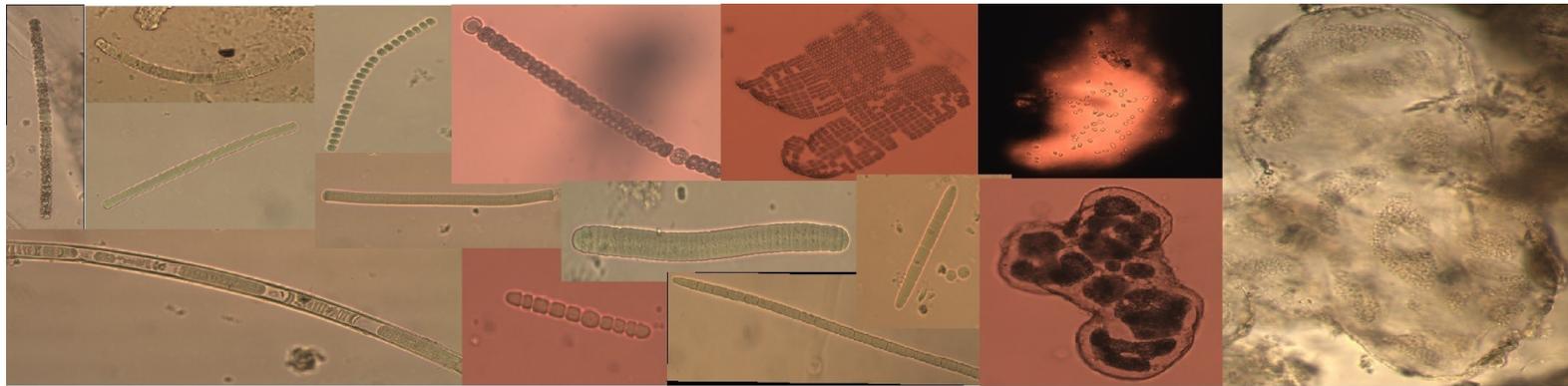


Tesina de Grado

Cianobacterias y pesquerías en las lagunas de Rocha y Castillos, SE Uruguay: aportes a la gestión pesquera

*Licenciatura en Gestión Ambiental, profundización en Recursos
Pesqueros, Centro Universitario Regional del Este-sede Rocha,*

Universidad de la República



Bach. Karina Eirín

Tutores: Dra. Carla Kruk (IECA, Facultad de Ciencias y CURE)

Dra. Beatriz Yannicelli (CURE)

Noviembre 2020

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	3
1 INTRODUCCIÓN	4
1.1 <i>Eutrofización</i>	5
1.2 <i>Eutrofización y floraciones de cianobacterias</i>	5
1.3 <i>Efectos de las cianotoxinas</i>	5
1.4 <i>Cianotoxinas en Uruguay</i>	6
1.5 <i>Lagunas costeras, pesquerías y cianobacterias en Uruguay</i>	7
1.6 <i>Justificación</i>	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 <i>Objetivos específicos</i>	9
3 METODOLOGÍA GENERAL	9
3.1 <i>Área de estudio</i>	9
3.2 <i>Muestreo</i>	10
3.3 <i>Análisis de laboratorio</i>	11
3.4 <i>Revisión bibliográfica</i>	12
3.5 <i>Encuestas y entrevistas</i>	12
3.6 <i>Análisis de datos</i>	13
4 RESULTADOS	13
4.1 <i>Generación de insumos para la gestión en las lagunas</i>	13
4.1.1 <i>Cianobacterias en LC y LR: riqueza y biovolumen</i>	13
4.1.2 <i>Cianobacterias: toxicidad potencial</i>	15
4.1.3 <i>Condiciones ambientales</i>	17
4.1.4 <i>Diatomeas: indicadoras de calidad del agua</i>	17
4.1.5 <i>Especies de peces predominantes y su vulnerabilidad a cianobacterias en las lagunas</i>	18
4.1.6 <i>Percepción de los actores sobre las floraciones de cianobacterias y su efecto en los peces para consumo en las lagunas</i>	22
4.1.7 <i>Entrevistas a actores clave en la región para abordar vacíos de información sobre las lagunas</i>	23
4.2 <i>Posibles aportes a la gestión de pesquerías en relación a las cianotoxinas</i>	23
4.2.1 <i>Insumos</i>	23
5 DISCUSIÓN	25
5.1 <i>Cianobacterias en lagunas de Castillos y Rocha</i>	25
5.2 <i>Condiciones ambientales en las lagunas</i>	26
5.3 <i>Peces vulnerables a las cianotoxinas en las lagunas</i>	27
5.4 <i>Insumos para aportes a la gestión en las lagunas enfocado a las pesquerías</i>	28
5.5 <i>Aplicación en la gestión pesquera</i>	29
6 CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVA	33
7 Agradecimientos	34
8 BIBLIOGRAFÍA	34

ANEXO I.....	44
ANEXO II.....	46

RESUMEN

Las lagunas costeras salobres de Uruguay son áreas de cría y reproducción de diferentes especies de peces marino-costeros y dulceacuícolas, así como zonas de pesca artesanal tanto para consumo local como regional. La actividad pesquera con fines de provisión de alimento requiere que el producto obtenido cumpla con requerimientos de inocuidad. Cuando las condiciones del ambiente no favorecen la inocuidad de estos productos, se establecen vedas extractivas para evitar problemas de salud, como es el caso de moluscos bivalvos. En Uruguay la eutrofización de las lagunas costeras ha aumentado en los últimos años asociada a la intensificación de actividades agropecuarias en sus cuencas. Esto ha favorecido la ocurrencia de floraciones de cianobacterias productoras de toxinas. Las cianotoxinas pueden afectar la producción pesquera para consumo humano al concentrarse en el sistema digestivo o en el músculo de los peces. Sin embargo, en Uruguay, no hay control del recurso pesquero asociado a cianotoxinas. El reconocimiento de la existencia de condiciones ecosistémicas y presencia de organismo tóxicos que afectan la inocuidad de los productos pesqueros, es un paso esencial para visibilizar la problemática y eventualmente establecer medidas regulatorias. En este marco, nuestro objetivo es aportar información y herramientas para contribuir a la prevención de los efectos negativos de las cianobacterias en las pesquerías de las lagunas de Rocha (LR) y de Castillos (LC). Para ello, se realizaron muestreos de cianobacterias en ambas lagunas en verano en dos años consecutivos y se midieron variables ambientales (ej. temperatura, nutrientes) y diatomeas indicadoras. A través de revisión de literatura se recabó información de los potenciales efectos de las cianobacterias registradas. También con revisión de literatura y entrevistas se investigó sobre los peces más frecuentes y más consumidos en las lagunas. Fueron observadas 13 especies de cianobacterias potencialmente productoras de 10 toxinas, siendo las más frecuentes microcistina, saxitoxinas, anatoxina-a y lyngbyatoxin-a. Esto coincidió con el estado eutrofizado de LC y de meso a eutrofizado de LR, que indican altas probabilidades de ocurrencia de cianobacterias. Los resultados de las encuestas muestran que los peces mayormente utilizados en las lagunas fueron también los más vulnerables a la bioacumulación de cianotoxinas, incluyendo *Mugil liza* (lisa), *Odontesthes argentinensis*. (pejerrey), *Micropogonias furnieri* (corvina blanca) y *Brevoortia aurea* (lacha) coincidiendo las primeras dos especies con la bibliografía revisada. Esta vulnerabilidad se asoció a su ubicación en el ambiente, cerca de la superficie, a su tolerancia a vivir en ambientes contaminados, y a sus hábitos alimenticios. Este trabajo pretende poner en evidencia

la problemática actual con información sistematizada que podrá ser utilizada en planes de manejo y gestión pesquera que aborden la relación negativa de las floraciones de cianobacterias en la salud.

1.- INTRODUCCIÓN

Los sistemas acuáticos brindan múltiples servicios incluyendo el mantenimiento de la calidad del agua y la producción pesquera (EEM, 2005; ONU, 2015; Gómez *et al.*, 2016). La actividad pesquera con fines de provisión de alimento requiere que el producto obtenido cumpla con estándares de calidad e inocuidad según criterios de aceptabilidad para la salud pública (Huss, 1998). Tanto el producto obtenido directamente del ambiente acuático, como el entregado a consumo tras su procesamiento y cadena de transferencia, deben de cumplir normativas y estándares (Huss, 1998). Cuando las condiciones del ambiente no favorecen la inocuidad de estos productos se establecen vedas extractivas para evitar problemas de salud principalmente en bivalvos y gasterópodos (Hallegraeff *et al.*, 2016; Martínez *et al.*, 2017). En nuestro país y desde el punto de vista microbiológico los ingredientes alimentarios y los alimentos, incluyendo el pescado, no podrán contener toxinas u otros metabolitos microbianos actual o potencialmente riesgosos para la salud (Reglamento Bromatológico, Decreto 315/994). Asimismo, este reglamento establece la prohibición de la comercialización de los pescados y sus derivados que procedan de capturas realizadas en zonas que se ha demostrado están contaminadas o declaradas no aptas para la pesca. Actualmente en Uruguay, la trazabilidad del recurso pesquero en cuanto a sustancias que pueden afectar la salud humana incluye metales y microorganismos patógenos (Reglamento Bromatológico, Decreto 315/994) y toxinas que se bioacumulan en moluscos bivalvos proveniente de dinoflagelados (Ley de pesca N° 19.175 de 2013, Decreto reglamentario 115/018). Uno de los problemas más acuciantes a nivel país y de la región son las floraciones de cianobacterias, que pueden afectar la producción pesquera para consumo humano, ya que producen toxinas que se concentran en el sistema digestivo o en el músculo de los peces (Friedland *et al.*, 2005; Bruno *et al.*, 2009). Sin embargo, en Uruguay, no hay control en la trazabilidad del recurso pesquero asociado a cianotoxinas (Reglamento Bromatológico, Decreto 315/994; FAO, 2016). Tampoco existe en Uruguay la capacidad técnica para la detección de cianotoxinas en peces de consumo nacional y no lo demandan los mercados regionales a los que se exporta (ej. para sábalo: G. Fabiano, comunicación personal; FAO, 2016).

En este marco, este trabajo intenta evidenciar el problema y aportar información sobre que especies de peces, dominantes en las lagunas y extraídas por la pesca artesanal son susceptibles a la bioacumulación de cianotoxinas. Además, presenta elementos que pueden ser relevantes para la

gestión del recurso pesquero en estas lagunas donde la frecuencia de cianobacterias es elevada.

1.1.- Eutrofización

A nivel mundial y en nuestro país una de las principales causantes de pérdida de calidad de agua es la eutrofización de los ecosistemas acuáticos (Lampert & Sommer, 2007; Vidal & Kruk, 2008; Vidal & Britos, 2012). La eutrofización es el aumento de la concentración de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno) en los cuerpos de agua, la cuál se ve intensificada por la producción agropecuaria (eutrofización cultural) en las cuencas asociadas a los cuerpos de agua (Mazzeo *et al.*, 2002; Rodríguez-Gallego, 2010; Kruk *et al.*, 2013). En las lagunas costeras, la variabilidad de la salinidad modula los procesos de eutrofización y sus síntomas (García- Rodríguez *et al.*, 2004). Las principales actividades que contribuyen a la eutrofización cultural son la ganadería, agricultura, lechería y forestación, donde se utilizan distintas sustancias químicas que favorecen el aumento de los nutrientes de forma directa (ej. fertilizantes) o indirecta (ej. plaguicidas), cómo también lo hacen las aguas residuales de las poblaciones humanas que directamente o por escorrentía superficial llegan a los espejos de aguas (Nardo, 2011; Lampert & Sommer, 2007).

1.2.- Eutrofización y floraciones de cianobacterias

La eutrofización favorece el crecimiento de plantas acuáticas, microalgas y cianobacterias, y muchas veces da lugar al recambio de especies y proliferación excesiva de cianobacterias formando floraciones (Estévez, 1988). Las floraciones disminuyen la transparencia del agua y la concentración de oxígeno, generando olor (Huisman *et al.*, 2005; Chorus, 2012) y pueden ocasionar la muerte de peces y otros organismos (Bonilla, 2009). La expresión más negativa de las floraciones es la presencia de especies de cianobacterias que producen toxinas (cianotoxinas) que afectan a la biota acuática y a los seres humanos (Brena & Bonilla, 2009). El crecimiento de las floraciones se ve potenciado por la creación de embalses que aumentan el tiempo de residencia del agua, por las mayores temperaturas y por la alteración de la conexión con el mar que disminuye la variabilidad en la salinidad en las lagunas costeras (Kruk *et al.*, 2006; Chalar, 2009; Martínez de la Escalera *et al.*, 2017).

1.3.- Efectos de las cianotoxinas

La presencia de elevadas concentraciones de cianobacterias y sus cianotoxinas en el agua afectan la salud humana (Domingos *et al.*, 2012). Los efectos sobre humanos varían con el tipo de toxina y la forma de exposición a las mismas así como las dosis recibidas, generando efectos agudos o crónicos (Hilborn & Beasley, 2015; Vidal *et al.*, 2017). Existen diversas cianotoxinas como las

dermatotoxinas (lipopolisacáridos) que producen alergias y otros efectos en humanos por contacto, las hepatotoxinas (microcistinas, cilindrospermopsina) que alteran el funcionamiento hepático por consumo de agua o alimentos contaminados y las neurotoxinas (saxitoxinas) que alteran el funcionamiento del sistema nervioso también por consumo o por aspiración (Chorus & Bartram, 1999). Algunos animales acuáticos, como moluscos y peces pueden bioacumular altas concentraciones de cianotoxinas en contacto con las floraciones (Amé *et al.*, 2010), lo que resulta en la exposición de aquellos que los consumen ocasionando problemas de salud (Gobas & Morrison, 2000; Chorus, 2001; Preece *et al.*, 2017). Por ejemplo, la exposición crónica a microcistinas a través del consumo de peces contaminados con esta toxina, puede generar problemas de salud, incluyendo tumores en humanos (Prieto *et al.*, 2008).

1.4.- Cianotoxinas en Uruguay

El primer registro de toxinas en Uruguay data del año 1999 cuando se determinó la presencia de microcistinas en el Río de la Plata frente al Departamento de Colonia (De León & Yunes, 2001). A partir de entonces la frecuencia de registro de floraciones y cianotoxinas se ha incrementado observándose en toda la costa del Río de la Plata, en el Río Uruguay incluyendo el embalse de Salto Grande, y en los embalses del Río Negro y lagunas en general (Dorr *et al.*, 2010; González-Piana *et al.*, 2011; Bonilla *et al.*, 2015; Kruk *et al.*, 2015). Más recientemente se han registrado también en la costa atlántica (Kruk *et al.*, 2019; Aubriot *et al.*, 2020; Kruk *et al.*, 2020). Este incremento en la frecuencia e intensidad de las floraciones se ha relacionado a la intensificación productiva (ej. Aubriot *et al.*, 2017). Las lagunas costeras también han empezado a registrar eutrofización y desarrollo de floraciones de cianobacterias desde el año 2010 (Rodríguez Gallego *et al.*, 2012 y 2017; Cabrera, 2015).

En Uruguay se observan floraciones de *Microcystis aeruginosa* y especies similares integradas en el complejo *Microcystis aeruginosa* principalmente productoras de microcistinas (Bonilla *et al.*, 2015; Kruk *et al.*, 2017; Kruk *et al.*, 2019), toxinas que se bioacumulan en diferentes órganos y tejidos de los peces y producen efectos negativos en la salud por exposición directa o contacto y por consumo de productos pesqueros (Kibria, 2016). Son también frecuentes las floraciones del grupo de las nostocales y oscillatoriales (Pérez *et al.*, 1999; Conde *et al.*, 2004) productoras de toxinas incluyendo neurotoxinas (Chorus & Bartram, 1999). Ambos tipos de cianobacterias han sido registradas en las lagunas costeras de nuestro país (ej. Segura, 2010; Bonilla *et al.*, 2015; Crisci *et al.*, 2017).

1.5.- Lagunas costeras, pesquerías y cianobacterias en Uruguay

Las lagunas costeras salobres del litoral Atlántico, Laguna de Rocha (LR) y Laguna de Castillos (LC) son áreas dinámicas y ricas en biodiversidad que sustentan diversos servicios ecosistémicos. Entre los servicios y bienes más relevantes, podemos destacar la buena calidad del agua, el valor estético, el turismo, el mantenimiento de suelos, el ciclo hidrológico y de nutrientes, y el sustento de diversas pesquerías. Estas lagunas, son áreas de cría y alimentación de juveniles de varias especies de peces, crustáceos y moluscos bivalvos, de importancia comercial para Uruguay (Potts & Wootton, 1984; Santana & Fabiano, 1999; Defeo *et al.*, 2009). Los usos de suelo que presentan estos ecosistemas, son la ganadería en praderas naturales, la urbanización para el desarrollo turístico, la agricultura y la forestación, estas dos últimas actividades se intensificaron a partir de la década del 90 (Rodríguez-Gallego *et al.*, 2017). Las dos ciudades más importantes que bordean las lagunas (Rocha, Castillos), presentan una población de un total de 3525 hombres y 4016 mujeres en la ciudad de Castillos y Rocha con 12060 hombres y 13362 mujeres (INE, 2011). Además, ambas lagunas han sido reconocida por su valor cultural, ecológico y socioeconómico. La LR es parte de la Reserva de Biósfera, Bañados del Este (MAB-UNESCO, Fernández-Larrosa, 2012), forma parte de un sitio Ramsar en Uruguay (Ley 15.337, 1982) y es parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) desde el año 2010 cuando el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento, Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) aprobó el Plan de Manejo del Paisaje Protegido Laguna de Rocha (2016). Este Plan como propósito aportar a la gestión del área de la Laguna de Rocha incluyendo la ordenación y los usos del ecosistema contemplando todos los intereses. La LC se declara de interés nacional en el año 1966 (Decreto 266 art 3°, Preservación de las áreas Monumento Natural Cabo Polonio y Refugio de Fauna Laguna de Castillos) (Fernández-Larrosa, 2012). En el año 1976 ingresa a la Reserva de Biósfera, Bañados del Este (MAB-UNESCO) y como sitio Ramsar en Uruguay. El 14 de febrero del 2020 el área de la LC y el Arroyo Valizas ingresan al SNAP en la categoría de Paisaje Protegido (Decreto 59/020). A pesar de ello, las actividades productivas realizadas en sus cuencas se están intensificando, favoreciendo su eutrofización (Rodríguez-Gallego *et al.*, 2017) favoreciendo el incremento en la ocurrencia de cianobacterias.

