

MAREA ROJA

RED TIDE

Diana Frida de Lima-Mar
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Ciencias Químicas
Escribir para Divulgar
Correo electrónico: diana126fdqfb@hotmail.com

Resumen

Entre los fenómenos naturales que ocurren en las costas están las mareas rojas, producto de floraciones algáceas, también llamadas *blooms*, que son grandes cantidades de microalgas que pueden ser tóxicas o no. El crecimiento de estas microalgas se debe a condiciones favorables de pH, salinidad, viento, nutrientes, entre otras. Las floraciones algáceas nocivas (FAN) repercuten tanto en la salud como en la economía del sitio donde se producen. Los moluscos como almeja fina y chirla, berberecho, coquina, mejillón, navaja, ostra y vieira son especies que se alimentan principalmente de fitoplancton que son microalgas. Si los moluscos se alimentan de microalgas de tipo tóxico, éstos pueden acumular toxinas, que pueden llegar a ser ingeridas por personas y animales marinos al consumir estos moluscos, desarrollando síntomas nocivos para la salud que incluso podrían provocar la muerte (dependiendo del tipo de toxina y la dosis). Cuando se hacen análisis en las costas y se encuentra cantidades de microalgas que exceden la NOM-EM-005-SSA1-2001 de especificaciones sanitarias para el control de los moluscos bivalvos y otros moluscos expuestos a la marea roja, se declara veda sanitaria que prohíbe la pesca por un tiempo determinado en esa zona. Entre las principales toxinas están la paralizante, la neurotóxica y la ciguatérica. Esta última toxina altera específicamente el transporte del ión de sodio, provocando que se interrumpan procesos que hacen estable las funciones del organismo.

Palabras clave: Marea roja; Floraciones algáceas nocivas; Moluscos; Toxinas; Microalgas

Abstract

Among the natural phenomena that occur on coastal areas are red tides, which are the result of algal blooms, large quantities of microalgae that may be toxic or not. This microalgae growth occurs due to favorable conditions in pH level, salinity, wind, nutrients, among others. Harmful algal blooms (HAB) affect both the health conditions and the economy of the area where they

occur. Mollusks such as grooved carpet shell clams and round clams, cockles, wedge clams, mussels, razor clams, oysters, and scallops are species that feed mainly on phytoplankton, which are a type of microalgae. If mollusks feed on microalgae of the toxic type, they can accumulate toxins, which may be ingested by people and marine animals that consume these mollusks, developing harmful symptoms that impair their health and may even cause death (depending on the type of toxin and dose). When analyses are carried out on coastal areas and there are quantities of microalgae that exceed the standard NOM-EM-005-SSA1-2001 of sanitary specifications for the control of bivalve mollusks and other mollusks exposed to a red tide, a sanitary prohibition is declared to ban fishing for a certain time around the affected area. Among the main toxins are the paralyzing, neurotoxic, and ciguateric toxins. The latter specifically alters the sodium ion transport, interrupting vital processes that stabilize bodily functions.

Keywords: Red tide; Harmful algal blooms; Mollusks; Toxins; Microalgae

Introducción

El planeta tierra nos ofrece grandes maravillas en la naturaleza con flora y fauna que nos permiten maravillarnos. Tal es el caso de mares y océanos donde existe un mundo fantástico diferente al terrestre. Se han descrito aproximadamente entre 1.5 y 2 millones de especies marinas. La Enciclopedia de la Vida (EOL por sus siglas en inglés) calcula que se han descubierto 1.9 millones, aunque se cree que podrían existir tantas como 8.7 millones de especies vivas o más.

Un suceso magnífico es la coloración del agua que llega a la costa y presenta tonalidades diferentes, dependiendo de ciertas especies de microalgas presentes en el agua, las cuales pueden llegar a ser tóxicas en ciertas ocasiones tanto para los humanos como para los animales marinos.

Antecedentes

Existen registros de intoxicación de personas por consumo de peces y mariscos contaminados por microalgas tóxicas. Probablemente el registro más antiguo de los efectos tóxicos de las microalgas aparece en el Antiguo Testamento (Éxodo 7: 19-21; 1491 a. de C.), donde las aguas de Egipto se transformaron en “sangre”, produciendo la muerte masiva de peces y su descomposición. Incluso en el Golfo de California, se tienen informes históricos que refieren la denominación de “mar bermejo” como resultado del asombro de los españoles ante los eventos de mareas con coloración rojiza.

