

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y VARIACIÓN TEMPORAL DE LA
ABUNDANCIA DE LARVAS DE BIVALVOS (MOLLUSCA) CON POTENCIAL
COMERCIAL EN EL SUR DEL CARIBE COLOMBIANO (GOLFO DE URABÁ)**

VALERIA ARISTIZÁBAL BUITRAGO

Ecóloga de Zonas Costeras

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS DEL MAR**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL MAR
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
CORPORACIÓN ACADÉMICA AMBIENTAL
TURBO, 2020**

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y VARIACIÓN TEMPORAL DE LA ABUNDANCIA DE
LARVAS DE BIVALVOS (MOLLUSCA) CON POTENCIAL COMERCIAL EN EL SUR
DEL CARIBE COLOMBIANO (GOLFO DE URABÁ)**

VALERIA ARISTIZÁBAL BUITRAGO

Ecóloga de Zonas Costeras

ASESOR

JAIRO ZAPATA MARTÍNEZ *MSc*

COASESORAS

JENNY LEAL FLOREZ *Dr rer nat.*

MÓNICA MARÍA ZAMBRANO ORTÍZ *Dr. Sc.*

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS DEL MAR**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL MAR
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
CORPORACIÓN ACADÉMICA AMBIENTAL
TURBO, 2020**

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
2.	MARCO TEÓRICO	8
2.1	MOLUSCOS	8
2.2	BIVALVOS	8
2.3	DESARROLLO LARVAL.....	8
2.4	CALADEROS DE PESCA.....	10
2.5	PESQUERÍAS Y PRODUCCIÓN	10
3.	ANTECEDENTES.....	10
3.1	PACÍFICO.....	11
3.1.1.	PACÍFICO COLOMBIANO.....	11
3.2	ATLÁNTICO	12
3.2.1	MAR CARIBE	12
3.2.2	GOLFO DE URABÁ.....	14
4.	JUSTIFICACIÓN.....	14
5.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS	15
6.	OBJETIVOS	15
6.1	OBJETIVO GENERAL	15
6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
7.	MATERIALES Y MÉTODOS	16
7.1	DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	16
7.1.1	GOLFO DE URABÁ.....	16
7.1.2	CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	17
7.1.3	CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS	17
7.1.4	BAHÍA MARIRRÍO.....	19
7.1.5	ENSENADA DE RIONEGRO.....	19
7.2	FASE DE CAMPO O MUESTREO.....	20
7.2.1	OBTENCIÓN DE LARVAS.....	20
7.2.2	MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS	22
7.3	FASE DE LABORATORIO	22
7.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	22
8.	RESULTADOS.....	23

8.1	VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS	23
8.1.1	TRANSPARENCIA DEL AGUA	23
8.1.2	LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA	25
8.1.3	LA SALINIDAD	28
8.1.4	SESTON.....	31
8.1.5	LA CLOROFILA A	34
8.2	COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA LARVAL.....	39
8.2.1	ABUNDANCIA DE LAS PRINCIPALES FAMILIAS.....	43
8.2.2	ABUNDANCIA POR CALADEROS	51
8.3	RELACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES Y ABUNDANCIA DE MOLUSCOS BIVALVOS	55
8.3.1	ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).....	55
9.	DISCUSIÓN	56
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	63
12.	ANEXOS	80
12.1	FOTOGRAFÍAS DE LOS MORFOTIPOS ENCONTRADOS	80
12.2	PUBLICACIÓN DE ARTÍCULO EN REVISTA	81
12.3	PARTICIPACIÓN EN CONGRESO INTERNACIONAL	97
12.4	TABLA RESUMEN.....	99
12.5	ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).....	102
12.6	CIRCULACIÓN DEL GOLFO DE URABÁ.....	103
12.6.1	BAHÍA MARIRRÍO	103
12.6.2	ENSENADA DE RIONEGRO	107

AGRADECIMIENTOS

Al grupo de investigación GISMAC, el apoyo y cofinanciación del CODI, CORPOURABÁ y Corporación Académica Ambiental.

Al personal de apoyo en las salidas de campo, en especial a mis compañeros de estudio que estuvieron dispuestos a ser mis auxiliares de campo.

A los ingenieros Wilmar Mosquera y Neris Barrientos y al Doctor Vladimir Toro por la modelación de las corrientes.

A la Doctora Heizel Grajales por su apoyo en el procesamiento estadístico.

A mi asesor y coasesoras por cada observación y dedicación, en especial al Magíster Jairo Zapata, por ofrecerme su confianza para este proceso.

A mis compañeras de maestría por apoyarme en laboratorio, en el aula de clases y en cada paso de este proceso académico.

A mi jefe y compañeras de trabajo, por comprenderme y apoyarme.

A mi novio por comprender mi proceso académico.

Por supuesto a mi **familia**, por su apoyo incondicional.

RESUMEN

La diversidad y abundancia de los moluscos bivalvos tiene impacto en la producción pesquera debido al valor económico, social y alimentario de su explotación, son el tercer grupo más importante de organismos marinos en términos de maricultura. La mayoría de moluscos tienen desarrollo larval pelágico y su permanencia en la columna de agua depende de las condiciones físicas y químicas y la disponibilidad de alimento. La estadía de las larvas en el plancton es influenciada por la dinámica hidrográfica (corrientes marinas) y variables oceanográficas (salinidad y temperatura). El presente estudio evaluó la distribución espacial de las larvas de bivalvos dentro de la ensenada de Rionegro y la Bahía Marirríó y su variación a través del tiempo; estos dos caladeros se encuentran ubicados en el Golfo de Urabá, un cuerpo de agua semicerrado localizado al nor-occidente del departamento de Antioquia y al suroccidente del Caribe colombiano, cuya ubicación geográfica y características geomorfológicas son ideales para el desarrollo de ecosistemas marino-costeros estratégicos como estuarios, manglares, playas, pastos marinos y corales; tiene un régimen estacional bimodal, se presenta una época seca entre diciembre y abril, y una época húmeda desde mayo hasta noviembre, con una leve disminución entre junio y julio, denominada la época de transición. Se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo dentro de cada sitio, se realizaron arrastres de zooplancton mensuales (150 μm de diámetro de malla), entre febrero/2013 y enero/2014 y adicionalmente, se midieron variables físicas, químicas y biológicas de la columna de agua (temperatura, salinidad, contenido de clorofila *a* y seston). Se recolectaron 192 muestras para la cuantificación larval, encontrando diferencias significativas en la distribución y abundancia de las larvas entre la Ensenada de Rionegro y la Bahía Marirríó; entre estaciones y durante los meses de muestreo. En Rionegro se encontró una mayor cantidad de larvas, principalmente de los individuos de la familia Cardiidae y Ostreidae, y presentó la mayor abundancia en el mes de mayo de 1.062,37 larvas/ m^3 , mientras que en Marirríó se obtuvieron valores muy bajos de abundancia, encontrando estaciones y meses sin presencia de larvas. Se evidenció abundancia significativa en agosto con un total de 50,11 larvas/ m^3 . Las variables físicas y químicas del agua tuvieron variaciones a través del tiempo y entre sitios (Kruskal Wallis, $p < 0.05$). La presencia de larvas está principalmente relacionada con la salinidad, la transparencia del agua (m) y la temperatura ($^{\circ}\text{C}$). La Bahía Marirríó presentó menor abundancia larval, y su pico se obtuvo durante la época húmeda, debido a que por su ubicación prevalecen las condiciones estuarinas, que se deben a que este sector recibe una mayor contribución de las aguas continentales. La presencia de larvas en Rionegro durante todo el estudio evidenció su adaptabilidad a las variaciones físicas y químicas en el tiempo, ya que los moluscos se recolectaron tanto en altas como en bajas salinidades y en valores variables de transparencia del agua y temperatura. La Ensenada de Rionegro fue el sitio con mayor número promedio de organismos (101,2 larvas/ m^3) durante el monitoreo, lo que permite concluir que este lugar presenta un alto potencial como una zona de cultivo de moluscos bivalvos.

1. INTRODUCCIÓN

Los estuarios son cuerpos de agua semi-cerrados en los cuales confluyen dos masas de agua, (salada procedente del mar abierto y dulce proveniente de un río), además son ecosistemas altamente productivos que pueden albergar gran cantidad de especies (Perillo, 1995). El Golfo de Urabá es un gran estuario tropical, con predominancia de organismos eurihalinos (Bernal y Gómez, 2016; Blanco y Ortiz-Acevedo, 2016), debido a su ubicación geográfica y a las características geomorfológicas se presentan condiciones propicias para el desarrollo de ecosistemas marinos y costeros (Osorio et al., 2016).

Uno de esos ecosistemas son los manglares, reconocidos por su importancia ecológica y económica, su riqueza natural y servicios ambientales (Benavides-Varela et al., 2016), se encuentran distribuidos en aguas tropicales y subtropicales, conforman ecosistemas estuarinos, bahías, ensenadas y lagunas costeras, siendo los árboles más adaptados para tolerar condiciones salinas (Acosta-Balbas et al., 2014; Basáñez-Muñoz et al., 2006; Kulkarni y Mukadam, 2015; Monroy-Torres et al., 2014; Rodríguez-Rodríguez et al., 2016; Samper-Villarreal y Silva-Benavides, 2015) encontrándose dentro de los más productivos del planeta, que albergan a múltiples especies que se proveen de los servicios brindados por estas poblaciones (Kulkarni y Mukadam, 2015; Samper-Villarreal y Silva-Benavides, 2015; Torres et al., 2018; Yepes et al., 2016).

Estos ecosistemas favorecen la abundancia del zooplancton (Arenas-Urbe et al., 2019), y su alta heterogeneidad taxonómica. Los organismos zooplanctónicos constituyen un componente central en los ecosistemas acuáticos, debido a su papel en la dinámica trófica y a su importancia ecológica de primer orden: son el consumidor principal del fitoplancton y establecen una conexión vital entre productores primarios y los consumidores terciarios, además hacen transferencia de carbono del fitoplancton a niveles tróficos superiores (peces, moluscos, aves y mamíferos) (Cabrera-Núñez, 2018; Dorado-Rocancio, 2009; Mecalco-Hernández et al., 2018).

La comunidad zooplanctónica está dividida de acuerdo al tiempo de permanencia en el plancton, en un conjunto de organismos que permanecen toda su vida en la columna de agua y la totalidad de sus estados de desarrollo son plantónicos (holoplancton) y otro conjunto de organismos que forman parte del plancton durante periodos cortos (meroplancton), siendo este último el caso de las larvas de moluscos bivalvos, las cuales en sus estados juvenil y adulto habitan el bentos (Campos y Landaeta, 2016; Valero-Lopera, 1997).

Debido a la importancia comercial y ecológica (conservación de la biodiversidad) de los moluscos bivalvos, es necesario identificar su etapa larval planctónica para comprender cómo las larvas sobreviven en la naturaleza y se dispersan geográficamente antes de que se asienten en la etapa de las poblaciones adultas (Campos y Landaeta, 2016; Goodwin et al., 2018).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MOLUSCOS

Los moluscos constituyen el segundo phylum animal más numeroso en el planeta (Darrigran y Damborenea, 2017) y son uno de los grupos de invertebrados marinos más abundantes. En el Caribe colombiano se estima que existen 2500 especies de las cuales 1498 han sido reportadas (INVEMAR, 2010). Están ampliamente distribuidos en todo tipo de ambientes (González-Solís et al., 2018), son un componente importante de las comunidades bentónicas en zonas costeras (Campos y Díaz 2007), donde habitan playas arenosas y rocosas, praderas de fanerógamas y de macroalgas, manglares y arrecifes de coral (Darrigran y Damborenea, 2017; Prieto et al., 2005).

Estos organismos son consumidores primarios y su importancia radica en sus múltiples usos (González-Solís et al., 2018), son el primer paso del flujo de energía desde comunidades bentónicas hacia comunidades demersales, siendo así componente clave de la cadena trófica de numerosas especies; por otro lado, sus conchas forman parte de las arenas carbonatadas de fondos y playas (Espinosa, 2006; INVEMAR, 2010). También son indicadores de calidad de agua y sedimentos debido a que algunos poseen altos grados de tolerancia a cambios en las condiciones ambientales y a cambios climáticos (Bijoy-Nandan et al., 2016; García- Méndez, 2015; González-Solís et al., 2018) constituyen un recurso de gran importancia e interés desde el punto de vista económico, no sólo como una fuente de alimento, sino por su uso como materia prima para la elaboración de adornos y artesanías (Acosta et al., 2017; Márquez y Jiménez, 2002).

2.2 BIVALVOS

La clase Bivalvia es la segunda clase más grande del phylum Mollusca, en general son gregarios y se asientan permanentemente en un lugar (Bijoy-Nandan et al., 2016), exhiben notables diversidades ecológicas y adaptaciones a los ecosistemas acuáticos, se encuentran en ecosistemas lóticos y lénticos de aguas continentales y marinas; factores como la salinidad y la temperatura son determinantes en su distribución espacial (Bijoy-Nandan et al., 2016; Prieto et al., 2003; Reinoso et al., 2008). De acuerdo a la forma de vida se clasifican en excavadores de sustrato blando, perforadores, fijos a sustrato duro y habitantes libres de superficie (Darrigran, 2013).

2.3 DESARROLLO LARVAL

La mayoría de moluscos tienen desarrollo larval pelágico y su permanencia en la columna de agua depende de las condiciones físicas y químicas y la disponibilidad de alimento; mientras algunas especies sufren metamorfosis y pasan a ser parte de las comunidades bentónicas al término de su etapa larvaria, otras permanecen todo su ciclo de vida en estado pelágico (**Figura**

1) (Campos y Díaz, 2007; Campos y Landaeta, 2016; Castilho-Westphal y Ostrensky, 2017). La estadía de las larvas en el plancton es influenciada por la dinámica hidrográfica (corrientes marinas) y variables oceanográficas (salinidad y temperatura) (Morsan, 2006; Penchaszadeh, 1980). El gran número de larvas de moluscos bivalvos son ampliamente dispersadas, pero también incurren en una alta mortalidad, presumiblemente debido a la intensa predación y bajas fuentes de alimentación en el plancton (Hines, 1986). La mortalidad de larvas de algunos grupos de bivalvos como los mejillones se ha estimado en un valor cercano al 99% (Sprung, 1984; Thorson, 1946).

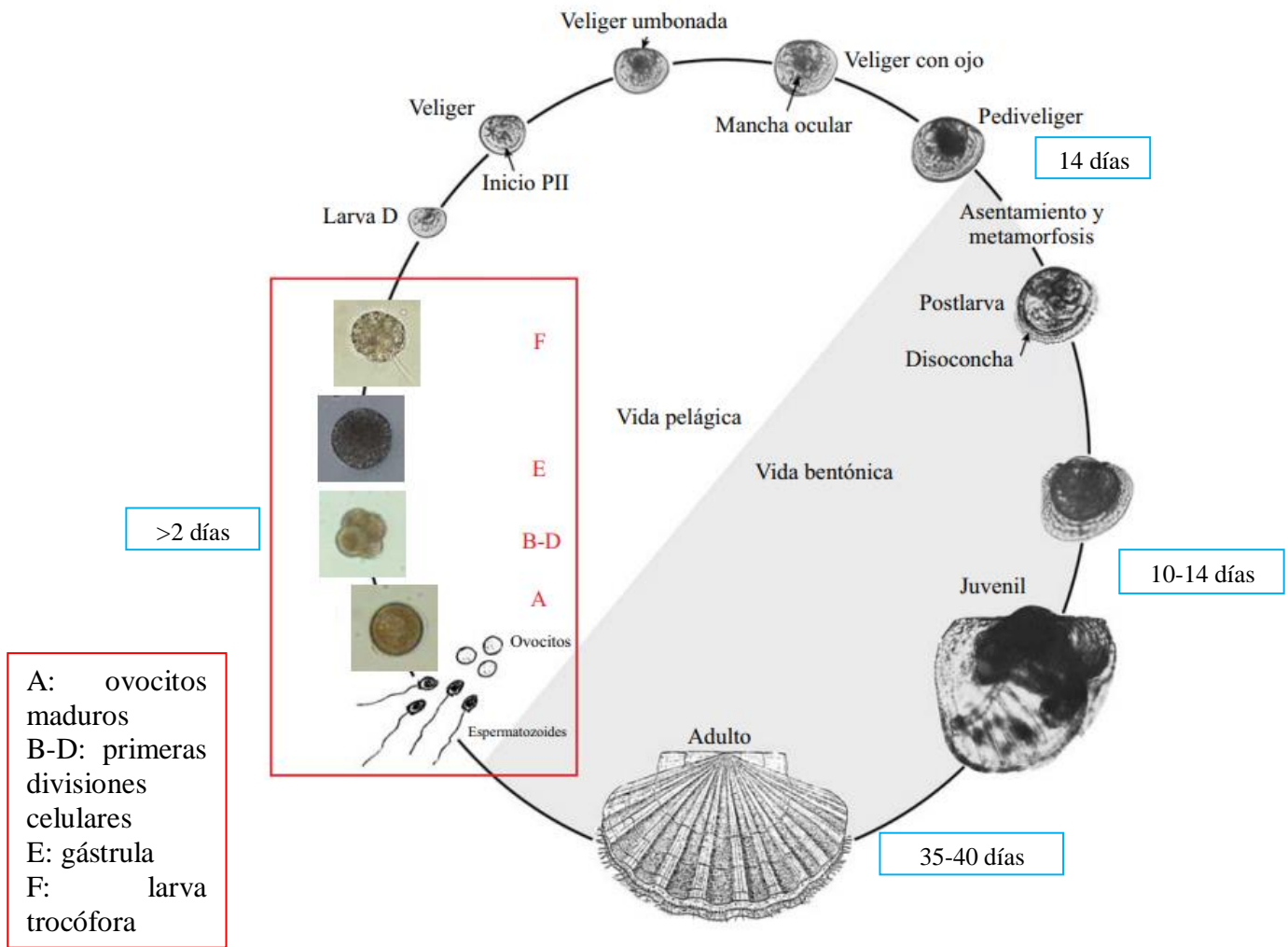


Figura 1. Diagrama del ciclo de vida de un molusco bivalvo (Tomado y modificado de Schwartz y Campodónico, 2019) (Datos de tiempo tomados de: Helm, Bourne, y Lovatelli, 2006).

2.4 CALADEROS DE PESCA

Los caladeros o sitios de pesca artesanal hacen parte del conocimiento tradicional de los pescadores y de las dinámicas propias de organización espacial y social de los espacios marino-costeros, aportando información que permite identificar la productividad biológica y pesquera. Los sitios son localizados usualmente mediante la triangulación visual de puntos referentes en la costa, islotes o rocas emergidas y la profundidad (Conservación Internacional Colombia-CI y Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP, 2015; Díaz y Caro, 2016; Universidad de Antioquia y Gobernación de Antioquia, 2015; Velandia y Díaz, 2016).

2.5 PESQUERÍAS Y PRODUCCIÓN

Las pesquerías son parte significativa de la sociedad, pues aportan al desarrollo económico y social en sectores vulnerables y en la mayoría de países la producción es destinada para autoconsumo o comercio local e internacional (Castro et al., 2016). La diversidad y abundancia de los bivalvos tiene impacto en la producción pesquera debido al valor económico, social y alimentario de su explotación (Bijoy-Nandan et al., 2016; López et al., 2017), ubicándolos como el tercer grupo más importante de organismos marinos en términos de acuicultura (Lovatelli et al., 2008). A pesar de que se producen en bancos naturales y se explotan de forma artesanal para consumo doméstico, están siendo sobreexplotados llevando a algunas poblaciones al límite de la sostenibilidad, por esto la acuicultura de moluscos es una alternativa para cubrir la demanda de consumo y prevenir la extinción de este recurso (Ramilo, 2015; Vázquez, 2011).

El cultivo de bivalvos es de rápido crecimiento e importancia económica en todo el mundo, representando alrededor del 24 % de la acuicultura mundial en el año 2012, siendo sustento económico para varias comunidades costeras (FAO, 2012 a). La producción de bivalvos en el Caribe colombiano está enfocada en la ostra de mangle (*Crassostrea rhizophorae*), con tasas de producción entre 6 y 18 toneladas para el periodo comprendido entre 1996 y 2002; y en ostras perlíferas y vieiras que produjeron alrededor de 80 kg/año entre el 2002 y 2003 (Castellanos y Newmark, 2004; Velasco y Barros 2008).

3. ANTECEDENTES

Según Ackerman et al., (1994) los estudios de larvas de bivalvos iniciaron en la primera década del siglo XX motivados por la curiosidad científica y la importancia económica de estos organismos Field, 1922; Jackson 1988; Meisenheimer 1899, 1901); los pioneros en el análisis de la distribución de larvas de ostras en estuarios fueron Nelson (1911) y Nelson (1953, 1955).

3.1 PACÍFICO

En el Pacífico oriental tropical se encontró que *Striostrea prismatica* tiene ciclos reproductivos durante todo el año en Costa Rica (Fournier, 1991), mientras que Hernández (2005) en El Salvador encontró larvas de *Crassostrea* durante el período comprendido entre enero de 2002 y enero de 2003 y un incremento de la abundancia durante la época lluviosa, debido a la mayor disponibilidad de alimento. Campos y Díaz (2007) en el Sur de Chile, estudiaron la distribución y abundancia de las larvas de moluscos, encontrando presencia de bivalvos en todas las estaciones y las dos épocas muestreadas. Ramos-Centeno y Napa-España (2019), estudiaron la abundancia, composición y diversidad del zooplancton en la zona de Cojimíes-Manabí, Ecuador, encontrando 10 grupos taxonómicos, pertenecientes a 6 phylum, entre estos, Mollusca (Bivalvia), la abundancia mantuvo una relación sincrónica con la temperatura superficial del agua, durante los meses de julio a septiembre, alcanzando la temperatura dos máximos, en julio y septiembre, el mismo patrón se observó entre la biomasa de zooplancton y la temperatura.

3.1.1. PACÍFICO COLOMBIANO

En el Pacífico colombiano, Monroy (1976) realizó estudios del zooplancton y anotó que los bivalvos tienen distribución nerítica y ocupan el 0.08% de la biota total, siendo principalmente constituyentes del meroplancton. Estudios dedicados a identificar los sitios, épocas y condiciones de fijación larval de Piangua (*Anadara spp.*) fueron realizados por Borrero (1982, 1986) y Bolívar (1984), tanto por métodos de búsqueda activa de larvas de juveniles (muestra de plancton, tamizado de sedimento), como mediante instalación de colectores artificiales, donde se registraron mayores fijaciones en los meses de mayo, junio, septiembre y noviembre, a pesar de que su reproducción se presentó durante todo el año, la variación en el régimen de pluviosidad a nivel espacio-temporal puede ser un indicador de estas variaciones reproductivas; Cantera et al. (1983) y Prahl et al. (1990) realizaron estudios de comunidades bentónicas en zonas intermareales fangosas, abarcando aspectos taxonómicos y ecología descriptiva. Cantera (1991a, b) Cantera et al. (1994) realizaron estudios de organismos macro-bentónicos explicando su distribución y abundancia y Blanco (1995) estudió los patrones de distribución vertical.

A lo largo de la costa Pacífica se han realizado diversos estudios de la especie *Anadara tuberculosa* (piangua), Borda y Cruz (2004) analizaron el ciclo de reclutamiento en la Ensenada de Tumaco, encontrando que se reproduce durante todo el año, pero con una época de maduración en noviembre y febrero, que coincide con el fin del otoño y del invierno; Lucero et al. (2005) realizaron estudios en la bahía de Buenaventura, específicamente en el estuario de río Dagua, mostrando la composición y estructura de las comunidades macrobentónicas en los planos intermareales y los sedimentos del manglar, con alto porcentaje de moluscos bivalvos con potencial comercial; Lucero-Rincón et al., (2013) analizaron la biología reproductiva en cinco localidades, encontrando diferencias con lo expuesto por los autores anteriores, debido a la

variación de condiciones climáticas anuales, eventos oceanográficos de gran escala y las corrientes.

3.2 ATLÁNTICO

En el Atlántico norte se han estudiado los patrones de abundancia de larvas de bivalvos en ecosistemas estuarinos. Carriker (1951), encontró una mayor abundancia de larvas en pleamar que en bajamar, y se halló una preponderancia de las veliger en estado avanzado cerca del fondo en la Bahía de Delaware (Kunkle, 1957). Baker y Mann (1977), identificaron 11 especies de larvas y postlarvas de bivalvos provenientes de muestras de plancton en un sitio a 3 m de profundidad máxima en la Bahía de Chesapeake, cultivando en algunos casos larvas y postlarvas para corroborar la identificación. Seliger et al., (1982) estudiaron las distribuciones verticales y horizontales de tres etapas larvianas de la ostra *C. virginica* midiendo simultáneamente la composición de especies de fitoplancton, la distribución de tamaño y los parámetros hidrográficos físicos; las distribuciones de larvas de ostras se describieron en términos de tres regiones contiguas, con un sistema de transporte entre zonas, distribuciones biológicas y factores abióticos óptimos que permitieron que las ostras mantuvieran el éxito reproductivo y emigraran a las regiones de lecho de semillas en la Bahía de Chesapeake.

En el Atlántico sur Boehs (1994), trabajó con el género *Crassostrea* en la Bahía de Paranaguá (Brasil) y encontró mayor cantidad de larvas asociadas a condiciones de relativa calma, alcalinas y baja salinidad; Christo (2006) estudió la distribución espacio-temporal del mismo género en la Bahía Guaratuba (Brasil) y encontró individuos durante todo el año, con mayores densidades en temperaturas más elevadas (27°C) y menores salinidades (10). En Argentina, en la Bahía de San Juan estudiaron la población adulta y las larvas de *Mytilus edulis platensis*, encontrando que la abundancia de larvas estuvo relacionada positivamente con la temperatura del agua, adicionalmente, la presencia de larvas se registró entre diciembre y junio (final del verano) (Sar et al., 2018).

3.2.1 MAR CARIBE

Para el mar Caribe, Martínez (1970) describió detalladamente las larvas y postlarvas de la ostra perlífera *Pinctada imbricata* en Venezuela, esta identificación de las formas larvales fue importante para obtener información sobre la colecta eficiente de semilla, no se determinaron aspectos ecológicos en este estudio. Nikolic et al., (1976) realizó una descripción amplia de la biología y aspectos ecológicos de esta ostra en Cuba y reportó mayor abundancia larval en áreas cercanas al manglar. En el Golfo de Cariaco, Márquez-Rojas et al., (2017) analizaron la variación temporal y espacial del mesozooplancton y reportaron mayor abundancia/m³ durante la sequía (octubre 2009 a abril de 2010) que durante la lluvia (junio, julio, agosto y septiembre 2009 y mayo 2010).

En el Caribe colombiano los estudios son un poco más amplios en relación a los desarrollados para el Pacífico; Samper (1970) estudió los grupos zooplanctónicos predominantes entre el Golfo de Urabá y el Golfo de Morrosquillo, entre ellos incluidas larvas de moluscos bivalvos, pero con muy baja abundancia dentro del zooplancton. Perdomo (1974) encontró que en la Bahía de Santa Marta, *Pinctada radiata* desova todo el año; para el Golfo de Morrosquillo se pudo establecer que la vieira *Pecten laurenti* presenta mínimo cuatro desoves al año (Torres-Torres, 1974). En la Ciénaga Grande de Santa Marta las larvas de *C. rhizophorae* aumentan su número varios meses después del incremento de la salinidad (INVEMAR, 1978), en 1983 se reportó la existencia de esta especie para todo el año con picos de abundancia coincidentes con el aumento de las lluvias (Carmona et al., 1983).

Bernal (1990), encontró que en la Bahía de Santa Marta el número y la biomasa total del zooplancton aumentaron con el avance del día hasta alcanzar un máximo a las 18:30 horas y luego se reduce, mientras que Wedler (1992) consideró los descensos en la salinidad como el principal factor que afecta la maduración y posterior desarrollo de las larvas de *C. rhizophorae* en la Ciénaga Grande de Santa Marta, y detectó condiciones ideales en valores entre 25 y 30 de salinidad. En cuanto a la composición de este grupo, Zapata y Borrero (1995) describieron 30 morfotipos de larvas de bivalvos, agrupados en 22 familias diferentes en la región de Santa Marta; adicionalmente, encontraron que los meses de mayor abundancia larval fueron abril, agosto y noviembre en su orden, coincidiendo el primer mes con la época seca. Zapata (1995), realizó la identificación de la distribución de larvas de moluscos bivalvos en Santa Marta y describió en la determinación de la biomasa seca, que las larvas de bivalvos representaron entre el 5 y el 15% del zooplancton, llegando a un máximo en el mes de abril del 65,93%. Toro (1995) realizó un estudio de abundancia larval en la Ciénaga Grande de Santa Marta y encontró picos en los meses de febrero, mayo y octubre, que se incrementaron con el aumento de la salinidad.

Para el Parque Nacional Natural Tayrona, Ablanque (1996) generó información sobre la dinámica poblacional y asentamiento de *Pteria colymbus*. Para la Bahía de Cispatá, el primer reporte de abundancia larval de bivalvos en el plancton lo realizaron Arias et al., (1996). Valero-Lopera (1997) también estudió la variación temporal de abundancia de larvas de *C. rhizophorae* en Santa Marta, corroborando en laboratorio la taxonomía de varios morfotipos. Así mismo, Rodríguez et al., (1998), observaron la fijación de *C. rhizophorae* para la Ciénaga de Mestizo, Bahía de Cispatá y reportaron mayores fijaciones larvales en mayo-junio, agosto y octubre; pese a que no reportó abundancia larval, relacionó los picos de fijación con la existencia de larvas en el plancton.

Castellanos y Campos (2007), estudiaron entre 1994 y 1998 la variación espacial y temporal de los juveniles de *Pinctada imbricata* y *Argopecten nucleus*, encontrando una buena factibilidad de obtención de semillas a partir de colectores artificiales. Mejía (2008), en su estudio de *Crassostrea rhizophorae* en la bahía de Cispatá, reportó que de un total de 8.401 larvas contabilizadas entre abril y agosto de 2006, 8.263 (98%) correspondieron al estadio umbonado y tan sólo 138 (2%) al

pediveliger. Además, no reporta diferencias significativas en la distribución espacial de las larvas, sin embargo, hubo diferencias significativas en las 14 abundancias larvales entre los meses de mayo y agosto, por último, no encontró relación directa de las variables físico-químicas y abundancias larvales. Velasco y Barros (2008), identificaron las fortalezas existentes en Colombia para el cultivo de bivalvos: 1) Variedad de especies nativas con potencial comercial; 2) Conocimiento de aspectos bioecológicos, obtención de semilla y cultivo experimental de varias especies comerciales; 3) Disponibilidad de extensas zonas apropiadas para el establecimiento de centros de cultivo (bahías, estuarios, lagunas costeras, ensenadas); 4) Existencia de una demanda interna insatisfecha y de una demanda externa bien establecida y creciente; 5) Ubicación geográfica privilegiada para llevar a cabo comercio con el mundo y 6) Ausencia de costo de las concesiones marinas en la actualidad.

3.2.2 GOLFO DE URABÁ

En el Golfo de Urabá se han realizado estudios sobre moluscos bivalvos asociados a raíces de mangle y otros enfocados a la biología y ecología de poblaciones adultas de bivalvos (Blanco y Ortiz-Acevedo, 2016 y García y Palacio, 2008). Sin embargo, se reportan dos estudios relacionados con abundancias larvales, el primero se enfocó en estudiar los grupos zooplanctónicos predominantes entre el Golfo de Urabá y el Golfo de Morrosquillo y reportó baja abundancia de las larvas de moluscos bivalvos (Samper, 1970), el segundo realizado por Corpourabá (1994) encontró sobrefijación de individuos sobre diferentes sustratos artificiales durante dos épocas del año en Bahía de Marirríó. Además, se reporta un solo estudio puntual de variación temporal de larvas de moluscos bivalvos en la Bahía Marirríó a nivel superficial y a profundidad (15m), en el que encontraron una distribución uniforme en la columna de agua debido a vientos y corrientes internas que producen una mezcla constante (Zapata et al., 2015).

4. JUSTIFICACIÓN

Los caladeros de pesca, como áreas importantes para este sector económico, requieren de estudios que permitan un mayor conocimiento sobre la presencia de especies de importancia ecológica y comercial, además de identificar el comportamiento de las especies frente a las variables ambientales. Es importante destacar que los dos sitios de estudio han sido de uso potencial para cultivos experimentales de moluscos bivalvos y por tanto, representan zonas importantes para la pesca en el Golfo de Urabá (Universidad de Antioquia y Gobernación de Antioquia, 2015). Asimismo, conviene señalar que el conocimiento de la distribución y abundancia de larvas planctónicas, es un prerrequisito fundamental para el aprovechamiento adecuado de las poblaciones de estos organismos, y para la implementación de iniciativas de cultivos a pequeña y gran escala.

Generar conocimiento sobre este grupo taxonómico, así como conocer su relación con las variables físicas y químicas, se ha convertido en prioridad en materia de investigación, debido a la importancia ecológica de los moluscos bivalvos.

En ese sentido, conocer la relación de estos organismos con las condiciones de la columna de agua, así como los meses de mayor abundancia, aporta información valiosa para las personas interesadas en la producción y comercialización de estos, ya que permite identificar sus posibles períodos de reproducción.

5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS

¿Cómo cambia la abundancia temporal y la distribución espacial de las larvas de bivalvos de interés comercial en relación con la variación espacial y temporal de temperatura, salinidad, seston y clorofila a, entre los caladeros de pesca muestreados entre el año 2013 y 2014?

Los factores físicos y químicos del agua como la temperatura, salinidad, clorofila y seston, pueden condicionar la presencia y la forma en la que se distribuyen espacial y temporalmente las comunidades de larvas de bivalvos, especies de alto interés comercial en dos caladeros de pesca del Golfo de Urabá.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la distribución espacial y la variación temporal de la abundancia de larvas de bivalvos con potencial comercial en dos caladeros de pesca del Golfo de Urabá entre febrero de 2013 y enero de 2014, para promover el conocimiento de las comunidades plantónicas de esta clase.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y cuantificar las larvas de bivalvos colectadas mensualmente en ocho estaciones y en ambos caladeros de pesca, haciendo uso de claves taxonómicas existentes.
- Analizar las condiciones físicas y químicas del agua a nivel superficial, medidas en los dos caladeros de pesca del Golfo de Urabá, estableciendo las relaciones con la abundancia de larvas.
- Determinar las diferencias en la distribución y abundancia de larvas de bivalvos entre sitios y en las ocho estaciones.
- Definir la relación de la variación de la abundancia en las épocas climáticas presentadas en el Golfo de Urabá durante los meses de muestreo.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

7.1.1 GOLFO DE URABÁ

El Golfo de Urabá es un cuerpo de agua semicerrado localizado al nor-occidente del departamento de Antioquia y al suroccidente del Caribe colombiano (Montoya et al., 2017) (**Figura 2**), donde el istmo centroamericano se une con la masa continental de Suramérica en un área conocida como la región del Darién (Díaz et al., 2000). Geográficamente está comprendido entre las coordenadas: 07°54' - 08°40' N y 77°53 y 77°23 W (Molina et al., 1992; Molina et al., 1994). Administrativamente se encuentra entre los departamentos de Antioquia y Chocó y el límite entre los dos corresponde a boca Tarena, una de las bocas del río Atrato (García, 2007). El Golfo posee alrededor de 500 km de costa (Leal-Flórez et al., 2017) de los que aproximadamente 300 km corresponden a la costa antioqueña (Ruíz, 2017) que convierten a Antioquia en el segundo departamento con mayor línea de costa sobre el mar Caribe (DNP, Gobernación de Antioquia y Junta Efemérides, 2006). La ubicación geográfica y las características geomorfológicas de la región son ideales para el desarrollo de ecosistemas marino-costeros estratégicos como estuarios, manglares, playas, pastos marinos y corales (Osorio et al., 2016).

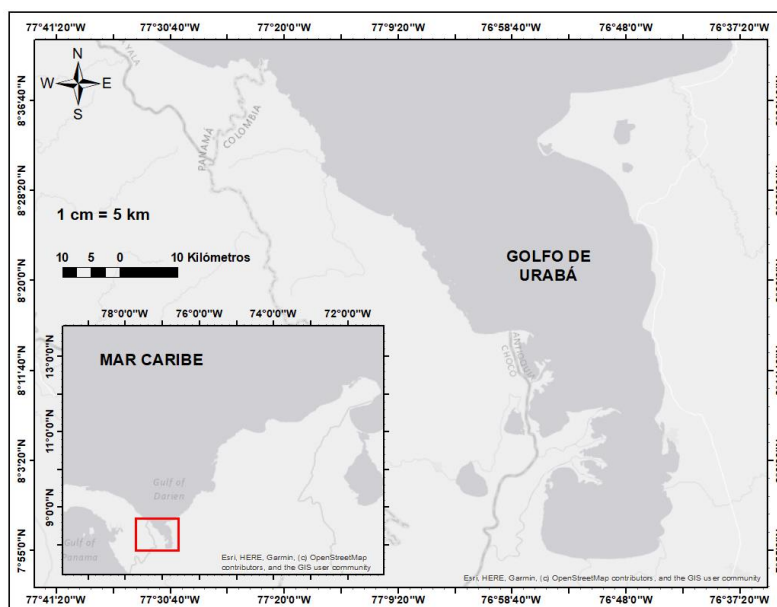


Figura 2. Ubicación del Golfo de Urabá (Fuente: Propia). ArcGIS 10.5. Licencia Universidad de Antioquia.

El clima y los altos aportes de agua dulce hacen de ésta un área tropical con características hidrológicas de tipo estuarino con aguas continentales saliendo a nivel superficial y aguas marinas entrando a nivel profundo (Bernal et al., 2005; Chevillot et al., 1993). El Río Atrato desemboca dentro del Golfo con caudal y aporte sedimentario muy importantes (4,500 m³/s y 11,3 millones ton/año, respectivamente) debido a que la influencia de la corriente de chorro del Chocó causa fuertes precipitaciones sobre la cuenca del río (Molina et al., 1992; Montoya et al., 2017).