En ambas lagunas se realiza pesca artesanal todo el año, utilizando diversas artes de pesca según la zafra de captura (Fabiano & Santana, 2006; Segura *et al.*, 2008; Defeo *et al.*, 2009). Las capturas en ambas lagunas son tanto para venta comercial como consumo e incluyen por ejemplo *Micropogonias furnieri*, *Odontesthes argentinensis* y *Mugil liza*. En la LC operan aproximadamente entre 15 a 20 barcas de pescadores, dependiendo la zafra de pesca, por ej. en la zafra del camarón llegan a trabajar 200 pescadores (Santana & Fabiano, 1999). En la barra de la LR habitan 80

personas todo el año que trabajan directamente en la pesca (Lagos-Miranda, 2015).

Respecto a la frecuencia de floraciones las lagunas tienen características dispares, esto se debe a las diferencias geomorfológicas de ambas lagunas y a su conexión con el mar que genera cambios en su salinidad, concentraciones de nutrientes y en la biota (Rodríguez-Gallego, 2002; Vidal *et al.*, 2007). La LR se conecta al mar directamente por un canal que se forma en la barra arenosa (Rodríguez-Gallego, 2010), mientras que LC tiene una comunicación indirecta a través del Arroyo Valizas de 7 km de largo, el cuál presenta también una barra en la playa (Fernández, 2011). Esto puede generar diferencias en el proceso de eutrofización y sus síntomas incluyendo la frecuencia e intensidad de las floraciones de cianobacterias. La conectividad adyacente de la LR con el mar difiere de la LC que tiene una conexión más lejana, resultando en un mayor tiempo de residencia del agua y menor variabilidad en la salinidad, así como valores más bajos de la misma. Esto hace, que la LR no presente alta frecuencia de floraciones registrándose solo tres casos aislados (Cabrera, 2015; Kruk *et al.*, 2019). En cambio, en LC las floraciones de cianobacterias tóxicas son frecuentes (Martínez, 2016).

1.6.- Justificación

Las lagunas costeras son un muy adecuado modelo de estudio para aportar a la gestión pesquera nacional, regional y local. Resultados en estos ecosistemas podrán además ser insumos para futuros planes que tengan como objetivo prevenir y mitigar los efectos nocivos de las floraciones de las cianobacterias en las pesquerías, particularmente en el consumo de peces expuestos a floraciones. Es clave para un plan de manejo y gestión relacionada con las pesquerías y las floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas la existencia de información de base. Esta podrá provenir de revisiones exhaustivas tanto acerca de los sistemas particulares, como de los elementos técnicos básicos relevantes. Esto permitirá comprender el funcionamiento y magnitud de las amenazas. Además, los testimonios y participación de informantes calificados aportará a la reconstrucción histórica, a la identificación de actores y al conocimiento local del uso del recurso. En Uruguay es fundamental diagnosticar la situación actual y generar insumos para las actividades asociadas al sector pesquero, para ser implementadas por las entidades competentes, incluyendo los Ministerios de Salud Pública y de Ganadería Agricultura y Pesca y las entidades departamentales. Para ello, en este trabajo combinamos distintas estrategias para generar insumos como aporte a la gestión de las lagunas, a la mejora de líneas de base analizando la biomasa de cianobacterias potencialmente tóxicas y diatomeas como bioindicadoras. A su vez, generamos un listado seleccionado especies de peces que son frecuentes en las lagunas y de esa selección, los géneros más vulnerables a la

bioacumulación de las cianotoxinas.

2.- OBJETIVOS

Nuestro objetivo general fue aportar información y herramientas para contribuir a la prevención de los efectos negativos de las cianobacterias tóxicas en las pesquerías de las lagunas de Rocha (LR) y de Castillos (LC) a través de la afectación de la salud por consumo de pescado.

2.1 Objetivos específicos

1. Analizar la presencia, abundancia y distribución de especies de cianobacterias en verano en LR y LC utilizando metodología de muestreo de alta sensibilidad. Mediante recopilación bibliográfica describir su potencial producción de toxinas y la existencia de antecedentes de bioacumulación en peces. Complementar esta información con análisis del estado trófico actual de las lagunas utilizando variables ambientales y diatomeas obtenidas de la columna de agua.
2. Clasificar especies de peces frecuentes en LR y LC y más representadas en evaluaciones y desembarques de la pesca artesanal en relación a su posibilidad de bioacumulación de cianotoxinas, a través de revisión bibliográfica.
3. Identificar y generar insumos para diseñar acciones incorporables a los planes de manejo de pesquerías para evitar consumo de peces con cianotoxinas.

3.- METODOLOGÍA GENERAL

3.1.- Área de estudio

La Laguna de Castillos (LC) (34°15' S; 53°41' W) es somera con una profundidad media de 1.0 m y un área de 7900 has (Rodríguez-Gallego *et al.*, 2017) y descarga sus aguas al océano Atlántica adyacente a través del arroyo Valizas de 7 km de largo (Fernández, 2011) (Figura 1). Su salinidad media varía entre 3,9- 4,7 (Rodríguez- Gallego, 2010). Su cuenca presenta humedales permanentes y semi-permanentes asociados tanto a la laguna como a los arroyos (Figura 1).

La Laguna de Rocha (LR) (34°33'S, 54°22'W) es una laguna somera con una profundidad media de 0.6 m y un área de 7304 ha (Rodríguez-Gallego *et al.*, 2017) (Figura 1). Está separada del océano por una barra de arena paralela a la costa que se abre periódicamente de forma natural o artificial

físico-químicas incluyendo la salinidad, temperatura y turbidez utilizando un multiparámetro Horiba. Para los nutrientes y clorofila-a se tomaron muestras de agua a 10 cm de la superficie con bidones y se transportaron refrigerados hasta el laboratorio del CURE para su posterior análisis (DINAMA, 2018). Para la colecta en cada punto de fitoplancton, incluyendo cianobacterias y diatomeas, se realizaron arrastres con red cónica de 100µm de malla y una boca de 30 cm de diámetro. La red de 100µm retiene organismos de gran tamaño y concentra grandes volúmenes de agua, permitiendo la detección de organismos potencialmente tóxicos y formadores de floraciones de forma temprana (Segura *et al.*, 2017). Los arrastres tuvieron una duración de aproximadamente 2 minutos y el volumen filtrado se calculó mediante los flujómetros adheridos a la red (*Hydro-Bio y Mechanical Flowmeter 315*), alcanzando en promedio 6008 litros de agua filtrada. Este volumen permite cuantificar organismos que se encuentran en bajas abundancias, que con métodos tradicionales (ej, colecta con botella) no alcanzan abundancias detectables. Además permite el reconocimiento visual *in situ* de las cianobacterias (Kruk *et al.*, 2015). Las muestras fueron fijadas con formol al 4% para su posterior análisis en el laboratorio.

3.3.- Análisis de laboratorio

En las muestras de red se analizaron las cianobacterias y diatomeas. La identificación taxonómica, conteo y medidas de las cianobacterias se realizó en microscopio directo e invertido Nikon Eclipse E100 y TS100 respectivamente, con los objetivos 10x y 40x. Las cianobacterias fueron identificadas usando las claves de Komárek & Anagnostidis (1998; 2005) y Komárek (2014). El conteo se realizó en cámaras Sedwick-Rafter de 1 ml utilizando bandas o toda la cámara dependiendo de la abundancia de las cianobacterias, en cada muestra se contaron un mínimo de 100 organismos (Kruk *et al.*, 2009). Para la visualización del mucílago se utilizó tinta china. Se contaron todos los organismos presentes y se realizaron registros fotográficos (Anexo I) y medidas con el software Micrometrics SE Premium <https://micrometrics-se-premium.software.informer.com/download/?lang=es>. Se midieron las cianobacterias para estimación de volumen utilizando la aplicaciones disponibles en <http://maren.fder.edu.uy:8080/MAREN-1.0/inicio> y de acuerdo con las aproximaciones geométricas de Hillebrand *et al.* (1999) y Alcántara *et al.* (2018). El biovolumen ($\mu\text{m}^3 \text{ ml}^{-1}$) se usó como un indicador de biomasa y se obtuvo multiplicando la abundancia por el volumen de cada organismo en cada muestreo. Se calculó la riqueza por muestreo y por laguna como el número de morfotipos o especies observadas, cuando estas pudieron ser identificadas.

Para la identificación y conteo de las diatomeas se tomaron alícuotas de muestra las cuales fueron

tratadas con agua oxigenada para eliminar el material orgánico y calentadas por dos horas a baño maría para acelerar la reacción (Hasle & Syversen, 1996; Metzeltin *et al.*, 2005). Luego se colocaron en tubos para ser lavadas con agua destilada mediante centrifugación (1500 rpm/7 minutos), repitiendo cinco veces y eliminando el sobrenadante cada vez. Para el armado de los preparados permanentes se colocó en una plancha un cubre objeto con una porción de muestra y se pegó utilizando medio de montaje Entellan de índice de refracción 1.5, sobre un porta objeto para obtener las muestras definitivas. Las especies de diatomeas fueron observadas con aumento 1000x con aceite de inmersión. Esta metodología, permite una identificación mas profunda y se pueden identificar las valvas características de cada especie. Las especies de diatomeas fueron utilizadas como bioindicadoras ambientales de salinidad y estado trófico, por ejemplo *Synedra unla* es indicadora de estado mesotrófico y especies como *Campylodiscus clypeus*, *Nitzchia circumscuta* y *Surirella ovalis* son indicadoras de ambientes eutrofizados (De Wolf, 1982; Van Dam *et al.*, 1994; Metzeltin & García-Rodríguez 2003; García-Rodríguez *et al.*, 2011; Pérez, 2010, 2014; Vidal *et al.*, 2016) (Anexo I).

3.4.- Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica en *Google Scholar*, *Timbó* y *Colibrí* de revistas arbitradas nacionales e internacionales, tesis, informes, y comunicaciones, se incluyeron además materiales cedidos por distintos actores académicos y de gestión de distintas instituciones (UDELAR, DINARA). Se buscó información sobre el potencial tóxico de las especies de cianobacterias observadas en los muestreos realizados en las lagunas, incluyendo información sobre zona de ocurrencia, y potenciales efectos de estas toxinas en los peces. Se buscó el órgano blanco de las mismas y se evaluó además si ya habían sido registradas en esa laguna en particular (Tabla 1). También mediante búsqueda bibliográfica se listaron las especies de peces capturadas más frecuentemente en las lagunas, incluyendo información sobre su ocurrencia en tiempo y espacio, su preferencia alimenticia e importancia para las pesquerías comerciales y consumo humano regional. Para el listado de peces obtenido se buscaron antecedentes sobre bioacumulación de cianotoxinas, cuando no se encontró disponibilidad para la misma especie se consideró información para el género (Tabla 3). De esta manera fue posible identificar las especies y géneros de peces más susceptibles a la bioacumulación de cianotoxinas.

3.5.- Encuestas y entrevistas

La información de la revisión de literatura se combinó con información de encuestas realizadas a actores locales, y entrevistas realizadas a dos expertas residentes en la zona. En ambos casos se

consultó sobre la importancia comercial y/o de consumo de peces en las lagunas así como también sobre su vulnerabilidad a la presencia de cianobacterias potencialmente tóxicas (Anexo II). Asimismo se realizaron encuestas a pescadores, pescadoras y cocineras, docentes del CURE y estudiantes de la Licenciatura en Gestión Ambiental (LGA). Los cuestionarios fueron realizados por correo electrónico y teléfono a un total de 13 entrevistados. Estos tuvieron un rango de edades de 19 a 45 años y su lugar de residencia incluyó la barra de la Laguna de Rocha, el puente en la ruta 10 sobre el Arroyo Valizas, la localidad de Valizas y la ciudad de La Paloma.

Se realizaron entrevistas con preguntas semi-estructuradas a personas con incidencia en el área de estudio para recabar vacíos de información (Anexo II). Las preguntas estuvieron dirigidas a consultar acciones, estrategias y/o medidas que deberían aplicarse en programas o planes de manejo para evitar los efectos negativos de las cianotoxinas por consumo de peces de las lagunas. Se entrevistaron a dos profesionales, la Docente Bióloga G3 del CURE, Dra. Lorena Rodríguez Gallego y a la coordinadora de la Base de la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) en La Paloma Dra. Graciela Fabiano. La primera, formó parte del diseño y aplicación del plan de manejo de LR y la segunda tiene competencia en la gestión de los recursos pesqueros en las lagunas costeras y en la costa atlántica.

3.6.- *Análisis de datos*

Se estimaron y compararon los valores totales de riqueza, y valores medios y rangos de variación de abundancia y biovolumen de cianobacterias y diatomeas por sitio y por año en cada laguna. Se realizaron gráficos de cajas utilizando el paquete estadístico R (<https://r-project.org>).

4.- RESULTADOS

4.1.- Generación de insumos para la gestión en las lagunas

4.1.1.- *Cianobacterias en LC y LR: riqueza y biovolumen*

Se observaron cianobacterias los dos años estudiados y la mayoría de sitios muestreados en ambas lagunas, salvo en los sitios norte y centro de LC. Se registraron un total de 15 especies pertenecientes a 3 órdenes de cianobacterias Chroococcales (5 especies), Oscillatoriales (6 especies) y Nostocales (2 especies) (Tabla 1).

Tabla 1. Lista de especies de cianobacterias observadas en las lagunas de Castillos (LC) y de Rocha (LR) incluyendo las toxinas que pueden producir: anatoxina-a(s) (ATXs), saxitoxinas (STX), microcistinas (MCs), lipopolisacáridos (LPS), aplysiatoxinas (APX), cylindrospermopsina (CYN), nodularina (NDA), homoanatoxina-a (HTX), lyngbyatoxin-a (LYX). Se incluyen además sus posibles órganos blanco en personas, zona que ocupan las especies y referencias sobre la relación de las toxinas con pesquerías. SA: sin antecedentes

Cianobacteria	LR	LC	Potencial toxina	Órgano humano afectado por la toxina	Zona de ocurrencia	Antecedentes locales de la especie	Antecedentes en relación a pesquerías
<i>Phormidium sp.</i>		x	LPS, ATX, HTX	Irritación en la piel Sistema nervioso	Bentos	SA	SA
<i>Pseudanabaena spp.</i>	x	x	MCs	Hígado	Plancton	LR (Conde <i>et al.</i> , 2004) LR	MCs en peces y riesgo en la salud (Magalhães <i>et al.</i> , 2001; Amé <i>et al.</i> , 2010; Deblois <i>et al.</i> , 2008; Kibria, 2016).
<i>Aphanothece cf. stagnina</i>	x		LPS	Irritación en la piel	Plancton	LR	SA
<i>Aphanothece sp.</i>	x	x	LPS	Irritación en la piel	Bentos	LR (Conde <i>et al.</i> , 2004; Rodríguez-Gallego, 2015)	SA
<i>Komvophorum sp.</i>	x	x	SA		Plancton	SA	SA
<i>Planktothrix agardhii</i>	x		MCs, APX STX, LPS. ATX	Irritación en la piel Hígado Sistema nervioso	Plancton	SA	MCs en peces y riesgo en la salud (Magalhães <i>et al.</i> , 2001; Amé <i>et al.</i> , 2010; Deblois <i>et al.</i> , 2008; Kibria, 2016).
<i>Oscillatoria</i>	x	x	ATX, LPS MCs	Irritación mucosas Hígado Sistema nervioso	Bentos Plancton	SA	MCs en peces y riesgo en la salud (Magalhães <i>et al.</i> , 2001; Amé <i>et al.</i> , 2010; Deblois <i>et al.</i> , 2008; Kibria, 2016).
<i>Merismopedia tenuissima</i>	x	x	MCs, LPS	Irritación en la piel Hígado	Plancton	SA	MCs (Magalhães <i>et al.</i> , 2001; Amé <i>et al.</i> , 2010; Deblois <i>et al.</i> , 2008; Kibria, 2016).
<i>Synechococcus sp.</i>		x	MCs	Hígado	Plancton	SA	MCs en peces y riesgo en la salud (Magalhães <i>et al.</i> , 2001; Amé <i>et al.</i> , 2010; Deblois <i>et al.</i> , 2008; Kibria, 2016).
<i>Dolichospermum sp.</i>		x	ATX, MCs, CYN, STX	Hígado Sistema nervioso Daño tisular generalizado Nervio axial	Plancton	LC (Fabre <i>et al.</i> , 2014)	MCs en peces y riesgo para la salud humana (Fabre <i>et al.</i> , 2014; Kibria, 2016). CYN (Silva <i>et al.</i> , 2017)
<i>Microcystis aeruginosa</i>	x		MCs	Hígado, Irritación en la piel	Plancton	LR (Cabrera, 2015)LR y LC (Kruk <i>et al.</i> , 2019)	MCs en peces y riesgo en la salud (Chen <i>et al.</i> , 2006; Magalhães <i>et al.</i> , 2001; Kibria, 2016).
<i>Lyngbya sp</i>		x	LPS, LYX APX, STX	Irritación en los tejidos Piel Gastrointestinal Nervio axial	Bentos	SA	SA
<i>Nodularia cf. spumigena</i>		x	MCs, ATX, ATXs, STX, LPS, NDA	Hígado Cerebro, Nervio axial Irritación en piel	Plancton	LC (Pérez <i>et al.</i> , 1999)	MCs en peces y riesgo en la salud (Magalhães <i>et al.</i> , 2001; Amé <i>et al.</i> , 2010; Deblois <i>et al.</i> , 2008; Kibria, 2016).

