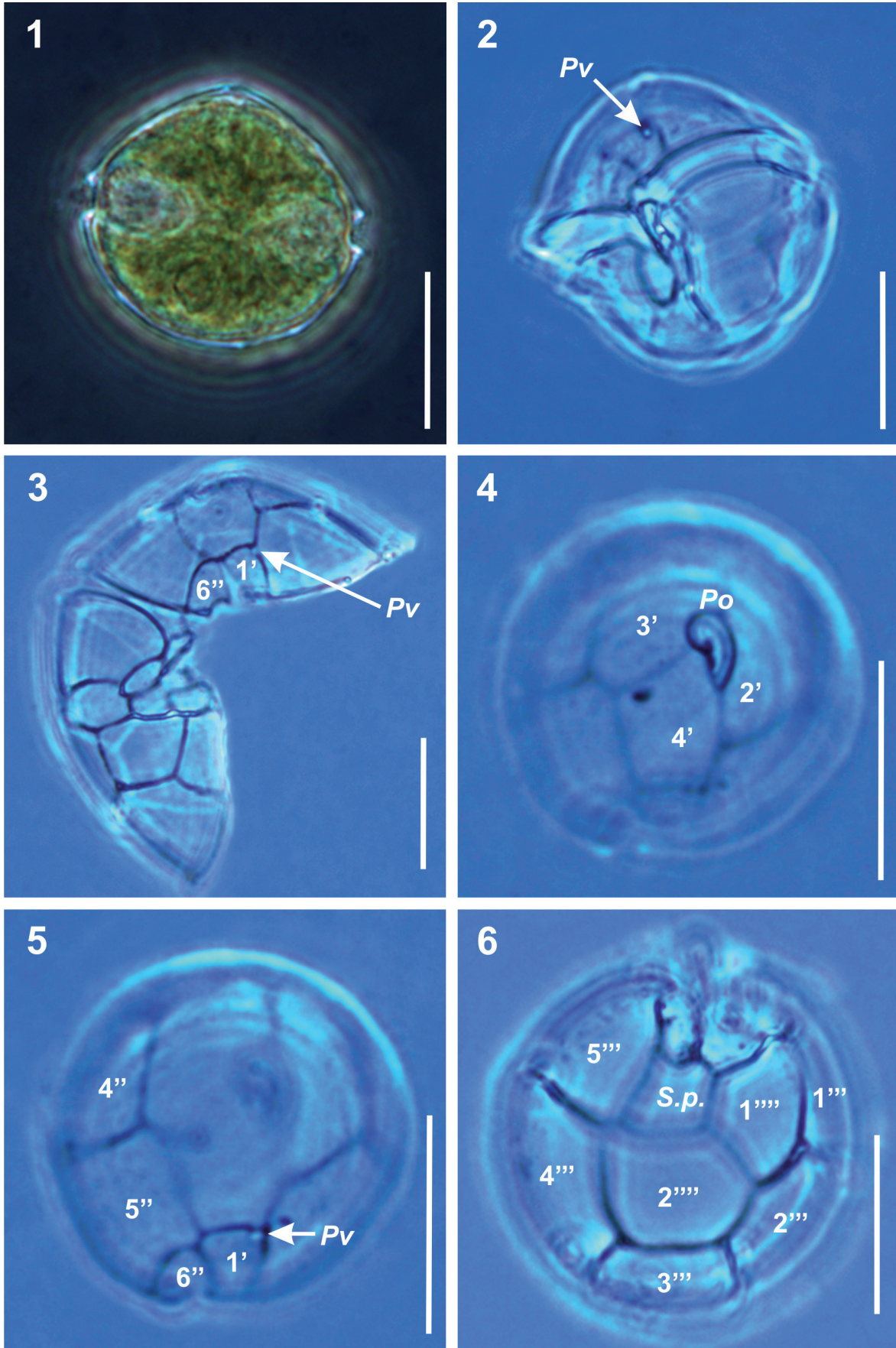
Efectos dañinos: No tóxica; sin embargo existe un reporte que indica que esta especie produce una sustancia ictiotóxica que podría ocasionar mortandades masivas de peces (Hallegraeff et al. 1991).

Lámina 1: MF-cf. Escala= 20 µm. (1) Célula en vista ventral con epitheca e hipoteca redondeada. (2) Teca en vista ventral; la flecha indica el poro ventral (*Pv*). (3) Teca disectada en vista ventral mostrando la placa apical 1' y la precingular 6'', la flecha indica *Pv*. (4-5) Epiteca con *Po*, *Pv*, y placas apicales (1', 2', 3', 4') y precingulares (4'', 5'', 6''). (6) Hipoteca.