7.1.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

El Golfo de Urabá presenta un clima cálido húmedo, las lluvias están repartidas a lo largo del año, presenta temperaturas medias superiores a 24°C y precipitaciones anuales entre 2000 y 2500 milímetros, generadas principalmente por la presencia del sistema de baja presión anclado de Panamá que se mantiene activo durante la mayor parte del año con una presión interna en época húmeda de hasta 1005 mb y en época seca de 1010 mb (CIOH, 2017). Esta zona se encuentra bajo la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT); el régimen estacional del Golfo es bimodal, cuando se encuentra al sur entre diciembre y abril, se presenta la época seca con fuertes vientos alisios del Noreste provenientes del mar Caribe con una velocidad aproximada de 4 m/s, que pueden alcanzar valores picos de 9 m/s mientras que, cuando se ubica al norte, durante los meses de mayo y noviembre, se presenta la época húmeda con vientos del suroeste y la ZCIT más al norte con velocidades promedios de hasta 2 m/s (INVEMAR, 2003; Montoya, 2010), con una leve disminución entre junio y julio, denominada la época de transición (Veranillo de San Juan) (Bernal, et al., 2005; Mira-Martínez et al., 2017).

7.1.3 CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

La dinámica del Golfo está fundamentalmente influenciada por las descargas del río Atrato, la dirección e intensidad del viento, las características de las olas, las mareas y los gradientes de densidad (Escobar, 2011; Lonin y Vásquez, 2005; Montoya, 2010). De acuerdo a la caracterización hidrodinámica elaborada por Molina-Flórez (2014) y Osorio et al., (2016) el Golfo de Urabá presenta 2 zonas dominadas por diferentes tipos de oleaje. La zona 1 es dominada por oleaje tipo SWELL ($T_p > 7,5$ s), y se extiende desde el límite exterior del Golfo hasta el límite entre los deltas del río Atrato y río Turbo, las alturas de ola significativa (H_s) para condiciones medias de oleaje, que oscilan entre 1,6 m en punta Caribaná y 1,0 m en las inmediaciones de los deltas. La zona 2 es dominada fuertemente por oleaje tipo SEA ($T_p < 7,5$ s) y comprende a bahía Colombia (**Figura 3**).

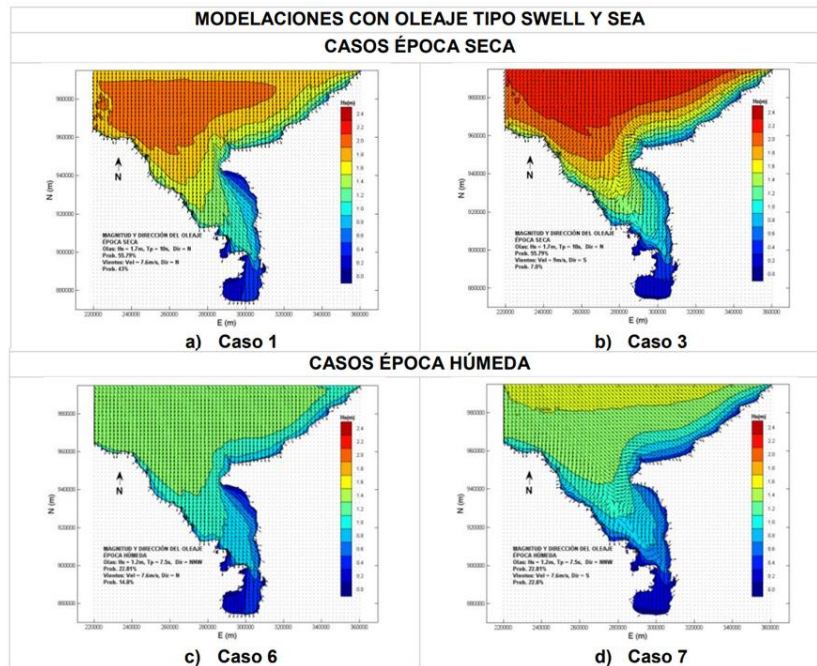


Figura 3. Modelaciones con oleaje tipo Swell y Sea en el Golfo de Urabá. (Fuente: Molina-Florez, 2014).

Por otro lado, esta zona presenta un régimen micromareal de tipo semidiurno mixto con amplitudes máximas del orden de 40 cm (Correa y Vernet, 2004). Los patrones de circulación superficial en el Golfo de Urabá según Escobar et al., (2015), describen que las corrientes superficiales en época húmeda se dirigen hacia el norte y las profundas hacia el sur, y en época seca los vientos y oleaje son altos, se genera una columna de agua mezclada hacia el sur (**Figura 4**).

De igual forma, Roldán y Ramírez (2008) evidenciaron que la circulación en Bahía Colombia (sur del Golfo de Urabá) en la época húmeda está caracterizada por la presencia de dos vórtices, ubicados al occidente (gira en sentido horario) y al oriente (en sentido anti-horario). En la época seca, la circulación superficial se caracteriza por corrientes en sentido norte-sur, confinado las aguas dulces en el sur de la bahía, las cuales son evacuadas a través de una contracorriente profunda hacia el norte que se extiende por todo el dominio a profundidades mayores de 4 m. Del mismo modo, el comportamiento de la capa superficial del Golfo de Urabá depende del caudal descargado por los ríos y la capa inferior depende de la corriente profunda proveniente del Caribe en dirección del Golfo (Lonin y Vásquez, 2005).

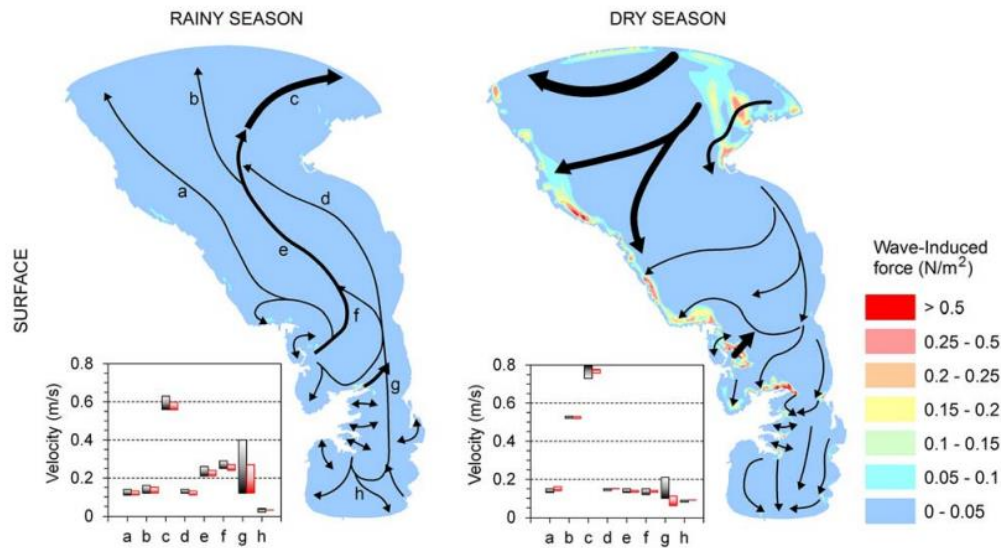


Figura 4. Modelación de patrones de circulación superficial en el golfo de Urabá. (Fuente Escobar et al., 2015).

7.1.4 BAHÍA MARIRRÍO

En el extremo noroccidental de Bahía Colombia se encuentra la Bahía Marirrió, esta zona está influenciada por el brazo Leoncito del Río Atrato a través del caño Marirrió (**Figura 5**), por su condición topográfica presentan una protección natural contra las corrientes más fuertes del Golfo (Escobar, 2011); Es un hábitat estuarino que alberga abundante vegetación arbórea y herbácea de áreas húmedas e inundables en las que domina el mangle a orillas del mar (Arango-Sánchez, et al., 2019). El área de la Bahía es de 18.16 km² aproximadamente y la profundidad promedio de 4 m (Velásquez, 1989). Dentro de ésta se encuentra una de las zonas de manglares más extensas en el Golfo de Urabá (Urrego et al., 2016).

7.1.5 ENSENADA DE RIONEGRO

En el límite nororiental del Golfo se ubica la Ensenada de Rionegro (**Figura 5**), declarada como Distrito Regional de Manejo Integrado (Acuerdo 100-02-02-01-012-2009-CORPOURABA), un área de uso sostenible, que debido a ser un cuerpo de agua semicerrado alberga gran diversidad de especies, además en las raíces de manglar se observa gran abundancia de ostras de mangle adultas (CORPOURABA, CODECHOCO, MINAMBIENTE y Parques Nacionales Naturales de Colombia Territorial Caribe, 2018). En este sitio se presenta la mayor área de manglar de la costa oriental (Blanco-Libreros et al., 2015) cubriendo el 7,2 % de los manglares del Golfo de Urabá, con un rodal de 550 ha dominado por la especie *Rhizophora mangle* (Urrego et al., 2016).

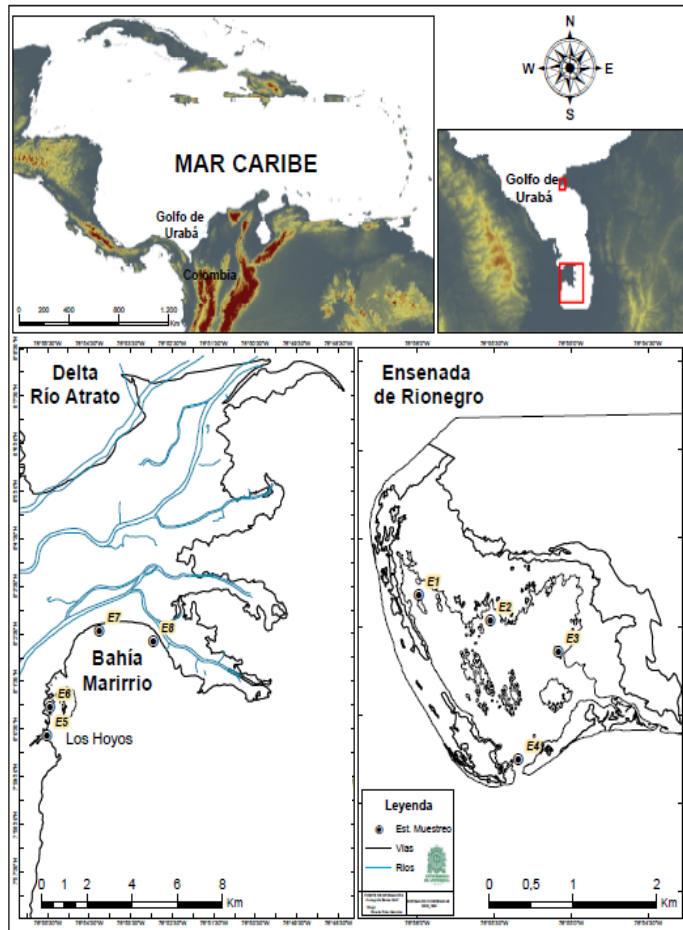


Figura 5. Ubicación del área de estudio (Fuente: Propia). ArcGIS 10.5. Licencia Universidad de Antioquia. (E1-E4: Sitios de muestreo en la Ensenada de Rionegro y E5-E8: Sitios de muestreo en la Bahía Marirrí)

7.2 FASE DE CAMPO O MUESTREO

7.2.1 OBTENCIÓN DE LARVAS

En el Golfo de Urabá, entre año 2013 y 2014 el grupo de investigación GISMAC de la Universidad de Antioquia apoyado por Corpourabá, desarrolló el proyecto denominado “Determinación de la abundancia larval de moluscos bivalvos con potencial comercial en la Bahía Marirrí y la Ensenada de Rionegro, Golfo de Urabá, Caribe colombiano” ((convenio 200-01-07-0759-2013), Comité para el Desarrollo de la Investigación, -CODI- Acta 538 del 11 de septiembre de 2012; Convenio interadministrativo de Cooperación para la investigación no. CAA 045-8842 de 2013 entre la Universidad de Antioquia -Corporación Académica Ambiental - y la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá –CORPOURABÁ).

Se seleccionaron cuatro sitios de muestreo dentro de cada caladero de pesca (Ensenada de Rionegro y Bahía Marirrí) (**Figura 5**) (**Tabla 1**) del Golfo de Urabá. Para obtener la información de productividad biológica se realizaron arrastres de zooplankton mensuales en cada sitio de muestreo entre febrero/2013 y enero/2014. Estos arrastres se hicieron a nivel superficial (<1 m de profundidad) con una red tipo Bongo de 35 cm de diámetro de boca sin mecanismo de cierre, 1.30 m de largo y ojo de malla de 150 micrómetros, con un flujómetro marca G.O. Environmental para registrar el volumen filtrado. En cada copo de la red se instaló un colector de idénticas características, con el fin de permitir réplica en cada muestreo (A y B). Los arrastres se realizaron por periodos de 5 minutos a una velocidad entre 8 y 10 km/h. realizando una trayectoria en línea recta. Una vez recuperadas las muestras, fueron fijadas con formaldehído al 4% y neutralizadas con bórax.

Tabla 1. Estaciones de muestreo

Nombre de la estación	Descripción	Coordenadas	
		LAT	LON
Ensenada de Rionegro			
1	Ubicada en la región noreste de la Ensenada, cercana a la conexión de agua dulce, su profundidad promedio es de 2,8m.	N8°32'46.3"	W76°56'06.3"
2	Ubicada al norte de la Ensenada, con una profundidad promedio de 1,7m.	N8°32'21,6"	W76°55'10,5"
3	Región noreste de la Ensenada, profundidad promedio de 3m.	N 8°32'3,9"	W 76°55'27,9"
4	Corresponde a la entrada de la Ensenada, su profundidad promedio es de 2,4m.	N8°31'55.5"	W76°55'32.4"
Bahía Marirrí			
5	Ubicada en el sector conocido como los Hoyos, zona con bajas concentraciones de oxígeno, su profundidad promedio es de 2 m.	N8°31'55.5"	W76°55'32.4"
6	Corresponde a la salida de los Hoyos, su profundidad promedio es de 2,1m.	N8°01'53,4"	W76°55'41,6"
7	Ubicada en la Bahía cercana a la línea de costa, su profundidad promedio es de 1,3 m.	N8°2'23,1"	W76°52'57,1"
8	Corresponde a la Bahía, un poco más hacía el mar que la estación anterior, profundidad promedio es de 4,3 m.	N8°1'21,5"	W76°53'21,6"

7.2.2 MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

En cada sitio de muestreo se midió la transparencia del agua empleando un disco Secchi; la temperatura (°C) con una sonda multiparamétrica WTW; mientras que, para la salinidad se utilizó un refractómetro manual Extech (RF20) y se midió en Unidades Prácticas de Salinidad (ups). Las muestras de agua para análisis de clorofila y seston, se tomaron empleando botellas plásticas de 1 L de capacidad, selladas exteriormente con aluminio y conservadas en frío (10° C), posteriormente fueron transportadas al laboratorio de Aguas de CORPOURABÁ para su análisis.

7.3 FASE DE LABORATORIO

Las muestras fueron separadas de acuerdo a sus morfotipos usando la clasificación heurística (agrupando similares, separando diferentes), luego los grupos similares se identificaron con la ayuda de claves y documentos existentes para determinación larval hasta nivel de familia (Carriker 1951; Nelson 1955; Cuevas y Martínez 1979; Pacheco 1979; Fournier 1991; Páez et al., 1993; Zapata 1995; Valero-Lopera, 1997; Hernández 2005; Goodwin et al., 2018). Posteriormente se cuantificaron, se determinó el volumen filtrado y se obtuvo la abundancia de larvas como individuos/m³.

Para la identificación y cuantificación de organismos se empleó un estereomicroscopio Boeco (Boe35000) (Boltovskoy, 1981) con una placa cuadrículada de conteo Bogorov, modificada.

7.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se elaboró un diseño de investigación no experimental longitudinal, debido a que se evaluaron cambios a través del tiempo (Hernández-Sampieri et al., 2010), con tiempo y espacio como factores de estudio y temperatura, salinidad, seston, clorofila y abundancia de larvas como variables respuesta (independientes).

Los datos obtenidos en los muestreos fueron organizados matricialmente en hojas de cálculo de EXCEL (Microsoft office-2016), para su procesamiento y análisis estadístico se utilizaron los Software STATGRAPHICS Centurion XVI (Versión 16.1.02), IBM SPSS Statistics (Versión 25) y XLSTAT (Versión 2019.3.1).

Para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la abundancia de larvas entre estaciones (8 niveles) y muestreos (12 niveles) se emplearon las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para más de dos muestras independientes y posteriormente, se hizo un análisis Post-Hoc aplicando la prueba de Dunn-Bonferroni. Para el caso de dos muestras independientes se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. Esto debido a que los datos no

cumplieron los supuestos de normalidad, ni homocedasticidad requeridos para el análisis de varianza, incluso después de realizar transformaciones.

Posteriormente se realizaron los análisis de componentes principales (ACP) para encontrar asociaciones entre variables que permitan explicar mayor porcentaje de variabilidad de los datos. Finalmente se aplicó la Prueba de Spearman para buscar correlaciones entre variables físicas y químicas, y la abundancia de larvas entre muestreos y sitios.

8. RESULTADOS

Con el objetivo de conocer las características de la masa de agua se relacionan inicialmente las variables físicas y químicas, para posteriormente establecer cómo afectan las variables biológicas.

8.1 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

8.1.1 TRANSPARENCIA DEL AGUA

En general para ambos caladeros, se obtuvo una transparencia promedio de 1,45 m, con un valor mínimo de 0,30 m y máximo de 2,8 m (**Tabla 2**); esta presentó correlación con la salinidad ($r_s=0,55$; $p<0,05$), la temperatura del agua ($r_s=0,26$; $p<0,05$) y el seston ($r_s=-0,31$; $p<0,05$) (**Tabla 3**). **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** La transparencia del agua presentó diferencias significativas según el análisis de Kruskal Wallis a nivel temporal ($p<0,05$) y espacial ($p<0,05$) (**Tabla 4**Tabla 4). A nivel de cada caladero, Rionegro evidenció mayores valores de transparencia del agua que Marirrió (**Figura 6** **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), con un promedio de 1,57m y 1,1m respectivamente.

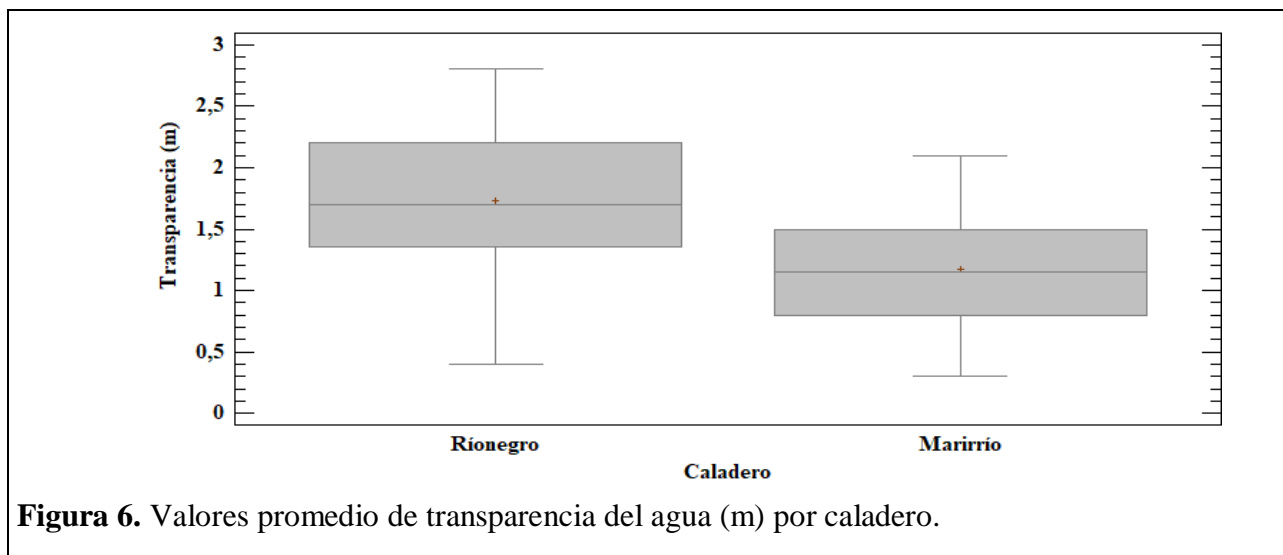


Figura 6. Valores promedio de transparencia del agua (m) por caladero.

Para la Ensenada de Rionegro los meses con mayor visibilidad fueron noviembre (2,80 m) y septiembre y enero (2,70 m), mientras que los meses de junio (0,40 m) y julio (0,60 m) fueron en los que menos visibilidad presentaron (**Figura 7**; *Error! No se encuentra el origen de la referencia.***A**).

En Marirrí los valores menores fueron de 0,30 m y 0,39 m, en los meses de diciembre y noviembre respectivamente, los valores máximos fueron en mayo, septiembre y noviembre (2,10 m) (*Error! No se encuentra el origen de la referencia.*; *Error! No se encuentra el origen de la referencia.***Figura 7B**).

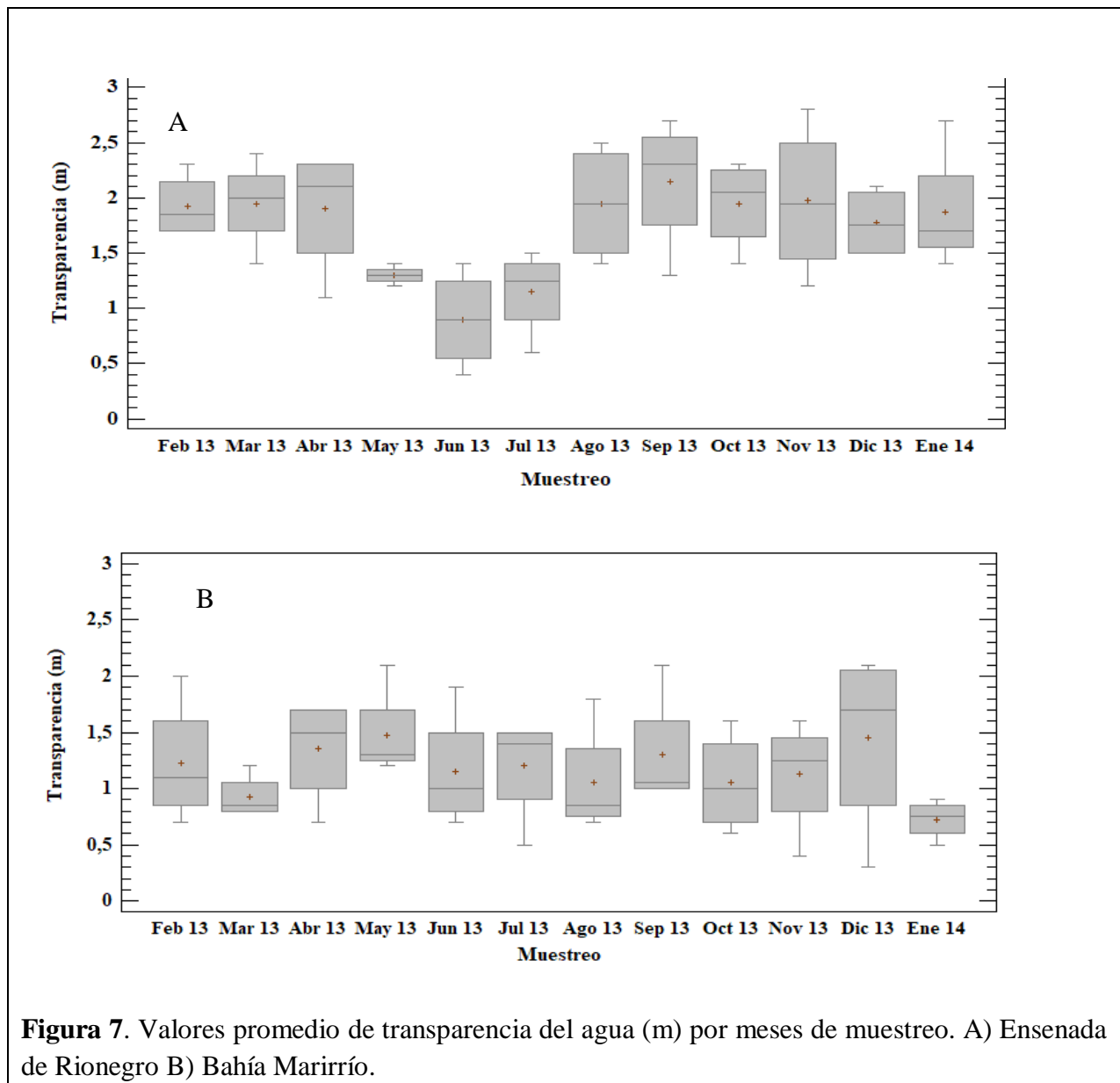


Figura 7. Valores promedio de transparencia del agua (m) por meses de muestreo. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrí.

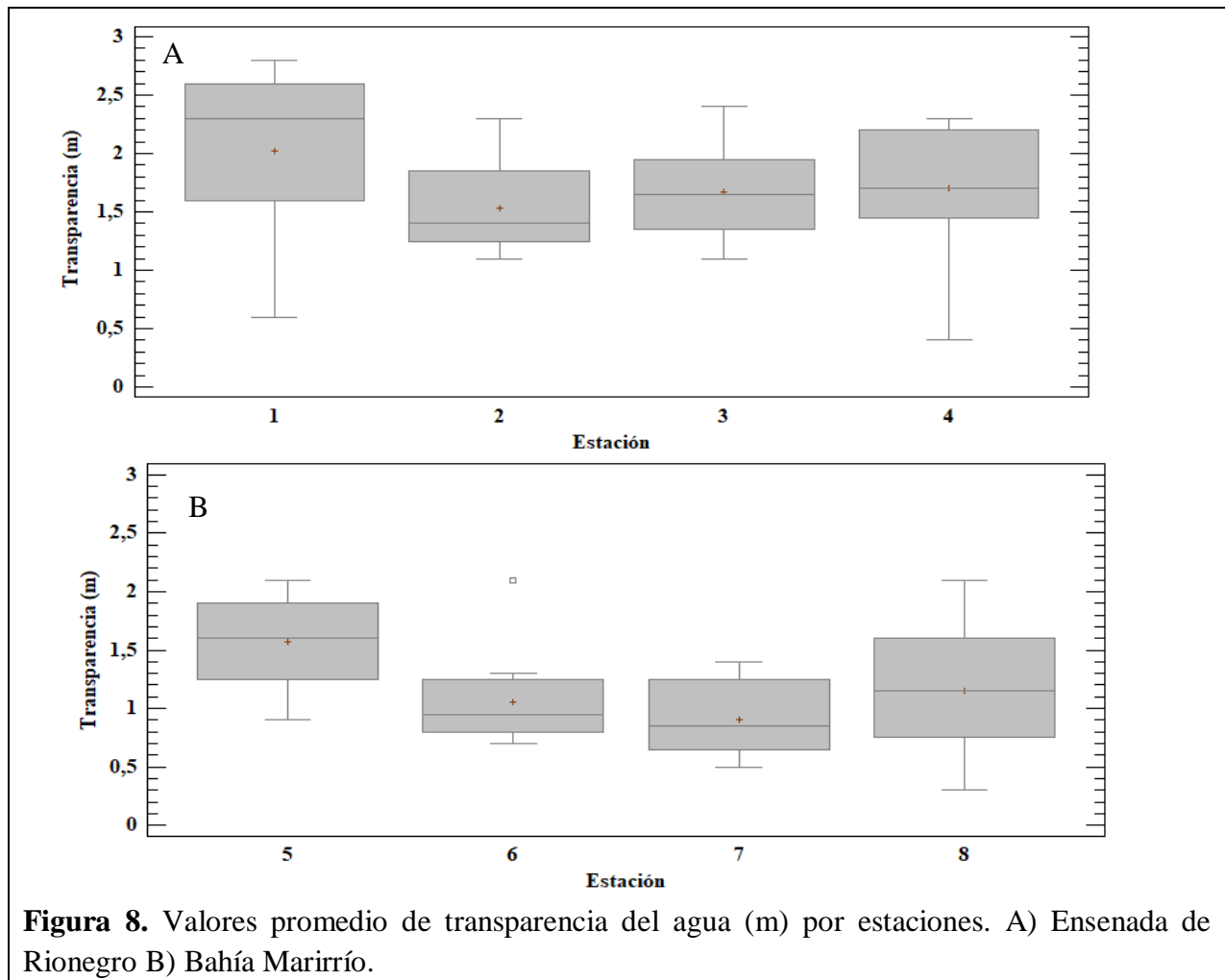


Figura 8. Valores promedio de transparencia del agua (m) por estaciones. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrí.

Referente al comportamiento de la transparencia del agua para todas las estaciones, en Rionegro, la estación 1 presentó el valor máximo de 2,80 m, mientras que la estación 4 presentó los valores más bajos durante el periodo de muestreo (0,4 m) (**Figura 8**; Error! No se encuentra el origen de la referencia.), no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas estaciones ($p > 0,05$).

En Marirrí, la estación 5 presentó el valor máximo en promedio (1,6 m) y la estación 7 el menor valor en promedio (0,85 m) (**Figura 8**; Error! No se encuentra el origen de la referencia.), existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas estaciones ($p < 0,05$).

8.1.2 LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA

En general, para ambos caladeros se obtuvo temperatura en promedio de 28,63 °C, osciló entre 26,70 y 31,58 °C (**Tabla 2**); este parámetro presentó correlación con la transparencia del agua ($r_s = 0,26$; $p < 0,05$) (

Tabla 3). **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** La transparencia del agua presentó diferencias significativas según el análisis de Kruskal Wallis a nivel temporal ($p < 0,05$) y espacial ($p < 0,05$ y $p < 0,05$) (**Tabla 4**Tabla 4). A nivel de cada caladero, Rionegro presentó valores mayores de temperatura superficial del agua, y en Marirrió se presentó un valor inferior (**Figura 9**

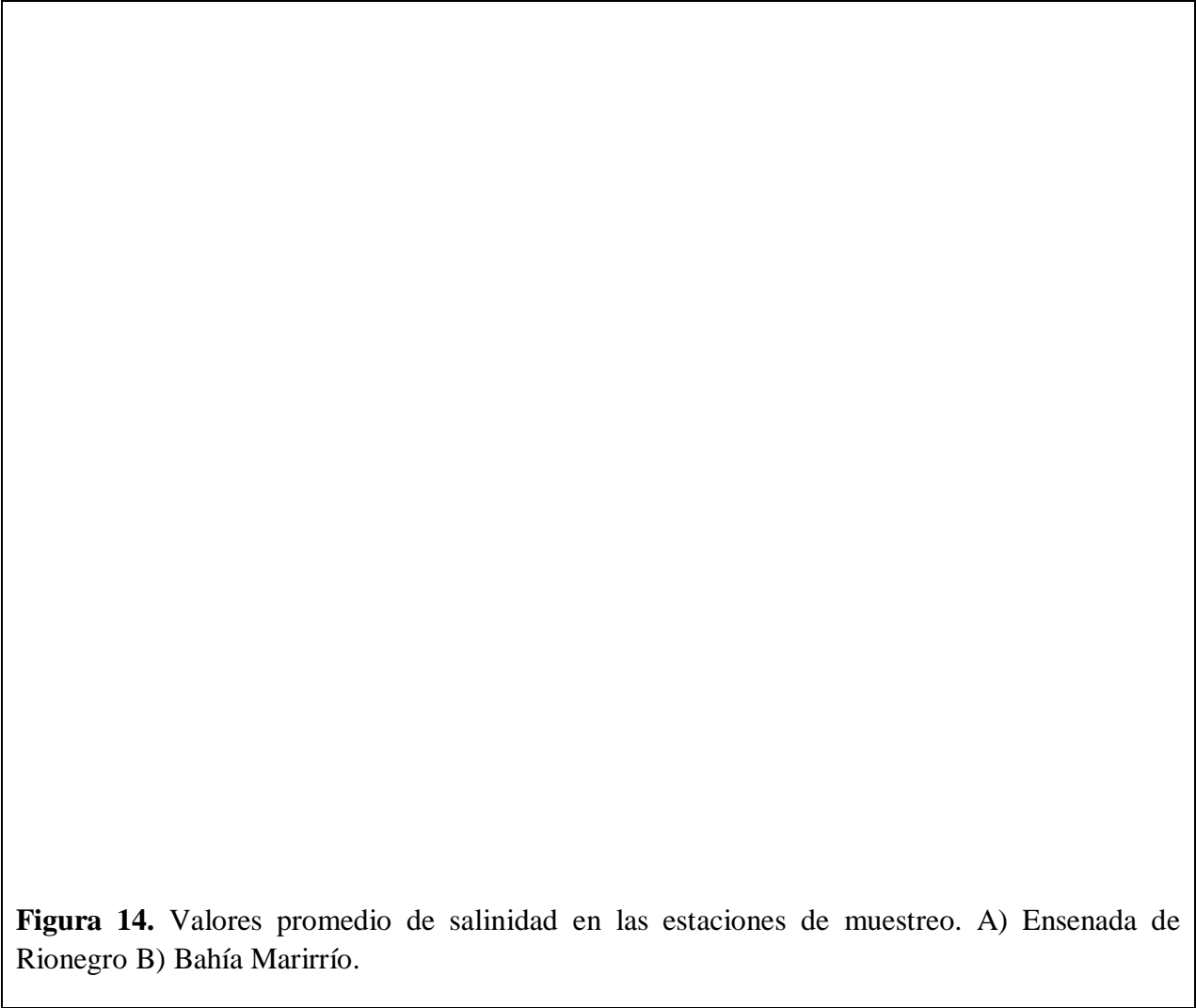


Figura 14. Valores promedio de salinidad en las estaciones de muestreo. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrió.

).

Para Rionegro las temperaturas más altas se registraron en mayo (31,0 °C) en época seca y en octubre (31,5 °C), en época húmeda y las más bajas en junio (26,8 °C), época de transición (**Figura 9A**); el menor valor se reportó en la estación 1 (26,8 °C) y el mayor en la estación 2 (31,5 °C) (**Figura 11A**). El mismo valor se presentó en Marirrió como el más bajo (26,8 °C), pero durante mayo, época húmeda, en la estación 5 (**Figura 10B** y **Figura 11B**), los valores más

altos de temperatura se presentaron en abril (29.7 °C) y junio (29,5 °C), en este último mes la variación entre el máximo y el mínimo de temperatura fue de 3,1°C (**Figura 10B**); las estaciones 5 y 7 presentaron valores de temperatura promedio inferiores a las demás estaciones (28,1 °C) (**Figura 11**; Error! No se encuentra el origen de la referencia.**B**).