Fuente: toxina y órgano afectado en base a Chorus & Bartram (1999); De León, (2002); Vidal *et al.* (2009); Malcuori, (2011); Silva *et al.*, (2014); Svirčev *et al.*, (2017).

La mayor riqueza de cianobacterias se observó en LC en el año 2017 alcanzando un total de 9 distintas especies con la mayor riqueza (6) en el sitio de muestreo del puente Valizas. En LR la riqueza total de cianobacterias fue de 8 especies alcanzando una mayor riqueza en el año 2016 y menor en el año 2107 (Figura 2). Algunas especies ocurrieron solo en la LR (*Planktothrix agardhii* y *Aphanothece cf stagnina*) o en la LC (*Synechococcus sp*, *Dolichospermum sp*, *Nodularia spumigena*, *Lyngbya sp* y *Phormidium sp*), mientras cuatro especies ocurrieron en ambas lagunas (*Komvophorom sp.*, *Aphanothece sp* y *Pseudanabaena sp* y *Oscillatoria*). La mayoría de las especies fueron planctónicas, aunque se registraron bentónicas. El biovolumen total de cianobacterias por sitio y fecha varió entre 500.000 $\mu\text{m}^3/\text{mL}$ y 93.000.000 $\mu\text{m}^3/\text{mL}$, observándose mayores valores en LR que LC no existiendo grandes diferencias entre años (Figura 2). Dentro de las cianobacterias las Chroococcales tuvieron siempre el mayor biovolumen en las dos lagunas seguido de las Oscillatoriales y Nostocales. En LC no se observaron grandes variaciones entre los sitios que presentaron cianobacterias, mientras que en LR se observó un patrón de disminución del biovolumen total de cianobacterias hacia la barra de la laguna. En LR el mayor biovolumen fue observado al norte 93.000.000 $\mu\text{m}^3/\text{mL}$ en el año 2016. Las especies con mayor biovolumen en LR fueron *Komvophorom sp.*, *Synechococcus sp*, *Aphanothece sp.* y *Planktothrix agardhii*. En la LC se registró el máximo biovolumen 1.500.000 $\mu\text{m}^3/\text{mL}$ en la estación Sur en el año 2016 siendo las especies más importantes *Dolichospermum sp*, *Pseudanabaena* y *Lyngbya sp*.

4.1.2.- Cianobacterias: potencial producción de toxicidad

Casi todas las especies identificadas presentaron potencial de producir toxinas incluyendo un total de 10 toxinas (Tabla1): neurotoxinas (anatoxina-a ATX y anatoxina-aS ATXs, homoanatoxina-a HTX, saxitoxinas STX), dermatotoxinas (lipopolisacáridos LPS), hepatotoxinas (cylindrospermopsina CYN, microcistinas MCs, nodularinas NDA) y otras cianotoxinas (lyngbyatoxin-a LYX, aplsiatoxinas APX). Las potenciales toxinas más frecuentes, asociadas a la presencia de las especies potenciales productoras, fueron la MCs, LPS y ATX en ambas lagunas, aunque se observaron con mayor frecuencia en la LC . En LC estuvieron presentes especies con potencial generador de las 10 cianotoxinas descritas, mientras que en LR cinco de ellas (LPS, MCs, ATX, APX y STX) (Figura 3). Los órganos principalmente afectados por las toxinas identificadas fueron el hígado, el sistema nervioso, piel y mucosas. Las toxinas estuvieron asociadas principalmente a especies planctónicas pero también ocurrieron especies bentónicas potencialmente tóxicas.

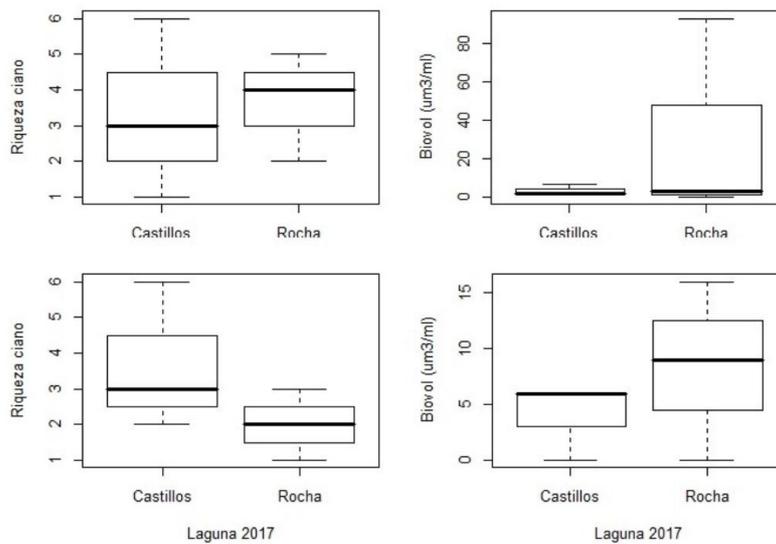


Figura 2. Diagramas de cajas para la riqueza total y biovolumen total ($\mu\text{m}^3/\text{ml}$) de cianobacterias en Laguna de Castillos (LC) y laguna Rocha (LR) para los muestreos realizado en el año 2016 (arriba) y en el año 2017 (abajo). Las cajas muestran los valores entre el 25% - 75%, el 50% es la mediana (línea gruesa). Los bigotes muestran el rango entre los valores mínimos y máximos.

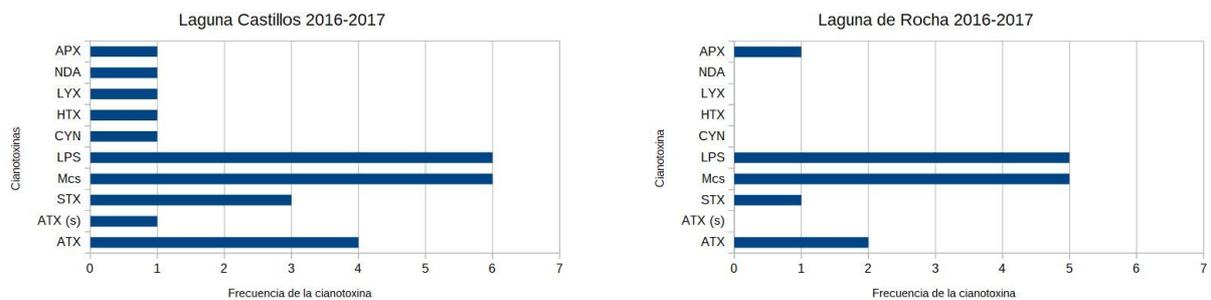


Figura 3. Frecuencia de ocurrencia de especies de cianobacterias con potencial tóxico en las lagunas en los dos periodos. APX (aplisiatoxinas), NDA (nodularina), LYX (lyngbyatoxin-a), HTX (homoanatoxina-a), CYN (cylindrospermopsina), LPS (lipopolisacaridos), MCs (microcystinas), STX (saxitoxinas), ATX y ATXs (anatoxina-a y anatoxina-a S respectivamente).

4.1.3.- Condiciones ambientales

Para los muestreos de los veranos 2016 y 2017 en la LC las salinidades promedio fueron 13,0 y 6,0 en 2016 y 2017 respectivamente, y mostró una variabilidad mucho mayor con un rango entre 2,7 y 33 (Tabla 2). En la LR las salinidades promedio fueron de 11,3 y 19,0 en los años 2016 y 2017 respectivamente, variando entre 8,5 y 19,0. La temperatura promedio para el año 2016 fue de 26°C para LC y de 28°C en LR. En el 2017 ambas lagunas tuvieron una temperatura promedio de 22°C. La LR presentó promedios de turbidez y fósforo mayores que la LC (Tabla 2).

Tabla 2. Valores medios y rangos de variación para las variables ambientales registradas en los muestreos de las lagunas en verano 2016 y 2017. Salinidad, temperatura del agua, turbidez, fósforo total (PT) y nitrógeno total (NT) (DINAMA, 2018).

Lagunas	Año	Salinidad	Temperatura agua (C°)	Turbidez (NTU)	PT (ug/L)	NT (ug/L)
LR	2016	11,3 (8,5-16,2)	28 (25,4-29,17)	44 (3,2-55,6)	128 (92,8-163,3)	786 (669-861)
LC	2016	13,02 (4,5-33)	26 (24,3-27)	16,54 (2,8-34,9)	50 (20,5-98,7)	542 (173-966)
LR	2017	19 (18,3-19,1)	22 (20,2-23,9)	90 (52,8-132)	128,2 (106,0-166,8)	789,02 (703-933)
LC	2017	6 (2,7-8,7)	22 (21,57-22,81)	56 (7,9-147)	50,3 (22,6-75,6)	947,5 (853-1029)

4.1.4.- Diatomeas: indicadoras de calidad del agua

Las especies de diatomeas observadas en LC (Tabla A1, Anexo II) fueron principalmente indicadoras de condiciones eutróficas al norte (91%) y en el bolsón del chafalote (96 %), y de eutróficas- mesotróficas (49 %) en el centro en el año 2017 (Figura 4). En los sitios del centro y el sur en el año 2016 predominaron especies para las cuáles no se encontró información autoecológica en la literatura internacional, identificadas aquí como no evaluadas. Se puede observar, que en el año 2017 los valores promedios de salinidad fueron menores en contraste con los nutrientes (nitrógeno y fósforo) que tuvieron valores mayores. En la LR, en todos los sitios de ambos períodos, se registraron mayor número de especies indicadoras de condición meso a eutrófica especialmente en el año 2016 y un menor porcentaje de especies no evaluadas (Figura 5). Cabe destacar, que las menores salinidades en la LR se registraron en el año 2016 respecto al 2017. Las especies no evaluadas de ambas lagunas fueron principalmente pennadas, de tamaño pequeño y en general perifíticas. Otras especies no evaluadas incluyeron organismos de mayor tamaño y céntricas: *Odontella aurita*, *Coscinodiscus radiatus*, *Coscinodiscus jonesianus*, *Terpsinoë musica* y *Leptocylindrus danicus*.

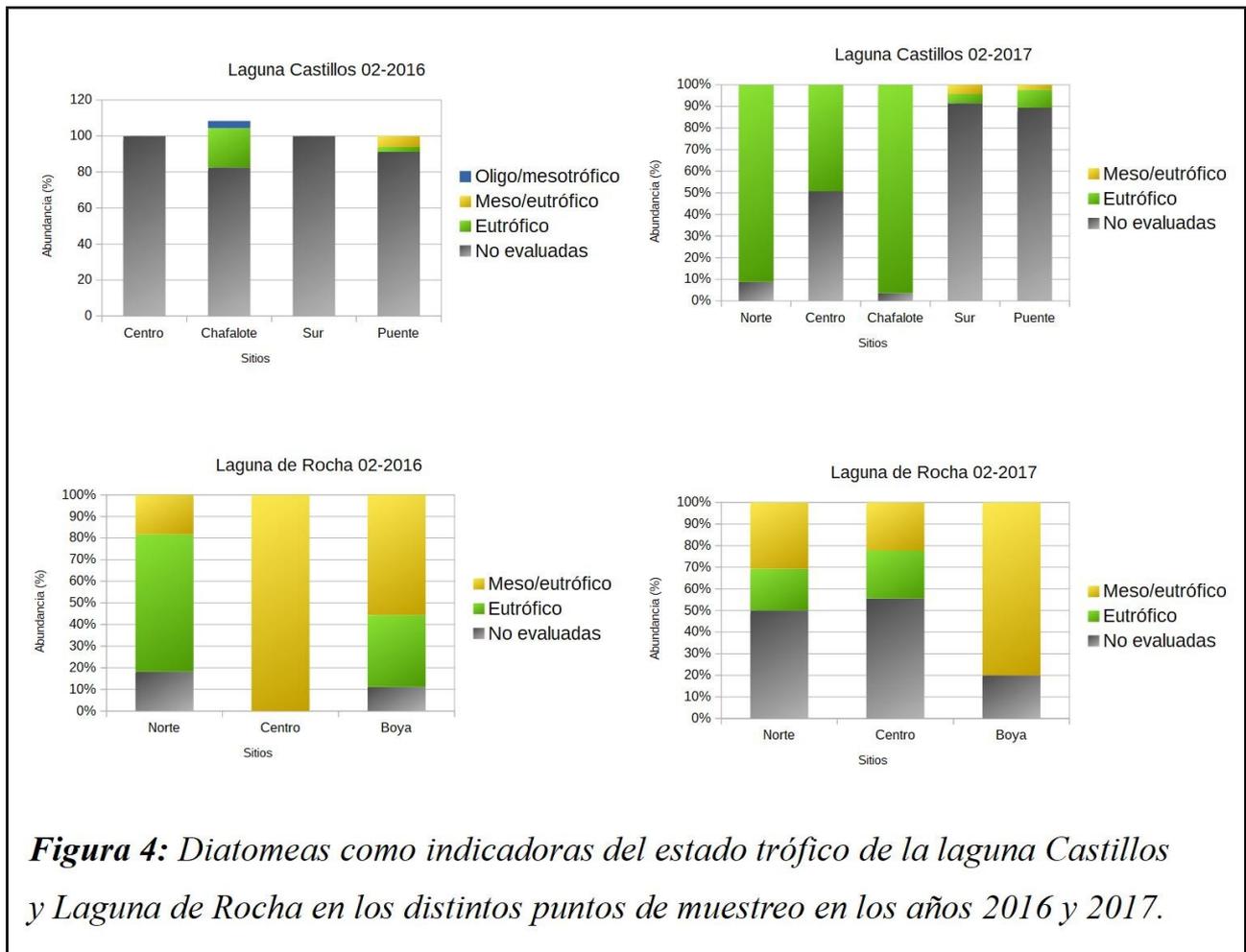


Figura 4: Diatomeas como indicadores del estado trófico de la laguna Castillos y Laguna de Rocha en los distintos puntos de muestreo en los años 2016 y 2017.

4.1.5.- Especies de peces predominantes y su vulnerabilidad a cianotoxinas

La revisión bibliográfica permitió observar que los peces más frecuentes, en ambas lagunas fueron teleósteos de estuarino-costeros (Santana & Fabiano, 1999) y especies dulceacuícolas que residen permanentemente (Tabla 3). La lacha (*Brevoortia aurea*) se encuentra casi permanentemente en la LR y migra hacia aguas de menor salinidad fuera de las lagunas para reproducirse (Santana & Fabiano, 1999). La anchoita (*Lycengraulis grossidens*) permanece en octubre-noviembre en ambas lagunas, es de aguas saladas a salobres y migra a aguas dulces también para reproducirse (Texeira de Mello *et al.*, 2011). El lenguado grande (*Paralichthys orbignyanus*) presenta migraciones desde y hacia el mar, encontrándose ejemplares adultos y juveniles que utilizan ambas lagunas como área de alimentación y crecimiento antes de migrar al mar (INAPE, 1992; Santana & Fabiano, 1999; Sampaio & Bianchini, 2002). La lisa (*Mugil spp.*) está casi permanentemente en ambas lagunas, con especies que son de agua marina y dulce (Santana & Fabiano, 1999). El pejerrey (*Odontesthes argentinensis*) reside permanentemente en las lagunas y los juveniles de corvina blanca

(*Micropogonias furnieri*) se encuentran en primavera-verano en ambas lagunas, siendo capturados con redes de enmalle en el otoño temprano en una zafra de pesca orientada a la extracción de “mingo” (Fabiano & Santana, 2006; Viana, 2009). La tararira (*Hoplias aff. malabaricus*) sostiene las pesquerías en ambas lagunas, en la zona del chafalote en la LC y al norte de la LR, zonas con bolsones y bañados de agua dulce (G. Fabiano, comunicación personal). Ocasionalmente se registra la carpa (*Cyprinus carpio*), una especie exótica introducida (Santana & Fabiano, 1999; Brugnoli *et al.*, 2009). Todos estos peces están presentes en la laguna donde se alimentan y crecen y en determinadas condiciones ambientales pueden reproducirse (Santana & Fabiano, 1999; Vizziano *et al.*, 2002; Fabiano *et al.*, 2004; 2011 y 2016). Todas estas especies son consumidas localmente. Las especies exportadas incluyen a la corvina, pejerrey, lenguado y lisa. La lacha es utilizada como carnada en la pesca con palangre de peces óseos en el mar y la anchoita se consume ocasionalmente.

La búsqueda de información para estas especies y géneros en cuanto a su relación con toxinas de cianobacterias resultó en que varios de los géneros de peces observados en las lagunas pueden bioacumular toxinas cuando están en contacto o consumen cianobacterias, como es el caso de *Mugil spp*, *Brevoortia spp*, *Hoplias spp* y *Odontesthes spp*. Para algunos géneros de peces se observaron vacíos de información sobre bioacumulación de toxinas no encontrándose información en la literatura ni en las entrevistas realizadas en este trabajo. Por ejemplo, *Micropogonias furnieri*.

