Revista Tlamati Sabiduria

Título del artículo.

Impacto ambiental ocasionado por la Marea Roja producida por *Cochlodinium catenatum* en la Bahía de Santa Lucía de la Ciudad y Puerto de Acapulco Guerrero, México.

Título del artículo en idioma inglés.

Environmental impact occasioned by the Red Tide produced by *Cochlodinium catenatum* in Santa Lucía Bay of the City and Port of Acapulco Guerrero, Mexico

Autores.

Donaciano Pérez Castro
Alejandra Galeana Parra
José Benítez Villasana
José Villanueva Arce
Gustavo González Alarcón

Referencia bibliográfica:

MLA

Pérez Castro, Donaciano, Alejandra Galeana Parra, José Benítez Villasana, José Villanueva Arce y Gustavo González Alarcón. "Impacto ambiental ocasionado por la Marea Roja producida por *Cochlodinium catenatum* en la Bahía de Santa Lucía de la Ciudad y Puerto de Acapulco Guerrero, México". *Tlamati 9.1*, 2018: 5-10. Print.

APA

Pérez Castro, D., Galeana Parra, A., Benítez Villasana, J. Villanueva Arce, J. y González Alarcón, G. (2018). Impacto ambiental ocasionado por la Marea Roja producida por *Cochlodinium catenatum* en la Bahía de Santa Lucía de la Ciudad y Puerto de Acapulco Guerrero, México. *Tlamati, 9(1),* 5-10.

ISSN: 2007-2066.
Publicado el 30 de Junio del 2018
© 2018 Universidad Autónoma de Guerrero
Dirección General de Posgrado e Investigación
Dirección de Investigación

TLAMATI, es una publicación trimestral de la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma de Guerrero. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Dirección de Investigación de la UAGro. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos previa cita de nuestra publicación.

Revista Tlamati Sabiduría

Impacto ambiental ocasionado por la Marea Roja producida por *Cochlodinium catenatum* en la Bahía de Santa Lucía de la Ciudad y Puerto de Acapulco Guerrero, México

Donaciano Pérez-Castro[1*]
M. Alejandra Galeana-Parra[1]
José Benítez-Villasana[1]
José Villanueva-Arce[1]
Gustavo González-Alarcón[1]

[1]Universidad Autónoma de Guerrero. Unidad Académica de Ciencias Ambientales. Carretera Cayaco-Puerto Marqués (Ejido Llano Largo Parcelas 56, 57y 58), Campus Llano Largo, Acapulco, Gro., C. P.39906.

Autor de correspondencia
perezdon2000@hotmail.com

Resumen

En los diferentes cuerpos de agua existen microorganismos fotoautótrofos que contienen compuestos químicos que atrapan *cuantos* de luz solar, para producir su propio alimento mediante la fotosíntesis, por ejemplo Cianobacterias, Dinoflagelados y Diatomeas; sin embargo, algunos de ellos producen toxinas que afectan a muchos animales e incluso al hombre por la ingestión de mariscos filtradores. Para indagar esta situación, se tomaron muestras en botellas Van Dorn de cuatro litros, de la cual solo tomamos 1 litro en envases de plástico, mismas que fueron llevadas al Laboratorio de Biotecnología e Impacto Ambiental de la Unidad Académica de Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero. Estas alícuotas fueron utilizadas para identificar y medir los organismos estudiados, auxiliados con un microscopio marca LEICA modelo 1349521X, manejando aumentos de 10x y 40x para medir y cuantificar la población mediante cámaras de conteo. La revisión de las características morfológicas del dinoflagelado indica que las células coinciden con las medidas de longitud extrema 22.5-62.5, media 33 µm. La especie *Cochlodinium catenatum* registró la mayor densidad; se encontraron en la estación de muestreo de la Base Naval con un máximo de 260,000 células; en segundo lugar, en el Morro del Obispo con 140,000 individuos y la más baja fue en la playa de enfrente del Papagayo, con 60,000 organismos. El evento tardó 13 días y se observó que en el día 12 muchos organismos estaban desgarrados, después del día 13 desapareció la población y no encontramos ninguna célula en la muestra del día 14. Los bañistas no reportaron ningún signo fisiológico desagradable por meterse al agua. Esta Marea Roja solo se encontró en tres estaciones, a diferencia del evento del 28/04/12, con la especie *Ceratium dens* que se distribuyó en toda la bahía y en donde no aparecieron peces muertos. Se han observado varias poblaciones que encuentran condiciones óptimas para crecer y desarrollarse en la estación de la Base Naval y Morro del Obispo.