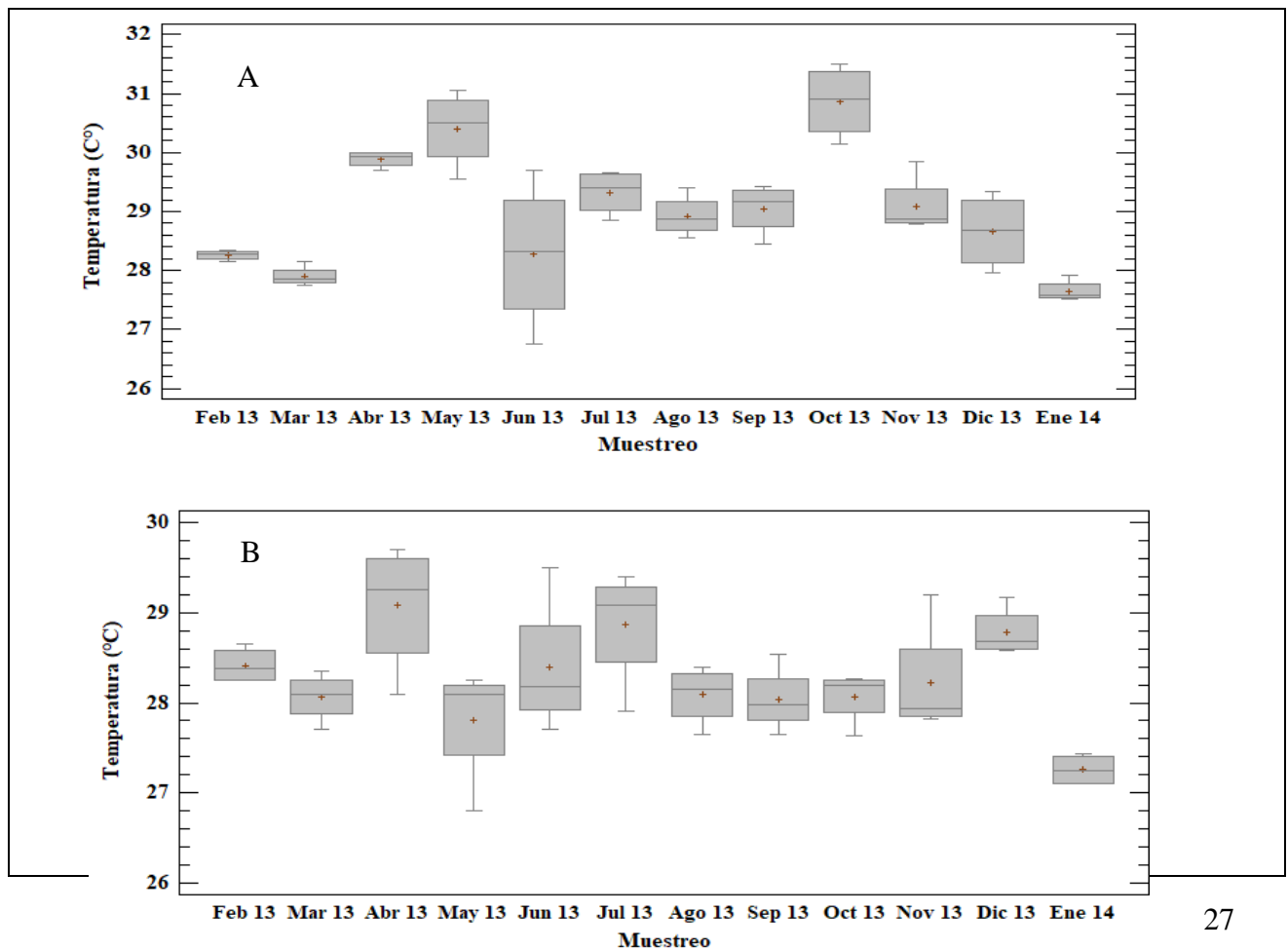
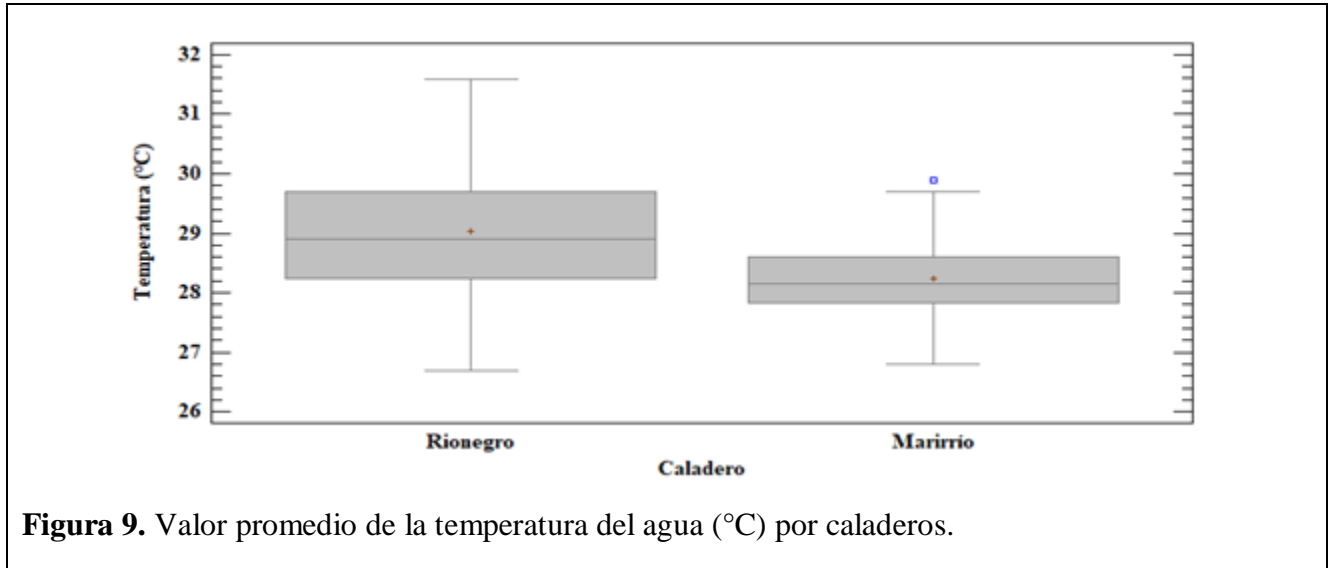


Figura 10. Valores promedio de temperatura del agua a nivel superficial (°C) por meses de muestreo. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrío.

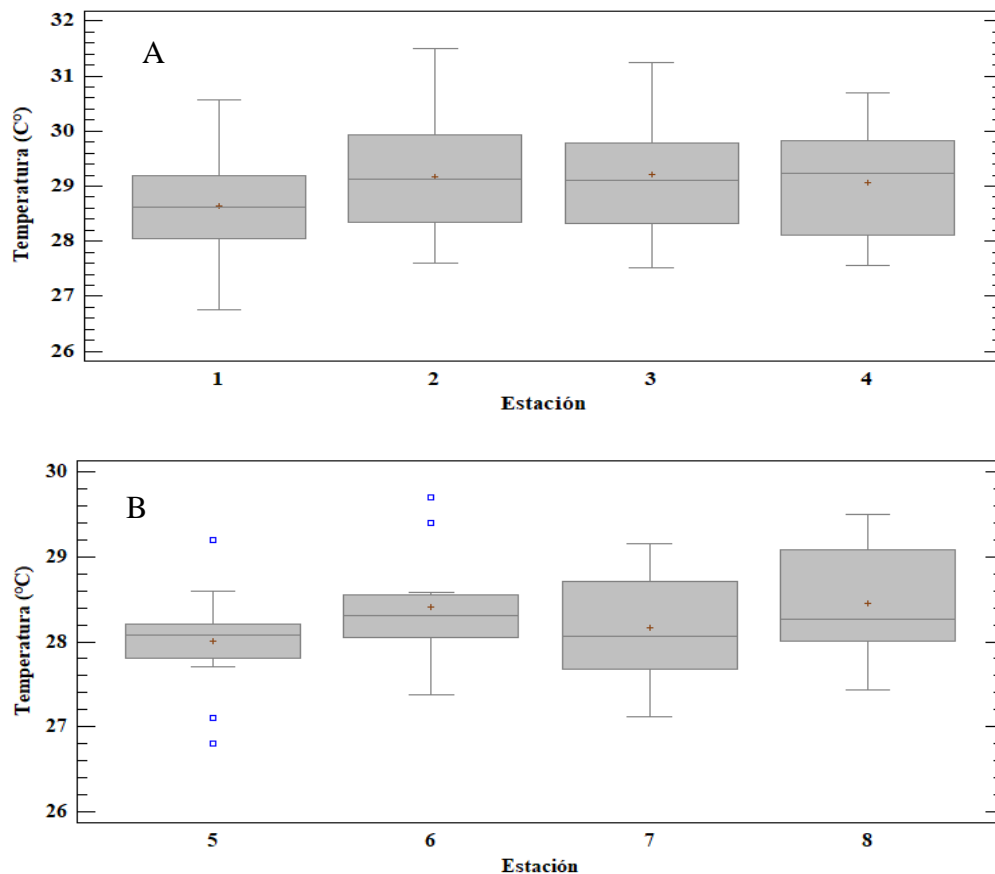


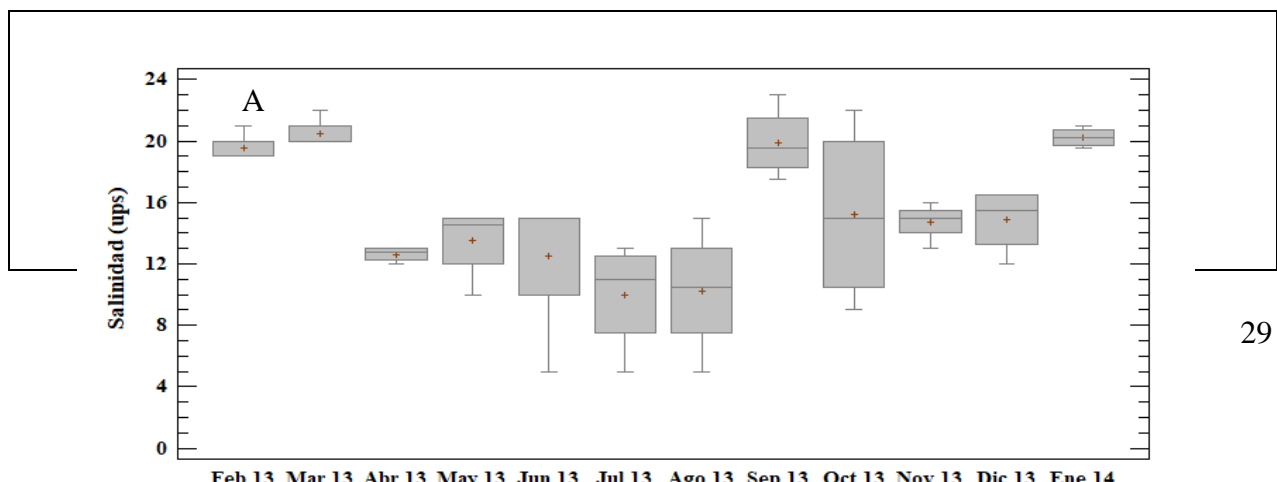
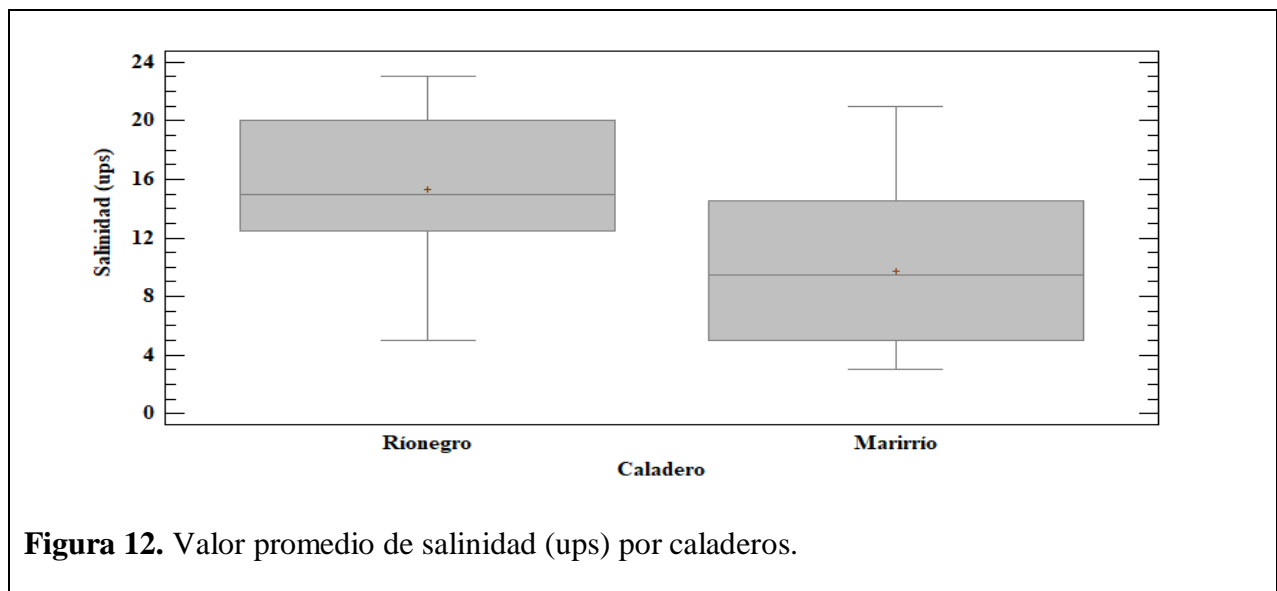
Figura 11. Valores promedio de temperatura del agua a nivel superficial (°C) por estaciones. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrío.

8.1.3 LA SALINIDAD

Para ambos caladeros se obtuvo una salinidad en promedio de 12,52; la cual tuvo variaciones entre 3 y 23 (Tabla 2; Error! No se encuentra el origen de la referencia.), esta presentó correlación con la transparencia del agua ($r_s = 0,55$; $p < 0,05$) y la Clorofila *a* ($r_s = -0,20$; $p < 0,05$) (Tabla 3; Error! No se encuentra el origen de la referencia.). La salinidad superficial del agua presentó diferencias significativas según el análisis de Kruskal Wallis, a nivel temporal ($p < 0,05$) y espacial ($p < 0,05$). (Tabla 4 Tabla 4). A nivel de caladeros Rionegro presentó valores mayores de salinidad del agua (Figura 12).

Para Rionegro el promedio fue de 15,3 (**Figura 12**), entre junio y agosto se presentaron los valores mínimos (5), los valores máximos se obtuvieron en marzo (22), septiembre (23) y octubre (22), se destacaron dos periodos, el primero entre junio y agosto con valores más bajos (10,9), y el segundo de febrero a marzo con valores altos (20) (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. **A**); en las estaciones 1 y 2 se obtuvieron los valores mínimos (5), en la estación 3 se obtuvo el valor más alto (23), los valores máximos para las estaciones 1 y 4 fueron de 22 (**Figura 14 A**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

En Marirrió los valores más altos se presentaron en octubre, diciembre (20) y en noviembre (20,5), los valores más bajos (3) se obtuvieron en marzo en la estación 8 (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. **B** y **Figura 14 B**); la salinidad del agua presentó un patrón definido en las estaciones, para la 5 y 6 se obtuvo un valor promedio de 10, superior al promedio de las estaciones restantes, pero sin existir diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones ($p > 0,05$), la estación 7 y la 8 presentaron valores promedio de 8 y 6 respectivamente (**Figura 14**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



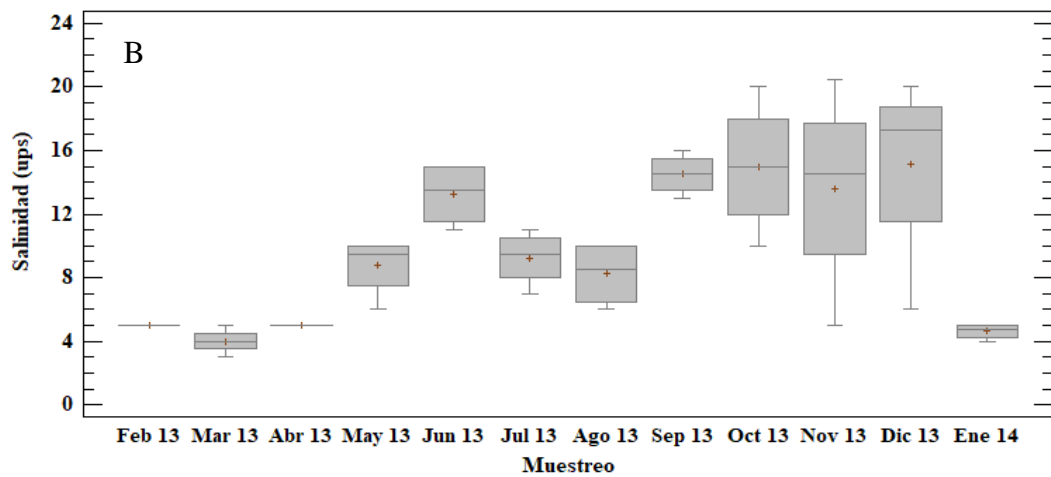
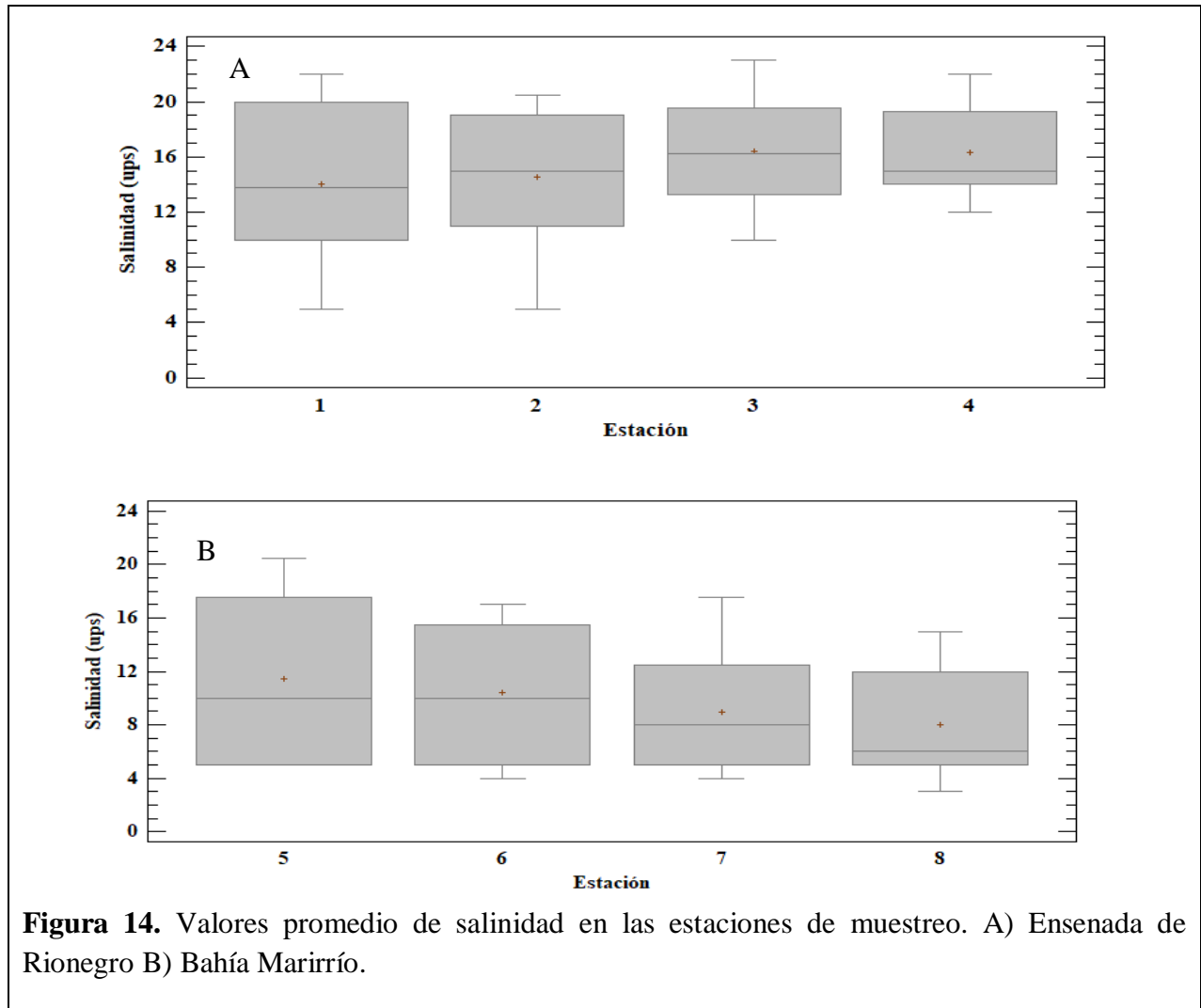


Figura 13. Valores promedio de salinidad durante los meses de muestreo. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrío.



8.1.4 SESTON

El seston a nivel general tuvo variaciones entre 0,73 mg/l y 29,70 mg/l, con un promedio de 6,85 mg/l (Tabla 2; Error! No se encuentra el origen de la referencia.), presentó correlación negativa con la transparencia del agua ($r_s = -0,31$, $p < 0,05$) (

Tabla 3; Error! No se encuentra el origen de la referencia.). La concentración de seston en el agua presentó diferencias significativas según el análisis de Kruskal Wallis a nivel temporal ($p < 0,05$) y espacial ($p < 0,05$) (Tabla 4 Tabla 4). Marirríó presentó valores mayores de concentración de seston en el agua (Figura 15

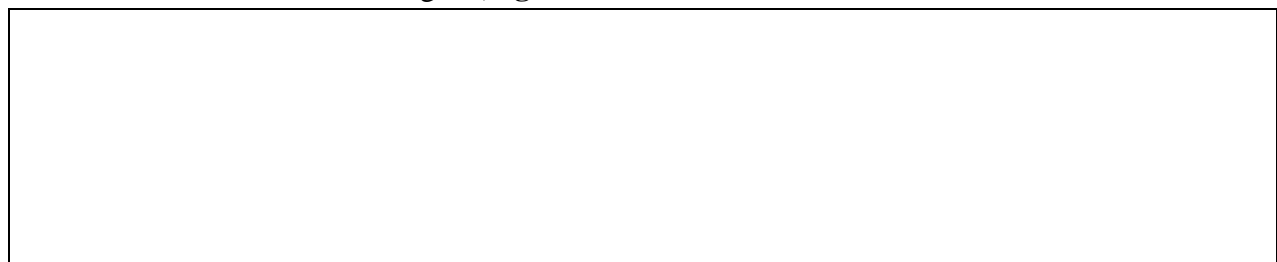


Figura 14. Valores promedio de salinidad en las estaciones de muestreo. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrío.

).

El valor promedio para Rionegro fue de 8,04 mg/l, los valores más bajos se presentaron durante los primeros 4 meses de muestreo (entre febrero y mayo), se presentó el menor valor en el mes de abril (1,58 mg/l), mientras que los valores más altos se presentaron en junio (29,68 mg/l), posterior a esto en el mes de agosto se presentó otro valor por encima del promedio (10,35 mg/l) (**Figura 16 A**); las concentraciones de seston más bajas se presentaron en las estaciones 1 y 2 (1,50 mg/l), estas estaciones presentan diferencias estadísticamente significativas únicamente con las estaciones 6 y 7 ($p < 0,05$). La estación 3 registró un valor máximo de 10,75 mg/l y la estación 4 presentó el valor más alto (29,68 mg/l) (**Figura 17A**).

En Marirrío el promedio fue de 5,64 mg/l, los valores más altos se presentaron en abril (28,70 mg/l), en el mes siguiente la concentración disminuyó alcanzando el valor más bajo en promedio (2,26 mg/l), posteriormente se incrementó para los meses de junio y julio, en noviembre se presentó un descenso registrando un valor mínimo de 4,06 mg/l, en el mes siguiente ascendió y en enero descendió a 4,62 mg/l (**Figura 16 B**); las estaciones 6 y 7 presentaron valores en promedio más altos (8,92 mg/l y 8,50 mg/l) que las otras dos, en la estación 5 se obtuvo el valor mínimo de concentración de seston en el mes de marzo (0,75 mg/l) (**Figura 16B y Figura 17 B**), las cuatro estaciones presentaron datos por encima de 28 mg/l (**Figura 17 B**).

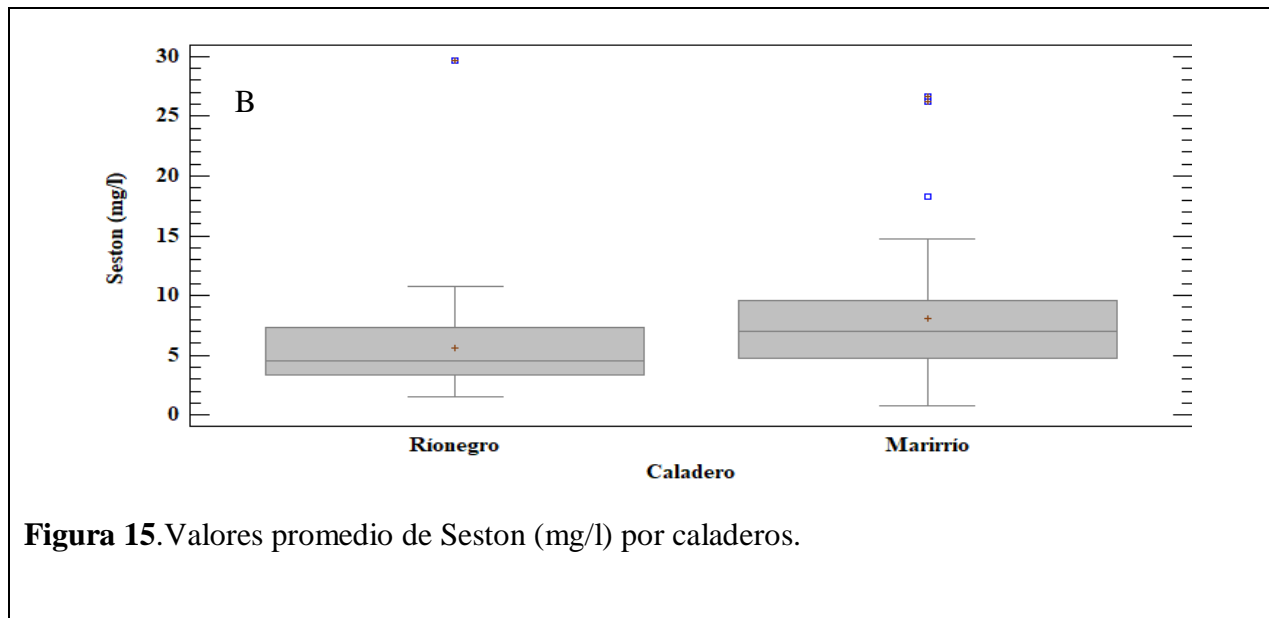


Figura 15. Valores promedio de Seston (mg/l) por caladeros.

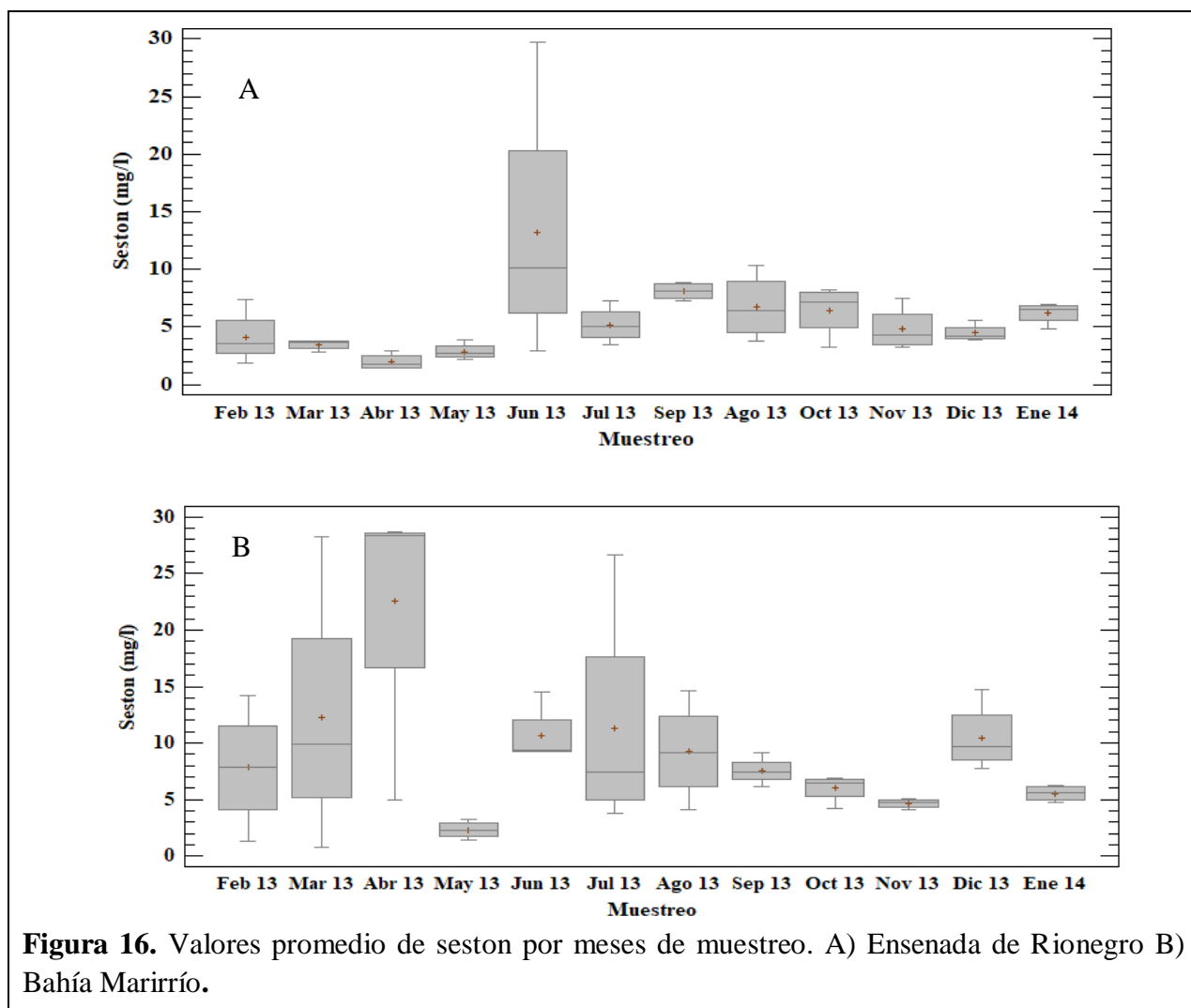


Figura 16. Valores promedio de seston por meses de muestreo. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrio.

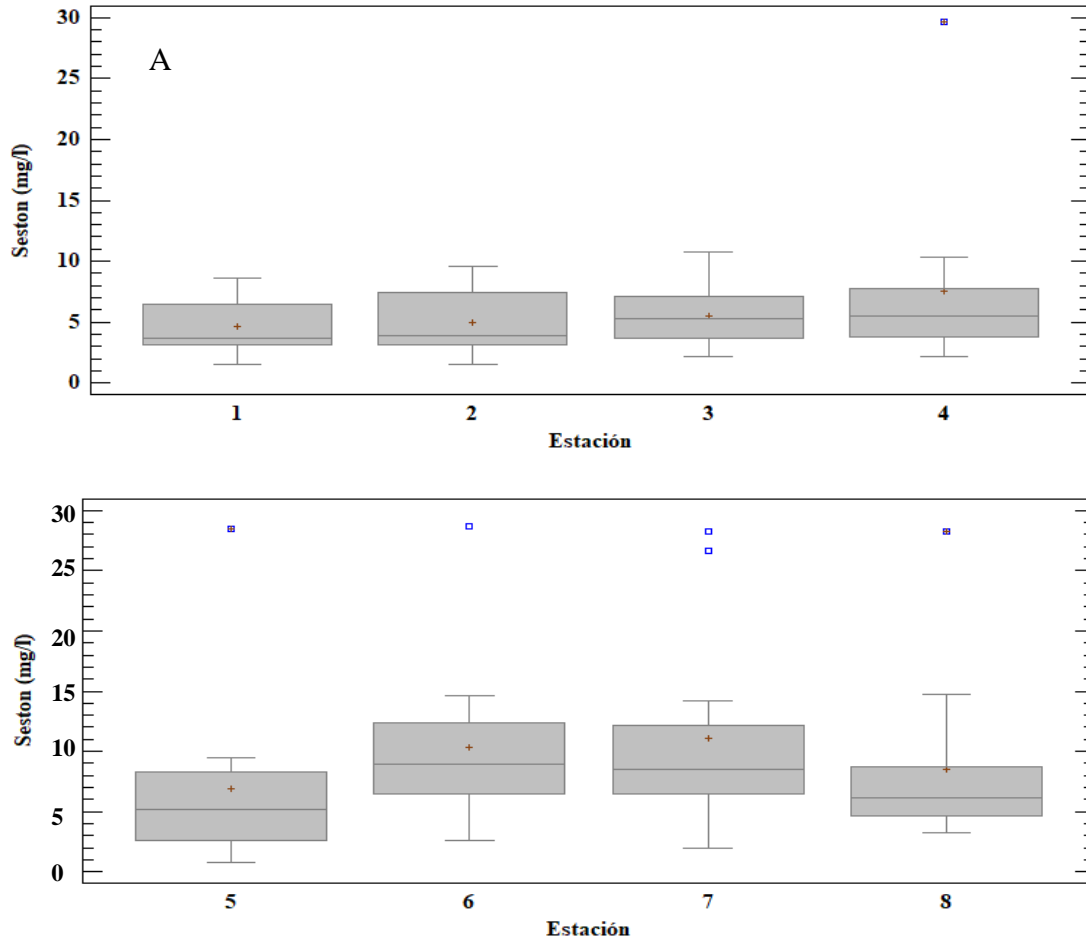


Figura 17. Valores promedio de seston por estaciones. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrí.

8.1.5 LA CLOROFILA A

En general la Clorofila *a* tuvo variaciones entre 0 $\mu\text{g/l}$ y 25,20 $\mu\text{g/l}$, con un promedio de 6,38 $\mu\text{g/l}$ (Tabla 2; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), presentó correlación negativa con la salinidad ($r_s = -0,20$; $p < 0,05$) (

Tabla 3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Según el análisis de Kruskal Wallis, a nivel espacial no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$; $p > 0,05$), sin embargo, a nivel temporal la Clorofila *a* presentó diferencias significativas ($p < 0,05$). (Tabla 4; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Marirrí presentó valores mayores de clorofila *a* (Figura 18; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Figura 14. Valores promedio de salinidad en las estaciones de muestreo. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrí.

).

En Rionegro se observaron los valores más altos en los meses de abril (13,31 $\mu\text{g/l}$) y agosto (14,79 $\mu\text{g/l}$), los valores mínimos (0,0 $\mu\text{g/l}$) se presentaron en junio, agosto, septiembre, noviembre, diciembre y enero, mientras que para marzo y octubre se obtuvieron mínimos de 2,96 $\mu\text{g/l}$ (**Figura 19A**); las 4 estaciones presentaron valores de 0,0 $\mu\text{g/l}$, registrando los valores máximos en las estaciones 1, 3 (13,31 $\mu\text{g/l}$) y 4 (14,79 $\mu\text{g/l}$) (**Figura 20 A**).

En Marirrí los valores presentaron un patrón sinusoidal, en los dos primeros meses de muestreo el valor de clorofila en promedio fue ascendiendo hasta alcanzar el máximo en el mes de abril (17,03 $\mu\text{g/l}$), para mayo y junio descendió hasta llegar al valor mínimo registrado en julio (1,48 $\mu\text{g/l}$), para agosto se presentó un ascenso, en septiembre y octubre descendió, mientras que en el mes de noviembre nuevamente ascendió con un valor en promedio de 8,88 $\mu\text{g/l}$, en enero finalmente descendió (**Figura 19. Valores promedio de Clorofila *a* durante los meses de muestreo. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrí**Figura 19B). En la estación 8 se presentó un valor máximo de 23,70 $\mu\text{g/l}$, las estaciones 5 y 6 presentaron el mismo valor en promedio (4,38 $\mu\text{g/l}$) y el mismo valor máximo (17,75 $\mu\text{g/l}$), en la estación 7 la concentración disminuyó a 2,92 $\mu\text{g/l}$, mientras que la 8 presentó un promedio de 9,66 $\mu\text{g/l}$ (**Figura 20 B**).

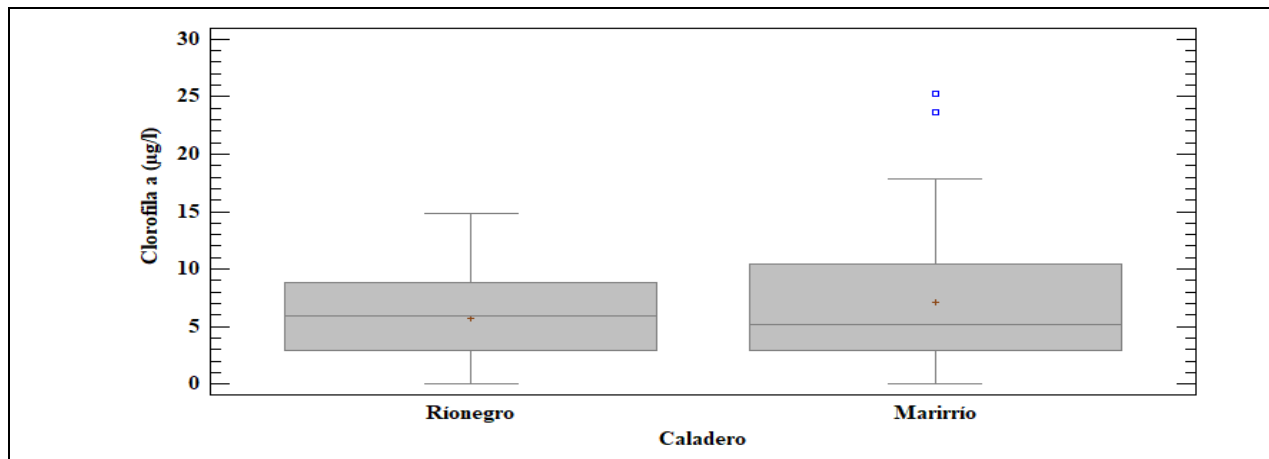


Figura 18. Valores promedio de clorofila *a* en los caladeros.

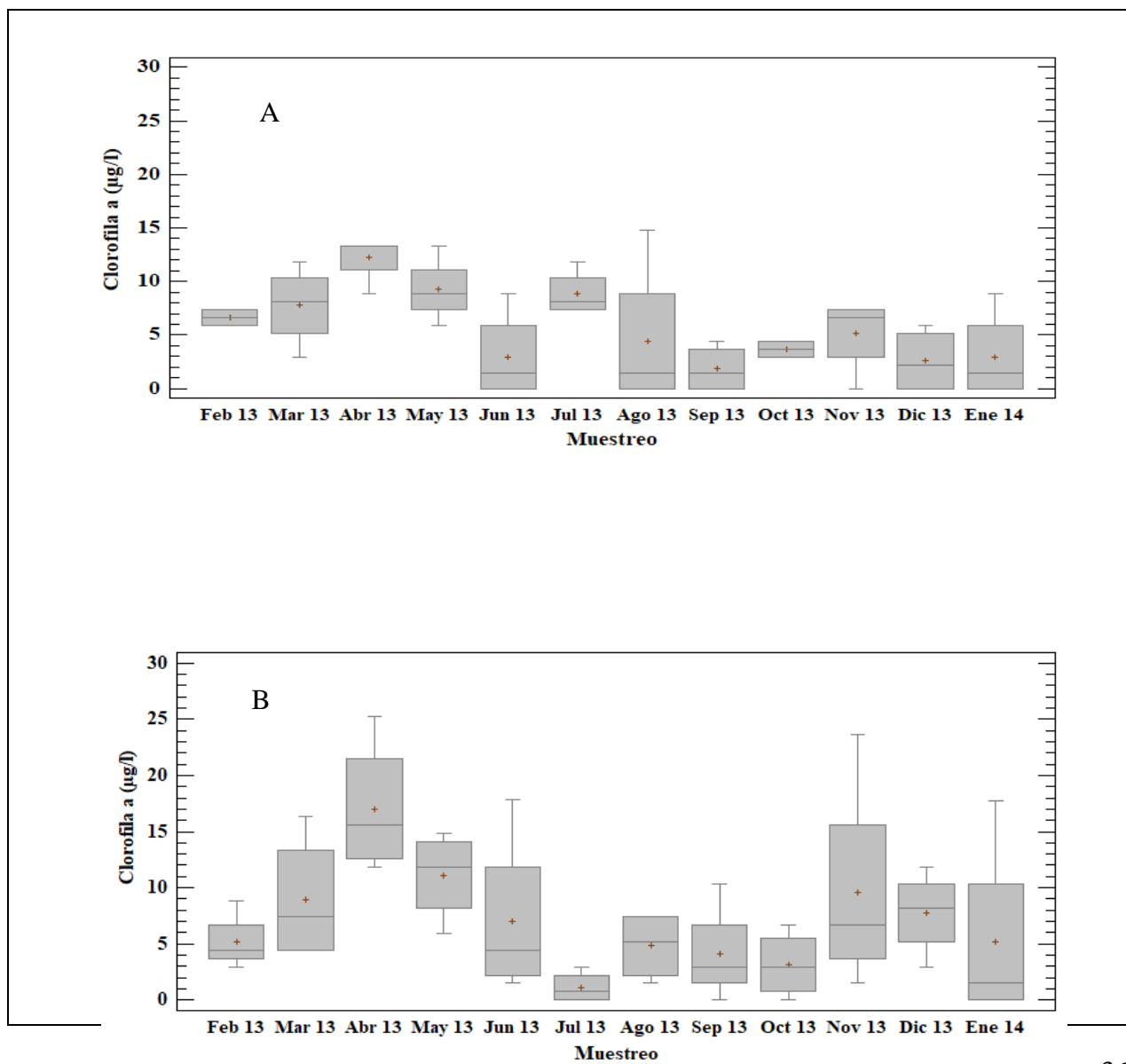


Figura 19. Valores promedio de Clorofila *a* durante los meses de muestreo. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrío.