Son varios los peces que forman parte de la alimentación humana y pueden presentar bioacumulación de toxinas producidas por cianobacterias. Además de la bioacumulación de toxinas en músculo, su concentración en otros órganos puede ser un problema como por ejemplo en el sistema digestivo, como se ha registrado para la lacha (Friedland *et al.*, 2005) y en branquias e hígado observado en tararira (Martins *et al.*, 2019) (Tabla 3). Esta bioacumulación en muchos casos esta asociada a la ingestión de cianobacterias tóxicas por los peces del agua y sedimentos (Cazenave *et al.*, 2006; Gurbuz *et al.*, 2016).

Existen varios estudios que muestran la bioacumulación de microcistinas en hígado y músculo por ejemplo en tilapia (*Oreochromis niloticus*, *Tilapia rendalli*) (Magalhães *et al.*, 2001; Amé *et al.*, 2010; Deblois *et al.*, 2008), en *Odontesthes* (Cazenave *et al.*, 2005; Bieczynski *et al.*, 2013), en *Paralichthys* (García, 2011) y en *Hoplias* (Simoens, 2015). Para las neurotoxinas CYN y SXT, los estudios son mas recientes que para las microcistinas, pero también se constata bioacumulación en órganos de peces. Para CYN se ha encontrado por ejemplo bioacumulación en el músculo de bagre anguila (*Tandanus tandanus*, Australia) (Seifert, 2007) y en vísceras y músculo de truchas (*Salmo*

trutta, Italia) expuestas a una floración de Nostocales (Messineo *et al.*, 2009). En México Berry *et al.* (2012) hallaron SXT en varios tejidos de varias especies de peces de consumo humano. En nuestra región, particularmente en Brasil Galvão *et al.* (2009) observaron en laboratorio que la tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) expuesta a cianobacterias tóxicas acumula SXT en músculo e hígado.

Tabla 3. Listado de especies de peces frecuentes y/o frecuentes en determinado periodo en las lagunas de Rocha y Castillos, temporada en la que están presentes en las lagunas, distribución mundial, hábito alimenticio según revisión de literatura, uso según encuestas y entrevistas realizadas a los actores, y antecedentes sobre bioacumulación de cianotoxinas según revisión de literatura. SA: sin antecedentes. STX: Saxitoxinas. CYN: Cylindrospermopsina. MCs: Microcystinas. RdIP: Río de la Plata. **Fuentes:** Santana & Fabiano 1999; Norbis & Galli 2004; Teixeira *et al.*, 2011; Fabiano *et al.*, 2014; García-Spósito *et al.*, 2018.

Nombre común	Nombre científico	L	Temporada en la laguna	Distribución	Hábito alimenticio	Consumo interno/ venta externa	Antecedentes bioacumulación por género peces
Anchoita de Río	<i>Lycengraulis grossidens</i> Spix & Agassiz 1829	LR LC	Octubre-diciembre	Venezuela hasta Argentina, ríos Paraguay, Uruguay, Paraná, RdIP y lagunas costeras salobres	Lacha, crustáceos e insectos	Carnada y consumo humano directo escaso	SA
Anchoíta	<i>Platanichthys platana</i> Regan 1917	LR LC	SA	Norte de Río de Janeiro, Uruguay hasta Argentina	Algas filamentosas, zooplancton, detritus, invertebrados y bivalvos	Carnada	SA
Lacha	<i>Brevoortia aurea</i> Agassiz 1829 Hildebrand 1984	LR	Casi permanente, migraciones desde y hacia el mar	Desde el RdIP hasta Bahía (Brasil) y Bahía Blanca (Argentina).	Fito y Zooplancton, materia orgánica (MOS)	Carnada	Cianobacterias en intestino pez (Friedland <i>et al.</i> , 2005).
Sabalito	<i>Cyphocharax voga</i> Hensel 1870	LR LC	SA	Ríos costeros de Río Grande do sul y Santa Catarina meridional, Brasil, Uruguay, Buenos Aires y ríos que drenan en el RdIP	Materia orgánica del sedimento	Sin valor pesquero	SA
Tararira	<i>Hoplias (sp) y aff. malabaricus</i> Bloch 1794	LC LR	SA	Ríos, arroyos y lagunas de las áreas costeras y planicies interiores de Río Grande del Sur (Brasil), Argentina y Uruguay.	Peces y ranas, pudiendo consumir aves e incluso ratones	Consumo humano directo. De importancia comercial. Mercado interno	STX en musculo (Silva <i>et al.</i> , 2011) CYN - muerte celular en los hepatocitos y tejido hepático (Silva <i>et al.</i> , 2017; Silva de Assis <i>et al.</i> , 2013) MCs en branquias y el hígado (Simoens, 2015; Martins <i>et al.</i> , 2019)
Mochuelo	<i>Genidens barbatus</i> Lacepede 1803	LR	Otoño-primavera	Océano Atlántico sur occidental, desde cuenca del RdIP	Peces y otros	Consumo humano directo. De importancia comercial. Mercado interno.	SA
Lisa	<i>Mugil liza</i> Valenciennes 1836	LR LC	Casi permanente, migraciones desde y hacia el mar	Venezuela hasta cabo San Antonio Argentina	Filtrador, cercanías de emisores de aguas servidas. Moluscos (García-Spósito <i>et al.</i> 2018).	Carnada Consumo humano directo. De importancia comercial. Mercado interno	MCs en musculo, viseras y ovarios (Bruno <i>et al.</i> , 2009). MCs en hígado (Fabre <i>et al.</i> , 2014)
Pejerrey	<i>Odontesthes argentinensis</i> Valenciennes 1835	LR LC	Primavera-verano	Paráno-Platense, Argentina, Uruguay y RdIP.	Poliquetos y MOP (García-Spósito <i>et al.</i> 2018)	Consumo humano directo. De importancia comercial o mercado interno. Gran importancia pesca deportiva y comercial y en acuicultura	MCs en hígado, agallas, intestino y musculo (Cazenave <i>et al.</i> , 2005; Bieczynski <i>et al.</i> , 2013).
Corvina blanca	<i>Micropogonias furnieri</i> Desmarest 1823	LR LC	Primavera-verano	Cabo frío Brasil hasta Bahía Blanca Argentina	Crustáceos (García-Spósito <i>et al.</i> 2018)	Consumo humano directo. De importancia comercial o mercado interno	SA

						y de exportación Brasil y China	
Corvina negra	<i>Pogonias cromis</i> Linnaeus 1766	LR	Octubre- Noviembre	Florida EEUU hasta Argentina	Crustáceos y moluscos	Consumo interno	SA
Lenguado grande	<i>Paralichthys</i> <i>orbignianus</i> Valenciennes 1839	LR LC	SA	Brasil, Uruguay hasta Argentina.	Pejerrey, lacha, corvina blanca	Consumo interno, exportación	MCs en el hígado (García, 2011)

4.1.6.- Percepción de los actores sobre las floraciones de cianobacterias y su efecto en los peces para consumo en las lagunas

Los resultados de la encuesta sobre la presencia de cianobacterias en las lagunas mostraron que en las dos lagunas los encuestados habían observado floraciones de cianobacterias entre el 2014 y 2019 en primavera-verano. Así mismo, en su mayoría indicaron que si habría un efecto negativo de las cianobacterias sobre los peces. También identificaron que las especies que más serían afectadas por las floraciones de cianobacterias, corresponderían a la lisa y la lacha, así como también al pejerrey, lenguado y corvina, lo cual coincide con los resultados de nuestra revisión de literatura (Tabla 4).

Los entrevistados mencionaron que las especies de mayor consumo y venta en el mercado local (laguna y localidades de La Paloma, Rocha y Castillos y sus zonas aledañas), son la tararira (*Hoplias aff. malabaricus*) y la lisa (*Mugil liza*) dentro de la LC y en la LR el pejerrey (*Odontesthes argentinensis*) y la corvina (*Micropogonias furnieri*). También indicaron que las especies de mayor venta en el mercado regional (Montevideo y/o Maldonado), serían la lisa y la corvina, y para la laguna de Rocha la corvina y el pejerrey (Figura 7).

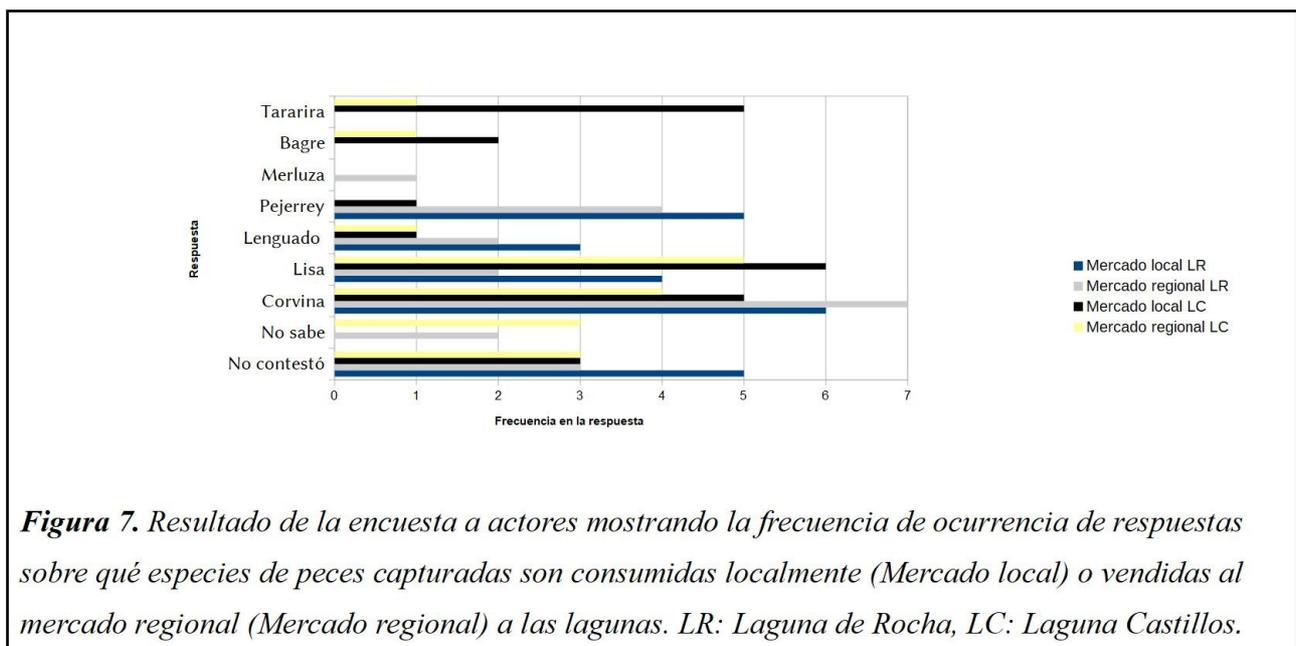


Figura 7. Resultado de la encuesta a actores mostrando la frecuencia de ocurrencia de respuestas sobre qué especies de peces capturadas son consumidas localmente (Mercado local) o vendidas al mercado regional (Mercado regional) a las lagunas. LR: Laguna de Rocha, LC: Laguna Castillos.

4.1.7 Entrevistas a actores clave para abordar vacíos de información

Las entrevistadas coincidieron en que las actividades productivas en las cuencas de las lagunas y como consecuencia los aportes de nutrientes a los cuerpos de agua, son las mayores amenazas de estas lagunas. Además, la pérdida de bañados y un eventual mal manejo de la apertura y cierre de la barra. Ambas entrevistadas coincidieron en que cada laguna presenta características y dinámicas diferentes. La LR tiene conexión proxima con el mar y mayor salinidad. La LC tiene una conexión a mayor distancia (por el Arroyo Valizas) la mayor parte del año y tiene menor salinidad. Coincidiendo en que esta diferencia de conductividad podría explicar la mayor susceptibilidad de LC a las floraciones de cianobacterias.

Para el caso de la LR, el manejo de la barra sería un elemento fundamental a considerar, ya que esta afecta actualmente los recursos pesqueros y la calidad del agua. Profundizar los temas ambientales con los actores locales e institucionales, sería indispensable para conservar los servicios del lugar en condiciones óptimas y de tal manera moderar la eutrofización de la cuenca de la laguna resultante de las actividades humanas.

Ambas entrevistadas mencionaron la existencia de diferentes programas de monitoreo de calidad del agua y proyectos con diversas instituciones (CURE, DINARA, DINAMA). Estos aportarían a esta temática y podrían en el futuro incorporar a la gestión de las lagunas los efectos de las cianobacterias sobre las pesquerías. Fueron varios los insumos posibles para la asesoría en gestión pesquera y cianobacterias mencionados. También mencionaron los programas de trabajo en la DINARA de mareas rojas en el mar y algas verdes semanalmente en el Arroyo Valizas para análisis de fitoplancton tóxico.

4.2.- Aportes a la gestión de pesquerías en relación con cianotoxinas

4.2.1.- Insumos

En esta tesina se proponen insumos como aportes a la gestión de las lagunas, insumos enfocados en los efectos de las floraciones de cianobacterias en las pesquerías. Los principales aportes serían un método de muestreo rápido de cianobacterias y tres listados de especies por laguna: 1) listado de especies de cianobacterias potencialmente tóxicas y sus toxinas registradas en las lagunas, 2) listado de diatomeas indicadoras de calidad ambiental por laguna, y 3) listado de especies de peces sugeridas para su control en relación con su susceptibilidad a bioacumular cianotoxinas. El método de muestreo con red de 100µm para fitoplancton permitiría identificar visualmente floraciones de cianobacterias aún cuando se encuentren en bajas abundancia, ya que las colonias tienen una

medida igual o mayor a 100µm y su concentración con la red permite su identificación de cianobacterias a simple vista o en el microscopio. La lista de cianobacterias registradas en las lagunas y sus toxinas potencialmente asociadas, que servirán como línea de base de cuáles organismos podrían llegar a generar floraciones potencialmente nocivas. La segunda lista son las especies de diatomeas indicadoras de calidad de agua registradas en las lagunas, que permite establecer el estado actual. La tercera lista son especies de peces sugeridos para la posible gestión por su vulnerabilidad al bioacumular cianotoxinas y por su utilización por las personas ya sea para consumo o venta. Además, se propone como aplicar estos insumos en la gestión ambiental (Tabla 4). El listado en las lagunas de especies de cianobacterias, diatomeas y peces vulnerables a la bioacumulación de toxinas permite además identificar vacíos de información.

Tabla 4. Lista de insumos y herramientas propuestos para aportar a la gestión ambiental que aportan a la relación entre las floraciones de cianobacterias y las pesquerías en las lagunas costeras Rocha y Castillos.

Insumos y herramientas para la gestión	Aplicación en la gestión	Aportes en la gestión
Método de muestreo de fitoplancton (red 100 µm) con alta sensibilidad a la presencia de cianobacterias potencialmente tóxicas.	Fácil reconocimiento (visual) de presencia de cianobacterias en bajas abundancias.	Identificación del problema, facilita el monitoreo de las floraciones. Uso en el protocolo de acción e identificación de alerta para definir uso del recurso pesquero, facilita el monitoreo de las floraciones
1. Lista de especies de cianobacterias registradas en las lagunas y toxina/s potencialmente asociada.	Línea de base para tener en cuenta especies potencialmente tóxicas.	En protocolo de acción
2. Lista de especies de diatomeas indicadoras de calidad de agua registradas en las lagunas	Bioindicadoras de estado trófico. Aportan a tener una evaluación más integrada del ecosistema.	Integrar otros indicadores junto con las variables físico-químicas
3. Listado de especies de peces con valor comercial y para consumo humano e información recopilada sobre bioacumulación de toxinas.	Alertar en eventos de floraciones de cianobacterias	Alertar frente a un problema e identificación de vacío de información

5.- DISCUSIÓN

En este trabajo se analizaron dos lagunas costeras, Laguna de Castillos y de Rocha, de importancia para las pesquerías en Uruguay. En estas se identificaron 13 especies de cianobacterias potenciales productoras de 10 cianotoxinas con efectos en la salud directos o indirectos por bioacumularse en tejidos y órganos de peces. Asimismo, en estas lagunas habitan al menos 4 especies de peces utilizados por las comunidades y susceptibles a la bioacumulación de cianotoxinas (*Mugil liza liza*, *Odontesthes argentinensis* pejerrey, *Micropogonias furnieri* corvina blanca y *Brevoortia aurea* lacha). Esta vulnerabilidad resulta de sus hábitos tróficos y forma de ocupación en la columna de agua. Este es el caso por ejemplo de la lisa y la lacha que son pelágicas, filtradoras y bioacumulan. La corvina y el pejerrey también bioacumulan y son especies de relevancia para la pesca artesanal.

Los resultados de presencia de cianobacterias, fueron congruentes con el estado trófico de las lagunas, principalmente Castillos, que presentó un estado de mesotrófico a eutrófico en base a indicadores como las diatomeas y los nutrientes. Los actores involucrados directa e indirectamente con las pesquerías, mostraron conocimiento sobre los efectos de las cianobacterias en los peces y en la salud humana por consumo de peces provenientes de ambientes con cianobacterias.

La pesca en ambas lagunas, históricamente y en la actualidad, abastece el mercado local. LC y el puente del arroyo Valizas, abastecen la ciudad de Castillos y los balnearios de Valizas y Aguas Dulces. En la LR, la pesca proveniente del Puerto de los Botes, se comercializa y abastece a las pescaderías de la ciudad de Rocha, y la pesca de la barra de la LR surte la localidad de la Paloma (G. Fabiano, comunicación personal). En la actualidad, también se abastece el mercado regional (Maldonado) con el pescado que se desembarca en el puente de Valizas y LC. Por estas razones, el diagnóstico de la situación actual del fitoplancton, especialmente las cianobacterias con potencial tóxico y la propuesta de insumos de este trabajo, constituyen información relevante para aportar a la gestión ambiental de las pesquerías enfocada en la prevención de pérdida de salud por consumo y venta de peces con acumulación de toxinas en estas zonas.