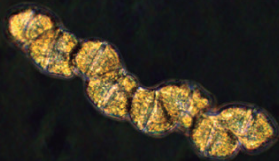
References / Referencias

- Balech, E., 1994. Three new species of the genus *Alexandrium* (Dinoflagellata). *Trans. Amer. Microsc. Soc.* 113: 216-220.
- Balech, E., 1995. *The Genus Alexandrium Halim (Dinoflagellata)*. Sherkin Island Marine Station, Ireland. iii + 151 pp.
- Band-Schmidt, C.J., Lilly, E.L. & Anderson, D.M., 2003. Identification of *Alexandrium affine* and *A. margalefii* (Dinophyceae) using DNA sequencing and LSU rDNA-based RFLP-PCR assays. *Phycologia* 42: 261-268.
- Figueroa, R.I., Cuadrado, A., Stüken, A., Rodríguez, F. & Fraga, S., 2014. Ribosomal DNA organization patterns within the dinoflagellate genus *Alexandrium* as revealed by FISH: life cycle and evolutionary implications. *Protist* 165: 343-363.
- Hallegraeff, G.M., Bolch, C.J., Blackburn, S.I. & Oshima, Y., 1991. Species of the toxigenic dinoflagellate genus *Alexandrium* in southern Australian waters. *Bot. Mar.* 34: 575-587.
- Morquecho, L. & Lechuga-Devéze, C.H., 2003. Dinoflagellate cysts in recent sediments from Bahía Concepción, Gulf of California. *Bot. Mar.* 46: 132-141.
- Penna, A., Fraga, S., Masó, M., Giacobbe, M.G., Bravo, I., Garcés, E., Vila, M., Bertozzini, E., Adreoni, F., Lugliè, A. & Vernesi, C., 2008. Phylogenetic relationships among the Mediterranean *Alexandrium* (Dinophyceae) species based on sequences of 5.8S gene and Internal Transcript Spacers of the rRNA operon. *Eur. J. Phycol.* 43: 163-178.
- Selina, M.S., Konovalova, G.V., Morozova, T.V. & Orlova, T.Y., 2006. Genus *Alexandrium* Halim, 1960 (Dinophyta) from the Pacific Coast of Russia: species composition, distribution, and dynamics. *Russ. J. Mar. Biol.* 32: 321-332.
- Tiffany, M.A., Wolny, J., Garrett, M., Steidinger, K. & Hurlbert, S.H., 2007. Dramatic blooms of *Prymnesium* sp. (Prymnesiophyceae) and *Alexandrium margalefii* (Dinophyceae) in the Salton Sea, California. *Lake Reserv. Manage.* 23: 620-629.

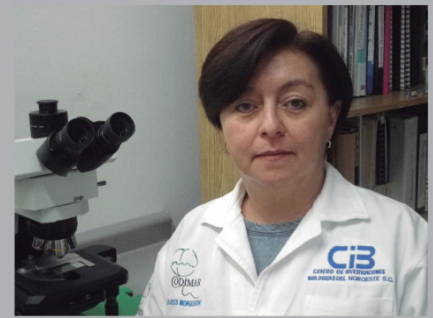
Plate / Lámina 1



This bilingual guide illustrates, using file cards and original photographic sheets, taxonomic and morphological characteristics of 26 dinoflagellate species that were isolated mainly from the southern Gulf of California and partly from Cuban coastal waters. It brings together a review of 26 scientific articles that contain information on some strains of the *Marine Dinoflagellate Collection* (CODIMAR), La Paz, Baja California Sur, Mexico. The genera represented are: *Akashiwo*, *Alexandrium*, *Ceratium*, *Cochlodinium*, *Coolia*, *Gymnodinium*, *Lingulodinium*, *Ostreopsis*, *Pentapharsodinium*, *Prorocentrum*, *Protoceratium*, *Pyrodinium*, *Pyrophacus*, *Scrippsiella* and *Vulcanodinium*. Updated information on biological, ecological and geographical distribution aspects, as well as harmful effects and/or toxicity, are also included.



Esta guía bilingüe ilustra, mediante fichas y láminas fotográficas originales, las características taxonómicas y morfológicas de 26 especies de dinoflagelados aislados principalmente del sur del Golfo de California y parcialmente de las aguas costeras de Cuba. Reúne una revisión de 26 artículos científicos que contienen información sobre algunas de las cepas de la *Colección de Dinoflagelados Marinos* (CODIMAR), La Paz, Baja California Sur, México. Los géneros representados son: *Akashiwo*, *Alexandrium*, *Ceratium*, *Cochlodinium*, *Coolia*, *Gymnodinium*, *Lingulodinium*, *Ostreopsis*, *Pentapharsodinium*, *Prorocentrum*, *Protoceratium*, *Pyrodinium*, *Pyrophacus*, *Scrippsiella* y *Vulcanodinium*. También se incluye información actualizada sobre aspectos biológicos, ecológicos, de distribución geográfica y efectos dañinos y/o toxicidad.



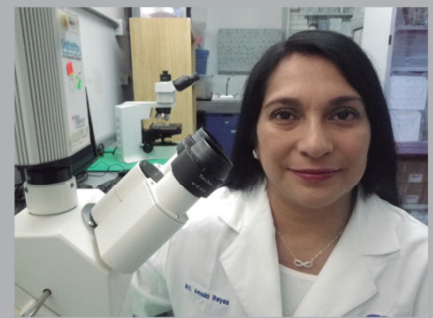
Dr. Lourdes Morquecho-Escamilla

Research Scientist

Centro de Investigaciones

Biológicas del Noroeste, S.C.

La Paz, B.C.S., México



M.Sc. Amada Reyes-Salinas

Laboratory Assistant

Centro de Investigaciones

Biológicas del Noroeste, S.C.

La Paz, B.C.S., México



Dr. Yuri B. Okolodkov

Research Scientist

Instituto de Ciencias Marinas y

Pesquerías

Universidad Veracruzana

Boca del Río, Veracruz, México

ISBN: 978-607-7634-20-1



9 786077 634201