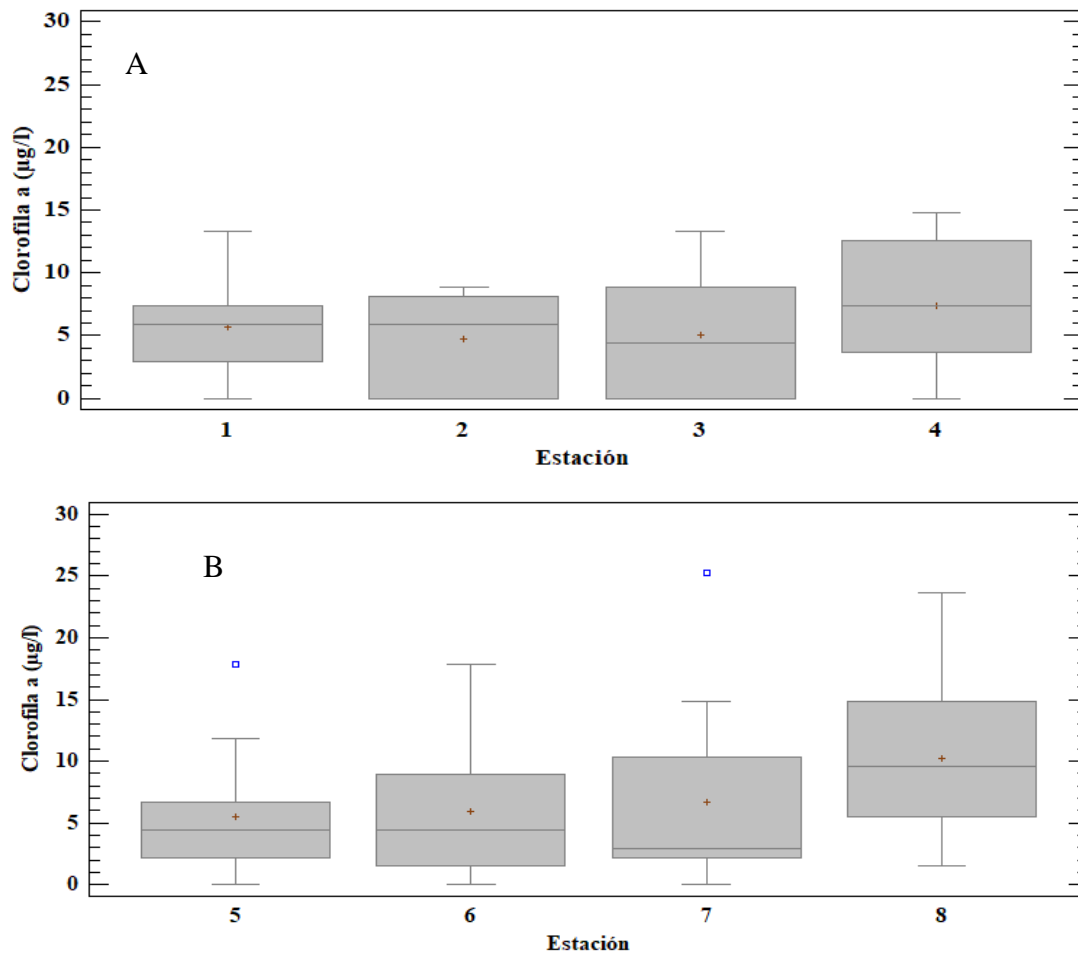


Figura 20. Valores de Clorofila *a* por estación. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrío.

Tabla 2. Resumen estadístico para variables físicas y químicas

	Transparencia (m)	Salinidad (ups)	Temperatura (°C)	Seston (mg/l)	Clorofila a (µg/l)
Número de datos	192	192	192	192	192
Promedio	1,45	12,52	28,63	6,85	6,38
Desviación Estándar	0,59	5,56	0,97	4,99	5,45
Coefficiente de Variación	0,41	0,44	0,03	0,73	0,85
Mínimo	0,30	3,00	26,70	0,73	0,00
Máximo	2,80	23,00	31,58	29,70	25,20
Rango	2,50	20,00	4,88	28,97	25,20

Tabla 3. Resultado de la correlación de Spearman. La primera fila corresponde al valor del estadístico (Resaltado en negrita). La segunda fila corresponde al número de muestras (valor entre paréntesis). El tercer renglón corresponde al valor-P. Nivel de confianza.

	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Seston (mg/l)	Clorofila a (µg/l)
Transparencia (m)	0,26	0,55	-0,31	-0,12
	(192)	(192)	(192)	(192)
	0,0004	0,0000	0,0000	0,1096
Temperatura (°C)		0,11	0,05	0,13
		(192)	(192)	(192)
		0,1303	0,4657	0,0840
Salinidad (ups)			0,01	-0,20
			(192)	(192)
			0,9800	0,0060
Seston (mg/l)				-0,17
				(192)
				0,0193

Tabla 4. Estadísticos de la prueba de Kruskal Wallis y U de Mann-Whitney para las variables respuesta y los factores estudiados.

Variable	Factor	Estadístico	Valor p
Transparencia del agua	Muestra	20,73	0,0363
	Estaciones	69,83	<0,0001
	Caladero	45,13	<0,0001
Temperatura	Muestra	71,01	<0,0001
	Estaciones	35,06	<0,0001

	Caladero	28,57	<0,0001
Salinidad	Muestro	40,32	<0,0001
	Estaciones	54,70	<0,0001
	Caladero	45,76	<0,0001
Seston	Muestro	63,49	<0,0001
	Estaciones	39,70	<0,0001
	Caladero	16,46	<0,0001
Clorofila <i>a</i>	Muestro	67,52	<0,0001
	Estaciones	13,98	0,0515
	Caladero	0,72	0,3968

8.2 COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA LARVAL

Se contabilizaron un total de dieciséis morfotipos de acuerdo a sus principales características morfológicas, apoyándose en información existente; se reunieron en dos subclases (Pteriomorphia y Heterodonta), identificándose dentro de éstas ocho órdenes y 12 familias (**Tabla 5**), de las cuales 7 corresponden a familias de interés comercial en Colombia pertenecientes a los órdenes Ostreida, Mytilida, Arcida, Limidae y Cardiida; las familias presentes en ambos caladeros de pesca fueron Pteriidae, Ostreidae, Mytilidae, Limidae y Cardiidae, las familias restantes únicamente se presentaron en la Ensenada de Rionegro.

Se recolectaron 192 muestras durante los 12 meses de muestreo para ambos sitios, la abundancia larval total fue de 5.469 larvas/m³, en todas las muestras se encontraron larvas de moluscos bivalvos. Se registraron en total 125.848 larvas, de las cuales el 92,5% fueron de Rionegro y el 7,5% de Marirrío. En la **Figura 21**, se evidencia mayor abundancia en Rionegro (101,2 larvas/m³ en promedio), frente a las registradas en Marirrío (8,2 larvas/m³ en promedio), con representantes principalmente de las familias Ostreidae y Cardiidae. Adicionalmente, no se hallaron diferencias estadísticas significativas entre la muestra original y su réplica.

De la abundancia total promedio el 72,5% corresponden a la familia Cardiidae, 19,8% a Ostreidae, el 4,6 % a Pholadidae, el porcentaje restante (3,13%) corresponde a las demás familias encontradas. Debido a que las familias Cardiidae y Ostreidae son las más abundantes se detallaron los resultados para estas dos familias.

Tabla 5. Listado de grupos identificados (según Mollusca Base), *familias en Colombia con interés comercial (Velasco y Barros, 2008) ** las familias consideradas comerciales en Costa Septentrional de Sur América (FAO, 2012 b).

Phylum Mollusca	
Clase Bivalvia Linnaeus, 1758	
Subclase Pteriomorphia Beurlen, 1944	
Orden Ostreida Férussac, 1822	*Familia Pteriidae Gray, 1847** *Familia Ostreidae Rafinesque, 1815** *Familia Pinnidae Leach, 1819** Familia Isognomonidae Woodring, 1925**
Orden Mytilida Férussac, 1822	*Familia Mytilidae Rafinesque, 1815**
Orden Arcida Stoliczka, 1871	*Familia Arcidae Lamarck, 1809**
Orden Myida Stoliczka, 1870	Familia Pholadidae Lamarck, 1809** Familia Teredinidae Rafinesque, 1815
Orden Limida Moore, 1952	*Familia Limidae Rafinesque, 1815**
Subclase Heterodonta Neumayr, 1884	
Orden Venerida Gray, 1854	Familia Mactridae Lamarck, 1809**
Orden Cardiida Ferussac, 1822	*Familia Cardiidae Lamarck, 1809**
Orden Galeommatida Lemer, Bieler y Giribet, 2019	Familia Montacutidae W. Clark, 1855

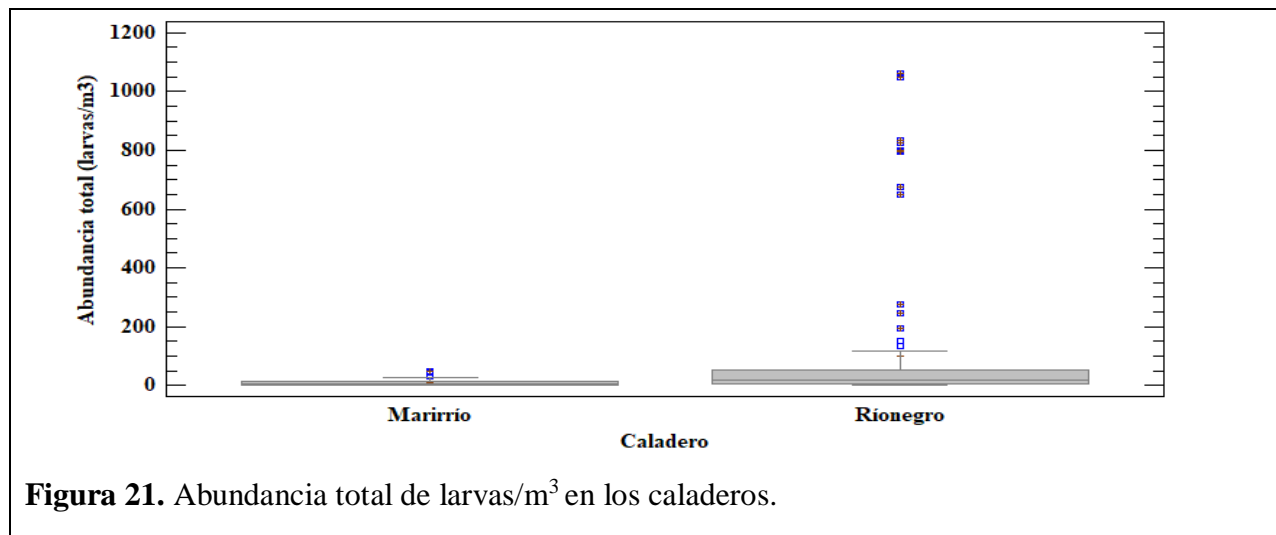


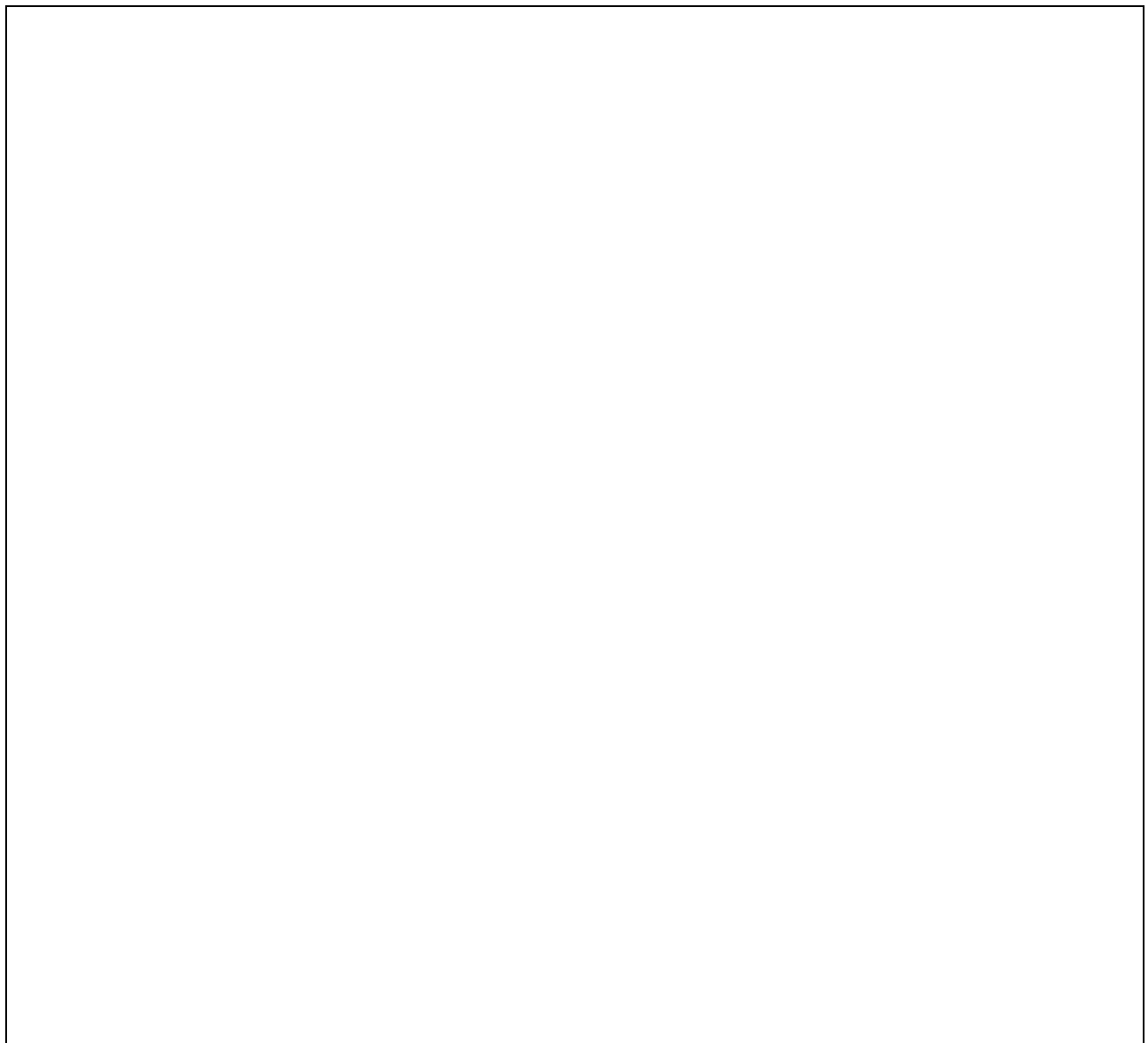
Figura 21. Abundancia total de larvas/m³ en los caladeros.

Durante los primeros cinco meses de muestreo se presentó mayor abundancia larval en promedio, con valores máximos en el mes de mayo 1.062,37 larvas/m³ en época húmeda, en el mes de marzo se presentaron datos de 244,4 larvas/m³ y 275 larvas/m³ obtenidos en la estación 1; entre julio y enero se observaron muy pocas larvas, para julio y octubre los valores máximos

fueron de 21,58 larvas/m³, en agosto y noviembre de 47,38 larvas/m³, en septiembre de 90,39 larvas/m³ y en diciembre 64,59 larvas/m³ (

Figura 22 y Figura 23). Las estaciones entre la 1 y la 4 presentaron mayor abundancia de larvas (1.062,37 larvas/m³), que las obtenidas entre la estación 5 y la 8, el valor máximo se presenta para la última estación (43,01 larvas/m³), registrando diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones según el análisis de Kruskal Wallis ($p < 0,05$).

Según la correlación ordinal de Spearman la abundancia larval total presentó correlación con la salinidad ($r_s = 0,31$; $p < 0,05$), con la abundancia de larvas de las familias Cardiidae ($r_s = 0,65$; $p < 0,05$) y Ostreidae ($r_s = 0,74$; $p < 0,05$) (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). Se presentaron diferencias significativas según el



análisis de Kruskal Wallis a nivel espacial ($p < 0,05$) y temporal ($p < 0,05$) (

Figura 25. Abundancia larval de la familia Ostreidae. A) Por muestreo B) Por estación C) Por caladero.

Tabla 8Tabla 4Tabla 4).

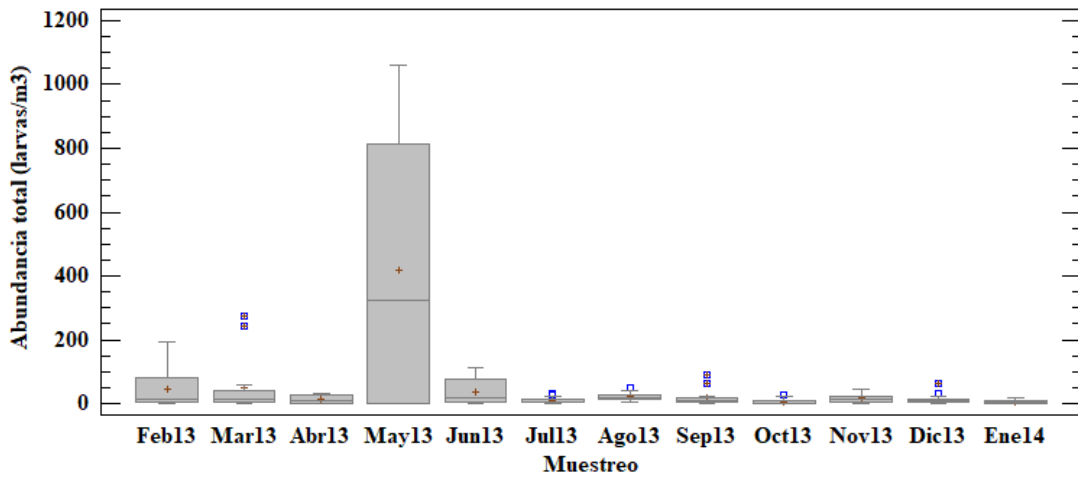


Figura 22. Abundancia total de larvas/m³ durante los meses de muestreo.

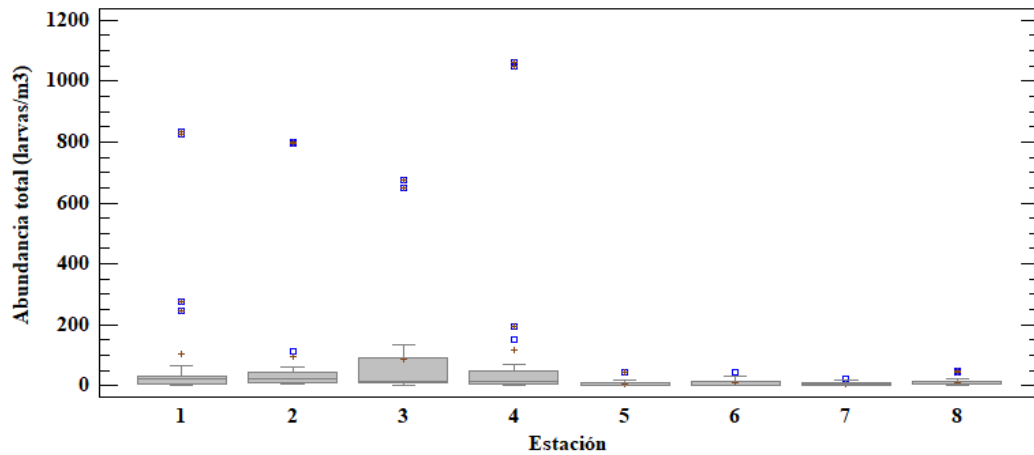


Figura 23. Abundancia total de larvas/m³ en las estaciones de muestreo.

8.2.1 ABUNDANCIA DE LAS PRINCIPALES FAMILIAS

Familia Cardiidae: Es la más abundante, los meses de mayo y junio presentaron los valores más altos, en épocas húmeda y de transición respectivamente, el primer mes el valor presentado corresponde al pico de abundancia larval (1.035,21 larvas/m³), el promedio para este mes fue de 318,28 larvas/m³, los meses de septiembre a diciembre no presentaron mayor abundancia. En las estaciones de la 1 a la 4 (Ensenada de Rionegro) se obtuvieron valores mayores de abundancia, en promedio 80,2 larvas/m³, para las estaciones correspondientes a la Bahía Marirríó el promedio de abundancia fue de 0,1 larvas/m³; los valores de abundancia larval para esta familia se obtuvieron en mayor proporción en Rionegro que en Marirríó (**Figura 24**).

La abundancia larval de la familia Cardiidae tuvo variaciones entre 0 larvas/m³ y 1.035,21 larvas/m³, con un promedio de 39,92 larvas/m³ (

	Cardiidae	Ostreidae	Abundancia total
Número de datos	192	192	192
Promedio	39,92	7,72	54,70
Desviación Estándar	166,51	26,03	169,93
Coefficiente de Variación	4,17	3,37	3,11
Mínimo	0,00	0,00	0,00
Máximo	1035,21	264,84	1060,32
Rango	1035,21	264,84	1060,32

Tabla 2; Error! No se encuentra el origen de la referencia.), presentó correlación negativa con el seston ($r_s = -0,31$; $p < 0,05$) y positiva con la salinidad ($r_s = 0,28$; $p < 0,05$), la transparencia del agua ($r_s = 0,30$; $p < 0,05$), la temperatura superficial del agua ($r_s = 0,40$; $p < 0,05$), la abundancia larval de la familia Ostreidae ($r_s = 0,45$; $p < 0,05$) (Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Tabla 3; Error! No se encuentra el origen de la referencia.). La abundancia larval de la familia Cardiidae presentó diferencias significativas según el análisis de Kruskal Wallis a nivel temporal ($p < 0,05$) y espacial ($p < 0,05$) (



Figura 25. Abundancia larval de la familia Ostreidae. A) Por muestreo B) Por estación C) Por caladero.

Tabla 8).

Tabla 6. Resumen estadístico para abundancia larval.

	Cardiidae	Ostreidae	Abundancia total
Número de datos	192	192	192
Promedio	39,92	7,72	54,70
Desviación Estándar	166,51	26,03	169,93
Coefficiente de Variación	4,17	3,37	3,11
Mínimo	0,00	0,00	0,00
Máximo	1035,21	264,84	1060,32
Rango	1035,21	264,84	1060,32

Familia Ostreidae: Corresponde al 14% de la abundancia larval total, se observaron mayores abundancias durante los meses de febrero, marzo, mayo y agosto, en el mes de marzo se presenta el pico de mayor abundancia, en promedio 75,3 larvas/m³, la estación 1 presentó 249,6 larvas/m³, para los meses de abril, septiembre, octubre y diciembre estaciones de mayor abundancia, en términos generales la abundancia larval está por debajo de 50 larvas/m³ (

Figura 25). Los valores de abundancia larval para esta familia se obtuvieron en mayor proporción en Rionegro que en Marirríó, en Rionegro se presentó un valor promedio de 12,2 larvas/m³ y en Marirríó 3,2 larvas/m³.

La abundancia larval de la familia Ostreidae tuvo variaciones entre 0 larvas/m³ y 264,84 larvas/m³, con un promedio de 7,72 larvas/m³ (

	Cardiidae	Ostreidae	Abundancia total
Número de datos	192	192	192
Promedio	39,92	7,72	54,70
Desviación Estándar	166,51	26,03	169,93
Coefficiente de Variación	4,17	3,37	3,11
Mínimo	0,00	0,00	0,00
Máximo	1035,21	264,84	1060,32
Rango	1035,21	264,84	1060,32

Tabla 2;Error! No se encuentra el origen de la referencia.), presentó correlación positiva con la salinidad ($r_s = 0,52$; $p < 0,05$), la temperatura superficial del agua ($r_s = 0,20$; $p < 0,05$), la abundancia larval de la familia Cardiidae ($r_s = 0,45$; $p < 0,05$) y negativa con la concentración de seston ($r_s = -0,21$; $p < 0,05$) (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Tabla 3;Error! No se encuentra el origen de la referencia.). La abundancia larval de la familia Ostreidae presentó diferencias significativas según el análisis de Kruskal Wallis a nivel temporal ($p < 0,05$) y espacial ($p < 0,05$) (



Figura 25. Abundancia larval de la familia Ostreidae. A) Por muestreo B) Por estación C) Por caladero.

Tabla 8).

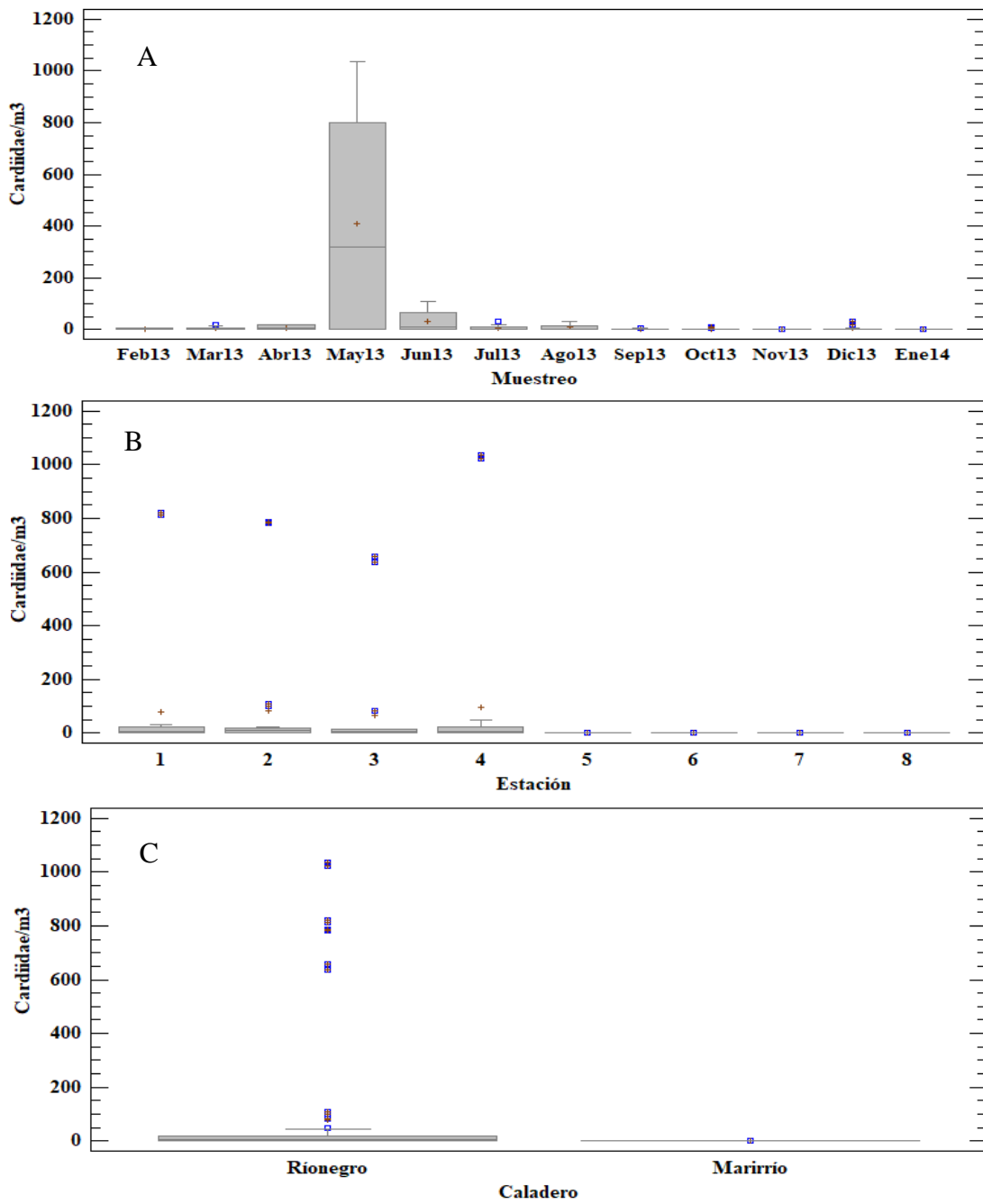


Figura 24. Abundancia larval de la familia Cardiidae. A) Por muestreo B) Por estación C) Por caladero

Tabla 7. Resultado de la correlación de Spearman. La primera fila corresponde al valor del estadístico (Resaltado en negrilla). La segunda fila corresponde al número de muestras (valor entre paréntesis). El tercer renglón corresponde al valor-P. Nivel de confianza.

	Transparencia (m)	Salinidad (ups)	Temperatura (°C)	Seston (mg/l)	Clorofila a (µg/l)	Cardiidae	Ostreidae	Abundancia Total
Transparencia (m)		0,55	0,26	-0,31	-0,12	0,30	0,03	0,11
		(191)	(191)	(191)	(191)	(191)	(191)	(191)
		0,0000	0,0004	0,0000	0,1117	0,0000	0,0000	0,1360
Salinidad (ups)			0,12	-0,00	-0,21	0,28	0,52	0,31
			(191)	(191)	(191)	(191)	(191)	(191)
			0,0909	0,9858	0,0043	0,0001	0,0000	0,0000
Temperatura (°C)				0,05	0,13	0,40	0,20	0,17
				(191)	(191)	(191)	(191)	(191)
				0,4550	0,0686	0,0000	0,0051	0,0175
Seston (mg/l)					-0,17	-0,31	-0,21	-0,14
					(191)	(191)	(191)	(191)
					0,0177	0,0000	0,0041	0,0478
Clorofila a (µg/l)						0,08	0,00	0,08
						(191)	(191)	(191)
						0,2830	0,9794	0,2534
Cardiidae							0,45	0,65
							(191)	(191)
							0,0000	0,0000
Ostreidae								0,74
								(191)
								0,0000

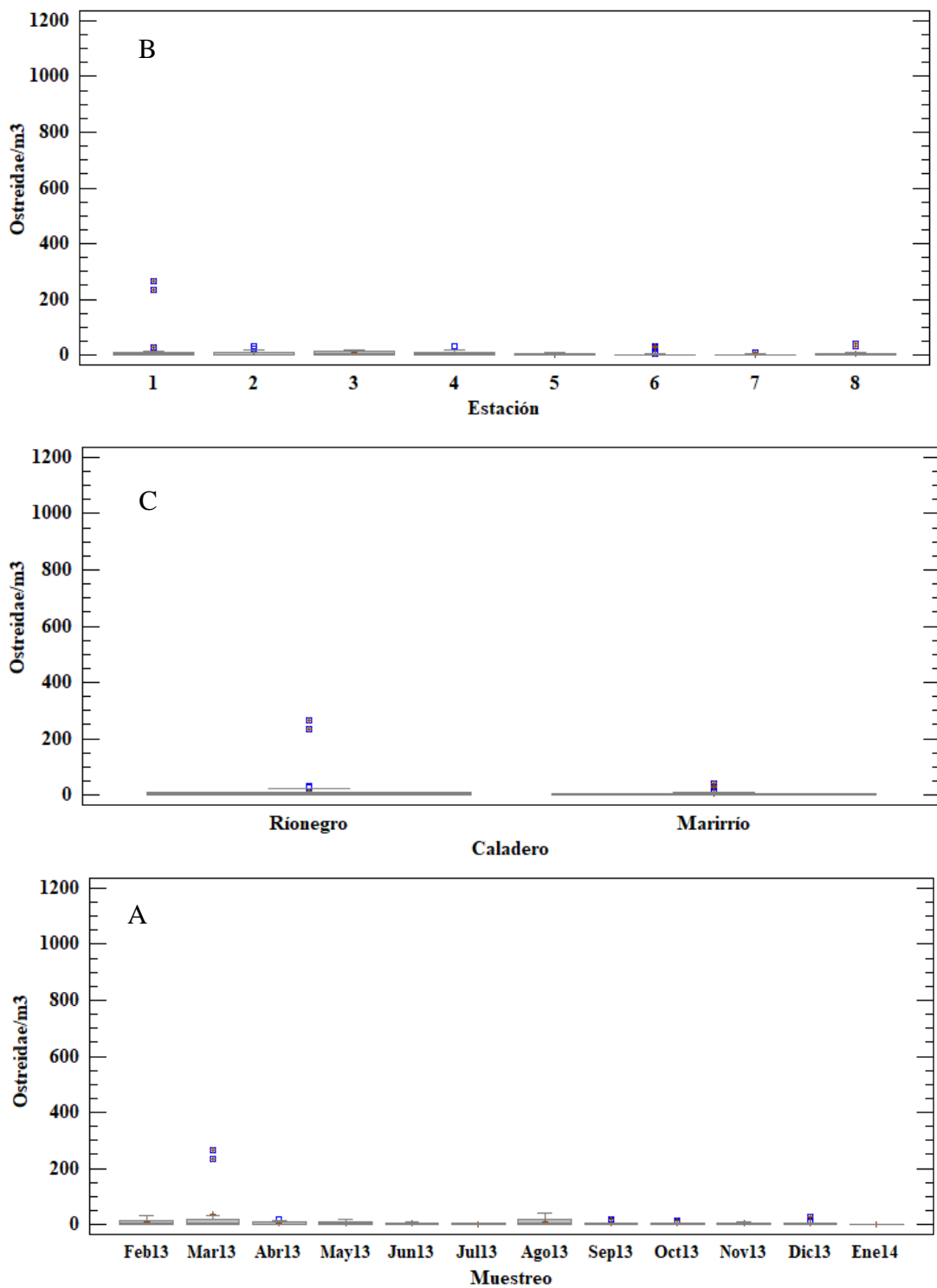


Figura 25. Abundancia larval de la familia Ostreidae. A) Por muestreo B) Por estación C) Por caladero.

Tabla 8. Estadísticos de la prueba de Kruskal Wallis y U de Mann-Whitney para las variables respuesta y los factores estudiados.

Variable	Factor	Estadístico	Valor p
Abundancia larval total	Muestro	29,72	0,0031
	Estaciones	52,63	<0,0001
	Caladero	48,61	<0,0001
Abundancia larval de Cardiidae	Muestro	23,24	0,0258
	Estaciones	128,35	<0,0001
	Caladero	125,63	<0,0001
Abundancia larval de Ostreidae	Muestro	42,71	<0,0001
	Estaciones	40,23	<0,0001
	Caladero	39,16	<0,0001

8.2.2 ABUNDANCIA POR CALADEROS

La abundancia total fue de 5.469 larvas/m³ durante el año de muestro en las áreas estudiadas, de estas, 4.826 larvas/m³ corresponden al observado en la Ensenada de Rionegro y 643 larvas/m³ al obtenido en Bahía Marirríó (**Figura 21**). La

Figura 25. Abundancia larval de la familia Ostreidae. A) Por muestreo B) Por estación C) Por caladero.

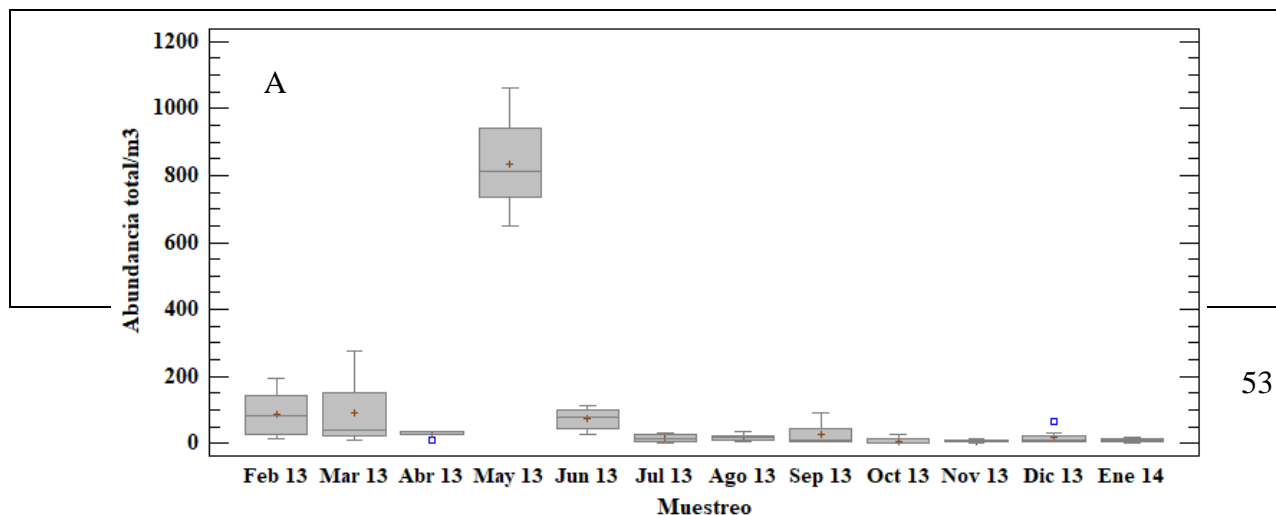
Tabla 8 muestra que existen diferencias estadísticamente significativas de la abundancia larval total entre los caladeros.