Palabras clave: *Cochlodinium catenatum*, marea roja, microorganismos fotoautótrofos

Como citar el artículo:
Pérez-Castro, D., Galeana-Parra, M. A., Benítez-Villasana, J., Villanueva-Arce, J. y González-Alarcón, G. (2018). Impacto ambiental ocasionado por la Marea Roja producida por *Cochlodinium catenatum* en la Bahía de Santa Lucía de la Ciudad y Puerto de Acapulco Guerrero, México. *Tlamati,* 9(1), 5-10.

Abstract

In different water bodies there are photoautotrophs microorganisms containing chemical compounds that catch *quanta* of sunlight for producing its own food by photosynthesis. For example, Cyanobacteria, Dinoflagellates and Diatoms; however, some of them produce toxins that affect many animals and even man, due by ingestion of filtering shellfish. In order to investigate, samples were taken in four liters Van Dorn bottles from which we only took 1 liter in plastic containers. These samples were carrying to the Laboratory of Biotechnology and Environmental Impact. These aliquots were used to identify and measure organisms, aided with a LEICA microscope model 1349521X, and handling increases of 10x and 40x to measure and quantify the population, counting chambers. Review of the morphological characteristics of dinoflagellate indicates that the cells coincide with measures of extreme length 22.5-62.5 μm with a mean of 33 μm. *Cochlodinium catenatum* species recorded highest density; were found in sampling station of Naval Base with a maximum of 260,000 cells, in second place, the Morro of Obispo with 140,000 individuals and the lowest place was on the beach in front of Papagayo beach with 60,000 organisms. This event took 13 days and it was observed that day 12 many organisms were torn; after day 13, population disappeared, and we did not find any cell in the sample of day 14th. Bathers did not report any unpleasant physiological signs to get into the water, this Red Tide was detected only in three stations, unlike the event of 04/28/12 with species *Ceratium dens* that was distributed in all the bay; did not appear dead fish and several populations have been observed in optimal conditions to grow and to develop in station of Naval Base and Morro of Obispo.

Keywords: *Cochlodinium catenatum*, red tide, photoautotrophs microorganisms

Introducción

En los diferentes cuerpos de agua dulce, salobre o marina existen microorganismos fotoautótrofos capaces de realizar la fotosíntesis para producir sus propios alimentos, usando ciertos compuestos químicos para atrapar los *cuantos* de luz solar a diferentes longitudes de onda, auxiliados por clorofilas a, b, c, d o β carotenos, entre las xantofilas: Diadinoxantina, Diatoxantina, Piridinina, mixoxantina, Flavacina, Luteína, Zeaxantina, Diadinoxatina, Fucoxantina, y finalmente las Ficobilinas como la ficocianina, aloficocianina y ficoeritrina. Todos estos pigmentos clorofílicos son característicos de los principales grupos de microorganismos como son dinoflagelados, las cianobacterias y Diatomeas que existen en las diferentes zonas acuáticas (Pérez -Castro, González-Alarcón, Rebolledo-Ríos y Cervantes-Urieta, 2015).

Esos compuestos mencionados anteriormente le dan decoloraciones al agua, ocasionados por un gran aumento en la población celular producida por reproducción de una, dos o varias especies que encuentran condiciones fisicoquímicas óptimas de temperatura, pH, Salinidad o nutrientes; para este último se encuentran el nitrógeno, el fósforo, hierro, sílice, entre otros (Ochoa, Núñez-Vázquez y Saad, 2003).