La presencia de microalgas es normal, pues son alimento para moluscos bivalvos filtradores de agua, como ostras, ostiones, choritos, cholgas, huepos,

almejas, entre otros, y también para peces herbívoros y larvas de diferentes organismos marinos tales como moluscos y crustáceos. Además, las microalgas representan el primer eslabón de la cadena trófica y proveen el oxígeno esencial para toda la vida marina (Suárez y Guzmán, 1994) porque son capaces de sintetizar nutrientes a partir de nutrientes de agua y dióxido de carbono (Cofepris, 2017).

Las microalgas son responsables de la producción de más de 90% de las sustancias orgánicas marinas. En años recientes se han encontrado numerosos ejemplos de cultivo a escala industrial de algunas microalgas para alimento de peces, moluscos y crustáceos o como materia prima para el aislamiento y la purificación de compuestos químicos naturales de uso farmacéutico.

De las casi 4,000 especies de microalgas vivientes estimadas (Sournia,

1991; Thomas, 1996), unas 300 especies pueden proliferar en una cantidad tan alta que pueden alcanzar millones de células por litro de agua, siendo tóxicas aproximadamente 60 especies. Una cantidad alta de microalgas puede modificar la coloración del agua y provocar eventos luminiscentes durante la noche.

Marea Roja

La expresión "marea roja" se popularizó porque la mayoría de los eventos eran coloraciones rojizas en el agua (Fig. 1), pero la acumulación de pigmentos sobre la superficie del mar puede ser visualizada como manchas de extensión variable de color amarillo, naranja, pardo o verdoso (Senasa, 2015). Actualmente, esta expresión es sinónimo de florecimiento o *blooms* (Herrera, 1999), aunque hay eventos de florecimientos algáceos tóxicos que no presentan coloración visible.



Fig. 1. Coloración rojiza en Baja California

Para un oceanógrafo, la floración significa escuetamente “concentraciones de microorganismos planctónicos (organismos microscópicos que flotan en el agua aproximadamente hasta los 200 m de profundidad) que cambian el color del agua o un incremento en la abundancia numérica de algún microorganismo fitoplanctónico (organismos acuáticos de origen vegetal) que puede estar asociado con una decoloración del agua”. Belech (1997) propuso la denominación decoloración o alocoloración para este fenómeno (Carreto, Lasta, Negri y Benavides, 1981).

Sin embargo, la floración se describe como la causa de varazones (animales muertos en las costas) de peces, ballenas, lobos marinos y muerte de aves, y como producto de irritación en vías respiratorias y síntomas diarreicos o neurológicos pasajeros en personas que hayan consumido mariscos contaminados con microalgas tóxicas. Los casos más graves corresponden a personas que sufren pérdida de memoria o muerte por parálisis (Suárez y Guzmán, 1994).

Coloración en el Agua

Las microalgas están estructuradas principalmente por el citoplasma (que contiene al núcleo), el cuerpecillo (que

interviene en la reproducción del organismo) y los cromatóforos (que son pequeñas esferas formadas por diversos pigmentos que participan indirectamente en la fotosíntesis y que aportan la coloración).

Entre los pigmentos están:

- clorofila A y algunas especies de clorofila C (color verde)
- diversas xantofilas como peridina (color dorado o pardo), diatolina, diadinoxantina (color amarillo) y fucoxantina (color marrón o pardo)
- betacarotenos (color amarillo o rojo)

En cualquier parte del mundo se presentan las mareas rojas (Fig. 2), pero se necesita que la concentración de microalgas sea cercana al millón de células por litro para ser visibles. Para lograrlo, se necesitan regímenes adecuados de temperatura, luz, pH, disponibilidad de ciertos nutrientes, y salinidad, además de mecanismos físicos como vientos suaves o ausentes, lluvias y estratificación de la columna del agua (Suárez y Guzmán, 1994).

También hay factores antropogénicos (actividades humanas) como la contaminación orgánica del mar, la cual incrementa anormalmente la cantidad de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.



Fig. 2. Floración de *Noctiluca scintillans* en Nueva Zelanda por M. Godfrey

Factores de Crecimiento de Microalgas

En la mayoría de las observaciones descritas, este fenómeno ha coincidido con períodos de temperatura de aire normalmente elevadas y ausencia de agitación del agua, con el consecuente desarrollo de termoclinas superficiales según Balech (1977).