Ensenada de Rionegro: las larvas de moluscos bivalvos se obtuvieron durante todos los meses de muestreo y en las cuatro estaciones, la abundancia promedio fue de 101,2 larvas/m³; se obtuvieron dos picos de abundancia, el primero en el mes de marzo con 275,27 larvas/m³ (época seca) y el segundo en mayo con 1.062,37 larvas/m³ (época húmeda), los meses de febrero, junio y septiembre se obtuvieron valores entre 193,55 larvas/m³ y 90,32 larvas/m³, los meses restantes presentaron valores inferiores a 75 larvas/m³; en octubre en la estación 1 se presentó el menor valor de abundancia (0,13 larvas/m³) (**Figura 26 A**). Todas las estaciones presentaron valores promedio de abundancia inferiores a 23,12 larvas/m³, el valor máximo de abundancia se presentó en la Estación 4 (1.062,37 larvas/m³) (**Figura 26 B**).

La Ensenada de Rionegro registró mayor abundancia de larvas de moluscos bivalvos, principalmente de los individuos de la familia Cardiidae, los cuales presentaron mayor abundancia en el mes de mayo en la Estación 4, ubicada en la Boca de la Ensenada.

Bahía Marirrí: No se presentaron larvas de moluscos bivalvos durante todos los meses ni en todas las estaciones, el valor de abundancia en promedio fue de 8,21 larvas/m³; se presentaron dos picos de abundancia en los meses de agosto y noviembre con valores máximos de 50,11 larvas/m³ y 46,02 larvas/m³ respectivamente (época húmeda), los meses de marzo, septiembre y octubre presentaron valores entre 19,14 larvas/m³ y 16,89 larvas/m³, en los meses restantes se obtuvieron registros inferiores a las 10,32 larvas/m³, en mayo no se obtuvieron larvas (**Figura 27A**); la abundancia en las estaciones presentó un valor sinusoidal, en las primeras los valores promedio fueron inferiores a 1,90 larvas/m³, en las estaciones 7 y 8 estos aumentaron a 3,77 larvas/m³ y 6,14 larvas/m³ respectivamente; el valor máximo de abundancia se presentó en la estación 8 (50,11 larvas/m³), para abril y octubre no se obtuvieron larvas en la estación 7 (**Figura 27 B**).

La Bahía Marirrí presentó menor abundancia de larvas de moluscos bivalvos, los individuos que presentaron mayor abundancia pertenecen a la familia Pholadidae, los cuales no se describen debido a que corresponden a organismos perforadores de madera no comerciales.



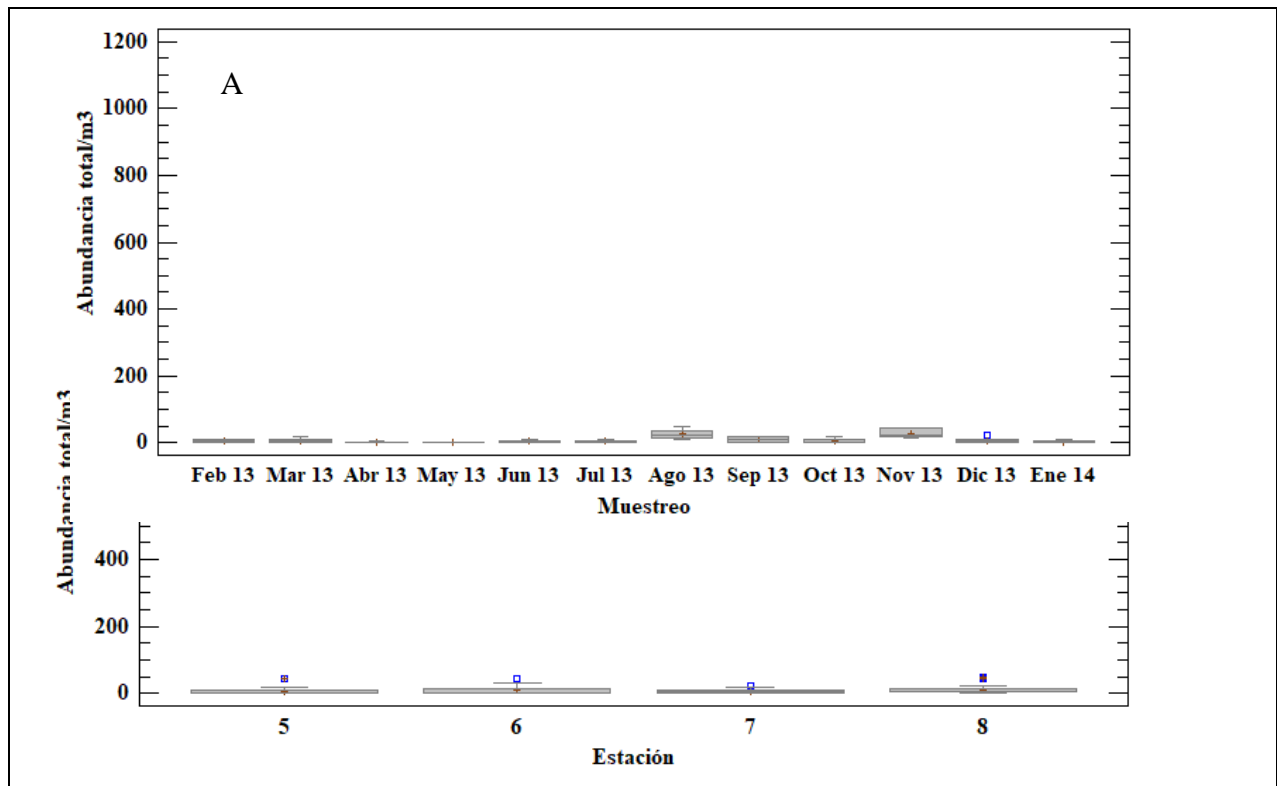
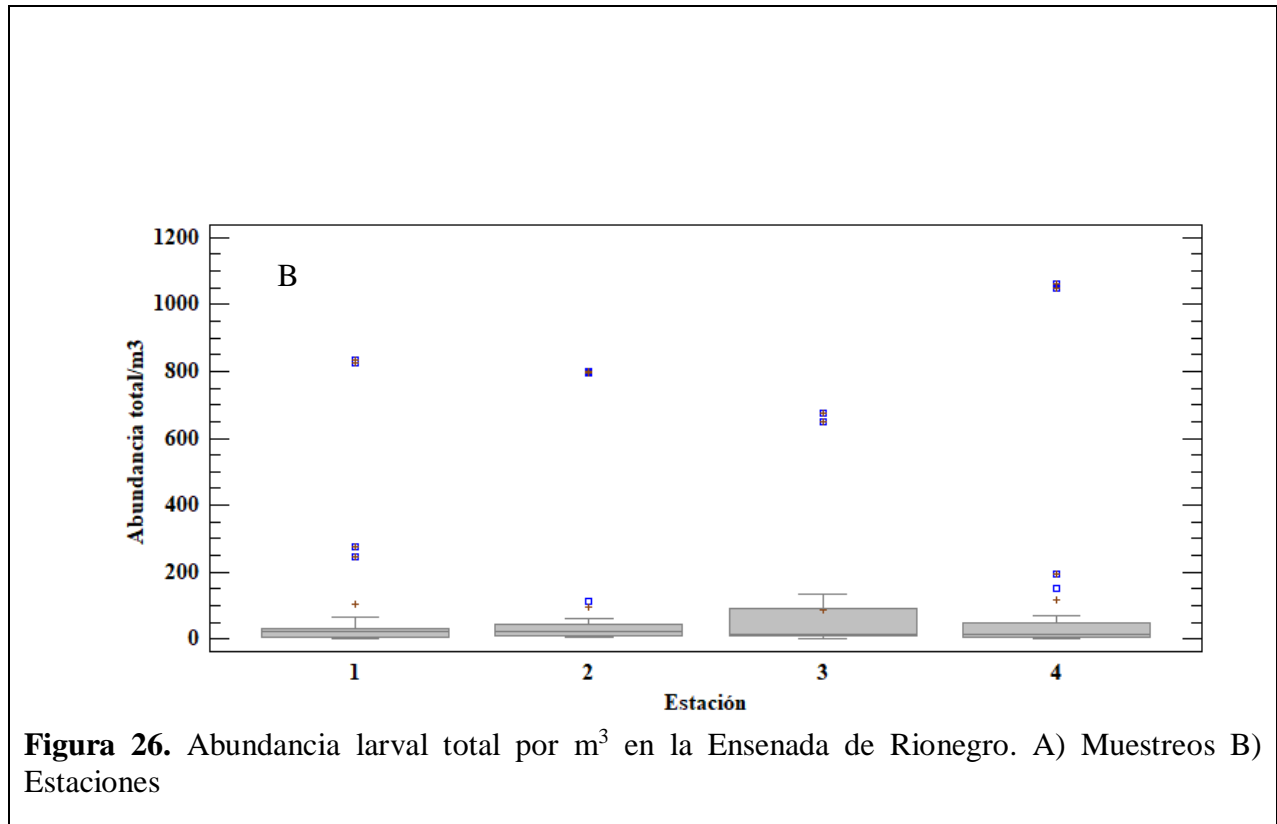


Figura 27. Abundancia larval total por m³ en Bahía Marirrío. A) Muestreros B) Estaciones.

8.3 RELACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES Y ABUNDANCIA DE MOLUSCOS BIVALVOS

8.3.1 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para obtener la ordenación de las variables. Este método estadístico permitió establecer un agrupamiento entre las variables ambientales y la abundancia larval. El análisis indica que tres componentes en conjunto explican el 65,60% de la varianza en los datos originales. La abundancia de la familia Cardiidae, la abundancia total, la temperatura, la abundancia de la familia Ostreidae, salinidad y la transparencia del agua, influyeron con mayor importancia el área positiva del componente 1; en el lado positivo del segundo componente se encuentra el seston, la variable más importante para este componente (**Figura 28**). La transparencia del agua, salinidad y temperatura explican la mayor variabilidad de los datos.

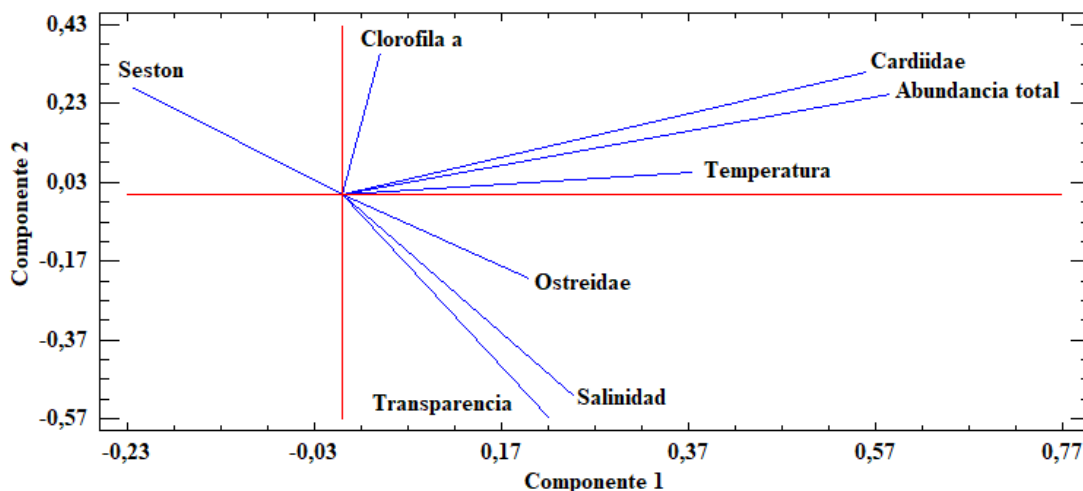


Figura 28. Análisis de componentes principales (ACP) de variables ambientales en estaciones y abundancia larval.

9. DISCUSIÓN

Las variables ambientales monitoreadas durante el estudio no presentaron en general un patrón de variación definido, mostraron oscilaciones entre los valores esperados para los sitios y se evidenciaron las condiciones cambiantes típicas de un estuario (Bernal et al., 2005; Bernal y Gómez, 2016; Blanco y Ortiz-Acevedo, 2016; Mira-Martínez et al., 2017 y Arango et al., 2019).

La transparencia del agua está relacionada inversamente con la concentración de seston (Echaniz, Vignatti y Bunino, 2008), pues a mayor concentración de sólidos, menor es la transparencia, esto se evidencia en la Ensenada, sitio con menor influencia fluvial y valores más altos transparencia. En la Bahía se obtuvo menor transparencia del agua, datos que concuerdan con los obtenidos por Hernández-Morales et al., (2018), demostrando la influencia del Río Atrato en este sector.

La temperatura del agua en Rionegro varió entre 26,8 y 31,5 °C, valores que se encuentran por encima de los máximos obtenidos por Bernal y Gómez (2016). En Marirríó el rango de temperaturas estuvo entre 26,8 y 29,7 °C y fue similar al obtenido por Bernal y Gómez (2016) y Arango-Sánchez et al., (2019). Estas variaciones de temperatura en el Golfo se asocian a la fuerte influencia de las descargas de los ríos en el interior, especialmente del Atrato y el León (Mira-Martínez et al., 2017).

La salinidad de Rionegro tuvo un comportamiento polihalino (17 y 24) similar a lo establecido por Blanco y Ortiz-Acevedo (2016), a partir de los datos y la clasificación por salinidad; esta variabilidad es resultado de la constante entrada de agua marina al Golfo y una limitada escorrentía superficial de agua dulce desde las ciénagas aledañas. Otros autores obtuvieron salinidades de 12, reflejando algunas interacciones fluvio-marinas, que son un patrón general del Golfo (Bernal et al., 2005; Sánchez-Alfárez, Álvarez-León, Godoy, S. Pinzón-Florián, 2009; Bernal y Gómez, 2016; Ortiz y Blanco, 2012; Mira-Martínez et al., 2017).

En la bahía Marirríó, correspondiente al sector sur del Golfo, predominaron las bajas salinidades (0, 1-7, 9) y prevalecieron las condiciones estuarinas; estas salinidades inferiores a 10, se deben a que este sector recibe una mayor contribución de las aguas continentales (*e.g.* Río Atrato) en comparación con la ensenada de Rionegro (Blanco y Ortiz-Acevedo, 2016). En este sitio se observó una disminución de la salinidad durante el muestreo de enero del 2014, esto debido a que en época seca la influencia de los vientos alisios provenientes del noreste, mantiene represada dentro del golfo el agua dulce que proviene de los ríos (Arango-Sánchez et al., 2019).

Así, en concordancia con los registros de Díaz-Merlano y Puyana-Hegedus, (1994); Zapata, (1996) y Valero-Lopera (1997), se pudo constatar la presencia y distribución de las familias Pteriidae, Ostreidae, Pinnidae, Isognomonidae, Mytilidae, Arcidae, Pholadidae, Teredinidae, Limidae, Mactridae, Cardiidae y Montacutidae, en el Caribe Colombiano.

Algunos de estos representantes no han sido reportados en estado adulto para el área de estudio, lo cual se relaciona con lo descrito por Blanco y Ortiz-Acevedo (2010), quienes concluyen que la diversidad y la abundancia de los moluscos hallados en el Golfo de Urabá no manifiestan una correlación con el tamaño del área, debido posiblemente a las condiciones propias del Golfo (alto rigor ambiental) y la dominancia de algunas especies que colonizan rápidamente los espacios disponibles independientemente de su área. Adicionalmente, algunos de estos organismos requieren de altas salinidades (e.g. Pinnidae, Arcidae) lo que limita su fijación y desarrollo en un área que, como ésta, presenta una alta fluctuación para ese parámetro.

La familia Pholadidae es catalogada por la FAO (2012 b) como de interés para la pesca, debido que incluye a la especie *Cyrtopleura costata*, considerado como objeto de explotación comercial en la costa Septentrional de Sur América, su distribución en América del Sur abarca desde Surinam hasta el sur de Brasil, es decir por fuera de la costa Colombiana (Velásquez et al., 2017); a pesar de su abundancia no se presentó detalladamente dentro de los resultados, debido a que esta familia ha sido reportada en Colombia como perforadores de madera y de rocas blandas, causantes de bioerosión, inclusive este género (*Cyrtopleura*), están incluidos en los perforadores (Cantera, 2010 y Cantera-Kintz, 2016).

La familia Ostreidae de acuerdo Díaz-Merlano y Puyana-Hegedus (1994), está representada en Colombia por tres especies *Ostrea equestris*, *Ostrea sp* y *Crassostrea rhizophorae*, las primeras dos se encuentran normalmente adheridas a rocas, boyas, escombros, muelles y cascos de embarcaciones, mientras que *C. rhizophorae* se encuentra comúnmente adherida a las raíces del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) o formando bancos sobre fondos someros (Betanzos et al., 2016) y son características de estuarios. Velasco y Barrios (2008) identifican a la *C. rhizophorae* como de interés comercial para el Caribe colombiano, además se encuentra dentro de las especies más representativas dentro de la producción nacional de bivalvos; en el Golfo de Urabá se reporta esta especie, con *R. mangle* como su principal sustrato de fijación (Blanco y Ortiz-Acevedo, 2016).

De acuerdo con los análisis de Goodwin et al., (2018) el morfotipo larval encontrado corresponde al género *Crassostrea* y de según Valero-Lopera (1997) corresponde específicamente a la especie *C. rhizophorae*, además la distribución y la presencia de comunidades de adultos asentados en las raíces de manglar del Golfo de Urabá, confirma la representación de estos organismos.

La familia Cardiidae está representada en el Caribe colombiano por diversos géneros entre estos se encuentran *Carditamera*, que es relativamente común en aguas someras, se encuentran adheridas a sustratos rocosos (Díaz-Merlano y Puyana-Hegedus, 1994), otros se han encontrado asociados a comunidades bentónicas, en fondos someros como *Trachycardium*, *Nemocardium*,

Papyridea, *Trachycardium*, *Americardia*, *Trigoniocardia*, *Nemocardium* y *Laevicardium* (Fontalvo et al., 2010; García-Valencia y Díaz, 2000 y Manjarres, 1979). En el Golfo de Urabá no se han reportado poblaciones adultas, y se desconoce el género presente en este estudio.

Respecto a la abundancia de larvas por caladeros, se detectaron diferencias significativas entre los dos sitios de muestreo, marcadas con relación al tiempo; la Ensenada de Rionegro fue el sitio con mayor promedio de larvas/m³ durante el monitoreo, con un pico de abundancia en el mes de mayo, durante la época húmeda, al igual que en Santa Marta, que aumentó el número de larvas entre diciembre y mayo, debido a la disminución de la temperatura, la influencia de los vientos alisios y el fenómeno de surgencia en esa región (Valero-Lopera, 1997); Zapata y Borrero (1995) encontraron que los meses de mayor abundancia larval fueron abril, agosto y noviembre en su orden, también en Santa Marta coincidiendo el primer mes con la época seca. Se observó además una mayor prevalencia de larvas de *Ostrea* en marzo, similar a lo obtenido por Castilho y Ostrensky (2017) en un estuario de Brasil, esta abundancia sumada a los picos discretos de febrero y mayo, sugieren un efecto estacional en la determinación del período reproductivo, que es más intenso durante la estación de verano al igual que lo encontrado en Brasil.

La presencia de larvas en Rionegro durante todo el estudio evidenció su adaptabilidad a las variaciones físicas y químicas en el tiempo, ya que los moluscos se recolectaron tanto altas como en bajas salinidades y en valores variables de transparencia del agua y temperatura; estas condiciones potencian a Rionegro como una zona de cultivo de ostras, tal como sucedió en la Bahía de Cispatá (Arias et al., 1996; López-Sánchez y Mancera-Pineda, 2019).

Por su parte, la Bahía Marirríó presentó menor abundancia larval con respecto a la Ensenada de Rionegro, y su pico se obtuvo durante la época húmeda, comportamiento similar al reportado por Hernández (2005) en El Salvador, donde encontró un incremento en la abundancia larvas de la familia *Ostrea* durante la época lluviosa, debido a la mayor disponibilidad de alimento, además la baja salinidad favorece el desarrollo del género *Crassostrea*, el cual representa la mayor abundancia en Marirríó. En la Bahía de Paranaguá (Brasil) Boehs (1994), encontró mayor cantidad de larvas de este género asociadas a condiciones de relativa calma y baja salinidad; Christo (2006) estudió la distribución espacio-temporal del mismo género en la Bahía Guaratuba (Brasil) y encontró individuos durante todo el año con mayores densidades en condiciones de temperatura más elevada (27°C) y menores salinidades (10).

La Bahía Marirríó está inmersa en la dinámica del Golfo de Urabá, con una fuerte influencia de aguas continentales provenientes del Atrato, el mayor pico para la familia *Ostreidae* se presentó en agosto, similar a lo encontrado en la Bahía de Cispatá donde las mayores abundancias corresponden a la época húmeda (invierno). Arias et al. (1996) reportaron máximos de 3.112 larvas/m³ para agosto de 1995, Mejía (2008) en su estudio de *Crassostrea rhizophorae*, reportó

diferencias significativas en las abundancias larvales entre los meses de mayo y agosto, también para Cispatá.

Conviene indicar que estadísticamente, ambos caladeros son diferentes debido a sus condiciones físicas y químicas, dado que Rionegro es un caladero fuertemente influenciado por el agua marina que ingresa al Golfo de Urabá, y Marirrío es un caladero con influencia del río Atrato. De acuerdo a lo descrito por Blanco y Ortiz-Acevedo (2016), podemos concluir, a la luz de los resultados de este estudio, que Rionegro y Marirrío son dos masas de agua diferentes. En consecuencia, la producción económica de la semilla de la familia de interés comercial Ostreidae, presenta mayor potencial comercial en la Ensenada Rionegro que en la Bahía Marirrío; lo que respalda los planteamientos de Velasco y Barros (2008), al identificar las fortalezas existentes en Colombia para el cultivo de bivalvos.

De otra parte, y en lo que concierne a la dispersión de las larvas de bivalvos en las regiones estuarinas, se pudo constatar que este proceso es el resultado de la interacción entre el transporte pasivo, que es causado por la acción de las corrientes y las mareas, y el transporte activo de las larvas al nadar, quienes podrían regular su posición vertical y la velocidad de nado, en respuesta a las variables físicas y químicas del agua. Las interacciones con estas variables, junto con los periodos de reproducción de cada especie, influyen sobre su variabilidad temporal y espacial (Campos y Díaz, 2007; Hidu y Haskin, 1978; North et al., 2008; Vera-Meléndez, 2018; Zapata et., 2015).

Para este estudio, el Análisis de Componentes Principales mostró el efecto de las variables ambientales sobre la abundancia de larvas, principalmente de la salinidad, la temperatura y la transparencia del agua. En concordancia a lo descrito por Christo (2006), estos factores pueden incidir en el periodo y el crecimiento de las larvas, y son, además, determinantes en su distribución espacial (Christo y Absher, 2008; Prieto, Sant, Méndez y Lodeiros, 2003; Reinoso et al., 2008; Sar et al., 2018).

Según Paulet et al. (1988), las pequeñas variaciones entre los períodos y la intensidad de los picos de abundancia, están relacionadas con una serie de condiciones medioambientales, que cuando son favorables para los organismos, estimulan la gametogénesis, propiciando la formación de alta calidad de gametos, con lo cual, se desencadena la vida larval y la posterior fijación de postlarvas.

Según Valero-Lopera (1997), encontrar límites de distribución altos y bajos por especie, depende de la variación de ciertos factores medioambientales y oceanográficos, sin embargo, esto puede depender también de la presencia o ausencia de competidores, depredadores o alimento. Además de las observaciones realizadas a las larvas de los moluscos bivalvos, durante el presente estudio, se aplicaron observaciones cualitativas de otros grupos zooplanctónicos, entre los cuales se

identificaron depredadores potenciales como chaetognatos (Vega-Pérez y Liang, 1992), larvas de peces y crustáceos, entre otros. Al respecto, Ohman (1988), afirma que el número de predadores puede afectar la distribución y la abundancia de las larvas.

Algunos invertebrados acuáticos que viven en hábitats con condiciones de temperatura y salinidad altamente fluctuantes pueden tolerar cambios de estos factores y continuar sus ciclos de vida, por su parte, las larvas de bivalvos en etapas tempranas son altamente resistentes a las condiciones ambientales cambiantes, a pesar de esto, algunas características del ambiente influyen en la reproducción y distribución de especies (Carstensen et al., 2010; Verween et al., 2007).

La temperatura tiene la mayor influencia en la duración de la etapa pelágica del período larval. Las almejas, como la mayoría de los animales poiquilotérmicos, son incapaces de alcanzar una regulación térmica interna, lo que significa que los procesos fisiológicos están influenciados principalmente por la temperatura ambiente del agua (González-Peláez et al., (2018).

De otro lado, dada la importancia de las corrientes superficiales en la distribución espacial de las larvas de moluscos bivalvos, se modeló numéricamente la circulación del Golfo de Urabá a través del modelo oceánico ROMS-agrif. Los forzadores empleados para este caso de modelación corresponden a información de vientos de la base de datos de ERA5 con una resolución espacial de $0,3^\circ$ y una resolución temporal diaria. Se utilizó también la descarga del río Atrato (distribuyendo su caudal en cuatro bocas principales). Los resultados del modelo tienen una malla de resolución espacial de aproximadamente 0.005° (Toro et al., 2019).

Según los resultados arrojados por el modelo numérico ROMS-agrif, en Bahía Marirrí el campo de corriente superficial y hasta 2m de profundidad, en los meses de menor abundancia de larvas, abril y mayo (**Figura 31** y **Figura 32**), y los de mayor abundancia de larvas, agosto y noviembre (**Figura 33** y **Figura 34**), presenta un rotacional hacia el interior de la bahía hacia el sector los Hoyos; en abril, agosto y noviembre las corrientes tienen velocidades inferiores a 0,05 m/s, en mayo la velocidad es mayor que en los otros meses, pero no supera los 0,1 m/s, esto indica que el desplazamiento de las larvas es nulo, lo que significa que los organismos permanecen dentro de la misma bahía.

El modelo no procesó información dentro de la Ensenada de Rionegro, por lo tanto, no se logró obtener datos al interior, a pesar de esto se analizó el campo de corrientes cercano; en los meses de mayor abundancia, marzo y mayo (**Figura 35** y **Figura 36**) la corriente va en sentido norte sur, en marzo hay un poco más de velocidad (de 0,4 m/s) a nivel superficial, a partir de los 2 metros la corriente es inferior a 0,1 m/s; en mayo a nivel superficial y hasta 2 metros, la velocidad es de 0,3 m/s, es probable que algunas larvas se desplacen desde punta arenas norte hacia la ensenada; en los meses de menor abundancia, octubre y noviembre (**Figura 37** y

Figura 38) la corriente va en sentido de sur a norte, a nivel superficial es de 0,5 a 0.6 m/s, en noviembre la velocidad es inferior a 0,1m/s.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de que se detectaron diferencias entre los parámetros físicos y químicos en cada caladero de pesca, estos coinciden con el patrón general descrito para la zona, de acuerdo a las épocas del año y a la influencia de las descargas de los ríos en el interior del Golfo. La salinidad, la temperatura y la transparencia del agua fueron los parámetros medidos que mayor relación presentaron con la abundancia larval.

Se identificaron diferencias significativas entre los caladeros, aunque fueron marcadas con relación a los muestreos, es decir la temporalidad, además de las condiciones físicas y químicas de cada sitio. En la Ensenada de Rionegro se obtuvo un mayor número de larvas durante el monitoreo, mientras que la Bahía Marirríó fue la de menor abundancia larval; la menor abundancia larval se encontró en los meses de octubre de 2013 y enero de 2014, época húmeda e inicios de la seca y la mayor abundancia en mayo, época seca, esto significa que Rionegro y Marirríó, son dos masas de agua diferentes.

Las larvas de las familias Cardiidae y Ostreidae se encontraron durante casi todos los meses, principalmente en la Ensenada de Rionegro, lo que indica desoves sucesivos a través del tiempo, presentando una variada estacionalidad de su abundancia a lo largo del estudio.

La presencia de larvas de bivalvos en Rionegro durante todo el estudio, permite concluir que este lugar presenta un alto potencial como zona de cultivo de moluscos bivalvos, ya que los moluscos se recolectaron tanto en condiciones de altas y bajas salinidades, y en valores variables de transparencia del agua y temperatura. Esto potencia a Rionegro como una zona de cultivo de ostras, tal como sucedió en la Bahía de Cispatá.

En el límite nororiental del Golfo se ubica la Ensenada de Rionegro, declarada como Distrito Regional de Manejo Integrado (Acuerdo 100-02-02-01-012-2009-CORPOURABA), es un área de uso sostenible que tiene gran importancia ecológica y económica para las comunidades cercanas, lo que se traduce en una mayor protección para el territorio, además debido a ser un cuerpo de agua semicerrado alberga gran diversidad de especies, también en las raíces de manglar se observa gran abundancia de ostras de mangle adultas, que actualmente no están siendo explotadas.

En Bahía Marirríó de acuerdo al campo de corriente superficial y hasta 2m de profundidad, el desplazamiento de las larvas es nulo, lo que significa que los organismos permanecen dentro de la misma bahía, por tanto la población adulta se encuentra al interior y los organismos larvales no están migrando de otras áreas.

Para la Ensenada de Rionegro se recomienda realizar un modelo hidrodinámico al interior de la misma, que permita obtener datos de las corrientes y conocer cómo se distribuyen los organismos de acuerdo con las épocas climáticas a lo largo del año.

Se recomienda que en los muestreos con red tipo bongo se instale un flujómetro en cada boca, con el objetivo de calcular la cantidad exacta de agua filtrada, y así tener un valor exacto en la cuantificación del número de larvas filtradas.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ablanque, M. (1996). *Ecología de la ostra perlífera Pteria colymbus incluyendo biología reproductiva y crecimiento de poblaciones naturales* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Santa Marta, Colombia.

Ackerman, J., Sim, B., Nichols, S. y Claudi, R. (1994). A review of the early life history of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): comparisons with marine bivalves. *Canadian Journal of Zoology* 72:1169-1179.

Acosta-Balbas, V., Betancourt-Tineo, R. y Prieto-Arcas, A. (2014). Estructura comunitaria de bivalvos y gasterópodos en raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) en Isla Larga, Bahía de Mochima, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 551-565.

Acosta, A., Pastorino, G., y Loponte, D. (2017). Registro de moluscos marinos entre cazadores-recolectores del norte de la región Pampeana. *Comechingonia*, 21(1), 1-10.

Appeltans, W., Ahyong, S. T., Anderson, G., Angel, M. V., Artois, T., Bailly, N. y Błażewicz-Paszkowycz, M. (2012). The magnitude of global marine species diversity. *Current Biology*, 22(23), 2189-2202.

Arango-Sánchez, L., Correa-Herrera, T. y Correa-Rendón, J. (2019). Diversidad De Peces En Hábitats Estuarinos Delta Del Río Atrato, Golfo De Urabá. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 23(1), 191–207.

Arenas-Uribe, S., Leal-Flórez, J., Sandoval, A., Pérez Villa, A. y Hernández-Morales, A. (2019). Hábitos alimenticios del sable *Trichiurus lepturus* en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano. *Biota Colombiana*, 20(2).

Arias, L., Frías, J., Daza, P., Rodríguez, H. y Dueñas, P. (1995). El cultivo de la ostra *Crassostrea rhizophorae*. En: Rodríguez-Gómez, Polo-Romero y Mora-Lara (Eds.) *Fundamentos de acuicultura marina* (pp153-208).

Arias, L., Lagos, A. y Rodríguez H. (1996). Caracterización bioecológica de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* y evaluación preliminar de su cultivo en colectores de llanta y aluminio en la Ciénaga de Mestizo, Bahía de Cispatá (Córdoba, Colombia). En: Memorias X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, Bogotá, p130.

Arias, S., Zúñiga, G., Zamora, M. y Zurburg, W. (1999). Perspectivas para el Cultivo de Ostras en el Golfo de Nicoya, Uniciencia 15-16.

Basáñez-Muñoz, A.J., Olmedo-Pérez, G. y Rojas-Mencio, P. (2006). Características estructurales y usos del manglar en el ejido Cerro de Tumilco, Tuxpan, Veracruz. México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 6(1), 114-120.

Baker, P. y Mann, R. (1997). The postlarval phase of bivalve mollusks: a review of functional ecology and new records of postlarval drifting of Chesapeake Bay bivalves. *Bulletin of marine Science* 61(2):409-430.

Benavides-Varela, C., Samper-Villarreal, J. y Cortés, J. (2016). Cambios en la cobertura de manglares en Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica (1945-2010). *Revista de Biología Tropical*, 64(3), 955-964.

Bernal, R. (1990). Variaciones nictemerales del zooplancton y su relación con factores ambientales en la bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. (Tesis de pregrado) Univ. Nacional, Bogotá, 62p.

Bernal, G., Montoya, L., Garizábal, C. y Toro, M. (2005). La complejidad de la dimensión física en la problemática costera del Golfo de Urabá, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 8 (1): 123-135.

Bernal, G. y Gómez, E. (2016). Foraminíferos Bénticos en los sedimentos de los Manglares del Golfo de Urabá. 135-150. En: Blanco-Libreros, J. F. y Londoño-Mesa, M. H. (Eds.). Expedición Caribe sur: Antioquia y Chocó costeros. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano. Bogotá 323 pp.

Betanzos-Vega, A., Lodeiros, C., Espinosa-Sáez, J. y Mazón-Suástegui, J. (2016). Identificación del ostión americano *Crassostrea virginica* (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae) como recurso natural en las Antillas Mayores: Cuba. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(4), 1342-1347.

Bijoy-Nandan, P. Graham-Oliver, Jayachandran P. y Asha C. (2016). Training manual 1st International Training Workshop on Taxonomy of Bivalve Molluscs. Directorate of Public Relations and Publications, CUSAT, Kochi, India.

Blanco, J. y Ortiz-Acevedo, L. (2016). Moluscos (Gasteropodos y Bivalvos) Asociados a las raíces sumergidas en los Manglares del Golfo de Urabá. 153-174. En: Blanco-Libreros, J. F. y M. H. Londoño-Mesa (Eds.). Expedición Caribe sur: Antioquia y Chocó costeros. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano. Bogotá 323 pp.

- Blanco-Libreros, J., Ortiz-Acevedo, L. y Urrego, L. (2015). Reservorios de biomasa aérea y de carbono en los manglares del golfo de Urabá (Caribe colombiano). *Actualidades Biológicas*, 37(103), 131–141.
- Boehs, G. (1994). Variacao temporal e espacial de larvas de *Crassostrea* (Sacco, 1897) (Pterioida: Ostreidae) na Baía de Paranaguá, Paraná. Curitiba. Dissertacao de mestrado. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoología. 83p.
- Bolívar, G. (1984). Evaluación de la oferta de semilla de *Anadara spp.*, en el Estero de Veneno, Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Informe Técnico, Mem: 1-8.
- Boltovskoy, D. (1981). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental: Métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP. Mar del Plata, Argentina.
- Borda, C. y Cruz, R. (2004). Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25(3), 185-195.
- Borrero, J. (1982). Observaciones sobre la recolección de juveniles de “piangua” *Anadara spp.*, y las condiciones oceanográficas en el área de Punta de Soldado, Bahía de Buenaventura. (Tesis de pregrado). Universidad del Valle, Cali.
- Borrero, J. (1986). The collection of early juveniles of *Anadara spp.*, as a potencial source of seed for culturing mangrove cockles on the Pacific Cost of Colombia. *Aquaculture*, 59:61-69.
- Buckland-Nicks, J., Gibson G., y Koss, R. (2002). Phylum Mollusca: Gastropoda. En: Young, C.M. (ed.). Atlas of Marine Invertebrate Larvae. Academic Press, California, cap. 14:261-287.
- Cabrera-Nuñez, S. (2018). *Estructura de la comunidad del zooplancton en la zona costera del Pacífico Central Mexicano (Abril 2015)*. (Tesis de Maestría) Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México.
- Campos, B. y Díaz, P. (2007). Distribución y abundancia de larvas de moluscos gasterópodos y bivalvos en fiordos y calanes del sur de Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 30(1):115-132.
- Campos, B. y Landaeta, M. (2016). Moluscos planctónicos entre el fiordo Reloncaví y el golfo Corcovado, sur de Chile: ocurrencia, distribución y abundancia en invierno. *Biología Marina y Oceanografía*, 51(3): 527-539.
- Cantera, JR., Arnaud, PM. y Thomassin, BA. (1983). Biogeographic and ecological remarks on molluscan distribution in mangrove biotopes: gastropods. *Journal of Molluscan Studies* 12 (Suppl. A), 10-26.

Cantera, J. R. (1991a). Etude structurale des mangroves et des peuplements littoraux des deux baies du Pacifique Colombien (Malaga et Buenaventura). Rapport avec les conditions du milieu et les perturbations anthropiques. Ph.D. dissertation, Universite d'Aix-Marseille II, Marseille, France.