Algunas especies de cianobacterias, dinoflagelados y diatomeas citadas por varios autores pueden producir diferentes compuestos capaces de dañar a muchos animales e incluso al hombre (Cortés Lara, Cortés Altamirano y Sierra -Beltrán, 2004). Algunos ejemplos son las toxinas amnésicas, las toxinas paralizantes y las toxinas gástricas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2005). Algunas especies encontradas en reportes de investigación, por ejemplo, la Ciguatera producida por Cianobacterias, Saxitoxinas por dinoflagelados (Hernández-Sandoval, López-Cortés, Band-Schmidt, Gárate-Lizárraga, Núñez-Vázquez y Bustillos-Guzmán, 2009), Brevetoxinas por *Karenia Brevis* (Borbolla Sala, Colin Osorio, Vidal Pérez y May Jiménez, 2005).

Muchas de estas toxinas son almacenadas por bivalvos en altas concentraciones en la alimentación de microalgas planctónicas marinas que causan pérdidas económicas muy altas en las actividades de la acuacultura, principalmente en los moluscos filtradores, entre los que se presentan los mejillones *Mitilus galloprovincialytiti* o *Mitilus edulis*, así como la almeja *Venerupis sp.;* las ostras, principalmente *Ostrea edulis* o también la vieira *Pecten maximus.*

La ingestión de estos mariscos contaminados por acumulación de toxinas causa en el ser humano, la intoxicación. por ejemplo. paralísis por mariscos. Los síntomas pueden presentarse como un entumecimiento o picazón leve hasta la parálisis respiratoria completa que, en casos fatales, ocurre entre dos y doce horas después de la ingestión.

Desde hace mucho tiempo, los programas de control de la toxicidad producidos por Marea Roja se realizan en mariscos y aún se utiliza el bioensayo en ratón. Este procedimiento fue desarrollado hace más de 50 años y actualmente es un método relativamente preciso para medir el contenido de toxinas totales.

La prueba consiste en inyectar 1 ml de extracto ácido del marisco a ratones de 20 gramos y registrar el tiempo transcurrido hasta la muerte del animal si la concentración letal (CL 100) es muy tóxica y la muerte ocurre en un período de entre cinco y 15 minutos. El resultado de la muestra se expresa en unidades ratón (UR) y se calcula según las curvas de respuesta a las dosis obtenidas/100 g de marisco.

El objetivo del presente trabajo fue identificar la especie formadora de la Marea Roja ocurrida en la Bahía de Santa Lucia y Puerto de Acapulco, Guerrero, así como su impacto ambiental.

Área de estudio

El estado de Guerrero cuenta con una superficie de 63,794 Km que corresponde al 13.23 % del territorio nacional, con una extensión litoral de 500 Km que constituye

Figura 1. Muestra las estaciones de muestreo de la Marea Roja ocasionada por el dinoflagelado *Cochlodinium catenatum* en las estaciones del Papagayo, El Farallón del Obispo y finalmente la Base Naval.

el 5% del nacional. Dentro del estado de Guerrero se encuentra la Bahía-de Acapulco, en la zona tropical, 7^0 al sur del trópico de cáncer, a los $16^0$50' de latitud norte y $99^0$53' de longitud oeste de coordenadas medias. En la parte sureste de la Bahía y separada de ésta por una lengua de tierra que termina en "Punta. Bruja" se encuentra otra pequeña Bahía llamada "Puerto Márquez". Al suroeste y frente a la península de las playas se encuentra la Isla la Roqueta. Al occidente, se encuentra un acantilado denominado "La Quebrada" y una pequeña ensenada "La Angosta", ambas se encuentran orientadas hacia el mar abierto.

También se encuentran las siguientes isletas (de mayor o menor tamaño) Farallón del Obispo; Rocas de San-Lorenzo; Rocas de la Condesa, La Redonda, las Dos Piedras y la Seria o Bajo de la Desgracia.

La profundidad tiene una variación que va desde los 0 m en la línea de costa hasta los 60 m en la "Boca Grande", con una superficie de 12 Km^2. El clima en Acapulco según la clasificación de Koőppen es cálido subhúmedo con lluvias en verano (aw, wi) y un porcentaje de lluvias invernal de 5% a 10.2% de la lluvia anual; la precipitación pluvial durante el mes más seco de 60 mm corresponde al grupo de climas cálidos. En cuanto al grado de humedad está entre el subtipo intermedio con una temperatura mínima a mayor de 18° C durante el mes más frío y una precipitación pluvial aproximadamente del orden de 1563.75 mm al año (véase figura 1).