El incremento brusco de la temperatura superficial del agua incrementa la velocidad de división celular. Generalmente, se considera que las microalgas son tolerantes a amplios rangos de salinidad, altamente adaptadas a desarrollarse en medios con escasas concentraciones de nutrientes y una sensibilidad elevada a la acción tóxica de diversos metales. Otro requerimiento importante para el crecimiento es la disponibilidad de vitaminas (vitamina B₁₂, biotina y biotimina) y diversos factores orgánicos asociados con la fracción húmica

de la tierra (ácidos húmico y fúlvico), cuya acción estimulante está relacionada con su capacidad para quelar metales, reduciendo de esta forma las concentraciones de metales tóxicos a niveles no inhibitorios para su crecimiento.

Las microalgas pueden enquistarse y establecerse en el sedimento marino. Después de semanas, meses e incluso años, los quistes de algunas especies pueden ser viables. Cuando la temperatura es cálida y hay un incremento en la intensidad de la luz, los quistes "germinan", se abren y la célula emerge nadando. Si las condiciones permanecen óptimas, las células continúan dividiéndose en forma exponencial. La mayoría de ellas puede reproducirse por división simple (asexuada) con relativa lentitud (desde dos veces al día hasta una vez cada cinco días). Esto permite que, de unas pocas células en el medio natural, se llegue a producir una floración masiva al cabo de pocos días, al grado de que una

célula puede llegar a producir de 6,000 a 8,000 células en una semana (Herrera, 1999).

La duración de la floración es extremadamente variable, desde días hasta meses. Por ejemplo, una floración provocada por la especie *Prorocentrum micans* es de tres meses de duración.

Diversos factores, especialmente los mencionados anteriormente, pueden actuar como limitantes para interrumpir el proceso, y a ellos se pueden añadir el control que ejercen los organismos depredadores del plancton como los tintínidos *Favella ehnrenbergii* y *Favella sp.* (Carreto, Lasta, Negri y Benavides, 1981).

Floraciones Algáceas Nocivas

Formalmente, cuando las floraciones algáceas son dañinas se denominan “floraciones algáceas nocivas” (FAN) (COFEPRIS, 2017). Estas floraciones pueden ser consideradas como tóxicas o no tóxicas.

1. Las FAN de tipo no tóxico corresponden a floraciones de microalgas que, debido a su repentino incremento numérico, afectan la disponibilidad y captación de oxígeno, provocando eventos de mortalidad en peces y otros organismos.
2. Las FAN de tipo tóxico corresponden a floraciones de

microalgas que generan sustancias altamente tóxicas en su metabolismo, conocidas con el nombre de toxinas marinas. Los moluscos filtradores que se alimentan de microalgas concentran estas toxinas en sus tejidos, convirtiéndolos en alimentos altamente tóxicos.

Biotoxinas

Desde el punto de vista de la Salud Pública, la sintomatología de la intoxicación y los medios de transmisión, se han definido seis tipos de síndromes asociados a las siguientes toxinas o venenos:

- Veneno Paralizante por Molusco o VPM (Saxitoxina).
- Veneno Diarreico por Molusco o VDM (Ácido okadaico).
- Veneno Amnésico por Molusco o VAM (Ácido domoico).
- Veneno Neurotóxico por Molusco o VNM (Brevetoxinas).
- Veneno por Azaspirácidos o AZP, producido por la ingestión de moluscos contaminados con azaspirácidos y análogos, y que se manifiesta con síntomas similares al VDM.
- Veneno Neurológico y Gastrointestinal por Ciguatoxina.

Las toxinas paralizantes, neurotóxicas y ciguatéricas alteran específicamente el transporte del ión de

sodio, pues son capaces de unirse fuertemente al canal de sodio produciendo pequeñas variaciones estructurales en casi todas las células de mamíferos, aves, peces y anfibios, y también en invertebrados como los moluscos bivalvos (Suárez y Guzmán, 2005).

Si estos moluscos contaminados son consumidos por el hombre, pueden ocasionarle un cuadro de intoxicación, cuya gravedad dependerá del tipo de toxina y de la dosis ingerida (SENASA, 2015).

La Tabla 1 presenta un resumen de las características de las toxinas marinas.