Cantera, J. R. (1991b). Efectos de las perturbaciones naturales y antropogénicas sobre las comunidades litorales de la Costa Pacífica del Valle del Cauca. Memorias I Simposio Nacional de fauna del Valle de Cauca. INCIVA Marzo: 140-158.

Cantera, J., Arnaud, P. y Neira R. (1994). La macrofauna de playas arenosas en las Bahías de Buenaventura y Málaga (Pacífico colombiano): Estructura espacial y dinámica temporal. *Revista de Ciencias Universidad del Valle* 10: 27-48.

Cantera, J. R. (2010). Bivalvos perforadores de madera (Mollusca: Teredinidae, Pholadidae) en la costa pacífica colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 34(132), 277-289.

Cantera-Kintz, J. (2016). Patrones de bioerosión en las serranías de roca del Terciario en la costa Pacífica colombiana (Pacífico occidental tropical). *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 40(155), 288-299.

Carmona, G., Pérez, L. y Wedler, E. (1983). Informe técnico No 3. Proyecto de Ostricultura Ciénaga Grande de Santa Marta: III etapa. INVEMAR-COLCIENCIAS-CIID-UTM. Santa Marta, 46p.

Carriker, R. (1951). Ecological observations on the distribution of Oyster larvae in New Jersey Estuaries. *Ecological Monographs*. 21(1):19-38.

Carstensen, D., Laudien, J., Sielfeld, W., Oliva, M. E. y Arntz, W. E. (2010). Early larval development of *Donax obesulus*: response to El Niño temperature and salinity conditions. *Journal of Shellfish Research*, 29(2), 361-369.

Castellanos, C. y Campos, N. (2007). Variación espacial y temporal de juveniles de *Pinctada imbricata* (Röding, 1798) y *Argopecten nucleus* (Born, 1778) en la región norte del Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 36: 209-227.

Castellanos, C. y Newmark, F. (2004). Cultivo piloto de la madreperla *Pinctada imbricata* y la vieira *Nodipecten nodosus* en la región norte del Caribe Colombiano. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” INVEMAR. 160pp.

Castilho-Westphal, G. y Ostrensky, A. (2017). Temporal variation in larval abundance of the Mangrove Oyster *Crassostrea sp.* in an estuary of Southern Brazil. *Archives of Veterinary Science*. 22:(1), 18-27.

Castro, H., Flores, R., Valdez, A., Flores, P., García, S. y Rosas, J. (2016). Diversidad, especies de mayor importancia y composición de tallas de los moluscos en la pesca ribereña en Acapulco, Guerrero, México. *Acta universitaria*, 26(6): 24-34.

Cavaleiro, N., Lazoski, C., Tureck, C., Melo, C., do Amaral, V. Lomovasky, B., Absher, T. y Solé, A. (2019). *Crassostrea talonata*, a new threat to native oyster (Bivalvia: Ostreidae) culture in the Southwest Atlantic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 511. 91–99

CIOH. (2017). Climatología de los principales puertos del Caribe colombiano. Turbo - Golfo de Urabá. Recuperado el 23 de 06 de 2017, de <https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/Climatologia%20Turbo.pdf>.

Correa, I. y Vernet, G. (2004). Introducción al problema de la erosión litoral en Urabá (sector Arboletes - Turbo) Costa Caribe Colombiana. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 33, 7–28.

CORPOURABÁ. (1994). *Hacia el Desarrollo humano sostenible*. Informe de gestión, 1994. 52p.

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA, Corporación Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó - CODECHOCO, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MINAMBIENTE y Parques Nacionales Naturales de Colombia Territorial Caribe. 2018. Plan de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera Darién + Anexos. Editado por: MINAMBIENTE -CORPOURABA.

Conservación Internacional Colombia-CI y Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP 2015. Informe técnico final- CONVENIO No. 000184 DE 2015. Disponible en: <https://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/INFORME-T%3%89CNICO-FINAL-AUNAP-CI-23-12-15.pdf>

Cuevas, A. y Martínez, A. (1979). Estudio gonádico de *Crassostrea corteziensis* Hertlein, *C. palmula* Carpenter y *C. iridescens* Hanley de San Blas, Nayarit, México (Bivalvia: Ostreidae). *An. Cent. Cienc. Mar Limno.*, Universidad Nac. Autónoma de México, 6:81-98.

Chevillot, P., Molina, A., Giraldo, L., Molina, C. (1993). Estudio geológico e hidrológico del Golfo de Urabá. En: Boletín Científico CIOH. 14:79-89.

Christo, W. (2006). Biología reproductiva e ecología de ostras do genero *Crassostrea* na baía de Guaratuba (Paraná-Brasil): um subsídio ao cultivo. (Tesis doctoral) Universidade Federal de Paraná. Curitiba.

Christo, S., y Absher, T. (2008). Prodissoconch growth of oysters *Crassostrea* Sacco, 1897 (Bivalvia, Ostreidae). *Boletim Do Instituto De Pesca*, 34(1), 71-77.

Darrigran, G. (2013). Los moluscos bivalvos aportes para su enseñanza: teoría-métodos, La Plata, Argentina.

Darrigran, G. y Damborenea, M. C. (2017). La colección de moluscos del Museo de La Plata. Museo.

Díaz-Merlano, J. y Puyana-Hegedus, M. (1994). Moluscos del Caribe colombiano. Un catálogo ilustrado. Editorial Presencia. Colciencias-Fundación Natura-Invemar, 291 p.

Díaz, J., Barrios, L., Cendales, M., Garzón, J., Geister, J., López, M., Ospina, G., Parra, F., Pinzón, J., Vargas, A., Zapata, F. y Zea, S. (2000). Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR. Serie de publicaciones especiales, 5:176.

Díaz, J. M. y Caro, N. (2016). El mar como territorio y la pesca como actividad tradicional en el Pacífico chocono. La pesca artesanal en el norte del Pacífico colombiano, 29.

DNP, Gobernación de Antioquia y Junta Efemérides. (2006). Plan estratégico para la región de Urabá- Darién. Primera fase: Construcción de insumos para el proceso en la región. Departamento Nacional de Planeación. Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia. Dirección de Planeación Estratégica Integral. Junta Efemérides. Urabá. Medellín. 154 p.

Dorado-Roncancio, J. H. (2018). *Variabilidad de la composición y abundancia de la subclase Copepoda en el océano Pacífico colombiano durante septiembre de 2005 y 2007* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá.

Echaniz, S., Vignatti, A. y Bunino, P. (2008). El zooplancton de un lago somero hipereutrífico de la región central de Argentina: cambios después de una década. *Biota Neotropica*, 8(4).

Escobar, A. (2011). Relevancia de procesos costeros en la hidrodinámica del Golfo de Urabá (Caribe colombiano). Boletín de investigaciones marinas y costeras INVEMAR, 40(2), 327-346.

Escobar, C., Velásquez, L. y Posada, F. (2015). Marine Currents in the Gulf of Urabá, Colombian Caribbean Sea. *Journal of Coastal Research* 31(6), 1363–1374.

Espinosa, J. 2006. Moluscos–Filo MOLLUSCA. En: R. Claro (Ed), *La biodiversidad marina de Cuba* (pp. 57-62). Cuba: Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

FAO. (2012a). *The state of world fisheries and aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

FAO. (2012b). *Guía de Campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la Costa Septentrional de Sur America*.

Field, I.A. 1922. Biology and economic value of the sea mussel *Mytilus edulis*. *Bulletin of the United States Bureau of Fisheries*. 38: 127-259.

Fontalvo, E., Gracia, A., y Duque, G. (2010). Moluscos bentónicos de la Guajira (10 y 50 m de profundidad), Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(2), 397-416.

Fournier, A. (1991). The reproductive biology of the tropical rocky oyster *Ostrea iridescens* (Bivalvia: Ostreidae) on the Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Aquaculture*, 101(1992):371-378.

García-Valencia, C. y Díaz, J. M. (2000). MOLLUSCS AND THEIR TAXOCOENOSIS IN SHALLOW BOTTOMS OF THE SOUTHERN PART OF THE CONTINENTAL SHELF OF THE COLOMBIAN CARIBBEAN. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 29(1), 73-80.

García, C. (Ed). (2007). *Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras –Invemar– y Gobernación de Antioquia. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar N° 12. Santa Marta, Colombia. 180p.

García, J. y Palacio, J. (2008) Macroinvertebrados asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en las Bahías Turbo y El Uno, golfo de Urabá, Caribe colombiano. *Gestión y Ambiente*, 11(3):55-66.

García-Méndez, K. D. (2015). Asociaciones entre moluscos Heterobranquios (Mollusca: Gastropoda) y macroalgas en el Pacífico de Costa Rica.

González-Peláez, S. S., Carvalho-Saucedo, L., Espino-Calderín, A., Rangel-Dávalos, C. y Lluch-Cota, D. B. (2018). Embryonic and Larval Development of the Subtropical Geoduck Clam *Panopea globosa* (Bivalvia: Hiatellidae). *Journal of shellfish research*, 37(5), 933-942.

Goodwin, J., Lutz, R., Johnson, S., Kennedy, V., y Gallager, S. (2018). Optical Imaging and Molecular Sequencing of a Preserved Collection of Bivalve Larvae. *Journal of Shellfish Research* 37(2), 449-466.

González-Solis, A., Torruco, D. y Torruco-González, Á. D. (2018). Comparative analysis of mollusks in the Los Petenes Biosphere Reserve and coastal lagoons in southeastern Mexico. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 47(1), 25-44.

Gosling, E. (2003). *Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture*, Oxford, UK: Blackwell Publishing.

Helm, M. M., Bourne, N. y Lovatelli, A. (2006). Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. FAO Documento Técnico de Pesca, 471, 1-198.

Hernández, A. (2005). *Distribución y abundancia de larvas de ostras del género Crassostrea (Bivalvia: Ostreidae) en playas rocosas del departamento de La Unión, El Salvador* (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., Baptista-Lucio, M. (2010). Metodología de la investigación, quinta edición. México, 159pp.

Hernández-Morales, A., Leal-Flórez, J., Sandoval-Londoño, L., Arenas-Uribe, S., y Pérez-Villa, A. (2018). Hábitos alimenticios del barbudo de pluma *Bagre marinus* (Mitchill, 1815) (Siluriformes: Ariidae) en el golfo de Urabá, Caribe colombiano. *Actualidades Biológicas*, 40(109).

Hidu, H., y Haskin, H. H. (1978). Swimming speeds of oyster larvae *Crassostrea virginica* in different salinities and temperatures. *Estuaries*, 1(4), 252-255.

Hines, A. (1986). Larval problems and perspectives in life histories of marine invertebrates. *Bulletin of Marine Science* 39:506-525.

INVEMAR. (1978). Ostricultura en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Primera Etapa. 59p.

INVEMAR. (2010). Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 186 pp.

- Jackson, R.T. 1888. The development of oyster with remarks on allied genera. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*. 23: 531-556.
- Kulkarni, A., y Mukadam. M. (2015). Insect fauna in Mangrove ecosystem of Bhatye estuarine región. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 3 (5), 248-251.
- Kunkle, E. (1957). The vertical distribution of larvae in Delaware Bay. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*. 48:90-91.
- López de Mesa, C. y Cantera, J. (2015). Marine mollusks of Bahía Málaga, Colombia (Tropical Eastern Pacific). *Check List*, 11(1), 1497.
- López, V., Flores, R., Flores, P., Torreblanca, C. y García, S. (2017). La clase Bivalvia en sitios rocosos de las Regiones Marinas Prioritarias en Guerrero, México: riqueza de especies, abundancia y distribución. *Hidrobiológica*, 27 (1): 69-86.
- López-Sánchez, M. y Mancera-Pineda, J. (2019). Parámetros estructurales de dos poblaciones de *Crassostrea rhizophorae* (Ostreidae) en Bahía Cispatá, caribe colombiano. *Acta biológica colombiana*, 24(2).
- Lovatelli, A., Farías, A. y Uriarte, I. (2008). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *Actas de Pesca y Acuicultura*, FAO. 359pp.
- Manjarres, G. A. (1979). Observaciones sobre los moluscos e inventario de las especies en las Islas del Rosario. *Anuales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín*, 11, 35-38.
- Márquez, B. y Jiménez, M. (2002). Moluscos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo *Rhizophora mangle*, en el Golfo de Santa Fe, Estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 50(3-4), 1101-1112.
- Márquez-Rojas, B., de Roa, E. Z., Troccoli, L., y Montiel, E. (2017). Cambios estructurales del mesozooplankton en relación a las condiciones hidrográficas en el golfo de Cariaco, Venezuela. *Biota Colombiana*, 18(1), 148-171.
- Martínez, R. (1970). Descripción de la larva veliconcha y post-larva (Disoconcha) de la ostra perlífera (*Pinctada imbricata* Roding) del Oriente de Venezuela. En: Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, Caracas, Venezuela, 30(87):187-195.

Mecalco-Hernández, Á., Castillo-Rivera, M. A., Sanvicente-Añorve, L., Flores-Coto, C. y Álvarez-Silva, C. (2018). Variación estacional y nictímera en la distribución del zooplancton dominante en una laguna costera tropical. *Revista de biología marina y oceanografía*, 53(1), 39-49.

Mejía, L. (2008). *Variación espacio temporal de la larva de la ostra de mangle Crassostrea rhizophorae (Guilding, 1828), de abril a agosto de 2006, en la bahía de Cispatá, Caribe colombiano*. (Tesis de pregrado). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta.

Meisenheimer, J. 1899. Zur Eiablage der *Dreissensia polymorpha*. *Plon. Forschungsber.* 7: 25-28.

Meisenheimer, J. 1901. Entwicklungsgeschichte von *Dreissensia polymorpha* Pall. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*. 69: 1 - 137.

Mendéz, A. (2015). *Abundancia y diversidad de comunidades de moluscos macrobentónicos asociados en la zona intermareal rocosa de Chanduy en la Provincia de Santa Elena – Ecuador, durante los meses de agosto del 2014 - enero del 2015*. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias del Mar.

Mira-Martínez, J; Betancur-Valencia, S. y Urrego-Giraldo, L. (2017). Relación entre la infección por agallas, las variables estructurales y la anatomía de la madera de *Rhizophora mangle* L., en el golfo de Urabá (Colombia). *Actualidades Biológicas*, 39 (106): 41-52.

Molina, A., Molina, C. y Chevillot, P. (1992). La percepción remota aplicada para determinar la circulación de las aguas superficiales del Golfo de Urabá y las variaciones de su línea de costa. *Boletín Científico CIOH*. Cartagena, 11:43-58.

Molina, A., Molina, C., Giraldo, L., Parra, C. y Chevillot, P. (1994). Dinámica marina y sus efectos sobre la geomorfología de los Golfos de Urabá y Morrosquillo. En: *Memorias IX Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar y Congreso Latinoamericano en ciencias del Mar*. Medellín, 21-25 noviembre.

Molina Flórez, L. G. (2014). Caracterización hidrodinámica del oleaje en el Golfo de Urabá para la estimación del transporte potencial longitudinal de sedimentos a partir de la simulación de un clima marítimo con información escasa. Caso de aplicación: Punta Yarumal - Golfo de Urabá.

Molinet, C., Arévalo, A., Gonzalez, T., Moreno, C., Arata, J., y Niklishcheck, E. 2005. Patterns of larval distribution and settlement of *Concholepas concholepas* (Bruguiere, 1789) (Gastropoda:

Muricidae) in fjords and channels of southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 78:409-423.

Monroy, H. (1976). *Grupos zooplanctónicos del Pacífico colombiano relacionados con las variables oceanográficas, crucero PP IV, área I*. (Tesis de pregrado), Facultad Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 78p.

Monroy-Torres, M., Flores-Verdugo, F. y Flores-de-Santiago, F. (2014). Crecimiento de tres especies de mangle subtropical en respuesta a la variabilidad en el hidropérido en un tanque experimental. *Ciencias marinas*, 40(4), 263-275.

Montoya, L. (2010). Dinámica oceanográfica del Golfo de Urabá y su relación con los patrones de dispersión de contaminantes y sedimentos (tesis doctoral). Océánicos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Montoya, L., Toro, F. y Gómez, A. (2017) Study of Atrato river plume in a tropical estuary: Effects of the wind and tidal regime on the gulf of Uraba, Colombia, *DYNA* 84(200): 367-375.

Morsan, E. (2006). Pesquerías de moluscos bivalvos y gasterópodos en el Mar Argentino. Instituto de Biología Marina y Pesquera “Almirante Storni”. Atlas de Sensibilidad Ambiental del Mar y la Costa.

Nelson, J. (1911). Report of the biologist. Rutgers' New Jersey Agricultural Experiment Station. June 1910:183-218.

Nelson, C. (1953). Some observations on the migrations and setting of oyster larvae. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*. 43:99-104.

Nelson, T. (1955). Observation on the behavior and distribution of oyster larvae. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*, 45:23-28.

Nikolic, M., Bosch, A. y Vásquez, B. (1976). Las experiencias en el cultivo de los ostiones de mangle *Crassostrea rhizophorae*. Conferencia técnica de la FAO sobre acuicultura. E, 52. P1-9.

North, E. W., Schlag, Z., Hood, R. R., Li, M., Zhong, L., Gross, T. y Kennedy, V. S. (2008). Vertical swimming behavior influences the dispersal of simulated oyster larvae in a coupled particle-tracking and hydrodynamic model of Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 359, 99-115

Leal-Flórez, J., Montoya Arango, V., Blanco Libreros, J. F., Velásquez Rodríguez, C. M., López Marín, B. E., Acosta Cárdenas, A. y Pantoja, W. (2017). Pesca, familias y territorios en el mar: construcción colectiva de conocimiento para el ordenamiento pesquero del golfo de Urabá.

Lonin, S. y Vasquez, J. G. (2005). Hidrodinámica y distribución de coliformes en el Golfo de Urabá. *Boletín Científico CIOH*, 76-89.

Lucero, C., Cantera, J. y Romero, I. (2005). Variability of macrobenthic assemblages under abnormal climatic conditions in a small scale tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (68):17-26.

Lucero-Rincón, C., Cantera, J., Gil-Agudelo, D., Muñoz, O., Zapata, L., Cortes, N, Gualteros, W. y Manjarres, A. (2013). Análisis espacio temporal de la biología reproductiva y el reclutamiento del molusco bivalvo *Anadara tuberculosa* en la costa del Pacífico colombiano. *Revista de biología marina y oceanografía*, 48(2), 321-334. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572013000200011>

Ohman, M. D. (1988). Behavioral responses of zooplankton to predation. *Bulletin of Marine Science*, 43(3), 530-550.

Ortiz L. y Blanco J. (2012). Distribución de los gasterópodos del manglar, *Neritina irginea* (Neritidae) y *Littoraria angulifera* (Littorinidae) en la Ecorregión Darién, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical* 60 (1): 219-232.

Osorio, A., Molina, L. y Osorio, J. (2016). Caracterización hidrodinámica del oleaje local (sea) y de fondo (swell) en el Golfo de Urabá. 73-105. En: Blanco-Libreros, J. F. y M. H. Londoño-Mesa (Eds.). Expedición Caribe sur: Antioquia y Chocó costeros. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano. Bogotá 323 pp.

Pacheco, R. (1979). *Estudios preliminares de los períodos larvarios de la ostra (*Ostrea iridescens* Hanley)* (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, Salvador.

Páez, F., Zazueta, M. y Osuna, I. (1993). Biochemical composition of the oysters *Crassostrea iridescens* Hamley and *Crassostrea corteziensis* Hertlein in the northwest coast of Mexico: seasonal changes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 170: 1-9.

Paulet, Y. M., Lucas, A. y Gerard, A. (1988). Reproduction and larval development in two *Pecten maximus* (L.) populations from Brittany. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 119(2), 145-156.

- Penchaszadeh, P. (1980). Ecología larvaria y reclutamiento del mejillón del atlántico suroccidental, *Mytilus platensis* D'orbigny (1). INTECMAR, Universidad Simón Bolívar. 169-179.
- Perillo, G. M. (1995). Geomorphology and sedimentology of estuaries: An introduction. In *Developments in sedimentology. Elsevier* 53: 1-16.
- Perdomo, C. (1974). *Contribución al conocimiento bioecológico de la ostra perlífera Pinctada radiata (Lench), 1814, en la bahía de Santa Marta.* (Tesis de pregrado). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 91p.
- Prieto, A., Sant, S., Méndez, E. y Lodeiros, S. (2003). Diversidad y abundancia de moluscos en las praderas de *Thalassia testudinum* de la Bahía de Mochima, Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 51(2): 413-426.
- Prieto, A., Ruiz, J. y García, N. (2005). Diversidad y abundancia de moluscos de la epifauna en la comunidad sublitoral de Punta Patilla, Venezuela. *Revista Biología Tropical*. 53(1-2):135-140.
- Ramilo, A. (2015). *Diagnóstico molecular y epidemiología de enfermedades relevantes de moluscos bivalvos* (Tesis Doctoral). Universidad Santiago de Compostela, España.
- Ramos-Centeno, J., y Napa-España, J. (2019). Abundancia, composición y diversidad del zooplancton en la zona de Cojimíes-Manabí, durante los meses de mayo-octubre del 2018. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura YAKU*, 1(1), 21-41.
- Rodríguez, H., Lagos, A., Arias, L., Beltrán, C. y Dueñas, R. (1998). El cultivo de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*. Una alternativa económica para diversificar la acuicultura marina en el Caribe colombiano y disminuir el impacto del aprovechamiento de este recurso sobre las raíces del mangle rojo. En: XI Seminario Nacional de Política, Ciencias y Tecnologías del Mar. Bogotá p 190-191.
- Rodríguez-Rodríguez, J. A., Mancera-Pineda, J. E. y Rodríguez, J. M. (2016). Validation and application of an individual based restoration model for three mangrove species in Ciénaga Grande de Santa Marta. *Caldasia*, 38(2), 285-299.
- Roldán, G. y Ramírez, J. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2. ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 439 p.

- Roldan, P. (2008). Modelamiento del patrón de circulación de la bahía Colombia, Golfo de Urabá. Implicaciones para el transporte de sedimentos Tesis de Maestría. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Román Hernández, U., Valdez Zenil, J. y Zavala García, F. (2006). Composición y abundancia del ictioplancton durante la temporada de estiaje en la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 6(1), 138–149.
- Ruíz, C. (2017). *Arqueología subacuática en el Golfo de Urabá, sector Bahía Colombia*. (Tesis de pregrado). Universidad de Antioquia, Medellín.
- Samper, E. (1970). *Contribución al conocimiento y estudio del zooplankton del Caribe colombiano*. (Tesis de pregrado) Universidad Jorge Tadeo lozano, Bogotá, 95p.
- Samper-Villarreal, J. y Silva-Benavides, A. M. (2015). Structural complexity of mangroves in Playa Blanca, Escondido and Rincón de Osa, Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63, 199-208.
- Sánchez-Alfárez, A., Álvarez-León, R., Godoy-Bueno-Carvahlo López, S. y Pinzón-Florián, O. (2009). Aspectos fitosanitarios de los manglares del Urabá antioqueño, Caribe colombiano. *PanAmerican Journal of Aquatic Sciences*, 4 (3): 339-346.
- Sar, A., Martin, J. P., Fernandez, R., y Caminos, C. (2018). Ciclo reproductivo y reclutamiento del mejillón *Mytilus edulis platensis* en Bahía San Julián (Santa Cruz, Argentina). *Informes Científicos Técnicos-UNPA*, 10(2), 33-51.
- Schwartz, M., y Campodónico, S. (2019). Primera descripción del desarrollo larval temprano de la vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*). *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 32(2), 115-124.
- Seliger, H., Boggs, J., Rivkin, R., Biggley, W. y Aspden, K. (1982). The transport of oyster larvae in an estuary. *Marine Biology*. 71 (1): 57–72.
- Serrano, J., y Robles, M. (1996). Informe Técnico 004-CREMES, 230196/1994. Cultivo de larvas y producción de larva fijadora de *Atrina maura* (Sowerby, 1835) del Golfo de California, México, en el Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora (C.R.E.M.E.S), Bahía de Kino, Sonora, México.
- Sprung, M. (1984). Physiological energetics of mussel larvae (*Mytilus edulis*). I. Shell growth and biomass. *Marine Ecology Progress Series* 17:283-293.

Thorson, G. (1946). Reproduction and larvae development of Danish Marine Bottom Invertebrates, C.A. Reitzels Forlag; Bianco Lunos Bogtrykkeri A/S København.

Toro, B. (1995). *Factibilidad ecológica de desarrollar Bancos de ostras en la Ciénaga de Pajara* (Tesis de pregrado). Universidad de Antioquia, Medellín.

Toro, V., Barrientos, N., Mosquera, W. y Cardona Y. (2019). INFORME SOBRE LA CIRCULACIÓN AL SUR DEL GOLFO DE URABÁ.

Torres-Torres, M. (1974). *Estudio Biológico-pesquero del scallops Pecten laurenti (Mollusca, Pelecipoda) en el Golfo de Morrosquillo*. (Tesis de pregrado) Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 94p.

Torres, J. R., Infante-Mata, D., Sánchez, A. J., Espinoza-Tenorio, A. y Barba, E. (2018). Degradación de hojarasca y aporte de nutrientes del manglar en la Laguna Mecoacán, Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 892-907.

Urrego, L., Molina, E., Suárez, J., Ruíz, H. y Polanía, J. (2016). Distribución, composición estructura de los manglares del golfo de Urabá. 109-131. En: Blanco-Libreros, J. F. y M. H. Londoño-Mesa (Eds.). Expedición Caribe sur: Antioquia y Chocó costeros. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano. Bogotá 323 pp.

Valero-Lopera, A. (1997). *Larvas de Moluscos Bivalvos del Caribe Colombiano II-Variación Temporal de Abundancia en la Región de Santa Marta y Confirmación taxonómica de Principales morfotipos* (Tesis de pregrado). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, Colombia.

Vázquez, N. (2011). *Patologías que afectan a poblaciones comercialmente explotadas de moluscos bivalvos del litoral norpatagónico y la vinculación con sus historias de vida* (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Comahue-Centro Regional Universitario Bariloche, Argentina.

Vega-Pérez, L. A. y Liang, T. H. (1992). Feeding of a pelagic chaetognath, *Sagitta friderici* Ritter-Záhony off Ubatuba region (São Paulo, Brazil). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 40(1-2), 93-100.

Velandia, M. y Díaz, J. (2016). Atlas Marino-Costero del Pacífico Norte Colombiano. Fundación MarViva, Bogotá. 130 p.

Velasco, L., y Barros, J. (2008). Cultivo de bivalvos en Colombia: ¿utopía o apuesta de futuro? En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte, (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. (Pp. 115–128). Taller Técnico Regional de la FAO 20-24 de Agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. Actas de Pesca y Acuicultura, FAO.

Velásquez, L. (1989). Informe final, contrato 1017, Estación Experimental Marirrío, CORPOURABÁ, Apartadó.

Velásquez, L. (2013). Modelación del transporte de sedimentos en el golfo de Urabá, Colombia. Tesis de Maestría. Medellín. Departamento de Geología, Escuela de Ingeniería. Universidad EAFIT.

Velásquez, M., Valentich-Scott, P. y Capelo, J. (2017). Marine boring bivalve mollusks from Isla Margarita, Venezuela. *The Festivus*, 49 (3).

Verween, A., Vincx, M. y Degraer, S. (2007). The effect of temperature and salinity on the survival of *Mytilopsis leucophaeata* larvae (Mollusca, Bivalvia): The search for environmental limits. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 348:111-120

Vilicic, D., Musin, D., y Jasprica, N. (1994). Interrelations between hydrographics conditions, nanoplankton and bivalve larvae in the Mali Ston bay (Souther Adriatic) *Acta Adriatica* 34 (1/2):55-64.

Wedler, E. (1992). Estado actual y perspectivas de la acuicultura en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Proyecto de recuperación de la Ciénaga Grande Santa Marta. GTZ-CORPAMAG-CORPES- INVEMAR, Santa Marta.

Yepes, A., Zapata, M., Bolivar, J., Monsalve, A., Espinosa, S. M., Sierra-Correa, P. C. y Sierra, A. (2016). Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 64(2), 913-926.

Zapata, J. (1995). *Distribución espacio-temporal de las larvas planctónicas de algunos bivalvos en la región de Santa Marta-Caribe Colombia* (Tesis de pregrado). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, Colombia.

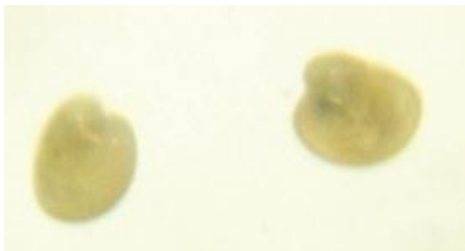
Zapata, J. y Borrero, F. (1995). Distribución espacio-temporal de las larvas planctónicas de algunos Bivalvos en la Región de Santa Marta, Caribe colombiano. En: VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura y V Seminario Nacional de Acuicultura. Bogotá. p 577.

Zapata, J., Aristizábal, V., Leal, J., Urán, P. y Vásquez, J. G. (2015). Variación temporal de larvas de moluscos bivalvos a dos profundidades en bahía Marirrío, Golfo de Urabá. *La Timonera*, 24: 71–73.

12. ANEXOS

12.1 FOTOGRAFÍAS DE LOS MORFOTIPOS ENCONTRADOS

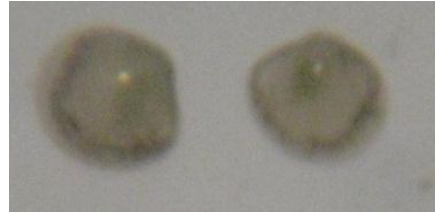
FAMILIA OSTREIDAE



FAMILIA PHOLADIDAE



FAMILIA CARDIIDAE



12.2 PUBLICACIÓN DE ARTÍCULO EN REVISTA

REVISTA: BIOLOGÍA TROPICAL

ESTADO: SOMETIDO

Distribución espacial y variación temporal de la abundancia de larvas de *Crassostrea sp.* (Ostreida: Ostreidae) en la Ensenada de Rionegro y la Bahía Marirrío, Caribe Colombiano-Golfo de Urabá

Valeria Aristizábal-Buitrago¹, Jairo L. Zapata-Martínez² y Heazel J. Grajales-Vargas³

¹Universidad de Antioquia, Corporación Académica Ambiental, Grupo de Investigación GISMAC; valeria.aristizabal@udea.edu.co

² Universidad de Antioquia, Corporación Académica Ambiental, Grupo de Investigación GISMAC; jairo.zapata@udea.edu.co

³ Universidad de Antioquia, Corporación Académica Ambiental, Grupo de Investigación GISMAC; heazel.grajales@udea.edu.co

Resumen. Introducción: Los organismos del género *Crassostrea* presentan una amplia distribución geográfica, habitan en aguas costeras poco profundas, particularmente estuarinas, son económicamente importantes por su alto valor nutricional, representan el 99.8% de la producción mundial de ostras. **Objetivo:** Determinar la distribución y abundancia espacial y temporal de larvas planctónicas del género *Crassostrea* en dos sitios del Golfo de Urabá. **Métodos:** Se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo dentro de cada sitio, se realizaron arrastres de zooplankton mensuales (150 μm de diámetro de malla), entre febrero/2013 y enero/2014 y adicionalmente, se midieron variables físicas y químicas de la columna de agua (temperatura, salinidad, contenido de clorofila *a* y seston). **Resultados:** Se recolectaron 192 muestras para la cuantificación larval, se registraron en ambos sitios un total de 22 190 larvas del género *Crassostrea*, con una abundancia promedio de 7.6 larvas/m³, se encontraron diferencias significativas en la distribución y abundancia de las larvas entre la Ensenada de Rionegro y la Bahía Marirrío, entre estaciones y durante los meses de muestreo; en Rionegro se encontró una mayor cantidad de larvas y presentó un pico en marzo de 249.84 larvas/m³, mientras que en Marirrío se obtuvieron valores muy bajos de abundancia entre los meses de febrero a mayo, encontrando estaciones y meses sin presencia de larvas, se presentó un pico significativo en agosto con un total de 20.7 larvas/m³. Las variables físicas y químicas del agua tuvieron variaciones a través del tiempo y entre sitios (Kruskal Wallis, $p < 0.05$). La presencia de larvas de *Crassostrea* está principalmente relacionada con la transparencia del agua (m), la salinidad y la temperatura (°C). **Conclusiones:** La Bahía Marirrío presentó menor abundancia larval, y su pico se obtuvo durante la época húmeda, debido a que por su ubicación prevalecen las condiciones estuarinas, que se deben a que este sector recibe una mayor contribución de las aguas

continentales. La presencia de larvas de *Crassostrea* en Rionegro durante todo el estudio evidencia su plasticidad ambiental, ya que los moluscos se recolectaron tanto en altas como en bajas salinidades y en valores variables de transparencia del agua y temperatura. La Ensenada de Rionegro fue el sitio con mayor número promedio de *Crassostrea*/m³ durante el monitoreo, lo que permiten concluir que este lugar presenta un alto potencial como una zona de cultivo de ostras.

Palabras clave: Distribución; Abundancia de Moluscos; *Crassostrea*; Golfo de Urabá; Variables oceanográficas.

INTRODUCCIÓN

La producción de ostras ha tenido un crecimiento exponencial en varios países del mundo, debido a que son económicamente importantes por su alto valor nutricional asociado a los altos niveles de proteínas, vitaminas y minerales que posee, además la cáscara es utilizada como materia prima en la fabricación de productos industriales y medicinales (Márquez y Jiménez, 2002; Christo y Absher, 2008; Acosta, Pastorino y Loponte, 2017). Entre las ostras el género *Crassostrea* es el más importante para la producción mundial, alcanzando hasta un 99.8% del total (5.73 millones de toneladas en 2016) (Cavaleiro, Lazoski, Tureck, Melo, do Amaral, Lomovasky, Absher y Solé, 2019).

La mayoría de moluscos tienen desarrollo larval pelágico y su permanencia en la columna de agua depende de las condiciones fisicoquímicas y la disponibilidad de alimento. Mientras algunas especies sufren metamorfosis y pasan a ser parte de las comunidades bentónicas al término de su etapa larvaria, otras especies permanecen todo su ciclo de vida en estado pelágico (Campos y Díaz, 2007; Campos y Landaeta, 2016; Castilho y Ostrensky, 2017). La estadía de las larvas en el plancton es influenciada por la dinámica hidrográfica (corrientes marinas) y variables oceanográficas (salinidad y temperatura) (Penchaszadeh, 1980; Morsan, 2006).

El género *Crassostrea* pertenece a la familia Ostreidae, ostras de la clase bivalvia, reconocida como la segunda clase más grande del phylum Mollusca (Bijoy-Nandan, Graham-Oliver, Jayachandran y Asha, 2016). Este género incluye 34 especies existentes en regiones tropicales. En el continente americano hay cinco especies nativas, de las cuales tres se distribuyen a lo largo de la costa atlántica: *C. virginica*, *C. gasar* y *C. rhizophorae* (Cavaleiro et al. 2019), siendo esta última la especie reportada para el Golfo de Urabá. *C. rhizophorae* se encuentra con frecuencia adherida a las raíces de *Rhizophora mangle* (Blanco y Ortiz-Acevedo, 2016), como principal sustrato de fijación, aunque también se han reportado bancos naturales (Betanzos, Lodeiros, Espinosa y Mazón, 2016).

Los organismos de *Crassostrea* presentan una amplia distribución geográfica desde el cinturón ecuatorial hasta áreas moderadamente frías, habitan en aguas costeras poco profundas, particularmente en aguas estuarinas o de salinidad reducida. Se consideran eurihalinas y euritermas y se reproducen de forma intermitente durante todo el año (Blanco y Ortiz-Acevedo, 2016; Castilho y Ostrensky, 2017). Estos bivalvos tienen larvas planctotróficas que permanecen en la columna de agua durante aproximadamente dos o tres semanas antes del asentamiento

(Cavaleiro et al. 2019), el ciclo reproductivo está influenciado por factores endógenos y exógenos (Castilho-Westphal y Ostrensky, 2017).

En el Caribe colombiano se han realizado diversos estudios de identificación, cuantificación y fijación de *Crassostrea* principalmente en la Bahía de Cispatá (Daza y Arias, 1994; Arias, Frías, Daza, Rodríguez y Dueñas, 1995). El primer reporte de abundancia larval en el plancton para este sistema lagunar deltaico incluyó máximos de 3 112 larvas/m³ para agosto de 1995 y las mayores fijaciones para los períodos de junio-septiembre y noviembre-diciembre (Arias, Lagos y Rodríguez (1996). En este mismo sistema Mejía (2008) reportó un total de 8 401 larvas contabilizadas entre abril y agosto de 2006. De otro lado, en la Ciénaga Grande de Santa Marta el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) realiza monitoreos de larvas de bivalvos desde 1978 con estudios enfocados en la relación de abundancia con la salinidad y la época climática (Carmona, Pérez, Wedler, 1983; Wedler, 1992; Toro, 1995), coincidiendo estos dos últimos con que los picos de abundancia se incrementan con el aumento de la salinidad. En Santa Marta se han descrito diversos morfotipos de bivalvos dentro de los cuales se encuentra el género *Crassostrea* (Zapata, 1995; Zapata y Borrero, 1995). Valero (1997), estudió la variación temporal de abundancia de larvas, encontró variaciones importantes en el tiempo, con menor abundancia larval en época lluviosa y mayor en época seca.

En el Golfo de Urabá se han realizado estudios sobre moluscos bivalvos asociados a raíces de mangle y otros enfocados a la biología y ecología de poblaciones adultas de bivalvos (García y Palacio, 2008; Blanco y Ortiz-Acevedo, 2016). Sin embargo, se reporta un solo estudio puntual de variación temporal de larvas de moluscos bivalvos, en la Bahía Marirrí a nivel superficial y a profundidad (15m), encontraron una distribución uniforme en la columna de agua debido a vientos y corrientes internas que producen una mezcla constante (Zapata, Aristizábal, Leal, Urán, y Vásquez, 2015).