Materiales y Métodos

Para la presente investigación se tomaron muestras en una botella Van Dorn de cuatro litros, de la cual tomamos 1 litro en envases de plástico y se almacenaron en una hielera. Las muestras correspondieron a la Playa frente al Parque Papagayo, la segunda frente a Farallón del Obispo, y la tercera frente a la Base Naval. Se transportaron al Laboratorio de Biotecnología e Impacto Ambiental y las muestras se preservaron con una solución de acetato lugol en una proporción de 1:100. Se homogenizaron y se tomó una alícuota de la muestra para que fuera estadísticamente válida y realizar el análisis poblacional de la colecta.

Para el análisis de la muestra se utilizó 1 pipeta serológica de 1 ml para determinar el volumen por gotas presentes en un mililitro, se repitió 15 veces a partir del cual se obtuvo un volumen promedio de 20 gotas por 1 ml una vez que se determinó el volumen por cada gota. Para las preparaciones semipermanentes utilizamos portaobjetos de 26 mm de ancho x 76 mm de largo con un espesor de 0.8 – 1.1 mm, y cubreobjetos de 22 mm de ancho x 22 mm de largo, se limpió el material con alcohol al 70% utilizando papel seda para la limpieza de lentes. Posteriormente, con la pipeta serológica se obtuvo en 1ml de la solución ya homogenizada. Para la colocación en el portaobjetos de la muestra se dejó caer la primera gota a la muestra y se utilizó la segunda, se colocó el cubreobjetos sobre la gota de muestra y una gota de glicerina se llevó al microscopio.

El microscopio óptico utilizado para la identificación y medición de los organismos fue marca LEICA modelo 1349521X, manejando aumentos de 10x y 40x para la medición, cuantificación y determinación de la especie causante de la marea roja. Para calcular el tamaño de los ejemplares en micras (μ), se utilizó un micrómetro de ocular y un micrómetro en la platina; para calibrar el micrómetro de ocular, el objetivo se llevó a un aumento de 10x sobreponiendo el micrómetro de ocular en el micrómetro de plati-

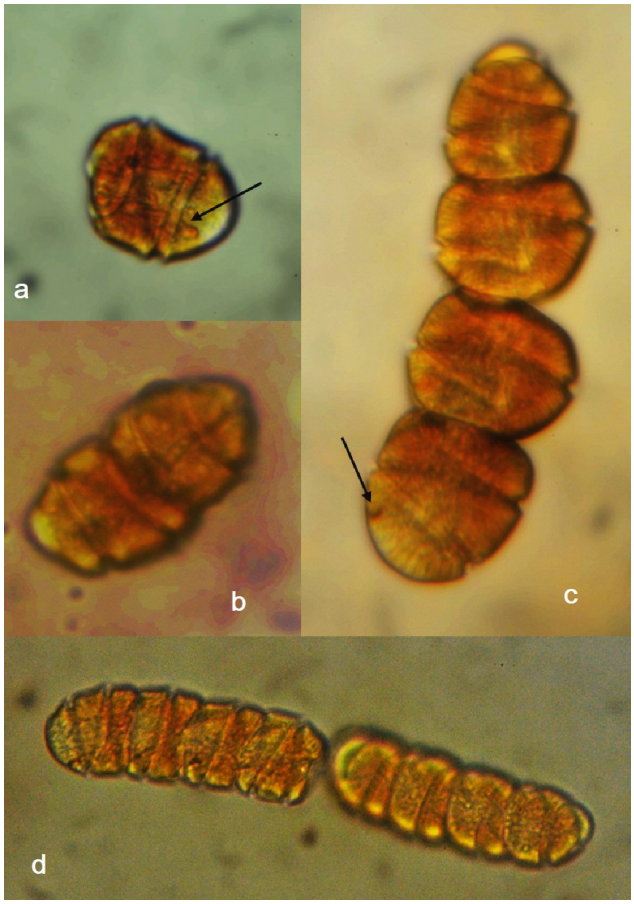

Figura 2. Muestra las características morfológicas de *Cochlodinium catenatum.* a) una célula, la flecha muestra el estigma, b) dos células, c) cuatro células la flecha muestra el estigma, d) colonia formando ocho células.

na, manteniendo ambos equidistantes.