5.1.- *Cianobacterias en Lagunas de Castillos y Rocha*

En ambas lagunas y en la mayoría de los sitios se observaron varias especies de cianobacterias potencialmente tóxicas (13), observándose los mayores valores de riqueza en LC. Nuestros resultados coinciden con estudios previos (Fabre *et al.*, 2014; Cabrera, 2015; Martínez, 2016) ya que la presencia de cianobacterias y floraciones de cianobacterias ya ha sido observada en ambas lagunas asociada a condiciones de eutrofización y con una mayor intensidad en LC. Asimismo, la

menor salinidad parece favorecer la mayor riqueza de especies de cianobacterias, por ejemplo en la LR en el año 2016 y en la LC en el año 2017.

En LC las primeras floraciones de cianobacterias se registraron en los veranos de 1990, 1996 y 1997 con dominio de *Nodularia spumigena* (Pérez *et al.*, 1999; Bonilla & Conde, 2000). En trabajos más recientes se ha mostrado la presencia de *Dolichospermum planctonicum* (Bonilla, 2009) que a partir del 2014 empezó a formar floraciones (Fabre *et al.*, 2014; Martínez, 2016). Posteriormente, se ha observado la presencia y desarrollo de floraciones de especies del complejo *Microcystis aeruginosa* (CMA) incluyendo un registro el verano de 2019 (Kruk *et al.*, 2019).

En LR las floraciones de cianobacterias son más recientes y menos frecuentes. La primera floración registrada ocurrió en el año 2003 por una especie del género *Pseudanabaena* adaptada a tolerar amplios rangos de salinidad (Conde *et al.*, 2004; Bonilla *et al.*, 2006). La segunda floración publicada ocurrió en el año 2012 correspondiendo a *Microcystis aeruginosa* (Cabrera *et al.*, 2013). En LR especies de cianobacterias asociadas al sedimento han sido registradas históricamente como es el caso de la especie metafítica *Aphanothece* sp. que ha sido observada en varias oportunidades (Conde *et al.*, 2004; Rodríguez-Gallego *et al.* 2015).

Los entrevistados hicieron referencia a la presencia de floraciones de cianobacterias en ambas lagunas. Sin embargo, no hay trabajos actuales de registro de floraciones para LR (DINAMA, 2018), en cambio la laguna de Castillos desde el año 2010 registra floraciones recurrentes (Fabre *et al.*, 2014; Martínez, 2016).

5.2.- Condiciones ambientales en las lagunas

A través de la medición de variables ambientales y el uso de diatomeas como indicadores de calidad de agua fue posible describir el estado trófico actual de las lagunas. Se observaron niveles altos tanto de fósforo como de nitrógeno en coincidencia con el informe elaborado por DINAMA (2017) y en comparación con umbrales establecidos para ambientes lénticos del Uruguay. La evaluación de las diatomeas identificadas en ambas lagunas también indicaron ambientes eutrofizados principalmente en LC durante el año 2017 y LR durante el verano 2016 coincidiendo con investigaciones previas en estas lagunas que indican un estado de mesotrófico a eutrófico (Rodríguez-Gallego, 2010). Las diatomeas complementan además el uso de las concentraciones de nutrientes ya que reflejan no solo la situación actual, del día de muestreo, sino que acumulan información de mayores escalas de tiempo (Bergamino *et al.*, 2018). La dinámica de intercambio de masas de agua que se da entre las lagunas y el océano, permite la dilución de los nutrientes y un

intercambio a nivel biológico. Entre las diatomeas fue posible identificar también especies características de condiciones dulceacuícola a marina. Este fue el caso de *Coscinodiscus radiatus* indicadoras de baja trofia y alta salinidad del Rio de la Plata (Pérez- Becoña, 2010) y *Coscinodiscopsis jonesianus* y *Odontella aurita* características de baja salinidad y nivel trófico (Martínez & Ortega, 2015; Pérez- Becoña, *et al.*, 2017). Estos resultados muestran la importancia de la conectividad de los ambientes lagunares con el océano, los niveles eutróficos se dieron con la disminución de esta conexión con el mar como ha sido reportado en otros estudios (García-Rodríguez *et al.*, 2004).

5.3.- Peces vulnerables a las cianotoxinas en las lagunas

Combinando información de literatura, encuestas y entrevistas se identificaron cuatro especies de peces susceptibles a bioacumular toxinas por exposición de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas, siendo estas, las mismas especies que se consumen localmente y regionalmente. Esta susceptibilidad se asocia con su distribución en espacio y tiempo, sus preferencias de alimentación y relevancia en la pesca artesanal y consumo humano (Teixeira de Mello *et al.*, 2011; Fabiano *et al.*, 2014 y García-Spósito *et al.*, 2018). Los hábitos alimenticios antes mencionados, han sido previamente observados en ambas lagunas (Teixeira *et al.*, 2011; Fabiano *et al.* 2014; García-Spósito *et al.*, 2018).

Los encuestados reconocieron la presencia de cianobacterias en ambas lagunas y en su mayoría indicaron que las floraciones podrían afectar directamente a peces filtradores como la lisa, la lacha y en ocasiones el pejerrey e indirectamente a los que consumen almejas que podrían bioacumular toxinas, como la corvina. Los efectos de las floraciones fueron también registrados por los distintos actores y han quedado en la memoria en eventos particulares. En la LC durante la floración de 2010 se observó un fuerte olor en los filetes de diferentes especies de peces (Fabre *et al.*, en revisión). La floración de cianobacterias del verano 2013 en la misma laguna, coincidió con una mortandad masiva de lisas (*Mugil liza*) que presentaron alteraciones hepáticas y se llegó a la conclusión que la causa fueron las toxinas de la cianobacteria *Dolichospermum planctonicum* (Fabre *et al.*, en revisión). Estos resultados coinciden con análisis de percepción previos realizados en LC, donde algunos de los entrevistados también mencionaron los efectos de las cianobacterias en la salud humana y/o animal e hicieron referencia a un evento ocurrido de mortandad de peces (San Martín *et al.*, 2019).

Si bien no hay estudios en Uruguay que relacionen afecciones de salud del ser humano con el consumo de peces expuestos a floraciones tóxicas de cianobacterias, existen dos antecedentes de

afectación por contacto directo en nuestro país. Un estudio reciente registró una persona con el hígado afectado por la exposición a cianobacterias tóxicas durante el verano en playas de Montevideo (Vidal *et al.*, 2017) y otro registró afectación de la salud de un deportista náutico en el embalse de Salto Grande (Giannuzzi *et al.*, 2011). Existen además antecedentes de intoxicaciones, de animales domésticos y ganado por tomar agua contaminada (Iribarne, 2016).

A nivel mundial, existen diversos estudios que constataron bioacumulación de toxinas, específicamente microcistinas en músculo de algunos de los géneros de peces presentes en las lagunas, por ejemplo, en lagos en Italia en la especie *Mugil sp.* y en Argentina en el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) (Cazenave *et al.*, 2005; Bruno *et al.*, 2009). A su vez, estudios epidemiológicos explican los problemas de salud causados por las toxinas de las cianobacterias en peces sobre los seres humanos que las consumen. Principalmente por microcistinas y nodularinas afectando al hígado y riñón, y la anatoxina-a vinculada a síntomas neuromusculares (Zhang *et al.*, 2015; Grattan *et al.*, 2018). Algunos trabajos, sugieren que un aminoácido producido por las cianobacterias (B-N-methylamino-L-alanine) sería el causante de enfermedades como esclerosis lateral amiotrófica y un complejo de Parkinsonismo-demencia (ALS/PDC), así como con la enfermedad de Alzheimer (Cox *et al.*, 2003, 2016; Brand, 2009).

5.4.- Insumos para aporte a la gestión en las lagunas enfocado a las pesquerías

Con los insumos generados y sistematizados en esta tesina se pretende contribuir a los planes de manejo de pesquerías en las lagunas con ocurrencia de floraciones de cianobacterias. Los insumos permiten tener una línea de base con información precisa, así como también identificar los vacíos de información como la ausencia de estudios de acumulación de toxinas en peces, y de identificación de toxinas en agua, que puedan guiar futuros estudios de investigación.

La red de 100 μm de fitoplancton permite identificar visualmente la existencia de cianobacterias cuando estas se encuentran en bajas abundancias siendo concentradas con el arrastre, pudiendo incluso tener indicios sobre el tipo de cianobacteria presente antes de la identificación en microscopio. Por ejemplo, el orden de las Chroococcales difiere de los ordenes Nostocales y Oscillatoriales, por su color y morfología macroscópica, siendo estas diferencias identificables en los frascos luego del arrastre con red con muestras frescas (sin fijar). Las Chroococcales forman colonias globosas que se diferencian de los otros dos órdenes que al ser filamentosas por lo general se ven las floraciones como hilos en la superficie del agua. Esta diferenciación morfológica se puede además asociar a diferencias en las toxinas producidas, porque generalmente las globosas son hepatotóxicas y las filamentosas neurotóxicas, lo cual ha sido analizado en estudios previos

(Álvarez *et al.*, 2020). Una ventaja de esta herramienta, es su facilidad de aplicación por gestores y/o usuarios del recurso pesquero. Por otra parte, el listado de diatomeas como indicadores de trofia, se podría integrar a la lista de indicadores de calidad de agua, permitiendo una visión temporalmente más amplia (Metzeltin & García-Rodríguez 2003).

La lista de especies identificadas y registradas de cianobacterias con sus potenciales toxinas, serviría como base para saber qué tipo de floraciones podrán desarrollarse y cuales podrán ser sus efectos en los organismos y la pesca. La observación de especies potencialmente tóxicas tanto bentónicas como planctónicas sería una alerta de que tipo de peces, según su hábito de vida y alimentación, serían los más afectados. Por otro lado, el listado de peces seleccionados, sería una herramienta informativa sobre las especies de peces y los antecedentes de bioacumulación de toxinas en esos géneros.

5.5.- Aplicación en la gestión pesquera

En este trabajo comprobamos que en las lagunas existen géneros de peces de importancia comercial que pueden bioacumular cianotoxinas (Cazenave *et al.*, 2005; Friedland *et al.*, 2005; Bruno *et al.*, 2009; Fabre *et al.*, en revisión). Por esta razón sería necesario implementar un control sobre cianotoxinas en estos peces durante las floraciones o incluso luego de que estas desaparezcan, ya que los peces podrían ser un vector de intoxicación por floraciones ocurridas en el pasado o en distintas zonas de la laguna. En Uruguay existe normativa respecto de recursos pesqueros y mareas rojas (Decreto 115/018). La DINARA es el ente encargado de la gestión de los recursos pesqueros en las lagunas y la costa atlántica, y desarrolla el sub-programa de mareas rojas dentro de la costa atlántica. Existen además estudios en el río Uruguay sobre la aptitud para consumos de peces con bioacumulación de contaminantes orgánicos (CARU, 2011). Sin embargo, no existe normativa alguna respecto de los recursos pesqueros y las cianotoxinas. En años anteriores, en uno de los eventos de floraciones de cianobacterias donde el pescado presentó olor en LC, se trabajó con los pescadores para limitar voluntariamente la pesca por el tiempo que el evento de floraciones persistiera (G. Fabiano, comunicación personal).

La legislación y actores relevantes en la gestión de la calidad de los productos pesqueros para consumo se resumen en la Figura 8. El Ministerio de Salud Pública (MSP) es el responsable de la inocuidad de los alimentos, incluyendo el pescado según la Ley 9.202-Artículo 19. Este ministerio es la Policía Alimentaria que se encarga de la fiscalización y control de las normas de inocuidad y aplicando el Reglamento Bromatológico Nacional (Decreto 315/994). Este reglamento incluye estándares y valores para la inocuidad de los alimentos, como materia prima o procesados, como

por ejemplo el pescado. El reglamento sugiere además limitar la distribución de alimentos que provienen de ambientes contaminados y a su vez menciona que el pescado no debe presentar toxinas. Sin embargo, este reglamento no hace referencia ni presenta rangos de valores estándares permitidos de cianotoxinas en pescado.

El Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) a través de la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) es quién tiene competencia en todo lo relacionado a la pesca y actividad pesquera más orientada a los productos de importación y exportación y mercado interno. Asimismo, dentro del mercado local actúa en relación con la trazabilidad de los productos de la pesca artesanal y la promoción del consumo de pescado. En la fiscalización del mercado local y regional, intervienen las secciones de Bromatología Departamentales, que se rigen por el Reglamento Bromatológico Nacional.

En este marco inclusive en ausencia explícita de las cianotoxinas se podría utilizar la reglamentación vigente para gestionar los pescados expuestos a cianotoxinas en la LC que ha presentado en forma creciente ocurrencia de floraciones de cianobacterias, ya que de acuerdo al Reglamento Bromatológico Nacional sería posible limitar el uso de peces si estos se encuentran en aguas contaminadas. Asimismo, el protocolo incluido en la Ley N.º 9.202/1934, indica que es posible realizar modificaciones del Reglamento Bromatológico mediante instancias participativas, donde el MSP podrá nombrar comisiones de asesoramiento y cooperación con este fin. Las comisiones propuestas estarían integradas por la DINARA, el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) a través de la Dirección Nacional de Industrias (DNI) que se encarga del diseño de políticas industriales, el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) encargado de las certificaciones de calidad de los alimentos, entre otras competencias, y empresas dedicadas a la elaboración y exportación de pescado y alimentos basados en pescado.

Los resultados desprendidos en esta tesis indican que existen cianobacterias potenciales productoras de toxinas microcistina en LC, saxitoxinas, anatoxina-a y lyngbyatoxin-a. Siendo además algunas especies de peces vulnerables a la bioacumulación de toxinas *Mugil spp.* (lisa), *Odontesthes spp.* (pejerrey), *Brevoortia spp.* (lacha) y *Micropogonias furnieri* (corvina). Estos casos, podrían ser utilizados en el marco de las normativas existentes generando una primera aproximación a la problemática con floraciones de cianobacterias. Además, en paralelo sería necesario realizar estudios para determinar niveles de toxicidad en las floraciones de cianobacterias potencialmente productoras de toxinas y en los tejidos de peces. La reflexión y evaluación crítica de la importancia de que especies de pescado, especialmente vulnerables a bioacumular cianotoxinas, mantengan la

calidad íntegra para su consumo humano es necesaria, y el asegurar que el consumo de pescado no presente riesgos para la salud, debería exigir a nivel local, regional y nacional.

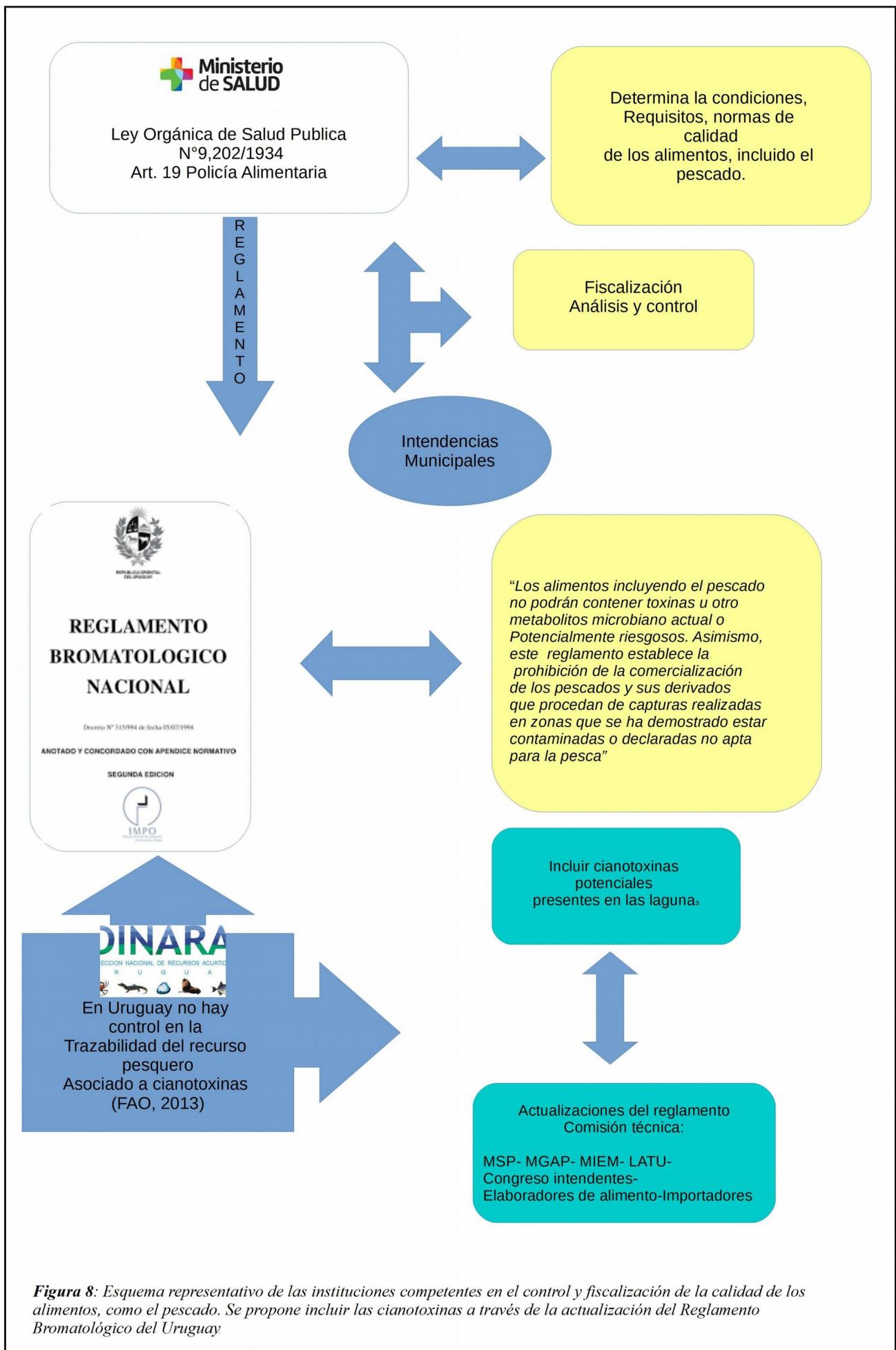


Figura 8: Esquema representativo de las instituciones competentes en el control y fiscalización de la calidad de los alimentos, como el pescado. Se propone incluir las cianotoxinas a través de la actualización del Reglamento Bromatológico del Uruguay

6.- CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En las lagunas Castillos y de Rocha en verano se encontraron una variedad de cianobacterias, tanto planctónicas como bentónicas, potenciales productoras de cianotoxinas. Esto se correspondió con el elevado estado trófico de las lagunas asociado a altas concentraciones de nutrientes y diatomeas indicadoras de dicha condición. La red de 100µm de fitoplancton demostró ser una herramienta práctica de pre-identificación visual de cianobacterias simplificando el trabajo en el laboratorio y potencial herramienta para un monitoreo ciudadano.