Conocer la distribución espacial de las larvas, la temporada de mayor abundancia y las condiciones ambientales que permitan su óptimo desarrollo, permite definir los mejores períodos para su reclutamiento y a su vez convertirse en la base para futuros proyectos comerciales. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la distribución y abundancia espacial y temporal de larvas planctónicas del género *Crassostrea* en dos sitios del Golfo de Urabá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El Golfo de Urabá es un cuerpo de agua semicerrado localizado al noroccidente del departamento de Antioquia y al suroccidente del Caribe colombiano (Montoya, Toro, Gómez, 2017). La ubicación geográfica y las características geomorfológicas de la región son ideales para el desarrollo de ecosistemas marino-costeros estratégicos como estuarios, manglares, playas, pastos marinos y corales (Osorio, Molina y Osorio, 2016). El régimen estacional del Golfo es bimodal, se presenta una época seca entre diciembre y abril, y una época húmeda desde mayo hasta noviembre, con una leve disminución entre junio y julio, denominada la época de transición (Veranillo de San Juan) (Bernal, Montoya, Garizábal y Toro, 2005; Mira-Martínez, Betancur-Valencia, Urrego-Giraldo, 2017).

En el extremo noroccidental de Bahía Colombia se encuentra la Bahía Marirrío, esta zona está influenciada por el brazo Leoncito del Río Atrato a través del caño Marirrío. Es un hábitat estuarino que alberga abundante vegetación arbórea y herbácea de áreas húmedas e inundables en las que domina el mangle a orillas del mar (Arango-Sánchez, Correa-Herrera, y Correa-Rincón, 2019). El área de la Bahía es de 18.16 km² aproximadamente y la profundidad promedio de 4 m (Velásquez, 1989). Dentro de ésta se encuentra una de las zonas de manglares más extensas en el Golfo de Urabá (Urrego, Molina, Suárez, Ruíz y Polanía, 2016).

En el límite nororiental del Golfo se ubica la Ensenada de Rionegro, declarada como Distrito Regional de Manejo Integrado (Acuerdo 100-02-02-01-012-2009-CORPOURABA) un área de uso sostenible, que debido a ser un cuerpo de agua semicerrado alberga gran diversidad de especies, además en las raíces de manglar se observa gran abundancia de ostras de mangle adultas (CORPOURABA, CODECHOCO, MINAMBIENTE y Parques Nacionales Naturales de Colombia Territorial Caribe, 2018). En este sitio se presenta la mayor área de manglar de la costa oriental (Blanco-Libreros, Ortiz-Acevedo, y Urrego, 2015) cubriendo el 7,2 % de los manglares del Golfo de Urabá, con un rodal de 550 ha dominado por la especie *Rhizophora mangle* (Urrego et al. 2016).

Muestreo: Se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo dentro de cada sitio (Ensenada de Rionegro y bahía Marirrío) (**Tabla 9**) del Golfo de Urabá. Para obtener la información de productividad biológica se realizaron arrastres de zooplancton mensuales en cada sitio de muestreo entre febrero/2013 y enero/2014. Estos arrastres se hicieron a nivel superficial, con una profundidad de <1 m, utilizando una red tipo Bongo de 35 cm de diámetro de boca sin mecanismo de cierre, 1.30 m de largo y ojo de malla de 150 micrómetros, con un flujómetro marca G.O. Environmental para registrar el volumen filtrado. Los arrastres se realizaron por periodos de 5 minutos a una velocidad entre 8 y 10 km/h, realizando una trayectoria en línea recta. Una vez recuperadas las muestras, fueron fijadas con formaldehído al 4 % y neutralizadas con bórax.

Nombre de la estación	Coordenadas	
	Ensenada de Rionegro	
1	8°32'46.3"N	76°56'06.3" W
2	8°32'21,6" N	76°55'10,5" W
3	8°32'3,9" N	76°55'27,9" W
4	8°31'55.5" N	76°55'32.4" W
	Bahía Marirrío	
5	8°31'55.5" N	76°55'32.4" W
6	8°01'53,4" N	76°55'41,6" W
7	8°2'23,1" N	76°52'57,1" W

Tabla 9. Localización de las estaciones de muestreo de *Crassostrea* en el Golfo de Urabá

Medición y análisis de variables físicas y químicas: En cada sitio de muestreo se midió la transparencia del agua con disco Secchi, la temperatura (°C) con una sonda multiparamétrica WTW y para la salinidad un refractómetro manual Extech (RF20). Las muestras de agua para análisis de clorofila y seston, se tomaron empleando botellas plásticas de 1 L, selladas exteriormente con aluminio y conservadas en frío (10 °C), para su posterior análisis.

Identificación y cuantificación larval: Las muestras fueron morfotipadas usando clasificación heurística (agrupando similares, separando diferentes), luego se identificaron las larvas de la familia Ostreidae con la ayuda de claves y documentos existentes (Carriker, 1951; Nelson 1955; Pacheco 1979 y Fournier 1991). Para la identificación del género *Crassostrea* se usaron los documentos de Páez, Zazueta y Osuna, (1993); Zapata (1995); Valero (1997) y Hernández (2005). Posteriormente se cuantificaron, se determinó el volumen filtrado, se obtuvo la abundancia de larvas como individuos/m³.

Para la identificación y cuantificación de organismos se empleó un estereomicroscopio Boeco (Boe35000), (Boltovskoy, 1981) con una placa cuadrículada de conteo Bogorov, modificada.

Análisis estadístico: Se buscaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la abundancia de larvas entre estaciones y muestreos empleando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Esto debido a que los datos no cumplieron los supuestos de normalidad, ni homocedasticidad requeridos para el análisis de varianza, incluso después de realizar transformaciones. Posteriormente, se realizó un análisis de componentes principales para encontrar asociaciones entre variables que permitieran explicar el mayor porcentaje de variabilidad de los datos. Finalmente, se aplicó la prueba de Spearman para buscar correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre variables físicas y químicas y la abundancia de larvas. Para realizar estos análisis estadísticos se emplearon los softwares STATGRAPHICS Centurion XVI (Versión 16.1.02) y XLSTAT (Versión 2019.3.1).

RESULTADOS

Variables físicas y químicas: la temperatura superficial del agua osciló entre 26.8 y 31.5 °C, con un promedio de 28.2 °C, para Rionegro las temperaturas más altas se registraron en octubre (31.5 °C), en época húmeda y las más bajas en junio (26.8 °C), época de transición, el mismo valor se presentó en Marirrí como el más bajo, pero durante mayo, época húmeda y la temperatura más alta tuvo un valor 29.7 °C en abril, época seca. Presentó diferencias significativas entre sitios y muestreos (Kruskal Wallis, $p < 0.001$).

La salinidad presentó diferencias significativas entre sitios y muestreo (Kruskal Wallis, $p < 0.001$); para Rionegro el promedio fue de 15.3, destacándose dos periodos, el primero entre junio y agosto con valores más bajos (10.92), y el segundo de febrero a marzo con valores altos (20). En Marirrí el promedio fue de 9.7, los valores más altos se presentaron entre mayo y junio

(13.50) y entre octubre y diciembre (14.58), con valores bajos (4.76 en promedio) el resto de los meses.

Se obtuvo diferencias significativas entre sitios y meses de muestreo para los valores de seston (Kruskal Wallis, $p < 0.001$), el valor promedio para Rionegro fue de 8.04 mg/l, entre marzo y mayo se registraron las concentraciones más bajas (2.79 mg/l), los valores más altos se presentaron en junio (13.24 mg/l); en Marirrío el promedio fue de 5.64 mg/l, los valores más altos se presentaron en abril (13.23 mg/l), en el mes siguiente la concentración disminuyó alcanzando el valor más bajo (2.32 mg/l). La Clorofila *a* no presentó diferencias significativas entre los sitios de muestreo ($p = 0.4$), pero entre los meses sí presentó diferencias significativas (Kruskal Wallis, $p < 0.001$), el valor promedio de la Clorofila *a* (6.38 $\mu\text{g/l}$), los valores máximos se observaron en abril para ambos sitios (12.20 $\mu\text{g/l}$ en Rionegro y 17.03 $\mu\text{g/l}$ en Marirrío), los valores mínimos (1.48 $\mu\text{g/l}$) se presentaron en julio y septiembre, para Marirrío y Rionegro respectivamente.

La transparencia del agua no presentó un patrón definido entre las estaciones muestreada. En promedio se obtuvieron transparencias de 1.17m; en Rionegro se presentaron valores máximos en el mes de septiembre (2.15m), y mínimos en junio (0.40m). En Marirrío el valor mínimo fue de 0.30m en el mes de diciembre, el valor máximo fue en mayo (2.10m), se obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre meses de muestreo (Kruskal Wallis, $p < 0.05$) y sitios (Kruskal Wallis, $p < 0.001$).

Abundancia de larvas: se recolectaron 192 muestras durante los 12 meses de muestreo para ambos sitios. En todas las muestras se encontraron larvas de moluscos bivalvos. Se registraron en total 125 848 larvas, con una abundancia promedio de 54.7 larvas/ m^3 , de las cuales el 92.5% fueron de Rionegro y el 7.5% de la Marirrío.

Las larvas del género *Crassostrea* se encontraron a lo largo de los 12 meses de estudio en Rionegro (

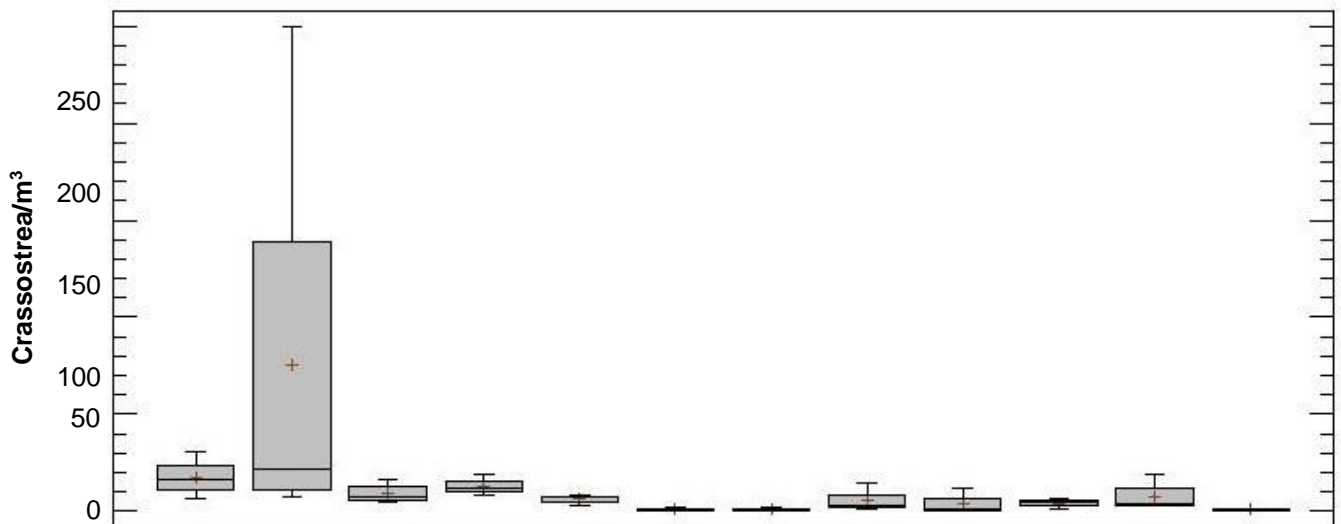
Figura 29 A), mientras que en Marirrío no se capturaron larvas durante los meses de marzo, abril y enero (

Figura 29 B). En total se registraron en ambos sitios 22 190 larvas de este género, con abundancia promedio de 7.6 larvas/m³. Al igual que el porcentaje de larvas totales, el de larvas de *Crassostrea* es superior en Rionegro que en Marirrío.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la distribución y abundancia de las larvas entre los muestreos, estaciones dentro de los sitios y entre ambos sitios (Kruskal Wallis, $p < 0.001$). Rionegro presentó una mayor cantidad de larvas con un pico en marzo de 249.84 larvas/m³, los picos discretos fueron en febrero y mayo (

Figura 29 A). En Marirrío se obtuvieron valores muy bajos de abundancia entre los meses de febrero a mayo, encontrando estaciones y meses sin presencia de larvas; se presentó un pico significativo en agosto (

Figura 29 B) con un total de 20.7 larvas/m³, los picos discretos se presentaron en julio y noviembre.



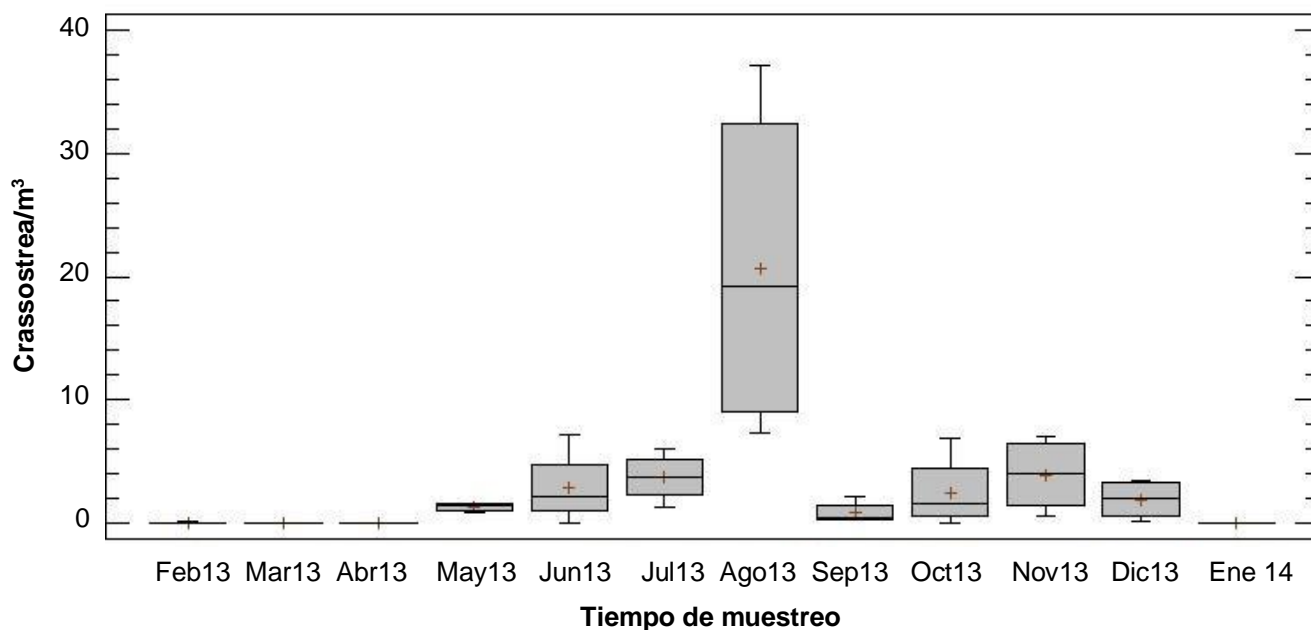


Figura 29. Total de larvas de *Crassostrea* por m³ en el golfo de Urabá. A) Ensenada de Rionegro B) Bahía Marirrío.

El análisis de componentes principales indica que el conjunto de dos componentes explica el 51.39% de la variabilidad de los datos. El componente 1 explicó el 32.55% de la varianza y asignó los mayores pesos a la salinidad y la transparencia del agua, además muestra una relación directa de la abundancia de larvas de *Crassostrea* con la transparencia del agua, la salinidad y la temperatura (°C), e inversa con la Clorofila *a* y el seston.

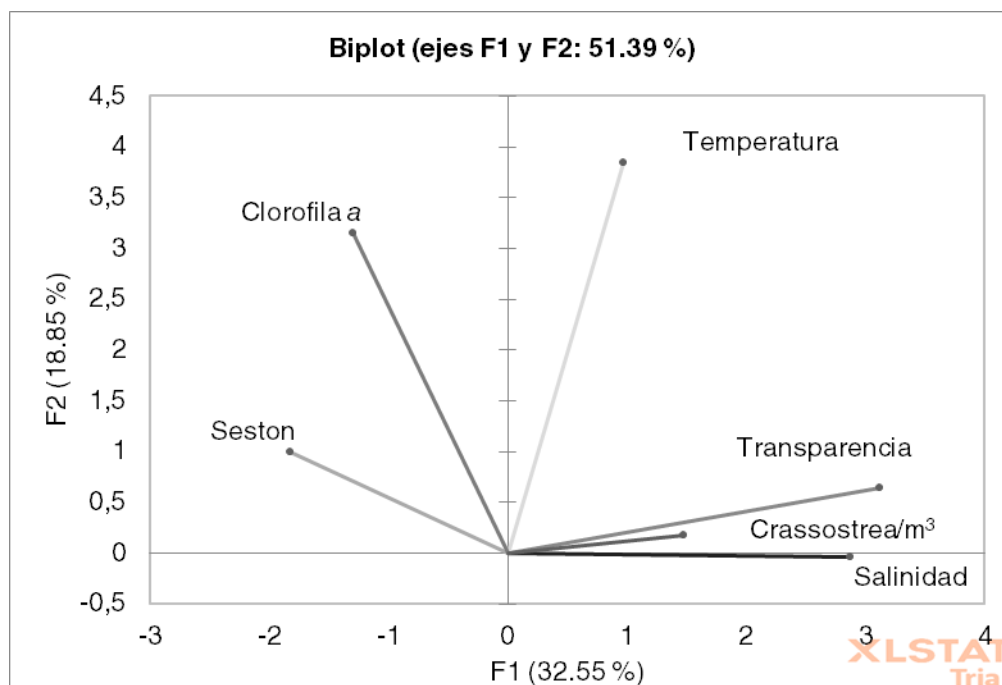


Figura 30. Análisis de componentes principales (ACP) para la abundancia de *Crassostrea* y variables físicas, químicas y biológicas en el golfo de Urabá.

Finalmente, el análisis de correlación ordinal de Spearman indicó que la abundancia larval del género *Crassostrea* se correlacionó positivamente con la salinidad ($r=0,50$; $n=192$; $p<0,05$), la transparencia del agua ($r=0,30$; $n=192$; $p<0,05$) y la temperatura ($r=0,23$; $n=192$; $p<0,05$), mientras que con el seston la correlación fue negativa ($r=-0,21$; $n=192$; $p<0,05$) y no hubo correlación con la Clorofila *a*.

DISCUSIÓN

Las variables ambientales monitoreadas mostraron oscilaciones entre los valores esperados para los sitios (Bernal et al. 2005; Bernal y Gómez, 2016; Blanco y Ortiz-Acevedo, 2016; Mira-Martínez et al., 2017 y Arango et al., 2019). La temperatura del agua en Rionegro varió entre 26.8 y 31.5 °C, valores por encima de los máximos obtenidos por Bernal y Gómez (2016). En Marirríó el rango de temperaturas estuvo entre 26.8 y 29.7 °C y fue similar al obtenido por Bernal y Gómez (2016) y Arango-Sánchez et al., (2019). Estas variaciones de temperatura en el Golfo se asocian a la fuerte influencia de las descargas de los ríos en el interior, especialmente del Atrato y el León (Mira-Martínez et al., 2017).

La salinidad de Rionegro tuvo un comportamiento polihalino (17 y 24) similar a lo establecido por Blanco y Ortiz-Acevedo (2016), esta variabilidad es resultado de la constante entrada de agua marina al Golfo y una limitada escorrentía superficial de agua dulce desde las ciénagas aledañas. Otros autores obtuvieron salinidades de 12, reflejando algunas interacciones fluvio-marinas, que son un patrón general del Golfo (Bernal et al., 2005; Sánchez-Alfárez, Álvarez-León, Godoy, S. Pinzón-Florián, 2009; Bernal y Gómez, 2016; Ortiz y Blanco, 2012; Mira-Martínez et al., 2017). En la bahía Marirríó correspondiente al sector sur del Golfo,

predominaron las bajas salinidades (0,1-7,9) y prevaleciendo las condiciones estuarinas; estas salinidades inferiores a 10, se deben a que este sector recibe una mayor contribución de las aguas continentales (*e.g.* Río Atrato) en comparación con Rionegro (Blanco y Ortiz-Acevedo, 2016). En este sitio se observó una disminución de la salinidad durante el muestreo de enero, esto debido a que en época seca la influencia de los vientos alisios provenientes del noreste, mantiene represada dentro del golfo el agua dulce que proviene de los ríos Arango-Sánchez et al., (2019).

La transparencia del agua está relacionada inversamente con la concentración de seston (Echaniz, Vignatti y Bunino, 2008), debido que a mayor concentración de sólidos menor es la transparencia, esto se evidencia en la Ensenada, sitio con menor influencia fluvial y valores más altos transparencia. En la Bahía se obtuvo menor transparencia del agua, datos que concuerdan con los obtenidos por Hernández-Morales, Leal-Flórez, Sandoval-Londoño, Arenas-Uribe, y Pérez-Villa (2018), demostrando la influencia del Río Atrato en este sector.

En la Ensenada de Rionegro se observó una mayor prevalencia de larvas de ostras en marzo, similar a lo obtenido por Castilho y Ostrensky (2017) en un estuario en Brasil, esta abundancia sumada a los picos discretos en febrero y mayo, sugieren un efecto estacional en la determinación del período reproductivo, que es más intenso durante las estaciones del verano al igual que lo encontrado en Brasil.

La Bahía Marirríó está inmersa en la dinámica del Golfo de Urabá, con una fuerte influencia de aguas continentales provenientes del Atrato, el mayor pico de *Crassostrea* se presentó en agosto, similar a lo encontrado en la Bahía de Cispatá donde las mayores abundancias corresponden a la época húmeda (invierno). Arias et al. (1996) reportaron máximos de 3 112 larvas/m³ para agosto de 1995, Mejía (2008) en su estudio de *Crassostrea rhizophorae*, reportó diferencias significativas en las abundancias larvales entre los meses de mayo y agosto, también para Cispatá.

La dispersión de las larvas de ostras en las regiones estuarinas es el resultado de la interacción entre el transporte pasivo, que es causado por la acción de las corrientes y las mareas, y el transporte activo de las larvas al nadar, quienes podrían regular su posición vertical en respuesta a las variables físicas y químicas del agua (Campos y Díaz, 2007; Zapata et., 2015), para este estudio el análisis de componentes principales y las correlaciones de Spearman mostraron el efecto de las variables ambientales sobre la abundancia de larvas, principalmente de la transparencia del agua, la salinidad y la temperatura, similar a lo descrito por Christo (2006), estos factores pueden incidir en el periodo y el crecimiento larval, además son determinantes en su distribución espacial (Prieto, Sant, Méndez y Lodeiros, 2003; Christo y Absher, 2008; y Reinoso, Gutiérrez, López, Carranza, Vásquez, 2008).

La presencia de larvas de *Crassostrea* la Ensenada durante todo el estudio evidencia su plasticidad ambiental, ya que los moluscos se recolectaron tanto altas como en bajas salinidades y en valores variables de transparencia del agua y temperatura. Esto potencia a Rionegro como una zona de cultivo de ostras, tal como sucedió en la Bahía de Cispatá (Arias et al., 1996; López-Sánchez y Mancera-Pineda J, 2019).

Se detectaron diferencias significativas en la abundancia larval entre los dos sitios de muestreo, marcadas con relación al tiempo; la Ensenada de Rionegro fue el sitio con mayor número promedio de larvas/m³ durante el monitoreo, con un pico de abundancia en época seca, mientras que la Bahía Marirríó presentó menor abundancia larval, y su pico se obtuvo durante la época húmeda. Los resultados permiten concluir que Rionegro y Marirríó, son dos masas de agua diferentes, como lo descrito por Blanco y Ortiz-Acevedo (2016) y la Ensenada de Rionegro presenta un alto potencial para la producción económica de la semilla del género de interés comercial *Crassostrea*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo y financiación del Comité para el Desarrollo de Investigación-CODI, Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá-CORPOURABÁ y Corporación Académica Ambiental-CAA. Al grupo de investigación Grupo de Investigación en Sistemas Marinos y Costeros-GISMAC, y al personal de apoyo en las salidas de campo.

ABSTRACT

Spatial distribution and temporal variation of the larval abundance of *Crassostrea sp.* (Ostreida: Ostreidae) in Rionegro cove and Marirríó Bay, Colombian Caribbean-Gulf of Uraba. **Introduction:** The organisms of the genus *Crassostrea* have a wide geographical distribution, they live in shallow coastal waters, particularly estuaries, they are economically important due to their high nutritional value, they represent 99.8% of the world's oyster production. **Objective:** To determine the distribution and abundance spatial and temporal of planktonic larvae of the genus *Crassostrea* at two sites in the Gulf of Uraba. **Methods:** Four sampling stations were selected within each site, monthly were performed zooplankton drag (150 µm mesh diameter) between February/2013 and January/2014 and additionally, physical and chemical variables of the water column were measured (temperature, salinity, chlorophyll content a and seston). **Results:** 192 samples were collected for larval quantification, a total of 22 190 larvae of the genus *Crassostrea* were recorded at both sites, with an average abundance of 7.6 larvae/m³, significant differences were found in the distribution and abundance of larvae between Rionegro cove and Marirríó Bay, between seasons and during the sampling months; in Rionegro a greater quantity of larvae was found and a peak in March of 249.84 larvae/m³ was presented, while in Marirríó very low abundance values were obtained between February to May, finding seasons and months without the presence of larvae, presented a significant peak in August with a total of 20.7 larvae /m³. The physical and chemical variables of water varied over time and between sites (Kruskal Wallis, p <0.05). The presence of *Crassostrea* larvae is mainly related to the transparency of water (m), salinity and temperature (° C). **Conclusions:** Marirríó Bay presented less larval abundance, and its peak was obtained during the wet season, because estuarine conditions prevail due to its location, for this sector receives a greater contribution from inland waters. The presence of *Crassostrea* larvae in Rionegro cove throughout the study evidences their environmental plasticity since the mollusks were collected both at high and low salinities and at variable values of water and temperature transparency. The Rionegro cove was

the site with the highest average number of *Crassostrea*/m³ during the monitoring, which allows concluding that this place has a high potential as an oyster cultivation area.

Keys words: Distribution; Abundance of Mollusks; *Crassostrea*; Gulf of Uraba; Oceanographic variables.

REFERENCIAS

Acosta, A., Pastorino, G., y Loponte, D. (2017). Registro de moluscos marinos entre cazadores-recolectores del norte de la región Pampeana. *Comechingonia*, 21(1), 1-10.

Arango-Sánchez, L., Correa-Herrera, T., y Correa-Rendón, J. (2019). Diversidad De Peces En Hábitats Estuarinos Delta Del Río Atrato, Golfo De Urabá. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 23(1), 191–207.

Arias, L., Frías, J., Daza, P., Rodríguez, H., y Dueñas, P. (1995). El cultivo de la ostra *Crassostrea rhizophorae*. En: Rodríguez-Gómez, Polo-Romero y Mora-Lara (Eds.) *Fundamentos de acuicultura marina* (pp153-208).

Arias, L., Lagos, A., y Rodríguez H. (1996). Caracterización bioecológica de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* y evaluación preliminar de su cultivo en colectores de llanta y aluminio en la Ciénaga de Mestizo, Bahía de Cispatá (Córdoba, Colombia). En: Memorias X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, Bogotá, p130.

Bernal, G., Montoya, L., Garizábal, C., y Toro, M. (2005). La complejidad de la dimensión física en la problemática costera del Golfo de Urabá, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 8 (1) 123-135.

Bernal, G., y Gómez, E. (2016). Foraminíferos Bénticos en los sedimentos de los Manglares del Golfo de Urabá.135-150. En: Blanco-Libreros, J. F. y M. H. Londoño-Mesa (Eds.). Expedición Caribe sur: Antioquia y Chocó costeros. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano. Bogotá 323 pp.

Betanzos-Vega, A., Lodeiros, C., Espinosa-Sáez, J. y Mazón-Suástegui, J. (2016). Identificación del ostión americano *Crassostrea virginica* (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae) como recurso natural en las Antillas Mayores: Cuba. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(4), 1342-1347.

Blanco, J. (1995). La malacofauna epibentónica como indicadora de condiciones naturales y de tensión en manglares del Pacífico Colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo (énfasis biología marina). Facultad de ciencias, departamento de biología. Universidad del Valle. 118p.

Blanco, J. y Ortiz-Acevedo, L. (2016). Moluscos (Gasteropodos y Bivalvos) Asociados a las raíces sumergidas en los Manglares del Golfo de Urabá. 153-174. En: Blanco-Libreros, J. F. y M. H. Londoño-Mesa (Eds.). Expedición Caribe sur: Antioquia y Chocó costeros. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano. Bogotá 323 pp.

Blanco-Libreros, J., Ortiz-Acevedo, L., y Urrego, L. (2015). Reservorios de biomasa aérea y de carbono en los manglares del golfo de Urabá (Caribe colombiano). *Actualidades Biológicas*, 37(103), 131–141.

Boltovskoy, D. (1981). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental: Métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP. Mar del Plata, Argentina.

Bijoy-Nandan, P. Graham-Oliver, Jayachandran P., y Asha C. (2016). Training manual 1st International Training Workshop on Taxonomy of Bivalve Molluscs. Directorate of Public Relations and Publications, CUSAT, Kochi, India.

Campos, B., y Díaz, P. (2007). Distribución y abundancia de larvas de moluscos gasterópodos y bivalvos en fiordos y calanes del sur de Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 30(1):115-132.

Campos, B., Landaeta, M. (2016). Moluscos planctónicos entre el fiordo Reloncaví y el golfo Corcovado, sur de Chile: ocurrencia, distribución y abundancia en invierno. *Biología Marina y Oceanografía*, 51(3): 527-539.

Carmona, G., Pérez, L., y Wedler, E. (1983). Informe técnico No 3. Proyecto de Ostricultura Ciénaga Grande de Santa Marta: III etapa. INVEMAR-COLCIENCIAS-CIID-UTM. Santa Marta, 46p.

Carriker, R. (1951). Ecological observations on the distribution of Oyster larvae in New Jersey Estuaries. *Ecological Monographs*. 21(1):19-38.

Castilho-Westphal, G., y Ostrensky, A. (2017). Temporal variation in larval abundance of the Mangrove Oyster *Crassostrea sp.* in an estuary of Southern Brazil. *Archives of Veterinary Science*. 22:(1), 18-27.

Cavaleiro, N., Lazoski, C., Tureck, C., Melo, C., do Amaral, V. Lomovasky, B., Absher, T., y Solé, A. (2019). *Crassostrea talonata*, a new threat to native oyster (Bivalvia: Ostreidae) culture in the Southwest Atlantic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 511. 91–99

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA, Corporación Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó - CODECHOCO, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MINAMBIENTE y Parques Nacionales Naturales de Colombia Territorial Caribe. 2018. Plan de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera Darién + Anexos. Editado por: MINAMBIENTE -CORPOURABA.

Christo, W. (2006). Biología reproductiva e ecología de ostras do genero *Crassostrea* na baía de Guaratuba (Paraná-Brasil): um subsídio ao cultivo. (Tesis doctoral) Universidade Federal de Paraná. Curitiba.

- Christo, S, y Absher, T. (2008). Prodissoconch growth of oysters *Crassostrea* Sacco, 1897 (Bivalvia, Ostreidae). *Boletim Do Instituto De Pesca*, 34(1), 71-77.
- Daza, P., y Arias, L. (1994). Evaluación preliminar del Cultivo de Ostra *Crassostrea rhizophorae* en el estuario de la Bahía de Cispatá. Ciénaga de Meztizo y Pepino, San Antero, córdoba. En: Memorias IX Seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar y Congreso Latinoamericano en ciencias del Mar, Medellín.
- Echaniz, S., Vignatti, A., y Bunino, P. (2008). El zooplancton de un lago somero hipereutrófico de la región central de Argentina: cambios después de una década. *Biota Neotropica*, 8(4).
- Fournier, A. (1991). The reproductive biology of the tropical rocky oyster *Ostrea irisdescens* (Bivalvia: Ostreidae) on the Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Acuaculture*, 101(1992):371-378.
- García, J., Palacio, J. (2008) Macroinvertebrados asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en las Bahías Turbo y El Uno, golfo de Urabá, Caribe colombiano. *Gestión y Ambiente*, 11(3):55-66.
- Hernández, A. (2005). *Distribución y abundancia de larvas de ostras del género Crassostrea (Bivalvia: Ostreidae) en playas rocosas del departamento de La Unión, El Salvador* (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Hernández-Morales, A., Leal-Flórez, J., Sandoval-Londoño, L., Arenas-Uribe, S., y Pérez-Villa, A. (2018). Hábitos alimenticios del barbudo de pluma *Bagre marinus* (Mitchill, 1815) (Siluriformes: Ariidae) en el golfo de Urabá, Caribe colombiano. *Actualidades Biológicas*, 40(109).
- López-Sánchez, M., y Mancera-Pineda, J. (2019). Parámetros estructurales de dos poblaciones de *Crassostrea rhizophorae* (Ostreidae) en Bahía Cispatá, caribe colombiano. *Acta biológica colombiana*, 24(2).
- Márquez, B., y Jiménez, M. (2002). Moluscos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo *Rhizophora mangle*, en el Golfo de Santa Fe, Estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 50(3-4), 1101-1112.
- Mejía, L. (2008). *Variación espacio temporal de la larva de la ostra de mangle Crassostrea rhizophorae (Guilding, 1828), de abril a agosto de 2006, en la bahía de Cispatá, Caribe colombiano*. (Tesis de pregrado). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta.
- Mira-Martínez, J; Betancur-Valencia, S., y Urrego-Giraldo, L. (2017). Relación entre la infección por agallas, las variables estructurales y la anatomía de la madera de *Rhizophora mangle* L., en el golfo de Urabá (Colombia). *Actualidades Biológicas*, 39 (106): 41-52.
- Montoya, L., Toro, F., y Gómez, A. (2017) Study of Atrato river plume in a tropical estuary: Effects of the wind and tidal regime on the gulf of Uraba, Colombia, *DYNA* 84(200): 367-375.

Morsan, E. (2006). Pesquerías de moluscos bivalvos y gasterópodos en el Mar Argentino. Instituto de Biología Marina y Pesquera “Almirante Storni”. Atlas de Sensibilidad Ambiental del Mar y la Costa.

Nelson TC. 1955. Observation on the behavior and distribution of oyster larvae. *Proc. Natl. Shellfish. Assoc.* 45:23-28.

Ortiz L. y Blanco J. (2012). Distribución de los gasterópodos del manglar, *Neritina irginea* (Neritidae) y *Littoraria angulifera* (Littorinidae) en la Ecorregión Darién, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical* 60 (1): 219-232.

Osorio, A., Molina, L., y Osorio, J. (2016). Caracterización hidrodinámica del oleaje local (sea) y de fondo (swell) en el Golfo de Urabá. 73-105. En: Blanco-Libreros, J. F. y M. H. Londoño-Mesa (Eds.). Expedición Caribe sur: Antioquia y Chocó costeros. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano. Bogotá 323 pp.

Pacheco, R. (1979). *Estudios preliminares de los períodos larvarios de la ostra (*Ostrea iridescens* Hanley)* (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, Salvador.

Páez, F., Zazueta, M., y Osuna, I. (1993). Biochemical composition of the oysters *Crassostrea iridescens* Hamley and *Crassostrea corteziensis* Hertlein in the northwest coast of Mexico: seasonal changes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 170: 1-9.

Penchaszadeh, P. (1980). Ecología larvaria y reclutamiento del mejillón del atlántico suroccidental, *Mytilus platensis* D'orbigny (1). INTECMAR, Universidad Simón Bolívar. 169-179.

Prieto, A., Sant, S., Méndez, E., y Lodeiros, S. (2003). Diversidad y abundancia de moluscos en las praderas de *Thalassia testudinum* de la Bahía de Mochima, Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 51(2): 413-426.

Reinoso, G., Gutiérrez, C., López, E., Carranza, X., y Vásquez, J. (2008). Macroinvertebrados Acuáticos. 65-233. En: Reinoso, Villa, Esquivel, Garciamelo, Vejarano (eds). Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca mayor del río Saldaña (subcuenca Anamichú) - Biodiversidad Regional Fase IV. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

Román Hernández, U., Valdez Zenil, J., y Zavala García, F. (2006). Composición y abundancia del ictioplancton durante la temporada de estiaje en la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 6(1), 138-149.

Sánchez-Alfárez, A., Álvarez-León, R., Godoy-Bueno-Carvahlo López, S., y Pinzón-Florián, O. (2009). Aspectos fitosanitarios de los manglares del Urabá antioqueño, Caribe colombiano. *PanAmerican Journal of Aquatic Sciences*, 4 (3): 339-346.

Toro, B. (1995). *Factibilidad ecológica de desarrollar Bancos de ostras en la Ciénaga de Pajara* (Tesis de pregrado). Universidad de Antioquia, Medellín.

Urrego, L., Molina, E., Suárez, J., Ruíz, H., y Polanía, J. (2016). Distribución, composición estructura de los manglares del golfo de Urabá. 109-131. En: Blanco-Libreros, J. F. y M. H. Londoño-Mesa (Eds.). Expedición Caribe sur: Antioquia y Chocó costeros. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano. Bogotá 323 pp.

Valero, A. (1997). *Larvas de Moluscos Bivalvos del Caribe Colombiano II-Variación Temporal de Abundancia en la Región de Santa Marta y Confirmación taxonómica de Principales morfotipos* (Tesis de pregrado). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, Colombia.

Velásquez, L. (1989). Informe final, contrato 1017, Estación Experimental Marirrío, CORPOURABÁ, Apartadó.