Tabla 1. Tipos de biotoxinas marinas (SENASA, 2015)

Veneno	Biotoxina	Microorganismo	Mecanismo de acción	Tiempo de incubación	Síntomas
VPM	Saxitoxina	<i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Pyrodinium bahamense var. compressum</i>	Su principal acción ocurre en el sistema nervioso central y periférico, afecta los canales de sodio, bloqueándolos a nivel de membrana en el sistema musculoesquelético, cardíaco, liso y neuronal.	De 5 a 30 minutos después de la ingestión.	Ligeros: Debilidad muscular, vómito, diarrea, sensación de adormecimiento, hormigueo en manos. Graves: Depresión respiratoria, paro cardíaco, parestesias, alteración de la presión sanguínea.
VNM	Brevetoxina	<i>Karenia brevis</i>	La biotoxina A actúa activando los canales de sodio en tejido muscular esquelético, produciendo cambios en la conducción de células cardíacas, disfunción en la corteza motora, el	De 30 minutos a 3 horas.	Ligeros: Dolor abdominal, aumento de temperatura, vómito, diarrea. Graves: Tetanización (contracción muscular), parálisis corporal,

			cerebelo, la médula espinal y el hígado.		espasmos, paro respiratorio, hipertensión, taquicardia, arritmias, <i>shock</i> .
VAM	Ácido domoico	<i>Nitzschia pungens</i> var. <i>multiseriis</i> , <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Pseudo-nitzschia multiseriis</i> , <i>Pseudo-nitzschia australis</i>	El ácido domoico toma el lugar del glutamato (neurotransmisor), ocasionando una despolarización continua en el axón y causando daño irreversible en la fibra nerviosa.	La presencia de los primeros signos ocurre en horas.	Ligeros: Náusea, vómito, dolor agudo en abdomen, dolor de cabeza. Graves: Dificultad para respirar, vértigo, alucinaciones, pérdida de memoria, convulsiones, incluso la muerte.
VDM	Ácido okadaico	<i>Dinophysis fortii</i> , <i>acuminata</i> , <i>Acuta</i> , <i>Rotundata</i> , <i>Prorocentrum lima</i>	Inhibidor de la fosforilasa y fosfatasa, esta última regula la mutagénesis.	En horas.	Ligeros: Náusea, vómito, diarrea, dolor abdominal. Graves: Daño en mucosa gastrointestinal, daño en hígado, disturbios sensoriales y del sistema motor, <i>shock</i> , formación de tumores en el sistema gastrointestinal.
Ciguatera	Ciguatera Maitotoxina Ciguatoxina	<i>Gambierdiscus toxicus</i>	La toxina influye en los iones de Ca ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , en la ATPasa y en la fosfodiesterasa, donde es activadora	En horas.	Ligeros: Vómito, diarrea. Graves: Convulsiones, vasoconstricción,

		de enzimas cardíacas, elevando los niveles de calcio intracelular y causando efectos excitatorios en el músculo liso, el corazón, las neuronas y la pituitaria.	taquicardia e infarto al miocardio.
Cianobacterias	Neosaxitoxina Saxitoxina	<i>Cyanophyta,</i> <i>Aphanazomenon flos-aquae,</i> <i>Anabaena oscillatoria</i>	<p>Producen sustancias hepatotóxicas que conducen a necrosis lobular. También producen neurotoxinas que bloquean los receptores de la acetilcolinesterasa.</p> <p>En horas.</p> <p>Ligeros: Gastroenteritis, vómito, diarrea, espasmos musculares, dermatitis.</p> <p>Graves: Hepatomegalia, cirrosis hepática, fasciculaciones, convulsiones, andar tambaleante.</p>

¿Qué Hacer en Caso de Ingesta?

Cuando se llega a presentar alguno de estos síntomas después de ingerir moluscos probablemente contaminados, es importante acudir de inmediato al Centro de Salud o consultar al médico más cercano para un tratamiento posterior. Se recomienda ingerir apomorfina, que es más efectiva que el vaciado gástrico para la eliminación de los trozos de moluscos tóxicos. También puede emplearse reactivo de Lloyd o absorbentes similares para disminuir la toxina o fluidos alcalinos, ya

que las toxinas son inestables en medio alcalino. La respiración artificial también es de suma importancia y debe ponerse en práctica a la menor evidencia de dificultad respiratoria (Herrera, 1999).

