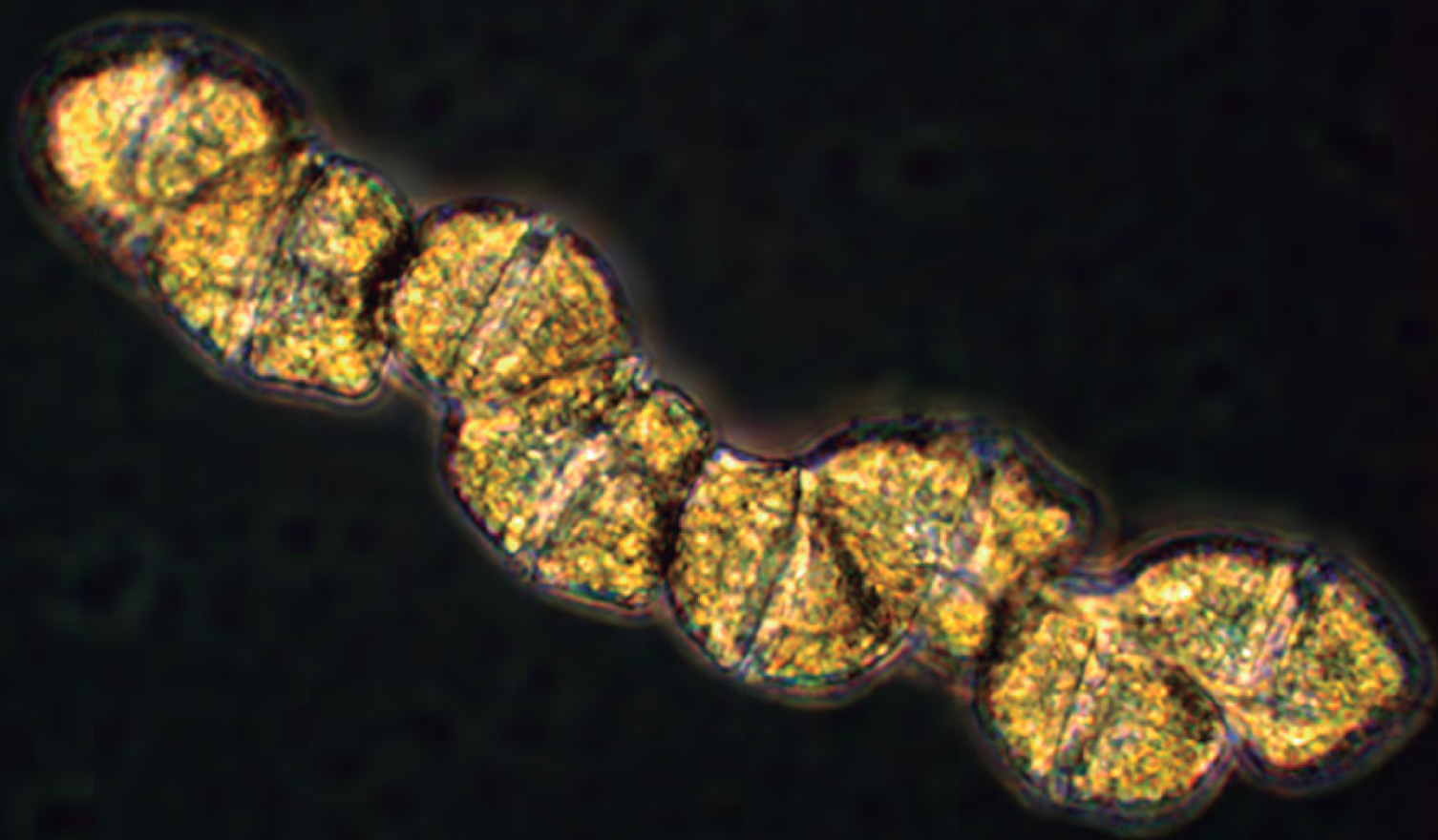




Illustrated Taxonomic Guide of the Marine Dinoflagellate Collection (CODIMAR)

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-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