Para el conteo de los organismos se realizaron barridos en zigzag, conjuntamente se midieron con el micrómetro de ocular para la aproximación del tamaño. Para ello se usó una regla de tres tomando en cuenta la calibración anterior del micrómetro.

Esta se calculó mediante la ecuación Numero 1. Aumento del objetivo a 10x 99 tamaño en el micrómetro.

$$(\text{regla 0 a 100})17 = 1000\mu\text{m X}\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Con los datos obtenidos de población se continuo para calcular la cantidad de organismos en 1 ml después en 1/l., multiplicando la cantidad obtenida por 1 gota y además por el promedio 20 gotas (volumen promedio de gotas en 1ml), el resultado de lo anterior multiplicado por 1000, para así calcular la cantidad de organismos en 1 litro de muestra, como se observa en la fórmula 2.

$$(3 * 20)\,(1000) = 7200\ \text{Ind/l.} \quad (2)$$

La encuesta aplicada a bañistas, pescadores y ostioneros contiene las siguientes preguntas:

1. En cuanto a su color la Marea Roja fue intenso, normal o pálido,
2. En relación con el olor, si fue bajo, sin olor, fuerte o muy fuerte
3. Si existieron diferencias entre esta Marea Roja u otras
4 Si se detectaron peces muertos durante su recorrido, sí o no y finalmente
5. Si se observó una disminución en la pesca, sí o no.

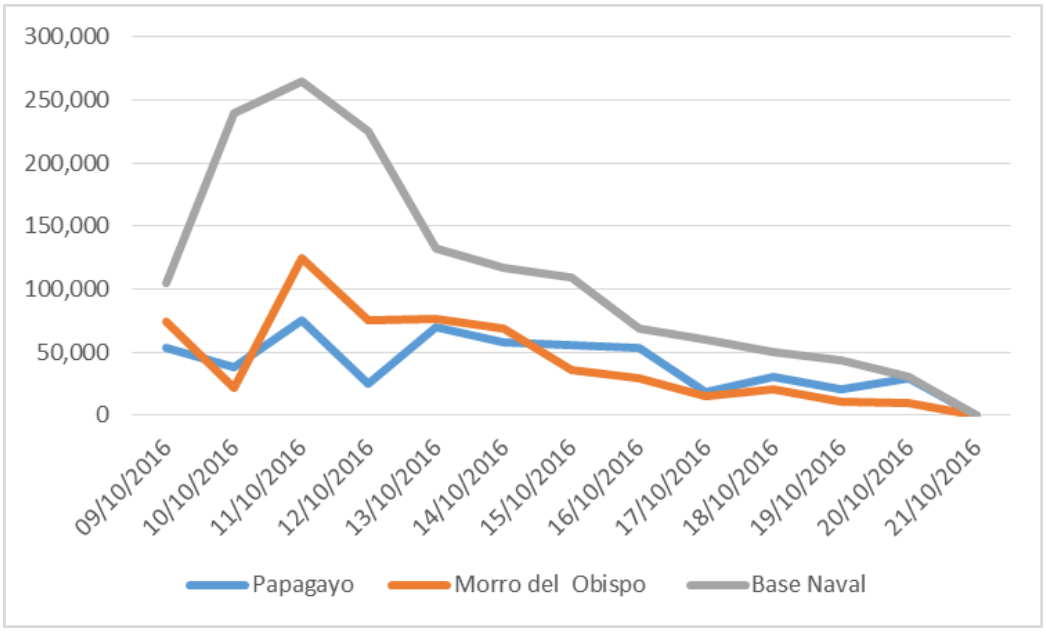

Figura 3. Muestra las líneas de las tres estaciones, del conteo de células durante el tiempo de la presencia de la Marea Roja en la Bahía de Santa Lucia del Puerto de Acapulco Guerrero. En relación a una encuesta aplicada a los bañistas extranjeros, nacionales, Ostioneros, pescadores y habitantes Acapulqueños que cada vez que observan los eventos de Marea Roja, encontrados en la zona de afectación.