Las toxinas no se activan por cocción o por agregar vinagre, limón o alcohol. Tampoco existen antídotos, así que la mejor protección es la educación pública. A nivel mundial, se informan anualmente más de 2,000 casos de intoxicaciones en humanos con 15% de mortalidad asociada (SENASA, 2015).

¡Más Vale Prevenir que Lamentar!

Para evitar riesgos en la salud, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) recomienda (SENASA, 2015):

- Respetar las disposiciones, ordenanzas y avisos públicos de vedas a la extracción y consumo de moluscos.
- No adquirir preparaciones elaboradas con mariscos (conservas, ensaladas, paellas, etc.) en puestos callejeros o locales que no tengan habilitación bromatológica.
- No comprar mariscos frescos “al pie del barco”, en escolleras o los que puedan ofrecer recolectores no autorizados.
- No comprar moluscos que no cuenten con el correspondiente certificado sanitario emitido por un organismo oficial.
- Comprar o consumir mariscos sólo en pescaderías, restaurantes o locales de comidas debidamente habilitados.

Técnicas de Detección

Para la detección de toxinas en peces contaminados, se utiliza una metodología conocida como "bioensayo del ratón", el cual consiste en obtener un extracto líquido de los tejidos del organismo vector (molusco) para inocularlo al ratón y el nivel de toxicidad se determina por el tiempo en

que el animal fallece. Esta técnica no es selectiva y los extractos pueden ser una mezcla de diferentes tipos de toxinas. Además de ésta, hay otros procedimientos como los inmunoensayos, los ensayos de citotoxicidad e inhibición enzimática y las técnicas cromatográficas, como la cromatografía líquida de alta resolución, con la cual es posible determinar el tipo de toxina (Herrera, 1999).

Incidencia en México

En México, las mareas rojas se han presentado tanto en el Océano Pacífico como en el Golfo de México con mayor frecuencia. Incluso este año se han presentado mareas rojas reportadas en noticieros (*links* en las referencias).

Los eventos de toxicidad tipo paralizante en la costa del Pacífico se han reportado desde Mazatlán, Sinaloa, México hasta Panamá en América Central, y de 1976 a 2001, se han documentado 21 eventos, 13 de ellos causados por *P. bahamense var. compressum*, siete por *G. catenatum* y uno por *A. catenella*. La zona afectada más recurrente en México es Acapulco, Guerrero (Saldate-Castañeda *et al.*, 1991).

Hay por lo menos tres factores que se combinan para no tener una real incidencia:

- a. No hay un diagnóstico específico para las intoxicaciones que requieren atención clínica.

- b. Hay intoxicaciones como la diarreica cuyos síntomas se asemejan a diarreas producidas por otros agentes.
- c. No se conocen biomarcadores en pacientes asintomáticos que hayan estado expuestos a las toxinas. (Suárez y Guzmán, 1994).

Impacto Económico y Control de las Mareas Rojas

En la zona costera del Golfo de California, las actividades económicas preponderantes son la pesca, el turismo y la acuicultura. Debido a la aparición de mareas rojas causantes de intoxicaciones en humanos por consumo de mariscos y de muertes masivas en los peces, se considera que han afectado a la economía, reduciendo la venta de mariscos y disminuyendo el turismo. El impacto económico negativo se genera por reducción de la explotación de recursos marinos, ausencia laboral, menor consumo interno y menor exportación por pérdida de confianza en los productos alimenticios.

Los desechos acuáticos urbanos, asociados al incremento poblacional descontrolado en las costas y, sobre todo, a las granjas de acuicultura (principalmente de cultivo de camarón), pueden ser los responsables del aumento de la cantidad de mareas rojas (Sierra-Beltrán *et al.*, 2004).

Ante tal aumento, se han propuesto varios métodos de control como introducir depredadores, parásitos o patógenos, añadir

sustancias tóxicas o inhibidores de crecimiento, cambiar los parámetros óptimos de crecimiento, crear turbulencias y turbidez, entre otros. Sin embargo, para poder controlarlas es necesario detectarlas. Las mareas rojas no pueden ser detectadas a simple vista desde la superficie si no alcanzan una concentración de 10^3 a 10^4 células por litro. Actualmente, la detección se lleva a cabo utilizando técnicas ópticas, las cuales tienen limitaciones ya que deben realizarse en el lugar de origen al momento en que las mareas rojas ocurren.