Se identificaron la lacha, la lisa, el pejerrey y la corvina, como las especies de mayor importancia para consumo humano directo o indirecto, siendo además vulnerables a la bioacumulación de cianotoxinas. Hubo correspondencia entre el conocimiento local y la literatura internacional, y los escasos antecedentes a nivel nacional. Los insumos presentados serán relevantes para una futura estrategia de gestión de los efectos de las floraciones de cianobacterias en las pesquerías. En este sentido, se propone incluir las cianotoxinas para los controles de las especies *Mugil liza* (lisa), *Odontesthes argentinensis* (pejerrey) y *Micropogonias furnieri* (corvina) que son las especies de mayor consumo y que podrían afectar la salud pública. Se identificaron además grandes vacíos de información por lo que sería indispensable realizar análisis en las especies de peces vulnerables a las cianotoxinas que se desprenden de esta tesis. La investigación sobre bioacumulación de toxinas en diversos órganos de las especies vulnerables, con valor comercial, y que también son consumidas localmente y regionalmente, analizando la magnitud de esa bioacumulación y las diferencias entre especies y órganos sería fundamental. Asimismo, el desarrollo de estudios epidemiológicos que tengan el objetivo de relacionar la presencia de toxinas en peces con la afectación de la salud de los consumidores sería muy importante. En la gestión del recurso pesquero, tener la información que sustente las medidas con fundamentación sólida sin generar alerta, es fundamental, siendo que la actividad pesquera además de ser un trabajo, es un modo de vida (Lagos-Miranda, 2015).

7.- Agradecimientos

Gracias a Beatriz Yannicelli y Carla Kruk por las sugerencias y los aportes en esta tesis, especialmente a Carla, por su constancia y dedicación.

Agradezco a todos los entrevistados, las mujeres pescadoras, pescadores, estudiantes de la LGA, docentes del CURE a Lorena Rodríguez Gallego y a técnicos de DINARA: Graciela Fabiano y Orlando Santana. Un agradecimiento además, a Graciela Ferrari, Ana Martínez, Ángel Segura, Laura Pérez y Caro Lescano por sus aportes y colaboración a lo largo de la tesis.

También agradezco a todos los compañeros de la LGA, especialmente a Elena, a las “Soles”, Lorena, Antonia por el apoyo compartido en diversas ocasiones en la carrera, en congresos y entre mates y charlas y a Vic por los momentos compartidos en el laboratorio con los “coli”.

Agradezco a mis amig@s de la vida, Kico, Coco, Patricia y a Laura (hermana de la vida) por su apoyo emocional y comprensión en esta nueva etapa con la mejor energía, gracias! Y especialmente a Cecilia, Elena, Antonio y Nery por sus ayuda y aportes con la presentación. A Kico y Coco, pescadores de vocación, por los aportes de sus conocimientos y experiencia a lo largo de la carrera.

Por último, agradezco a mi familia, Cristian, Niria, a “el tata”, a la tía Virginia, a mis primas Tonia y Silvia y a mis hermanos Hugo y Leo por el apoyo incondicional y ayuda para poder estudiar y a mi hija Nadia, que parte de su crecimiento fue acompañado por la carrera, además agradezco especialmente a Niria por cuidar con amor a mi hija.

Quiero dedicarle esta trabajo a Marta y Elsa, que por cuestiones de la vida hoy no están presentes.

8.- BIBLIOGRAFÍA

Alcántara I; Piccini, C; Segura, A; M, Deus S; González, C; Martínez de la Escalera G; Kruk C. 2018. Improved biovolume estimation of *Microcystis aeruginosa* colonies: A statistical approach. *Journal of Microbiological Methods* 151, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.05.021>

Álvarez, S. D; Kruk, C; de la Escalera, G, M.; Montes, M, A; Segura, A, M & Piccini, C. 2020. Morphology captures toxicity in *Microcystis aeruginosa* complex: Evidence from a wide environmental gradient. *Harmful Algae*, 97, 101854. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101854>

Amé, M,V; Galanti, L, N; Menone, M, L; Gerpe, M, S; Moreno, V, J ; Wunderlin, D, A. 2010. Microcystin–LR, –RR, –YR and –LA in water samples and fishes from a shallow lake in Argentina. *Harmful Algae*, 9: 66–73.

Aubriot, L; Delbene, L; Haakonson, S; Somma, A; Hirsch, F; Bonilla, S; 2017. Evolución de la eutrofización en el Río Santa Lucía: influencia de la intensificación productiva y perspectivas. En: *INNOTEC*, 14, pp.7-17.

Aubriot, L; Zabaleta, B; Bordet, F; Sienna, D; Risso, J; Achkar, M.; Somma, A.. 2020. Assessing the origin of a massive cyanobacterial bloom in the Río de la Plata: Towards an early warning system, *Water Research*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115944>.

Bergamino, L; Rodríguez-Gallego, L; Pérez-Parada, A; Chialanza, M, R; Amaral, V; Perez, L & Lane, C, S. 2018. Autochthonous organic carbon contributions to the sedimentary pool: A multi-analytical approach in Laguna Garzón. *Organic Geochemistry*, 125, 55-65. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2018.08.015>

- Berry, J, P; Jaja-Chimedza, A; Dávalos-Lind, L; Lind, O. 2012. Apparent bioaccumulation of cylindrospermopsin and paralytic shellfish toxins by fin fish in Lake Catemaco (Veracruz, México). *Food Additives & Contaminants: Part A*, 29 (2): 314-321.
- Bieczynski, F; Bianchi, V, A; Luquet, C, M. 2013. Accumulation and biochemical effects of microcystin-LR on the Patagonian pejerrey (*Odontesthes hatcheri*) fed with the toxic cyanobacteria *Microcystis aeruginosa*. *Fish physiology and biochemistry*, 39(5), 1309-1321.
- Bonilla, S & Conde, D 2000. El fitoplancton como descriptor sensible de cambios ambientales en las lagunas costeras de la Reserva Bañados del Este. *Seminario-Taller sobre monitoreo ambiental*, 31.
- Bonilla, S; Conde, D; Aubriot, L; Rodríguez-Gallego L; Piccini, C; Meerhoff, M; Rodríguez-Graña, L; Calliari, D; Gomez, P; Machado, I; Britos, A. 2006. Procesos estructuradores de las comunidades biológicas en lagunas costeras del Uruguay, en Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. Menafra R., Rodríguez-Gallego L., Scarabino F., Conde D. (eds). Vida Silvestre Uruguay, Montevideo.
- Bonilla, S, 2009. Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de monitoreo. Ed. UNESCO, Documento técnico del PHI No 16, Montevideo, pp. 96.
- Bonilla, S; Haakonsson, S; Somma, A; Gravier, A; Britos, A; Vidal, L; De León, L; Brena, B; Pérez, M; Piccini, C; Martínez de la Escalera, G; Chalar, G; González-Piana, M.; Martigani, F & Aubriot, L, 2015. Cianobacterias y cianotoxinas en ecosistemas límnicos de Uruguay. *INNOTEC 2015*, 10 (9 – 22).
- Brand, L.E. 2009. Human exposure to cyanobacteria and BMAA. *Amyotrophic Lateral Sclerosis*, 10: 85–95.
- Brena, B & Bonilla, S. 2009. Producción de toxinas y otros metabolitos. *Cianobacterias planctónicas del Uruguay: Manual para la identificación y medidas de gestión*. Montevideo: UNESCO, 16-18.
- Brugnoli, E; Masciadri, S; Muniz, P. 2009. Base de Datos de Especies Exóticas e Invasoras en Uruguay, un Instrumento para la Gestión Ambiental y Costera. ECOPLATA, Montevideo.
- Bruno, M; Melchiorre, S; Messineo, V; Volpi, F; Di Corcia, A; Aragona, I; Guglielmo, G; Di Paolo, C; Cenni, M; Ferranti, P & Gallo, P. 2009. Microcystin Detection in Contaminated Fish from Italian Lakes Using Elisa Immunoassays and Lc-Ms/Ms Analysis. *Handbook on Cyanobacteria: Chapter 5*. ISBN: 978-1-60741-092-8.
- Cabrera Di Piramo, C. 2015. Optimización de usos del suelo para prevenir floraciones nocivas de fitoplancton en la Laguna de Rocha, Uruguay [en línea] Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias.
- Cabrera, C; Rodríguez-Gallego L; Kruk, C. 2013. Efecto de la salinidad y la concentración de nutrientes en las floraciones de cianobacterias de una laguna costera de Uruguay, en El agua en la producción agropecuaria. Fernández A., Volpedo A., Pérez Carrera A (eds). UBA, CONICET, Buenos Aires, Argentina.
- CARU 2011. Evaluación de aptitud para el consumo, CARU: Comisión Administradora del Río Uruguay. 16 noviembre 2011. <https://www.caru.org.uy/web/institucional/subcomisiones/subcomision-tecnica-pesca-y-otros-recursos-vivos/actividades-en-la-evaluacion-del-recurso-pesquero/evaluacion-de-aptitud-para-el-consumo/>

- Cazenave, J; Wunderlin, D,A; Bistoni, M, A; Amé, M,V; Krause, E; Pflugmacher, S. & Wiegand, C. 2006. Uptake, tissue distribution and accumulation of microcystin-RR in *Corydoras paleatus*, *Jenynsia multidentata* and *Odontesthes bonariensis* A field and laboratory study 2005. *Aquatic Toxicology*, 75: 178–190.
- Coll, J. 1979. *Catálogo de algas citadas para Uruguay*. Servicio de Oceanografía, Hidrografía de la Armada. Montevideo.
- Conde, D; Rodríguez-Gallego, L; Lacerot, G; Hein, V; Piccini, C; Meerhoff, E; Cervetto, G; Rodríguez-G, L; Calliari, D & Masciadri, S. 2004. Impacto ecológico de la apertura artificial de una laguna costera propuesta como sitio RAMSAR en Uruguay: fundamentos científicos para la gestión de la Laguna de Rocha. Informe Final RAMSAR - FPS 2 URY / 02, Sección Limnología UDELAR Montevideo 29 pp.
- Conde, D; 'Rodríguez-Gallego, L; de'Álava, D; Verrastro, N; Chreties, C; Lagos, X; Solari, S; Piñeiro, G; Teixeira, L & Panario, D. 2014. Protocolo de apertura artificial de la barra de la Laguna de Rocha. Propuesta de protocolo a la CAE (Comisión Asesora Específica) del Paisaje Protegido Laguna de Rocha. *Affiliation: Proyecto "Diseño de un sistema de toma de decisión de la apertura artificial de la barra de la Laguna de Rocha", Convenio Unidad Cambio Climático/DINAMA-UdelaR, Rocha, Uruguay. 6 p. DOI:[10.13140/RG.2.2.35675.77600](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35675.77600)*
- Cox, P,A; Banack, S, A & Murch, S, J. 2003. Biomagnification of cyanobacterial neurotoxins and neurodegenerative disease among the Chamorro people of Guam. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 100: 13380–13383.
- Cox, P, A; Davis, D, A; Mash, D, C; Metcalf, J, C & Banack, S, A. 2016. Dietary exposure to an environmental toxins triggers neurofibrillary tangles and amyloid deposits in the brain. *Proc. Royal. Soc. B. 283, 20152397*.
- Crisci, C, G; Goyenola, R; Terra, J, J; Lagomarsino, J, P; Pacheco, I, Díaz, L; González-Madina; P, Levrini, G; Méndez, M, Bidegain; B, Ghattas & N, Mazzeo, 2017b. Dinámica ecosistémicas y calidad de agua: estrategias de monitoreo para la gestión de servicios asociados a Laguna del Sauce (Maldonado, Uruguay). *INNOTECH 13: 46–57*.
- Chalar, G. 2009. Cap. 11- Embalse Salto Grande: La Diversidad Del Fitoplancton Como Herramienta Para La Gestión De Las Floraciones De Microcystis. Citado en: Bonilla, S. UNESCO. 2009. *Cianobacterias Planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión*. Sylvia Bonilla (editora). Documento Técnico PHI-LAC, N° 16#16-75-77.
- Chen, J; Xie, P; Zhang, D; Ke, Z & Yang, H. 2006. In situ studies on the bioaccumulation of microcystins in the phytoplanktivorous silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) stocked in Lake Taihu with dense toxic Microcystis blooms. *Aquaculture*, 261: 1026–1038.
- Chen, J; Xie, P; Zhang, D & Lei, H. 2007. In situ studies on the distribution patterns and dynamics of microcystins in a biomanipulation fish e bighead carp (*Aristichthys nobilis*). *Environmental Pollution*, 147: 150-157.
- Chorus I & Bartram J.1999. Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. Chapman & Hall, Londres, pp. 416.
- Chorus, I. 2001. (Ed.) Cyanotoxins – occurrence, causes consequences. Springer Publishers, Berlin, pp. 49-56.

Chorus, I. 2012. Current Approaches to Cyanotoxin Risk Assessment, Risk Management and Regulations in Different Countries. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Germany, Dessau, pp. 63–2012.

Deblois, C.P; Aranda-Rodriguez, R; Gianic, A & Bir, D, F. 2008. Microcystin accumulation in liver and muscle of tilapia in two large Brazilian hydroelectric reservoirs. *Toxicon*, 51: 435–448.

Decreto 315/994. Reglamento Bromatológico Nacional. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-reglamento/315-1994>)

Decreto 115/018 Reglamentación de la Ley 19.175, 2013 (Pesca Responsable y Fomento de la Acuicultura). Relativo a la Declaración de Interés General. Conservación, Investigación y el Desarrollo Sostenible del los Recursos Hidrológicos y Ecosistemas. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/115-2018>

Decreto 59/020 (Ley 17.234). Delimitación y Clasificación del Área Natural Protegida "Laguna de Castillos". www.mvotma.gub.uy/institucional/normativa-asociada/decretos/item/10013859-decreto-paisaje-prottegido-laguna-de-castillos

Defeo ,O; Horta, S; Carranza, C; Lercari, D; Àlava, A De; Gómez, J; Martínez, G; Lozoya, J, P & Celentano, E. 2009. Hacia un Manejo Ecosistémico de Pesquerías. Áreas Marinas Protegidas en Uruguay. Facultad de Ciencias DINARA, Montevideo, 122pp.

De León, L. 2002. Floraciones de cianobacterias en aguas continentales del Uruguay: causas y consecuencias. Disponible en: Domínguez, A. y Prieto R.G. (eds). Perfil Ambiental el Uruguay 2002, Montevideo, p.28-37. <http://www.pnuma.org/agua> .

De León, L & Yunes, J 2001. First report of a *Microcystis aeuriginosa* toxic bloom in La Plata River. *Environmental Toxicology and Water Quality* 16, 110-112.

DINAMA. 2017. Informe de asesoría a la mesa técnica del agua. Establecimiento de niveles guía de indicadores de estado trófico en cuerpos de agua superficiales. Montevideo, 45p.

DINAMA, O & DINARA, I, CURE, 2018. *Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios*.

Domingos, P; Gômara, A, G; Sampaio, F, G; Soares, F, M & Soares, F, L, F. 2012. Eventos De Mortandade De Peixes Associados A Florações Fitoplanctônicas Na Lagoa Rodrigo De Freitas: Programa De 10 Anos De Monitoramento. *Oecologia Australis* 16(3): 441-466. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2012.1603.09>

Dorr, F, A; Pinto, E; Moraer, R; Acevedo, S. 2010. Microcystin in South América aquatic ecosystem: ocurrence, toxicity and toxicological assays. *Toxicon*, 56 : 1247-1256.

De Wolf, H. 1982. Method Of Coding Of Ecological Data From Diatoms For Computer Utilization. Geological Survey of the Netherlands , 36, 95-99. PO-Box 157 2000 AD HAARLEM .

Evaluación de los Ecosistemas (EEM). "Evaluación de los Ecosistemas del Milenio." 2005, pp 101-126.