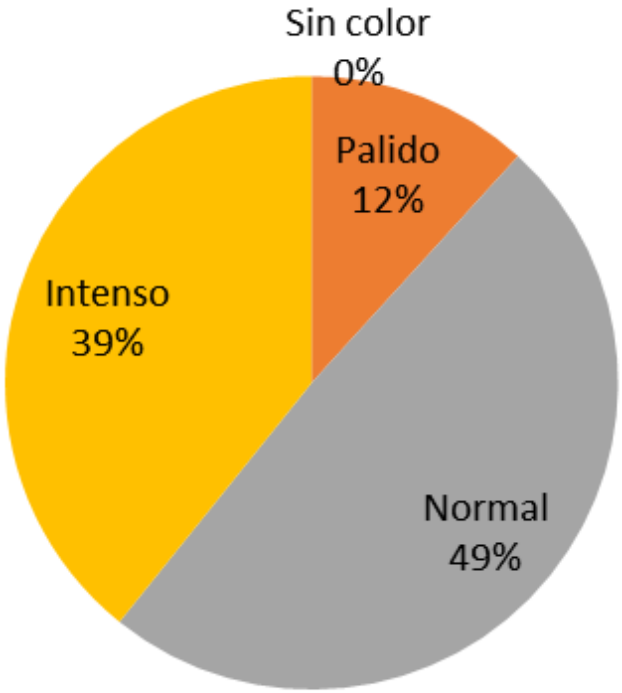

Figura 4. Muestra los resultados de la primer pregunta fue si la Marea Roja tenia color, fue pálida, normal o intensa.

Resultados

Los resultados del presente trabajo se exponen a continuación. La revisión de las características morfológicas del dinoflagelado pueden observarse en la figura 2. Las células coinciden en cuanto las medidas de longitud extrema 22.5-62.5 µm, con una media de 33 µm., mencionadas por Cortés Lara, Cortés Altamirano y Sierra-Beltrán. (2004) causante de la Marea Roja en la Bahía de Santa Lucia del Puerto de Acapulco Guerrero, México.

El conteo celular en las estaciones de muestreo, mencionadas en la metodología y observadas en la figura 1, están distribuidas de la siguiente manera, Estación 1. Parque Papagayo, Estación 2. Farallón del Obispo y Estación 3, la Base Naval. Las líneas del conteo celular muestran que en la Base Naval se obtuvieron los mayores datos, en el Farallón de Obispo los datos intermedios y finalmente en el Parque Papagayo los datos menores en los once días que duró el evento de decoloración del agua, de color rojizo.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos tomados *in situ* fueron: una temperatura en promedio de 28,6° C, la salinidad fue de 30 UPS y finalmente los datos de pH fueron de 28.0 en promedio.

La pregunta 1 se refiere al color, lo cual arrojó un 49% de las encuestas para una coloración normal, un 39% para un color intenso, un 12% para un color pálido y finalmente sin color 0% (véase figura 4).

De acuerdo con la segunda pregunta, ésta se refiere al olor que despide el agua con la presencia de estos individuos, el mayor dato muestra un 49% para el olor fuerte, 41% para bajo, un 10% para muy fuerte y sin olor fue de 0%, tal y como se observa en la figura 5.