El primer intento de control ocurrió en la década de los 50, usando sulfato de cobre como agente alguicida. Sin embargo, al morir las microalgas, se liberaron endotoxinas que incrementaron la toxicidad del medio, así que se ha sugerido la depredación utilizando protozoarios ciliados, pero no se sabe con certeza la cantidad de depredadores a utilizar y si éstos podrían acumular las toxinas. También se han utilizado algas como *Gomphosphaeria aponina* que sintetiza un esterol llamado aponina, el cual induce la citólisis de algas como *Prorocentrum brevis* y al mismo tiempo disminuye la toxicidad.

Conclusión

Es importante saber que las microalgas son el inicio de la cadena alimenticia de los mares, así que de ellas depende la riqueza del mar porque sintetizan las sustancias orgánicas que forman alimento para las

demás especies marinas. Las microalgas son las causantes de las floraciones algáceas, que han ocurrido desde la antigüedad pero a pesar de ello no se tiene la suficiente información para predecirlas. Se necesita conocer la presencia de las floraciones algáceas nocivas (FAN) debido a que los moluscos filtradores del agua se alimentan de algas, las cuales pueden ser tóxicas para los moluscos que las consumen, acumulando toxinas de microalgas en sus tejidos y provocando intoxicaciones a los consumidores de moluscos.

En este artículo, se han explicado los factores que producen las FAN y,

analizando las causas del aumento de las condiciones óptimas de crecimiento de las microalgas, tanto el cambio climático provocado por el mal uso de los recursos naturales como la contaminación producida por el ser humano son los principales desencadenantes de éstas. Por lo tanto, se puede pensar que los eventos naturales inusuales están estrechamente relacionados con la indiferencia del ser humano ante la situación actual del planeta que es resultado de la poca conciencia ambiental y la falta de preocupación de las condiciones en las cuales la próxima generación recibirá al planeta.

Referencias

- Carreto, J. L.; Lasta, M. L.; Negri, R. y Benavides, H. (1981). Los Fenómenos de Marea Roja y Toxicidad de Moluscos Bivalvos en el Mar Argentino. *Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero*, p. 93.
- COFEPRIS. (2017). *Proyecto de Marea Roja*. Recuperado de <https://www.gob.mx/cofepris/es/acciones-y-programas/marea-roja-76038>
- Herrera, J. (1999). Las Mareas Rojas. *Biodiversitas*, (CONABIO), 1-5.
- Palacios Moreno, F. (2012). *Marea Roja*.
- SENASA. (2015). *¿Qué es la marea roja?* (pp. 1-2).
- Sierra-Beltrán, A. P.; Lluch-Cota, D. B.; Lluch-Cota, S. E.; Cortés-Altamirano, R.; Cortés-Lara, M. C.; Castillo-Chávez, M.; ... García-Hansen, I. (2004). Dinámica espacio-temporal de organismos precursores de marea roja en la costa Pacífica de América del Norte y Centroamérica. *Revista de Biología Tropical*, 52(SUPPL. 1), 99-107.
- Suárez, B. y Guzmán, L. (1994). Mareas rojas y toxinas marinas. *Editorial Universitaria*, 1-56. Recuperado de <https://bit.ly/2XpkYL5>
- Links de noticias:*
- Flores, I. (31 de julio de 2018). Detectan la presencia de marea roja en el puerto de Acapulco. *Noticieros televisa*. Recuperado de <https://bit.ly/2YSHJHG>

- Reynoso, B. (1 de mayo de 2019). Detectan nuevamente marea roja no tóxica en costas de Colima. *Noticieros televisa*. Recuperado de <https://bit.ly/2K8IzMt>
- Colima noticias. (25 de abril de 2019). No hay riesgo sanitario en marea roja: API. *Colima noticias*. Recuperado de <https://bit.ly/2wq1L01>
- López, R. (14 de abril de 2019). Emiten alerta por marea roja en Chiapas. *Cuarto poder*. Recuperado de <https://bit.ly/2QxleFh>
- Empresa océano. (2019). *Leonardo Guzmán, investigador pionero en el estudio de algas nocivas que provocan la “marea roja”, destaca el papel del Instituto de Fomento Pesquero en el estudio de este preocupante fenómeno*. [Video]. Recuperado de: <https://bit.ly/2MauYqp>