- Estévez, De Assis, F 1988. Fundamentos de la Limnología. Segunda edición Río Janeiro: Interciencia. 226p.
- Fabiano, G; Santana, O & García, C. 1994. Medidas y mecanismos de administración de los recursos de las lagunas costeras salobres uruguayas. Informe semestral. INAPE-PNUD URU 92/003, Montevideo. 36 p.
- Fabiano, G & Santana, O. 2006. Las pesquerías en las lagunas costeras salobres de Uruguay. Bases Para La Conservación Y El Manejo de La Costa Uruguay, 557–565.
- Fabiano, G; O, Santana; S, Silveira; A, Martínez & M, Zarucki. 2011. Registros de Carpa común (*Cyprinus carpio*) en la Laguna de Rocha (Uruguay). 7^{mas} Jornadas Técnicas Veterinarias, II Jornadas de Investigaciones Acuáticas y Pesqueras. Facultad de Veterinaria. Uruguay.
- Fabiano, G; Laporta, M; Silveira, S & Santana, O. 2014. Catálogo de especies capturadas en la pesca de camarón: Laguna de Rocha : Zafra 2014. Montevideo : MGAP-DINARA – Unidad de Gestión Pesquera Atlántica, 34 pp.
- Fabiano, G; Santana, O; Silveira, S & Laporta, M. 2016. Estimación del aporte de juveniles de corvina blanca (*Micropogonias furnieri*) de la Laguna de Rocha (Uruguay) a las pesquerías del Frente Marítimo del Río de la Plata/Contribution of atlantic croaker juveniles (*Micropogonias furnieri*) from rocha coastal lagoon (Uruguay) to the río de la plata and the atlantic ocean fisheries. *Frente Maritimo*, 24, 99.
- Fabre, A; Fabiano, G; Silveira, S; Carnevia, D; Perreta, A; Aubriot, L; Martigane, F; Pérez, M; Brena, B & Bonilla, S. (en preparación). Floraciones De Cianobacterias y Mortandad De Lisas En La Laguna De Castillos, Rocha. Montevideo.
- Fabre, A; Martínez, A; Bonilla, S. 2014. Informe Técnico: *Floraciones de Cianobacterias en Laguna de Castillos (2010-2014)*, FC, DINARA y GEFF, CSIC.
- FAO 2016. LA, CONTRIBUCIÓN A., ALIMENTARIA Y. LA, and NUTRICIÓN PARA TODOS. "El estado mundial de la pesca y la acuicultura." *Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. FAO, Roma.
- Fernández, Larrosa, G. 2011. Evolución del Arroyo Valizas: Período 1943-2006. Laguna de Castillos, Rocha, Uruguay. Tesis para optar el título de Magister en Ciencias Ambientales. UdelaR - FCien. [Tesis Maestria_ Gabriela Fernández \(udelar.edu.uy\)](http://tesis.maestria.gabrielafernandez.udelar.edu.uy)
- Fernández Larrosa, G. 2012. Propuesta De Ingreso Del Área Laguna De Castillos Al Sistema Nacional De Áreas Protegidas. Facultad de Ciencias, UdelaR.
- Friedland, K, D; Ahrenholz, D, W & Haas, L, W. 2005. Viable gut passage of cyanobacteria through the filter-feeding fish Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. *Journal of Plankton Research*, 27(7), 715-718.
- Galvão, J, A; Oetterer, M; Bittencourt-Oliveira M, C; Gouvea-Barros, S; Hiller, S; Erler, K; Luckas, B; Pinto, E; Kujbida, P. 2009. Saxitoxins accumulation by freshwater tilapia (*Oreochromis niloticus*) for humanpara consumption. *Toxicon*. 54:891–894.
- García-Rodríguez, F; Metzeltin, D; Sprechmann, P; Trettin, R., Stams, G & Beltrán-Morales, L, F. 2004. Upper Pleistocene and Holocene paleosalinity and trophic state changes in relation to sea level variation in Rocha Lagoon,

southern Uruguay. *Journal of Paleolimnology*, 32(2), 117-135.

García-Spósito, C; Malfatti, F; Laborde, S; Scarabino, F; García-Rodríguez, F; Bergamino, L. 2018. Variación de los hábitos tróficos en nueve especies de peces de la Laguna Garzón (Uruguay). INNOTEC 2018, No. 16 (27 - 34) ISSN 1688-6593.

García, C. Z. 2011. Efeitos Bioquímicos E Genéticos de Florações Naturais de Cianobactérias e de *Microcystis Aeruginosa* no Peixe *Prochilodus Lineatus*. Maestrado em Ciências Biológicas., UEL.

Giannuzzi, L; Sedan, D; Echenique, R & Andrinolo, D. 2011. An acute case of intoxication with cyanobacteria and cyanotoxins in recreational water in Salto Grande Dam, Argentina. *Marine Drugs*, 9(11), 2164-2175.
doi:10.3390/md9112164.

Gómez, A; Piriz, C; Rodríguez-Graña, L; Echeverría, L; Rodríguez-Gallego, L; Caporale, M; Nieto, P; Tejera, R; Solari, S. 2016. *Introducción al Manejo Integrado de Zonas Costeras y Marinas*. Programa Nacional de Formación y Capacitación para la Gestión Integrada de la Zona Costero Marina. Uruguay.

González-Piana M; Fabian, D; Delbene, L & Chalar, G. 2011. Toxics bloom of *Microcystis aeruginosa* in three Rio Negro reservoirs, Uruguay. *Harmful Algae News* 43: 16-17.

Grattan, L. M; Schumacker, J; Reich, A & Holobaugh, S 2018. Public Health and Epidemiology. *Harmful Algal Blooms: A Compendium Desk Reference*, 355-376.

Gurbuz, F; Uzumenhmetoğlu, O; Diler, Ö; Metcalf, J; Codd, J. 2016. Ocurrence of microcystins in water, bloom, sediment and fish from a public water supply. *Science of the Total Environment* 562 (2016) 860 –868.

Hallegraeff, G, M; Bolch, C; Dorantes-Aranda, J, J; Murray, S; Turnbull, A; Ugalde, S. & Wilson, K. 2016. Unprecedented Alexandrium blooms in a previously low biotoxin risk area of Tasmania, Australia. En: ISSHA. 17th International Conference of Harmful Algae. Florianópolis, Brasil (9-14 de octubre de 2016). Florianópolis: ISSHA

Hasle, R, G & Syvertsen, E, E 1996. *Marine Diatoms*, 2:5-360.

Hilborn, D, E & Beasley, R, V. 2015. One Health and Cyanobacteria [in Freshwater Systems: Animal Illnesses and Deaths Are Sentinel Events for Human Health Risks](#). *Toxins* 2015, 7, 1374-1395; doi:10.3390/toxins7041374.

Hillebrand, H; Dürselen, C, D; Kirschtel, D; Pollinger, U & Zohary, T. 1999. Biovolumen calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*, 35, 403-424.

Huisman, J; Matthijs, H, C, P; Visser, P, M 2005. *Harmful cyanobacteria*. Dordrecht: *Springer*.

Huss, H, H. 1998. *El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad*. FAO, Documento técnico de pesca. Roma, 202p.

INAPE 1992. *Medidas y mecanismos de administración de los recursos de las lagunas costeras del litoral atlántico del Uruguay*. En: Publicaciones del Plan de Investigación Pesquera INAPE- PNUD/URU/92/003. Montevideo. Pp 165.

Instituto Nacional de Estadística. Censo 2011: *Población por área y sexo, según grupo quinquenal de edades*. Montevideo Uruguay. <http://www.ine.gub.uy/web/guest/censos-2011>

Iribarne, E, F. 2016. Son varios además los antecedentes de intoxicaciones de animales domésticos por agua de abrevadero. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UdelaR. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/24215/1/uy24-18098.pdf>

Kibria, G. 2016. Blue-green algal toxins/cyanobacterial toxins (BGA), climate change and BGA impacts on water quality, fish kills, crops, seafood, wild animals and humans. 7p. DOI: 10.13140/RG.2.1.1306.9765/1. https://www.researchgate.net/publication/267864673_Bluegreen_algalcyanobacterial_blooms_BGA_climate_change_and_BGA_impacts_on_water_quality_fish_kills_recreation_crops_seafood_wild_animals_and_humans.

Kruk, C; Silveira, L; Beyhaut, G, M; Scaffò, M, N; Paggi, M; Sives, J, C, Q; Alberto, F. 2006. Biodiversidad y calidad del agua de 18 pequeñas laguna en la costa sureste de Uruguay. *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*. Montevideo: *Vida Silvestre Uruguay, GRAPHIS Ltd.*

Kruk, C; Vidal, L; Aubriot, L; Bonilla, S & Beatriz Brena 2009. Parte II – Metodología y Gestión Cap 5 - Metodologías de Análisis de Cianobacterias. Bonilla, 2009. Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de monitoreo. Ed. UNESCO, Documento técnico del PHI No 16, Montevideo, pp. 96.

Kruk, C; Suárez, C; Ríos, M; Zaldúa, N. 2013. Análisis calidad de agua en Uruguay. *Vida Silvestre*.

Kurk, C; Segura, A; Nogueira, L; Carballo, C; Martínez de la Escalera, G; Calliari, D; Ferrari, G; Simoens, M; Cea, J; Alcántara, I; Vico, P; Miguez, D; Piccini, C; 2015. Herramientas para el monitoreo y sistema de alerta de floraciones de cianobacterias nocivas: Río Uruguay y Río de la Plata. *INNOTEC* , 10 (23 - 39) - ISSN 1688-3691 – 23.

Kruk, C; Segura, A, M; Nogueira, L; Alcántara, I; Calliari, D; Martínez de la Escalera, G; Carballo, C; Cabrera, C; Sarthou, F; Scavone, P. & Piccini, C., 2017. A multilevel traitbased approach to the ecological performance of *Microcystis aeruginosa* complex from headwaters to the ocean. *Harmful Algae* 70:23–36.

Kruk, C; Martínez, A; de la Escalera, G, M; Trinchin, R; Manta, G; Segura, Á, M & Gabito, L. 2019. Floración excepcional de cianobacterias tóxicas en la costa de Uruguay, verano 2019. *Innotec*, (18 jul-dic), 36-68. [Floración excepcional de cianobacterias tóxicas en la costa de Uruguay, verano 2019 | INNOTEC \(latu.org.uy\)](https://www.innotec.org.uy/Floracion-excepcional-de-cianobacterias-toxicas-en-la-costa-de-Uruguay-verano-2019)

Kruk, C; Martínez, A; de la Escalera, G, M; Trinchin, R; Manta, G; Segura, A, M & Calliari, D. 2020. Rapid freshwater discharge on the coastal ocean as a mean of long distance spreading of an unprecedented toxic cyanobacteria bloom. *Science of The Total Environment*, 754, 142362. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142362>

Komárek, J. 2014. Cyanoprokaryota. Band/Volume 19/3. 3 Teil. Part 3: Heterocytous Genera. Springer. Spektrum.

Komárek, J & Anagnostidis, K. 2005. Cyanoprokaryota. Band/Volume 19/2. 2 Teil/ 2 nd Part : Oscillatoriales. Elsevier. Spektrum.

Komárek, J & Anagnostidis, K. 1998. Cyanoprokaryota. Band 19/1. 1 Teil: Chroococcales. Gustan Fischer.

Lagos-Miranda, X. 2015. Instrumentos de certificación como herramienta para la sustentabilidad socioproductiva en la

pesquería artesanal del Municipio de La Paloma . Maestría en Manejo Costero Integrado del Cono Sur. Universidad de la República Oriental del Uruguay.

Lampert, W & Sommer, U. 2007. Limnoecology the ecology of Lakes and streams. Oxford: Oxford University Press.

Magalhães, V, F; Soares, R, M; Azevedo, S. 2001. Microcystin contamination in fish from the Jacarepagua Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. *Toxicon* 39: 1077-1085.

Malcuori, B, M, A. 2011. Cianotoxinas y Cianobacterias En Peces De Agua Dulce. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

Martins, N, D; Yunes, J, S; Mckenzie, D, J; Rantin, F, T; Kalinin, A, L & Monteiro, D, A. 2019. Microcystin–LR exposure causes cardiorespiratory impairments and tissue oxidative damage in trahira, *Hoplias malabaricus*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 173, 436-443.

Martínez de la Escalera, G; Kruk, C; Segura, A, M.; Nogueira, L; Alcántara, I; Piccini, C. 2017. Dynamics of toxic genotypes of *Microcystis aeruginosa* complex (MAC) through a wide freshwater to marine environmental gradient. *Harmful Algae*. *Harmful Algae* 62: 73–83.

Martínez, A; Méndez, S; Fabre, A & Ortega, L. 2017. Intensificación de floraciones de dinoflagelados marinos en Uruguay. *Innotec*, (13 ene-jun), 19-25.

Martínez, A. 2016. Floraciones algales en el Arroyo Valizas, Rocha Uruguay. Presentación en las “II Jornadas Interdisciplinarias en Ecología”. DINARA.

Martínez, A & Ortega, L. 2015. Delimitation of domains in the external Río de la Plata estuary, involving phytoplanktonic and hydrographic variables. *Brazilian Journal of Oceanography*, 63(3):217-228. [Delimitation of domains in the external Río de la Plata estuary, involving phytoplanktonic and hydrographic variables \(scielo.br\)](#)

Viana, F. 2009. La zona costera de Uruguay: biodiversidad y gestión. *Montevideo. Santillana*, p. 9.

Mazzeo, N; Clemente, J; García- Rodríguez, F; Gorga, J; Kruk, C; Larrea, D & Sacasso, F 2002. Eutrofización : causas, consecuencias y manejo. Perfil ambiental del Uruguay. Montevideo: Nordan Comunidad. p 39-56.

Metzeltin, D; Lange-Bertalot, H; García-Rodríguez, F. 2005. Diatoms of Uruguay – taxonomy, biogeography, diversity. *iconographia diatomologica*. Vol. 15. Koenigstein, Germany: Gantner Verlag A R G.

Metzeltin, D; García-Rodríguez, F. 2003. Las Diatomeas Uruguayas. Facultad de Ciencias , Montevideo, Uruguay, p 20.

Messineo, V; Melchiorre, S; Corcia, A, D; Gallo, P & Bruno, M. 2009. Seasonal succession of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Aphanizomenon ovalisporum* blooms with cylindrospermopsin occurrence in the volcanic Lake Albano, Central Italy. *EnvironToxicol* 25:18–27.

Nardo, D. 2011. Estudio del impacto de plaguicidas utilizados en el cultivo de soja y en otras actividades agrícolas sobre las especies acuáticas de consumo humano en el Área Protegida Laguna de Rocha. UCUDAL. Tesis de Maestría. Montevideo

Norbis, W; Galli, O. 2004. Feeding habits of the flounder *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1842) in a shallow coastal lagoon of the southern Atlantic Ocean: Rocha, Uruguay. *Ciencias Marinas* (2004), 30(4): 619–626.

ONU- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (DAES) 2015.

Pérez, L; Brugnoli, E; Muniz, P; Sunesen, I; Sar, A, E; Crisci, C; Cuña, C & García-Rodríguez, F. 2017. Diatom assemblages from surface sediments of the Río de la Plata estuary, Uruguay, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, DOI:10.1080/00288330.2017.1417318.

Perez- Becoña, L. 2010 Distribución de diatomeas en sedimentos superficiales a través de un gradiente trófico y de salinidad, en el Río de la Plata. Bachelor Dissertation, Facultad de 797 ciencias, Montevideo, Uruguay.

Perez- Becoña, L. 2014. Estudio Paleoc oceanográfico De La Plataforma Continental Interna Uruguay. Universidad de la República (UdelaR), Facultad de Ciencias, Sección Oceanología. Tesis de Maestría en Geociencias PEDECIBA.

Perez, M, D, C; Bonilla, S; De León, L; Šmarda, J & Komárek, J. 1999. A bloom of *Nodularia baltica-spumigena* group (Cyanobacteria) in a shallow coastal lagoon of Uruguay, South America. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 91-101.

Plan De Manejo - Paisaje Protegido Laguna de Rocha 2016 .Sistema Nacional De Áreas Protegidas De Uruguay ,MVOTMA e Intendencia de Rocha. [En línea]: <https://mivotma.gub.uy/component/k2/item/10010674-paisaje-prottegido-laguna-de-rocha-plan-de-manejo>

Preece, E, P; Hardy, F, J; Moore, B, C; Bryan, M. 2017. A review microcystin detection in Estuarine and Marine waters: Environmental implications and human health risk. *Harmful Algae* 61,31-45.

Prieto, A, I; Atencio, L; Puerto, M; Pichardo, S; Jos A; Moreno, I & Cameán, A, M. 2008. *Revista Toxicologica, España*, 25: 22-31. <https://www.researchgate.net/publication/26618594>

Potts, G,W & Wootton, R, J. 1984. Fish reproduction: Strategies and tactics. Academic Press, London. (No. V390. 9 POTf), 410 p.

Rodríguez-Gallego, L; Achkar, M.; Defeo, O; Vidal, L; Meerhoff, E & Conde, D. 2017. Effects of land use changes on eutrophication indicator in five Coastal Lagoons of the Southwestern Atlantic Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 188 (2017) 116e126. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2017.02.010>

Rodríguez-Gallego, L; Sabaj, V; Masciadri, S; Kruk, C; Arocena, R & Conde, D. 2015. Salinity as a major driver for submerged aquatic vegetation in coastal lagoons: a multi-year analysis in the subtropical Laguna de Rocha. *Estuaries and coasts*, 38(2), 451-465.

Rodríguez-Gallego, L; Achkar, M; Conde, D. 2012. Land Suitability Assessment in the Catchment Area of Four Southwestern Atlantic Coastal Lagoons: Multicriteria and Optimization Modeling. *Environmental management*. DOI 10.1007/s00267-012-9843-4

Rodríguez-Gallego, L. 2010. Eutrofización de las lagunas costeras de Uruguay: impacto y optimización de los usos del suelo. Tesis PhD Ciencias Biológicas. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Rodríguez-Gallego, L; Rodríguez-Graña, L & Conde, D. 2002. Las lagunas costeras de Uruguay: estado actual del conocimiento. Sección Limnología - Facultad de Ciencias - Universidad de la República (Uruguay).