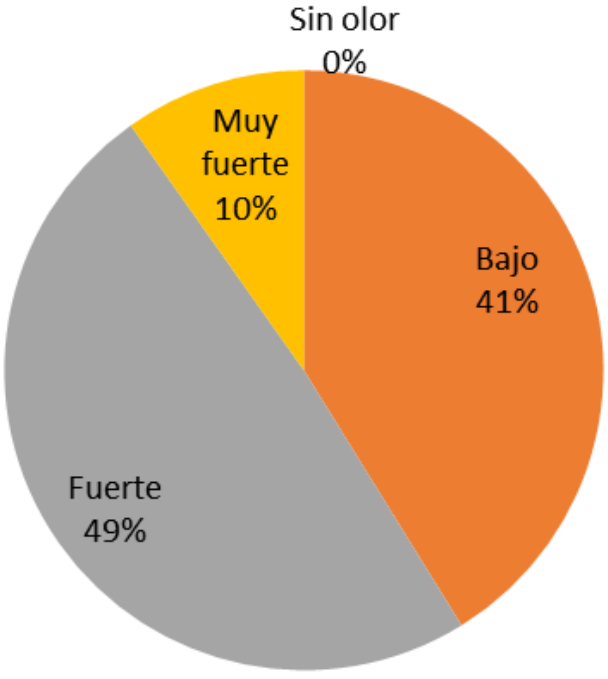

Figura 5. Muestra los resultados de la pregunta 2, relacionada con el olor, olor bajo, fuerte y finalmente muy fuerte, si el olor La segunda pregunta fue si la Marea Roja tenia olor, Sin olor, olor bajo, Olor fuerte, y finalmente, Olor muy fuerte.

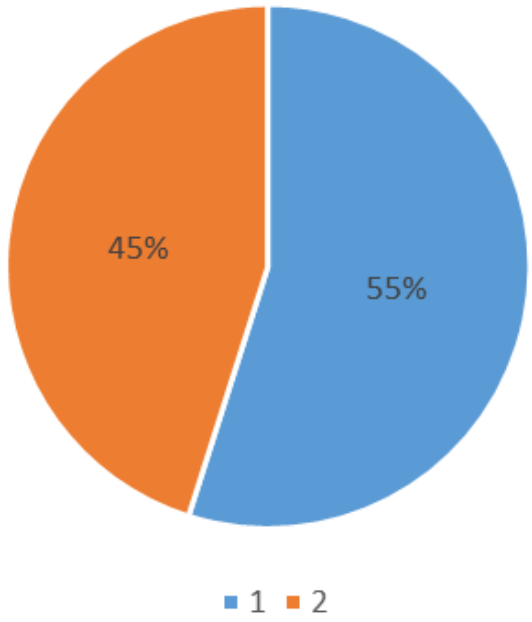

Figura 6. Muestra las respuestas de la pregunta 3. Sobre si existieron diferencias entre esta Marea Roja y otras anteriores. Las respuestas positivas están en azul (55%) y las negativas en naranja (45%):

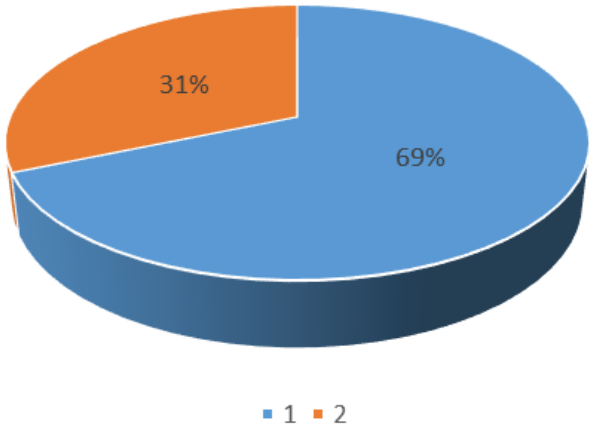

Figura 7. Se preguntó si se detectaron peces muertos Las respuestas negativas están en azul (69%) y las positivas en naranja (31%):

La tercera pregunta se relacionó con la diferencia de ésta y otras Mareas Rojas anteriores, si había diferencias, o no. El mayor dato de respuestas fue Si con un 55% (véase la figura 6).

La cuarta respuesta se refiere a si se detectaron peces muertos. Ésta es una pregunta relacionada con la presencia de toxinas para peces en la cual se observa que un 69% de los encuestados dijeron que no se observaron peces muertos y solo un 31% de respuestas dijeron que si observaron peces muertos. (véase figura 6).

En relación con la quinta pregunta, se les cuestionó a los encuestados si hubo una disminución de la pesca, a la cual ellos contestaron en un 69% que no hubo una disminución y solo un 31% dijeron que si, lo cual se observa en la figura 7.