Acknowledgments

We acknowledge the financial support granted by Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), La Paz, Baja California Sur, Mexico, for the editing and printing of this book. We are grateful to the Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Mexico City, Mexico, for financing the JC006 project (2011-2014). Special thanks are due to Beatriz Reguera (Instituto Español de Oceanografía - IEO, Vigo, Spain) for the prologue and her helpful suggestions and comments. Ariel Cruz-Villacorta (Electron Microscopy Laboratory, CIBNOR), Dora A. Huerta-Quintanilla and Ana R. Cristóbal-Ramos (National Laboratory for the Study of Nano- and Biomaterials, CINVESTAV-IPN, Mérida, Yucatán, Mexico) provided technical support by taking scanning electron micrographs. Part of the SEM work was possible due to Patricia Quintana-Owen (CINVESTAV-IPN) who led the FOMIX-Yucatán No. 108160 and CONACYT LAB 2009-01 infrastructure projects. Special thanks are due to Bertha O. Arredondo-Vega (Microalgae Biotechnology Laboratory, CIBNOR) for the support granted to CODIMAR. We are grateful to the Environmental Microbiology Laboratory (CIBNOR) for providing us a fluorescence microscope, to Rosalba Alonso-Rodríguez (ICMyL-UNAM, Mazatlán, Sinaloa, Mexico) and to Ismael Gárate-Lizárraga (CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, Mexico) for helping us with the literature. The authors thank Marcia M. Gowing (University of California at Santa Cruz, California, U.S.A.) and Olimpia Chong-Carrillo (Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico) for editing the English and Spanish versions of this guide. Finally, we are grateful to Gerardo Rafael Hernández-García (Scientific Extension and Broadcasting Department, CIBNOR) and Eliseo Sánchez-Gallegos (Department of Events, CIBNOR) for their contribution to the graphic design of this work.

Agradecimientos

Agradecemos al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), La Paz, Baja California Sur México, el apoyo financiero otorgado para la edición e impresión de este libro. Estamos agradecidos con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Cd. de México, México, por financiar el proyecto JC006 (2011-2014). Le damos un especial agradecimiento a Beatriz Reguera (Instituto Español de Oceanografía - IEO, Vigo, España) por el prólogo y sus convenientes comentarios y sugerencias. Ariel Cruz-Villacorta (Laboratorio de Microscopía Electrónica, CIBNOR), Dora A. Huerta-Quintanilla y Ana R. Cristóbal-Ramos (Laboratorio Nacional para el Estudio de Nano y Biomateriales, CINVESTAV-IPN, Mérida, Yucatán, México) brindaron apoyo técnico para la toma de micrografías con microscopía electrónica de barrido. Parte del trabajo de microscopía electrónica de barrido fue posible gracias a Patricia Quintana-Owen (CINVESTAV-IPN), quién lideró los proyectos de infraestructura FOMIX-Yucatán No. 108160 y CONACYT LAB 2009-01. Un especial agradecimiento a Bertha O. Arredondo-Vega (Laboratorio de Biotecnología de Microalgas, CIBNOR) por el apoyo otorgado a la CODIMAR. Agradecemos al Laboratorio de Microbiología Ambiental (CIBNOR) por facilitarnos el uso de un microscopio de epifluorescencia, a Rosalba Alonso-Rodríguez (ICMyL-UNAM, Mazatlán, Sinaloa, México) e Ismael Gárate-Lizárraga (CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México) por apoyarnos con material bibliográfico. Los autores les agradecen a Marcia M. Gowing (University of California en Santa Cruz, California, E.U.A.) y a Olimpia Chong-Carrillo (Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, Jalisco, México) la edición de las versiones en inglés y español de esta guía. Finalmente, le agradecemos a Gerardo Rafael Hernández-García (Departamento de Extensión y Divulgación Científica, CIBNOR) y a Eliseo Sánchez-Gallegos (Departamento de Eventos, CIBNOR) por su contribución en el diseño gráfico de esta obra.

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 monoespecíficas, 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 micrografías) 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

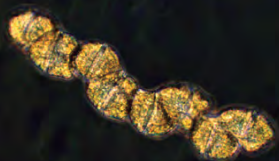
Esta guía bilingüe reúne una revisión de 26 artículos científicos (2003-2015) que contienen información sobre algunas de las cepas de la *Colección de Dinoflagelados Marinos* (CODIMAR), e ilustra, mediante fichas y láminas fotográficas, las características taxonómicas y morfológicas de 26 especies de 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 rhathymum</i>	139
Basic glossary of taxonomic terms / Glosario básico de términos taxonómicos	143

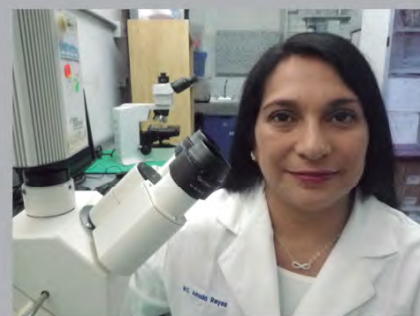
This bilingual guide illustrates, using file cards and original photographic sheets, taxonomic and morphological characteristics of 26 dinoflagellate species that were isolated mainly from the southern Gulf of California and partly from Cuban coastal waters. It brings together a review of 26 scientific 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