San Martín, L; Eirín, K; Kruk, C; Calliari, D; Pereira, A; Yannicelli, B; Pérez, F. 2019. Usos del suelo y sus efectos en la calidad del agua: participación del saber local y técnico en la cuenca de la laguna Castillos. CURE, UdelaR. Publicado en II Congreso de Agua Ambiente y Energía 2019, AUGM. [En línea]:N.º 6 <https://www.fing.edu.uy/imfia/congresos/caae/trabajos/>

Santana, O & Fabiano, G 1999. Medidas Y Mecanismos De Administración De Los Recursos De Las Lagunas Costeras Del Litoral Atlántico Del Uruguay (Lagunas José Ignacio, Garzón, De Rocha Y De Castillos). En: Publicaciones del Plan De Investigación Pesquera INAPE – PNUD Uru/92/003.

Segura, M, A, Delgado, E; Carranza, A. 2008. La Pesquería del langostino en Punta del Diablo, Uruguay: un primer acercamiento. Pan-American journal of aquatic Sciences pp 232-236.

Segura A. 2010. La competencia y las perturbaciones modulan la estructura del fitoplancton en una laguna costera. Tesis de Maestría PEDECIBA Facultad de Ciencias, Montevideo.

Segura, A, M; Piccini, C; Nogueira, L; Alcántara, I; Calliari, D; Kruk, C. 2017. Increased sampled volume improves Microcystis aeruginosa complex (MAC) colonies detection and prediction using Random Forests. Ecological Indicators 79 (2017) 347–354.

Seifert, M. 2007. The ecological effects of the cyanobacterial toxin cylindrospermopsin. The University of Queensland: Brisbane, Australia.

Silva, R, C; Liebel, S; De Oliveira, H, H, P; Ramsdorf, W, A; García, J, R, E; Azevedo, S, M, F, O; Magalhães, V, F; Ribeiro, O, C, A & Neto, F, F. 2017. Cylindrospermopsin effects on cell viability and redox milieu of Neotropical fish *Hoplias malabaricus* hepatocytes. *Fish physiology and biochemistry*, 43(5), 1237-1244.

Silva, C, S; Genuario, D, B; Vaz, M, G; Fiore, M, F. 2014. Phylogeny of culturable cyanobacteria from Brazilian mangroves. *Syst Appl Microbiol*; 37:100–112.

Silva de Assis, C, H; Da Silva, A, C; Oba, T, E; Pamplona, H, J; Mela, M; Doria, B, H; Guiloski, C, I; Ramsdorf, W & Cestari, M, M. 2013. Hematologic and hepatic responses of the freshwater fish *Hoplias malabaricus* after saxitoxin exposure. *Toxicon* 66; 25-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.toxicon.2013.01.012>

Silva, C, A; Oba, E, T; Ramsdorf, W, A; Magalhães, V, F; Cestari, M, M; Oliveira, R, C, A; Silva de Assis, H, C. 2011. First report about saxitoxins in freshwater fish *Hoplias malabaricus* through trophic exposure. *Toxicon* 57, 141–147.

Simoens, M, M. 2015. Biocumulación de Microcistina -LR en tarariras (*Hoplias sp*) de un embalse eutrófico (Rincón del Bonete, Uruguay) y su riesgo potencial para la salud humana. Tesis de maestría en ciencias ambientales, Facultad de Ciencias, UdelaR.

Svirčev, Z; Drobac, D; Tokodi, N; Mijovic, B; Codd, G, A; Meriluoto, J. 2017. Toxicology of microcystins with reference to cases of human intoxications and epidemiological investigations of exposures to cyanobacteria and cyanotoxins. *Arch Toxicol* 91:621–650 DOI 10.1007/s00204-016-1921-6.

- Teixeira de Mello, F; González-Bergonzoni, I & Loureiro, M. 2011. *Peces de agua dulce del Uruguay*. PPR-MGAP. 188 pp.
- Van Dam, H; Mertens, A; Sinkeldam, J. 1994. A Coded Checklist and Ecological Indicator Values of Freshwater Diatoms From The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28(1) 117-13.
- Vidal, F; Sedan, D; D'Agostino, D; Cavalieri, M, L; Mullen, E; Pparot, V, M; Flores, C; Josep, C, J; Andrinolo, D. 2017. Recreational exposure during Algal Bloom in Carrasco beach, Uruguay : A liver failure case report. *Toxins* 9, (9), 267.
- Vidal, C, Pérez, L, García-Rodríguez, F 2016. Diatomeas: bioindicadoras de ambientes acuáticos. Montevideo DIRAC.
- Vidal, L; Bonilla, S; Rodriguez-Gallego, L; Conde, D & Martínez-López, M. 2007. Biomass of autotrophic picoplankton in subtropical coastal lagoons: Is it relevant? *Limnetica* 26: 441-452.
- Vidal, L; Kruk, C. 2008. *Cylindrospermopsis raciborskii* (cianobacteria) extends its distributions to Latitude 34°35'S: taxonomical and ecological features in Uruguay eutrophic lake. *Pan- American Journal of Aquatic Sciences*, 3: 142-151.
- Vidal, L; Fabre, A; Gabito, L; Kruk, C; Gravier, A; Vritos, A; Pérez, M, C; Aubriot, L & Bonilla, S. 2009. Parte III – Identificación .CAP. 10 – Fichas De Identificación De Las Especies: Citado en: Bonilla, S., UNESCO. 2009. *Cianobacterias Planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión*. Sylvia Bonilla (editora). Documento Técnico PHI-LAC, N° 16#.16-45-76.
- Vidal, L & Britos, A. 2012. Uruguay: occurrence, toxicity and regulation of cyanobacteria. Chorus, I 2012. *Current approaches to cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries*. Federal Environment Agency, Germany, p 134-151.
- Vizziano, D; Forni, F; Saona, G. & Norbis, W. 2002. Reproduction of *Micropogonias funieri* in a shallow temperate coastal lagoon in the southern Atlantic. *Journal of Fish Biology*, 61: 196–206. doi: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb01771.x
- Vos, C, P & De Wolf de, H. 1993. Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects. *Hydrobiologia* 269/270: 285-296.
- Zhang, F, J; Lee, S; Liang & C, K, Shum. 2015. Cyanobacteria blooms and non-alcoholic liver disease: evidence from a county level ecological study in the United States. *Environmental Health*, 14:1–11.

ANEXO I

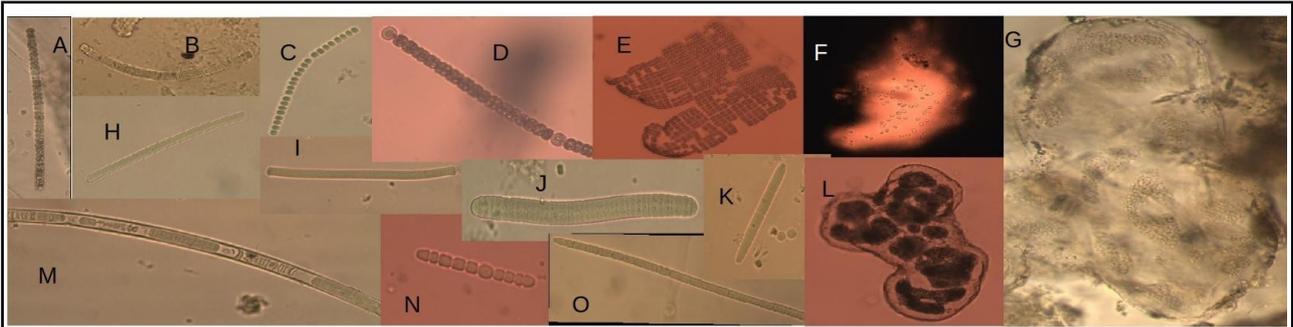
En la tabla A1 se muestran las diatomeas presentes en las lagunas, hábitat y indicador ambiental.

Tabla A1: presencia o ausencia, ecología e indicadores de las diatomeas en las lagunas.

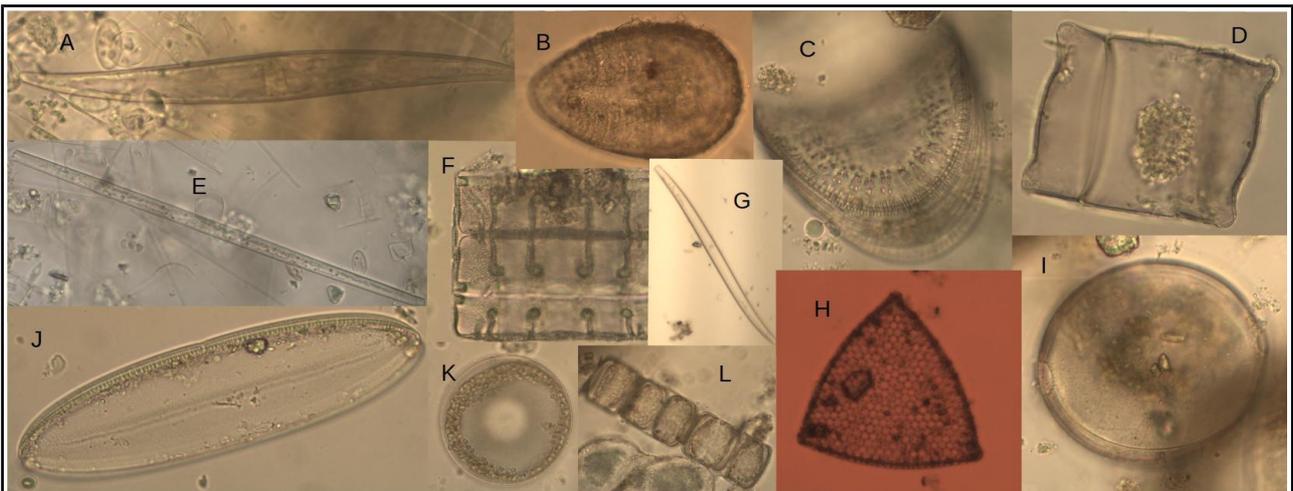
Diatomea	Laguna de Rocha	Laguna de Castillos	Hábitat	Salinidad/ pH	Indicadoras ambientales
----------	-----------------	---------------------	---------	---------------	-------------------------

<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	x	x	Planctónico marino	Marina/ sin información	
<i>Coscinodiscus jonesianus</i> Ostenfeld	x	x	Plancton Marino-costero		Meso-eutrófico
<i>Leptocylindrus sp.</i> Cleve 1889		x	Plancton		
<i>Pennadas</i> (Sin identificar)		x			
<i>Gyrosigma acuminatum.</i> (Kütz.) Rebenh	x	x	Bentos/Epipélico	Dulce/alcalino	Eutrófico
<i>Surirlla ovalis</i> Brébisson	x	x	Epipélica	Marino/ salobre Neutro.	Materia orgánica/ eutrófico
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	x	x	Tychoplankton	Marino /sin información	
<i>Entomoneis cf ornata</i> (J.M. Bait.) Reimer		x	Epipélico	Dulce / neutro	Oligo/mesotrófico
<i>Campylodiscus clypeus</i> Ehrenberg	x	x	Bentos/Epipélico	Marino/salobre Alcalino	Eutrófico
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère		x	Bentónicas	Salobre/ Alcalinos	Eutróficos
<i>Nitzschia cf circumscuta</i> (J. W. Bail.) Grun.	x	x	Bentónicas	Marino/salobre Alcalino	Eutrófico
<i>Nitzschia cf sigma</i> (Kützing) W. Smith		x	Bentos/Epipélica	Marina/salobre Alcalina	Eutrófico
<i>Terpsinoë cf musica</i> (Bailey) Ralfs in Pritchard	x	x	Bentos	Marino/salobre	Temperatura fría
<i>Synedra unla</i> (Nitzsch) Ehrenberg	x	x	Epífita / planctónicas	Dulceacuícola/neutro	Mesotrófico
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg		x	Plancton	Marino	
<i>Rhizosolenia sp.</i> Ehrenberg 1843, Brightwell 1858		x	Planctónico	Marina	
<i>Chaetoceros sp</i> Ehrenberg		x	Planctónico	Marino	
<i>Melosira cf varians</i> Agardh 1824	x		Plancton, Epifitas	Dulceacuícola /alcalino	Eutrófico
<i>Bacteriastrum sp</i> Shadbolt		x	Planctónico	Marino	

Fuente: en base a Coll, 1979; Vos & Wolf 1993; Van Dam *et al.*, 1994; Wolf, 1982; Pérez- Becoña, 2010.



Cianobacterias. Familia/genero/especie con resolución 100 o 400. **A)** *Cf Nodularia spumigena* 40x. **B)** *Oscillatoria ornata* 10x. **C)** *Komvophorom* spp. 40x. **D)** *Dolichospermum* sp.40x. **E)** *Merisopedia* sp. 40x. **F)** *Cf Aphanothece stagnina* 10x. **G)** *Aphanothece* sp.40x. **H)** *Pseudanabaenaceae* 40x. **I)** *Phormidium* sp. 40x. **J)** *Oscillatoria* sp. 40x. **K)** *Oscillatoriaceae* 40x. **L)** *Aphanothece* sp. 40x. **M)** *Lyngbya* sp. 40x. **N)** *Anabaena* sp. 40x. **O)** *Planktothrik agardhii* 40x.

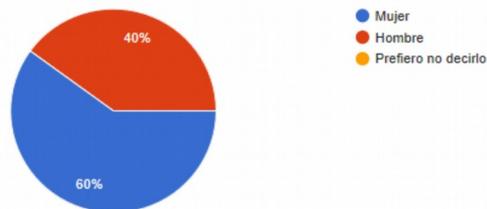


Diatomeas. Genero/especie con resolución 100 o 400. **A)** *Gyrosigma* sp. 40x. **B)** *Surirella ovalis* 40x. **C)** *Campyodiscus clypeus* 40x. **D)** *Odontella aurita* 40x. **E)** *Synedra* sp.10x **F)** *Terpsinoë musica* 40x. **G)** *Nitzschia sigma* 10x. **H)** *Triceratium favus* 40x. **I)** *Pleurosira laevis* 40x. **J)** *Nitzschia circumscuta* 40x. **K)** *Coscinodiscopsis jonesianus* 40x. **L)** *Melosira* sp. 40x.

ANEXO II

Sexo

10 respuestas



Ha observado o escuchado sobre floraciones en la Laguna de Rocha y la Laguna de Castillos y/o Arroyo Valizas?

11 respuestas



Si contestó si, podría indicar lugar y fecha?

10 respuestas

Hace 4 años
En la parada 13 de Costa Azul, en el cañadón del Médano de la Virgen 10 y 11 de febrero 2019
Desembocadura arroyo y el océano, laguna: frente a Monte de Ómbues Barra vieja, marzo
Algunas es habitual verías en verano
Verano 2017
marzo 2019
En varios lugares de la laguna, incluso distintas floraciones al mismo tiempo en distintos puntos. verano 2013 (que son las fotos que usas) todo el 2014 y verano 2015
Primavera 2018

Cree que las floraciones podrían afectar a los peces de la Laguna de Rocha y la Laguna de Castillos y/o Arroyo Valizas?

11 respuestas



Si respondió que si, podría indicar a que peces cree que podrían afectar?

9 respuestas

Pejerrey y mingo
pejerrey y lenguado, roncaderas.
Lenguado, corvina, pejerrey, lacha
Tararira Pejerrey Bagre Lisa Piabas Mochuelos Corvina Lenguado
lacha, camaron, corvina, pejerrey, lisa, lenguado
Probablemente a aquellos que más directamente consumen material de la columna de agua como la lisa y la lacha, pero potencialmente a todos.

Formato de preguntas a Lorena Rodríguez- Gallego y Graciela Fabiano para recabar información para el objetivo 4.

LAGUNA DE ROCHA

- 1) En el plan de manejo de la laguna de Rocha, hay acciones relacionadas con la gestión pesquera? En particular, hay actividades que asocien las pesquerías con calidad de agua y en particular floraciones de cianobacterias?
- 2) Si no se incluyen en al plan, cuáles considera usted serían acciones relevantes en relación con las pesquerías y las floraciones de cianobacterias en la Laguna de Rocha?
- 3) Si fuera el caso que hay acciones, se están aplicando? Si no se aplican, Cuál es la razón?
- 4) En el programa de EA dentro del plan de laguna de Rocha, hay acciones específicas para aportar a la pesca? Si las hay, se están aplicando?
- 5) Si respondió que si a la pregunta anterior, considera que deberían incluirse otras acciones en el plan de manejo hacia los recursos pesqueros que no estén incluidas?
- 6) Las acciones dentro del programa de educación ambiental, en los diferentes ejes temáticos, se están aplicando? Si es no, en cuales ejes temáticos no se aplica? Por que?
- 7) Que especies de peces son mas vulnerables a los efectos de las cianobacterias toxicas?

LAGUNA DE CASTILLOS

- 8) Ahora respecto a Laguna de Castillos, en que se podría aportar a la gestión a los recursos pesqueros?
- 9) Como se ha procedido con las floraciones de cianobacterias ocurridas en el pasado en laguna de castillos y la gestión de sus recursos pesqueros?
- 10) Le parece que dentro de un futuro plan de Laguna de Castillos tendría que incluirse la importancia de los efectos de las cianobacterias sobre el recurso

pesquero? De que forma se incluiría?

11) Que especies de peces son mas vulnerables a los efectos de las cianobacterias toxicas?

12) Quiere agregar algo mas?