Discusión y Conclusiones

El dinoflagelado productor de esta Marea Roja fue *Cochlodinium catenatum*, un organismo que se presenta con células solitarias o en colonias de cuatro individuos. Cada individuo presenta un estigma, a diferencia de la Marea Roja que se presentó en abril y parte de mayo de 2013. Esta decoloración fue ocasionada por *Ceratium dens* que invadió toda la Bahía, mientras que en el evento presentado del 9 al 21 de octubre de 2016 solo se le encontró en el área de Papagayo, Morro del Obispo y la Base Naval.

En los parámetros ambientales no hubo diferencia ya que los promedios de temperatura, pH y salinidad no se dispararon con la presencia de grandes poblaciones, ya que iniciamos con un promedio de 50,000 a 100,000 células, obteniendo un máximo de 260,000 en la Base Naval, 130,000 en el Morro del Obispo, y de 30,000 en el Parque Papagayo. Finalmente, los datos más bajos fueron observados el 21 de octubre de 2016; en donde se observaron células desgarradas el 20 de octubre del mismo año y finalmente el 21 de octubre, se observaron células y para el 22 de octubre ni una célula. Desapareció la población.

Esta especie de dinoflagelado se le ha reportado como una especie igual que *Ceratium dens* productora de Ictiotoxinas. Esto nos obligó a realizar encuestas con ostioneros, pescadores, bañistas nacionales y extranjeros, así como a la población de las colonias aledañas que se bañaban en los sitios de estudio. Dijeron que el agua no causó problemas por el color, con un 49%, con un olor fuerte, el 49% no se sintieron afectados, pero si hubo diferencia con otras Mareas Rojas ya que un 55% dijo que no hubo diferencias, pero si se observaron diferencias en la pesca, ya que el 69% dijo que no.

Llegando a la conclusión de que este evento es muy semejante a los cultivos de muchas microalgas que se mantienen en condiciones de laboratorio en cultivos cerrados y con limitación de nutrientes. Se ha observado que la Base Naval y el Morro del Obispo, presentan condiciones óptimas para varias microalgas que permiten su crecimiento en altas densidades.

Agradecimientos

Deseamos agradecer al Maestro José, Villanueva-Arce, que en paz descanse, por las facilidades de permitirnos usar las instalaciones de la Preparatoria No. 2, y de poder trabajar en el Laboratorio de Biotecnología e Impacto Ambiental.

Referencias

Borbolla Sala, M. E., Colin Osorio, F. A., Vidal Pérez, M. del R. y May Jiménez, M. (2005). Marea roja de Tabasco, *Karenia brevis*. *Salud en Tabasco*. 12(2), 425-433

Cortés Lara, M. del C., Cortés Altamirano, R. y Sierra-Beltrán, A. P. (2004). Presencia de *Cochlodinium catenatum* (Gymnodiniales: Gymnodiniaceae) en Mareas Rojas de Bahía de Banderas, Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical*. 52(1), 35-49.

Hernández-Sandoval, F. E., López-Cortés, D. J., Band-Schmidt, C. J., Gárate-Lizárraga, I., Núñez-Vázquez, E. J. y Bustillos-Guzmán, J. J. (2009). Toxinas paralizantes en moluscos bivalvos durante una proliferación de *Gymnodinium catenatum* Graham en la Bahía de La Paz, México *Hidrobiológica*, 19(3), 245-256.

Ochoa, J. L., Núñez-Vázquez, E. y Saad, J. (2003). Diferentes términos utilizados para describir las "Mareas Rojas", *Revista de Biología Tropical*. 51(3), 621-628

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2005). Biotoxinas Marinas. *Estudio FAO: alimentación y nutrición.* Roma, IT. FAO. pp. 1-64

Pérez-Castro, D., González-Alarcón, G., Rebolledo-Rios, J. y Cervantes-Urieta, V. (2015). Evaluación del fitoplancton en la estación del malecón de la Bahía del Puerto de Acapulco Guerrero, México. *Foro de Estudios sobre Guerrero*. 1(1). 377-381.