Wedler, E. (1992). Estado actual y perspectivas de la acuicultura en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Proyecto de recuperación de la Ciénaga Grande Santa Marta. GTZ-CORPAMAG-CORPES- INVEMAR, Santa Marta.

Zapata, J. (1995). *Distribución espacio-temporal de las larvas planctónicas de algunos bivalvos en la región de Santa Marta-Caribe Colombia* (Tesis de pregrado). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, Colombia.

Zapata, J., y Borrero, F. (1995). Distribución espacio-temporal de las larvas planctónicas de algunos Bivalvos en la Región de Santa Marta, Caribe colombiano. En: VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura y V Seminario Nacional de Acuicultura. Bogotá. p 577.

Zapata, J., Aristizábal, V., Leal, J., Urán, P., y Vásquez, J. G. (2015). Variación temporal de larvas de moluscos bivalvos a dos profundidades en bahía Marirrío, Golfo de Urabá. *La Timonera*, 24: 71–73.

12.3 PARTICIPACIÓN EN CONGRESO INTERNACIONAL

XVIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE CIENCIAS DEL MAR 2019

Variación espacial y temporal de larvas de *Crassostrea* (Mollusca: Bivalvia) en la Ensenada de Rionegro-Golfo de Urabá-Caribe Colombiano

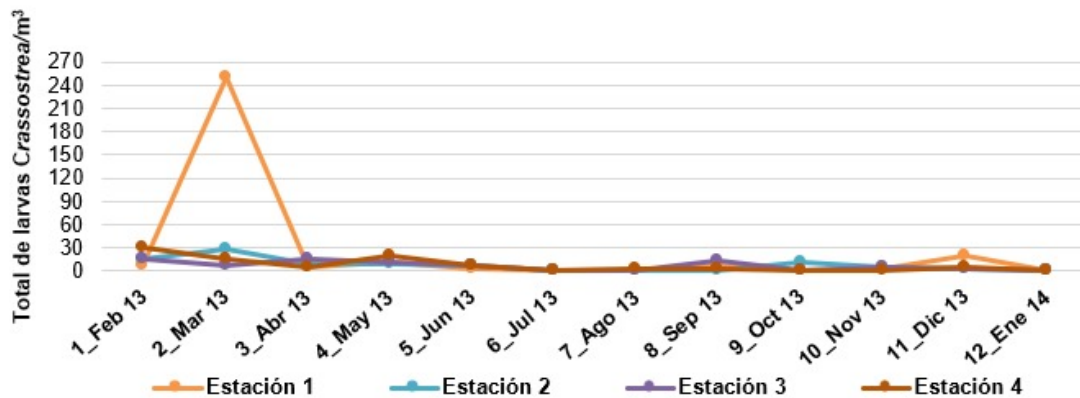
VALERIA. ARISTIZÁBAL¹, JAIRO L. ZAPATA¹

¹ Grupo de Investigación GISMAC- Corporación Académica Ambiental-Universidad de Antioquia (UdeA- CAA).

valeria.aristizabal@udea.edu.co

La diversidad y abundancia de los bivalvos tiene impacto en la producción pesquera debido al valor económico, social y alimentario de su explotación. El género *Crassostrea* es un molusco bivalvo de interés comercial y en el Caribe es una de las ostras de mayor interés pesquero, destacándose como alternativa y complemento de la dieta alimenticia de las comunidades. Con el objetivo de analizar la distribución y abundancia de *Crassostrea* en la Ensenada de Rionegro-Golfo de Urabá-Caribe Colombiano, se realizaron 12 arrastres de zooplancton (150 μm de luz de malla), de tipo horizontal en cuatro estaciones dentro de la Ensenada. Se midieron parámetros físicos y químicos de la columna de agua (temperatura, salinidad, contenido de clorofila *a* y seston) entre febrero de 2013 y enero de 2014. Se obtuvieron larvas de *Crassostrea* durante todos los meses y en todas las estaciones, encontrando diferencias significativas entre estaciones y muestreos (Kruskal Wallis $< 0,05$). Se capturaron en total 17.336 larvas; se obtuvo una abundancia promedio de 12,04 larvas/ m^3 , con un pico de mayor abundancia en marzo (época húmeda) representado por 249,84 larvas/ m^3 . Las variables físicas y químicas del agua tuvieron variaciones a través del tiempo, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre estaciones (Kruskal Wallis $> 0,05$). La abundancia de larvas de *Crassostrea* en la Ensenada de Rionegro obtuvo correlación estadística con la salinidad, el seston y la clorofila *a*, además su variación espacial está influenciada por la circulación interna de la Ensenada.

Palabras claves: *Crassostrea*, *abundancia*, *distribución*, *Golfo de Urabá*, *salinidad*, *Temperatura*



Variación de la abundancia de *Crassostrea* m^3 por estaciones y muestreos.

Referencias:

López-Sánchez y Mancera Pineda, 2019. *Acta biol. Colomb.*, 2019;24 (2): 361-371.
 López et al., 2017. *Hidrobiológica*, 27 (1): 69-86.

12.4 TABLA RESUMEN

Esta tabla contiene los datos en promedio de cada variable ambiental medida en cada caladero y sitio muestreado.

Muestreo	Caladero	Sitio	Secchi	Salinidad		Temperatura		Seston		Clorofila <i>a</i>	
					x +/- sd		x +/- sd		x +/- sd		x +/- sd
1_Feb 13	Rionegro	1	2,00	21,00	0,00	28,30	0,00	7,37	0,00	5,92	0,00
		2	2,30	19,00	0,00	28,15	0,07	1,89	0,00	7,40	0,00
		3	1,70	19,00	0,00	28,35	0,07	3,46	0,00	5,92	0,00
		4	1,70	19,00	0,00	28,25	0,07	3,72	0,00	7,40	0,00
	Marirrió	5	2,00	5,00	0,00	28,25	0,07	1,29	0,00	4,44	0,00
		6	1,00	5,00	0,00	28,50	0,00	8,77	0,00	2,96	0,00
		7	0,70	5,00	0,00	28,65	0,07	14,20	0,00	8,88	0,00
		8	1,20	5,00	0,00	28,25	0,07	7,00	0,00	4,44	0,00
2_Mar 13	Rionegro	1	2,40	22,00	0,00	28,15	0,07	2,80	0,00	7,40	0,00
		2	2,00	20,00	0,00	27,85	0,07	3,50	0,00	8,88	0,00
		3	2,00	20,00	0,00	27,75	0,07	3,81	0,00	2,96	0,00
		4	1,40	20,00	0,00	27,85	0,07	3,80	0,00	11,80	0,00
	Marirrió	5	1,20	5,00	0,00	27,70	0,00	0,73	0,00	4,44	0,00
		6	0,80	4,00	0,00	28,05	0,07	10,30	0,00	10,40	0,00
		7	0,80	4,00	0,00	28,15	0,07	9,60	0,00	4,44	0,00
		8	0,90	3,00	0,00	28,35	0,07	10,40	0,00	16,30	0,00
3_Abr 13	Rionegro	1	2,30	13,00	0,00	29,70	0,00	1,50	0,00	13,30	0,00
		2	1,10	12,00	0,00	30,00	0,00	1,50	0,00	8,88	0,00
		3	1,90	12,50	0,71	29,85	0,07	2,98	0,00	13,30	0,00
		4	2,30	13,00	0,00	30,00	0,14	2,12	0,00	13,30	0,00
	Marirrió	5	1,70	5,00	0,00	28,10	0,00	3,40	0,00	11,80	0,00
		6	0,70	5,00	0,00	29,70	0,00	18,30	0,00	17,80	0,00
		7	1,30	5,00	0,00	29,00	0,00	26,20	0,00	25,20	0,00
		8	1,70	5,00	0,00	29,50	0,00	5,00	0,00	13,30	0,00
4_May 13	Rionegro	1	1,20	15,00	0,00	29,55	0,07	3,90	0,00	5,92	0,00
		2	1,40	10,00	0,00	30,30	0,14	2,84	0,00	8,88	0,00
		3	1,30	14,00	0,00	31,05	0,07	2,14	0,00	8,88	0,00
		4	1,30	15,00	0,00	30,70	0,14	2,56	0,00	13,30	0,00
	Marirrió	5	1,30	10,00	0,00	26,80	0,00	1,43	0,00	5,92	0,00
		6	1,20	10,00	0,00	28,05	0,07	2,65	0,00	13,30	0,00
		7	1,30	6,00	0,00	28,25	0,07	1,95	0,00	14,80	0,00
		8	2,10	9,00	0,00	28,15	0,21	3,25	0,00	10,40	0,00

5_Jun 13	Rionegro	1	0,70	5,00	0,00	26,75	0,07	2,92	0,00	2,96	0,00
		2	1,40	15,00	0,00	28,70	0,57	9,53	0,00	0,00	0,00
		3	1,10	15,00	0,00	29,70	0,00	10,80	0,00	0,00	0,00
		4	0,40	15,00	0,00	27,95	1,34	29,70	0,00	8,88	0,00
	Marirrió	5	1,10	15,00	0,00	28,15	0,21	9,49	0,00	17,80	0,00
		6	0,90	12,00	0,00	28,20	0,14	14,50	0,00	5,92	0,00
		7	0,70	11,00	0,00	27,70	0,14	9,30	0,00	2,96	0,00
		8	1,90	15,00	0,00	29,50	0,57	9,29	0,00	1,48	0,00
6_Jul 13	Rionegro	1	0,60	5,00	0,00	28,85	0,07	3,44	0,00	8,88	0,00
		2	1,20	10,00	0,00	29,20	0,00	4,74	0,00	7,40	0,00
		3	1,30	12,00	0,00	29,60	0,00	5,35	0,00	11,80	0,00
		4	1,50	13,00	0,00	29,65	0,07	7,26	0,00	7,40	0,00
	Marirrió	5	1,50	7,00	0,00	27,90	0,00	3,81	0,00	2,96	0,00
		6	1,30	10,00	0,00	29,40	0,00	8,60	0,00	0,00	0,00
		7	0,50	9,00	0,00	29,15	0,21	26,60	0,00	0,00	0,00
		8	1,50	11,00	0,00	29,00	0,14	6,16	0,00	1,48	0,00
7_Ago 13	Rionegro	1	2,50	11,00	0,00	28,80	0,00	7,53	0,00	2,96	0,00
		2	1,40	5,00	0,00	28,55	0,07	3,79	0,00	0,00	0,00
		3	1,60	10,00	0,00	28,95	0,07	5,29	0,00	0,00	0,00
		4	2,30	15,00	0,00	29,40	0,14	10,30	0,00	14,80	0,00
	Marirrió	5	1,80	10,00	0,00	28,05	0,07	4,09	0,00	1,48	0,00
		6	0,70	10,00	0,00	28,40	0,42	14,60	0,00	7,40	0,00
		7	0,90	7,00	0,00	27,65	0,07	10,20	0,00	2,96	0,00
		8	0,80	6,00	0,00	28,25	0,21	8,19	0,00	7,40	0,00
8_Sep 13	Rionegro	1	2,70	20,00	0,00	28,45	0,08	8,65	0,00	2,96	0,00
		2	1,30	19,00	1,41	29,04	0,01	8,87	0,00	0,00	0,00
		3	2,40	23,00	0,00	29,28	0,21	7,23	0,00	0,00	0,00
		4	2,20	17,50	3,54	29,43	0,01	7,63	0,00	4,44	0,00
	Marirrió	5	2,10	15,00	0,00	28,00	0,00	7,47	0,00	0,00	0,00
		6	1,00	16,00	0,00	28,53	0,01	9,18	0,00	2,96	0,00
		7	1,00	14,00	0,00	27,96	0,37	7,35	0,00	2,96	0,00
		8	1,10	13,00	0,00	27,65	0,18	6,16	0,00	10,36	0,00
9_Oct 13	Rionegro	1	2,30	9,00	0,00	30,57	0,04	3,30	0,00	4,44	0,00
		2	1,40	12,00	0,00	31,49	0,13	8,20	0,00	4,44	0,00
		3	2,20	18,00	0,00	31,24	0,13	6,60	0,00	2,96	0,00
		4	1,90	22,00	0,00	30,15	0,00	7,80	0,00	2,96	0,00
	Marirrió	5	1,60	20,00	0,00	28,16	0,01	6,25	0,00	4,44	0,00
		6	0,80	16,00	0,00	28,22	0,00	6,70	0,00	0,00	0,00
		7	0,60	10,00	0,00	27,63	0,01	6,93	0,00	1,48	0,00

		8	1,20	15,00	0,00	27,83	0,01	5,16	0,00	5,92	0,00
10_Nov 13	Rionegro	1	2,80	13,00	0,00	28,78	0,11	3,27	0,00	7,40	0,00
		2	1,20	15,00	0,00	29,85	0,27	3,74	0,00	7,40	0,00
		3	1,70	16,00	0,00	28,90	0,00	7,43	0,00	5,92	0,00
		4	2,20	15,00	0,00	28,84	0,10	4,79	0,00	0,00	0,00
	Marirrió	5	1,60	20,50	0,71	29,20	0,06	5,05	0,00	5,92	0,00
		6	1,30	15,00	0,00	27,82	0,04	4,14	0,00	7,40	0,00
		7	1,20	14,00	0,00	27,99	0,21	4,85	0,00	1,48	0,00
		8	0,40	5,00	0,00	27,87	0,06	4,58	0,00	23,68	0,00
11_Dic 13	Rionegro	1	2,10	14,50	0,71	27,96	0,19	5,60	0,00	5,92	0,00
		2	2,00	16,50	0,71	29,33	0,03	3,91	0,00	0,00	0,00
		3	1,50	16,50	2,12	28,31	0,07	4,35	0,00	0,00	0,00
		4	1,50	12,00	1,41	29,06	0,69	4,14	0,00	4,44	0,00
	Marirrió	5	2,00	20,00	0,00	28,60	0,04	9,16	0,00	7,40	0,00
		6	2,10	17,00	0,00	28,58	0,04	10,12	0,00	2,96	0,00
		7	1,40	17,50	2,12	28,77	0,06	7,78	0,00	11,84	0,00
		8	0,30	6,00	0,00	29,16	0,06	14,75	0,00	8,88	0,00
12_Ene 14	Rionegro	1	2,70	20,00	0,00	27,93	0,00	4,85	0,00	0,00	0,00
		2	1,70	20,50	0,71	27,60	0,01	6,70	0,00	2,96	4,19
		3	1,40	21,00	1,41	27,52	0,02	6,96	0,00	8,88	0,00
		4	1,70	19,50	0,71	27,55	0,07	6,30	0,00	0,00	0,00
	Marirrió	5	0,90	5,00	0,00	27,10	0,00	5,20	0,00	0,00	0,00
		6	0,80	5,00	0,00	27,38	0,01	6,20	0,00	0,00	0,00
		7	0,50	4,50	0,71	27,12	0,02	6,10	0,00	2,96	0,00
		8	0,70	4,00	0,00	27,43	0,04	4,70	0,00	17,76	0,00

12.5 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

Tabla de Pesos de los Componentes

Esta tabla muestra las ecuaciones de los componentes principales

	<i>Componente</i>	<i>Componente</i>	<i>Componente</i>
	1	2	3
Transparencia	0,221871	-0,569459	-0,170509
Salinidad	0,248188	-0,512188	-0,185258
Temperatura	0,374528	0,0557413	-0,625481
Seston	-0,224671	0,273236	-0,434482
Clorofila <i>a</i>	0,0409291	0,359573	0,103246
Ostreidae	0,199344	-0,215064	0,570506
Cardiidae	0,561224	0,30847	0,0392798
Abundancia Total	0,584844	0,254787	0,13757

Por ejemplo, el primer componente principal tiene la ecuación

$$0,221871 * \text{Transparencia} + 0,248188 * \text{Salinidad} + 0,374528 * \text{Temperatura} - 0,224671 * \text{Seston} + 0,0409291 * \text{Clorofila } a + 0,199344 * \text{Ostreidae} + 0,561224 * \text{Cardiidae} + 0,584844 * \text{Abundancia total}$$

En donde los valores de las variables en la ecuación se han estandarizado restándoles su media y dividiéndolos entre sus desviaciones estándar.

12.6 CIRCULACIÓN DEL GOLFO DE URABÁ

12.6.1 BAHÍA MARIRRÍO

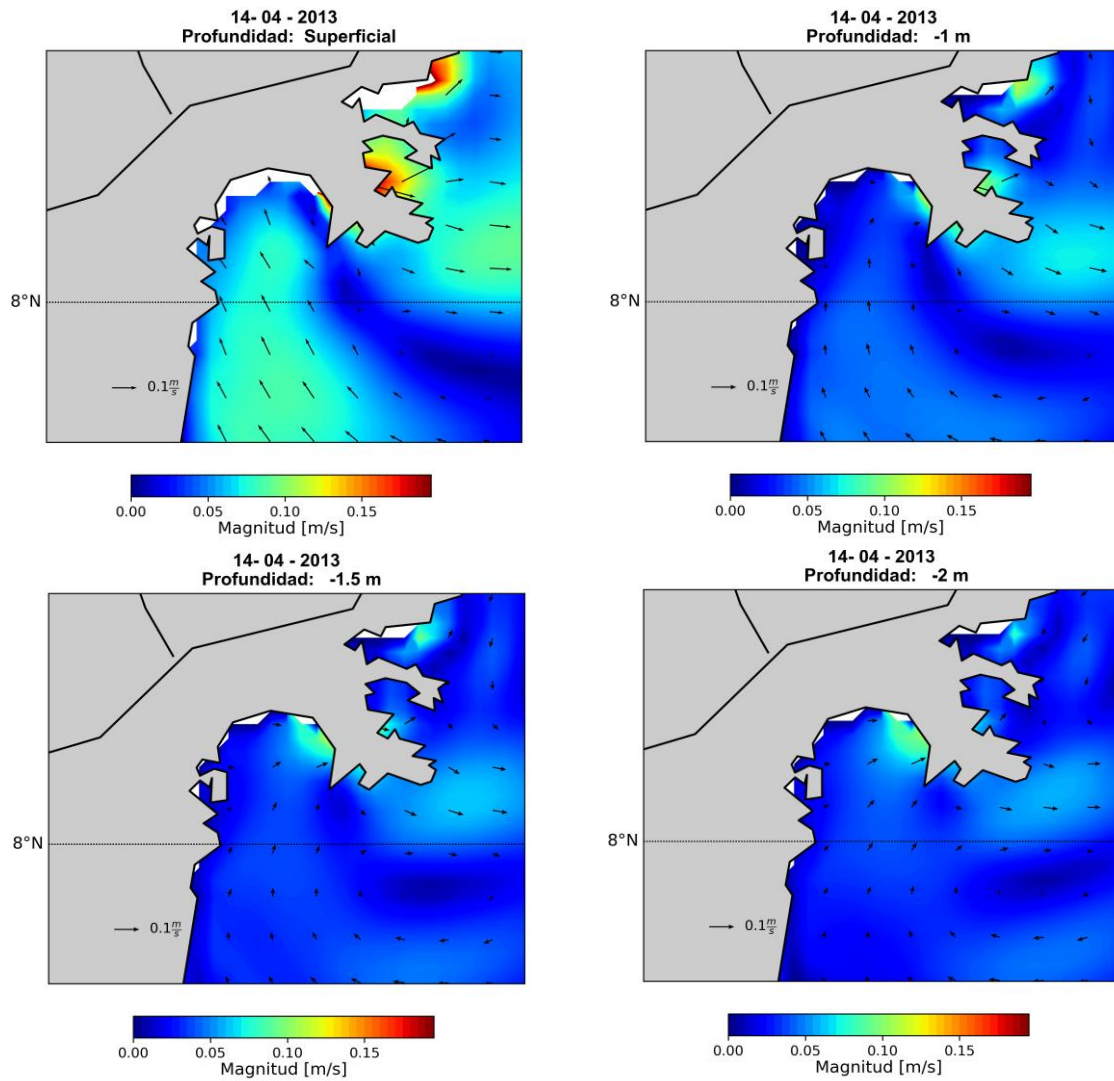


Figura 31. Patrones de Circulación de la Bahía Marirrío, abril de 2013. Fuente: Toro et al, 2019.

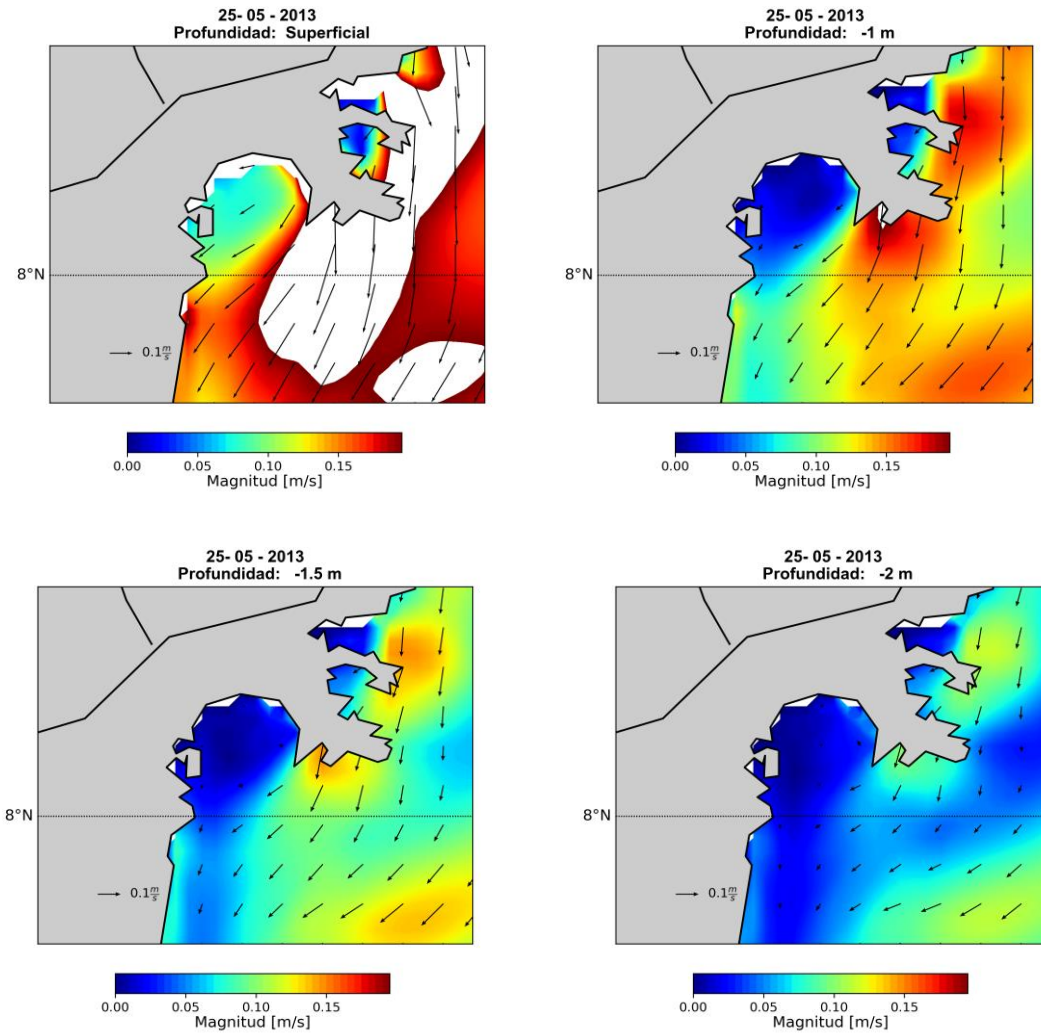


Figura 32. Patrones de Circulación de la Bahía Marirrió, mayo de 2013. Fuente: Toro et al, 2019.

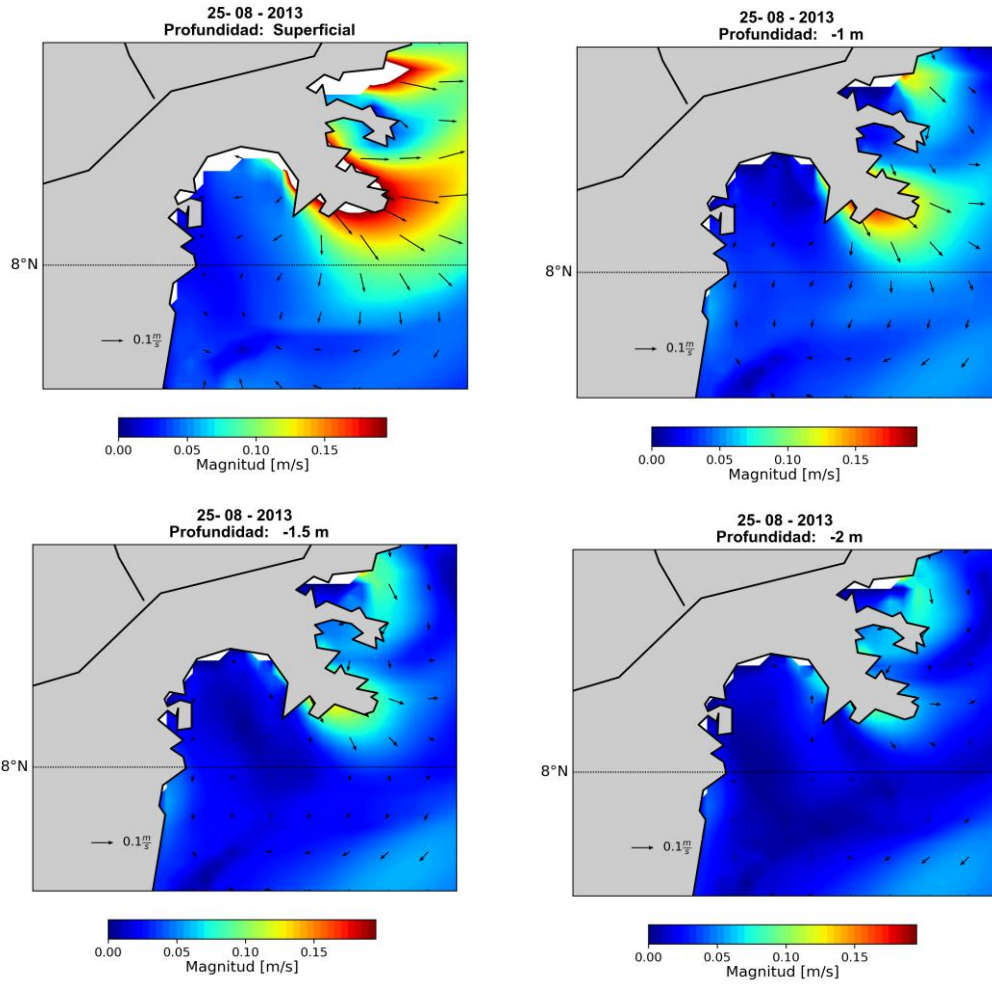


Figura 33. Patrones de Circulación de la Bahía Marirrío, agosto de 2013. Fuente: Toro et al, 2019.

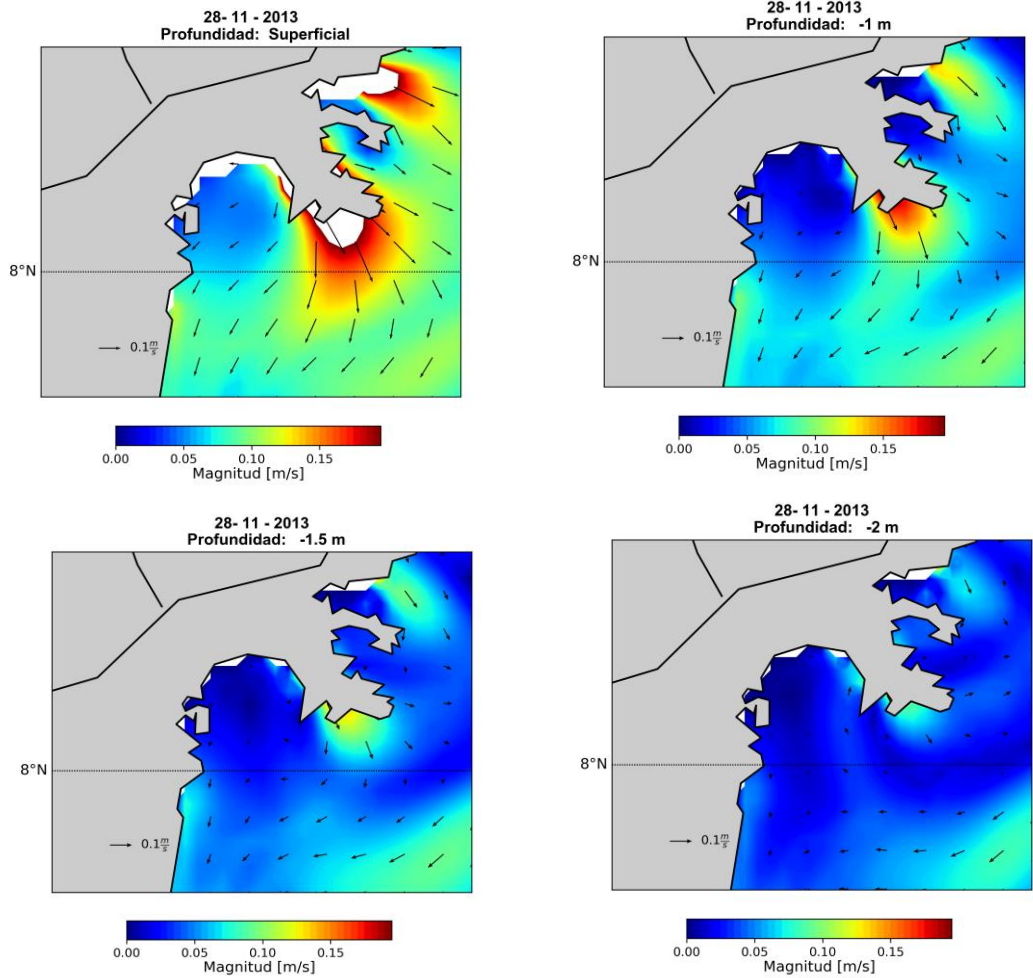


Figura 34. Patrones de Circulación de la Bahía Marirrío, noviembre de 2013. Fuente: Toro et al, 2019.

12.6.2 ENSENADA DE RIONEGRO

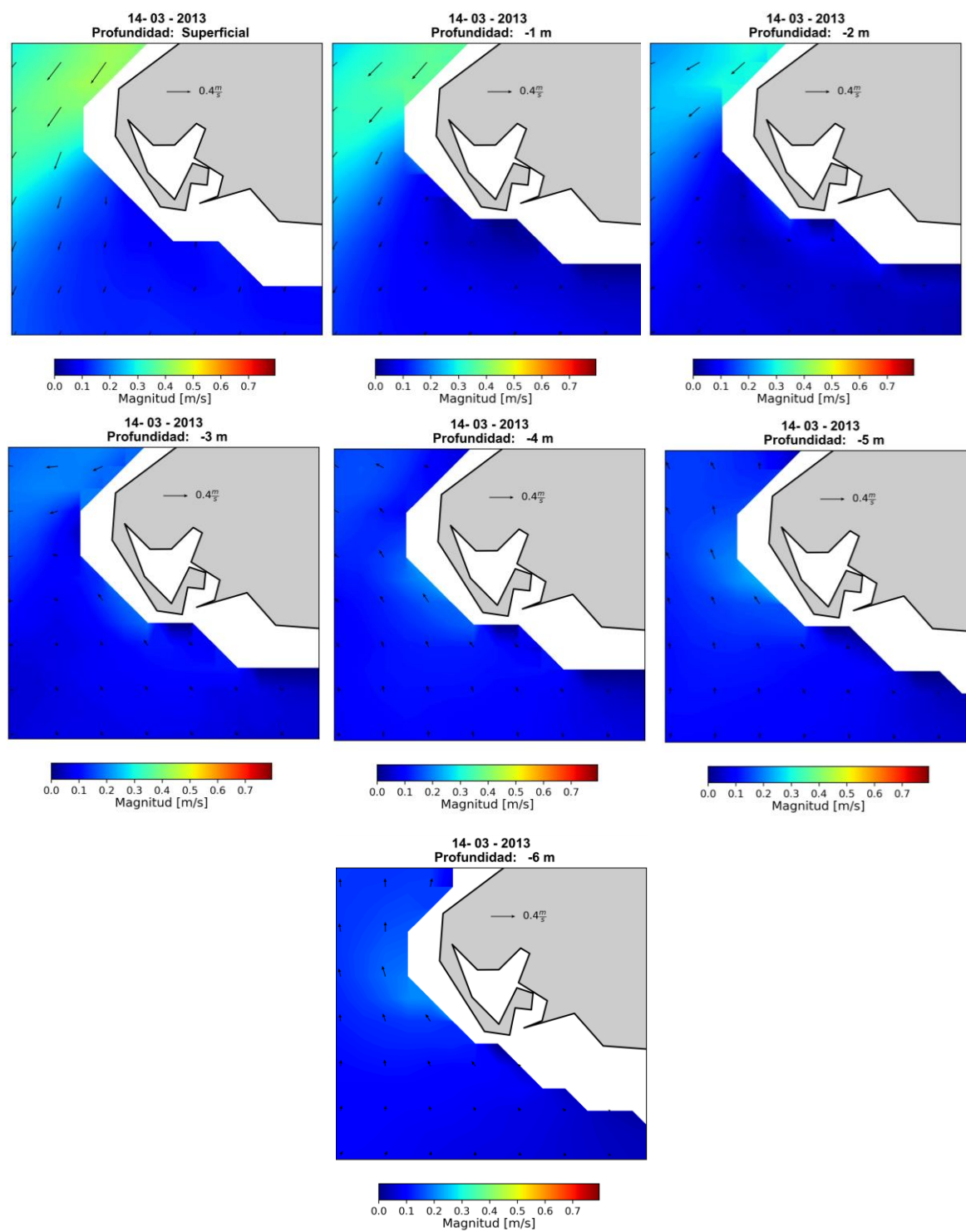


Figura 35. Patrones de Circulación de la Ensenada de Rionegro, marzo de 2013. Fuente: Toro et al, 2019.

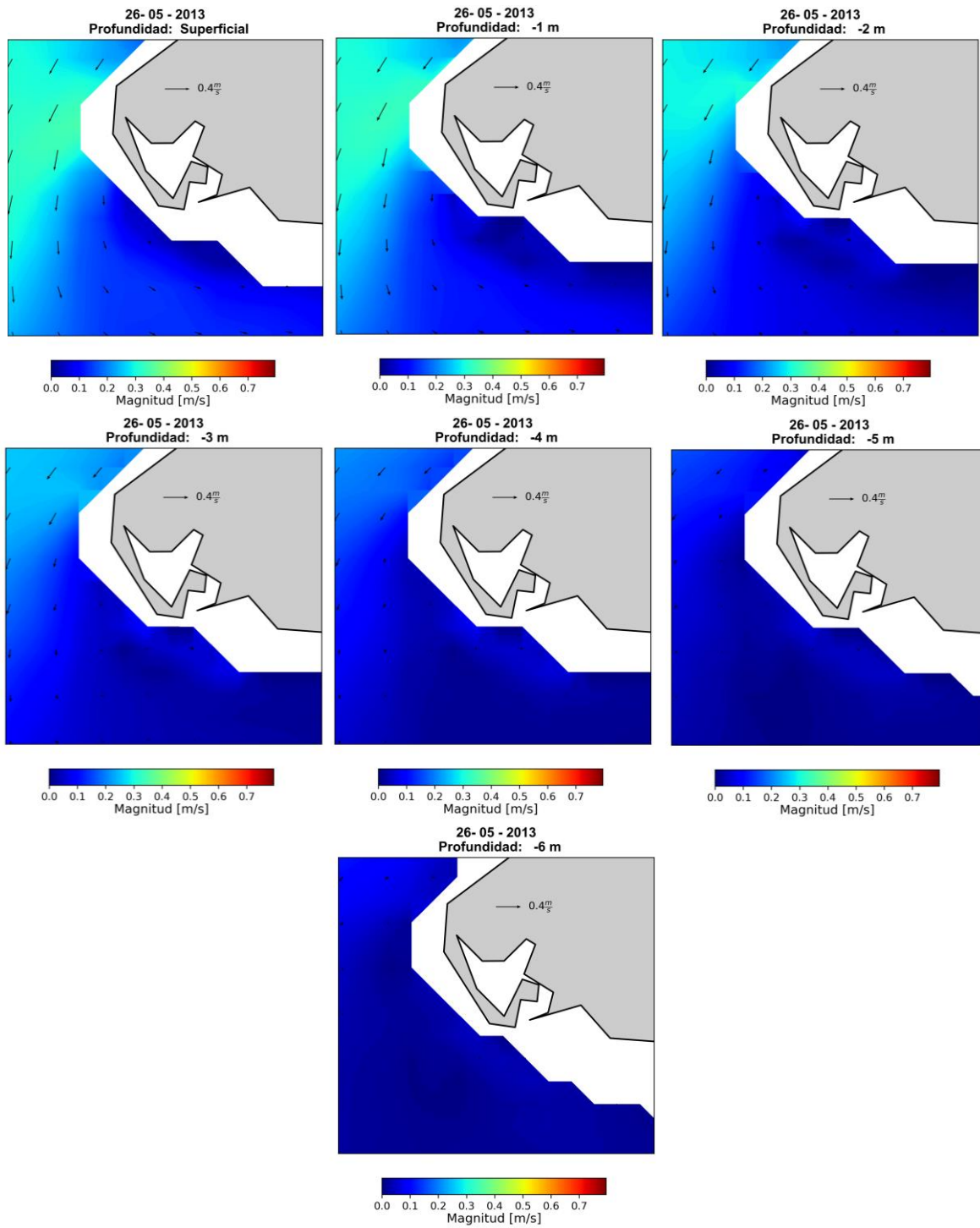


Figura 36. Patrones de Circulación de la Ensenada de Rionegro, mayo de 2013. Fuente: Toro et al, 2019.

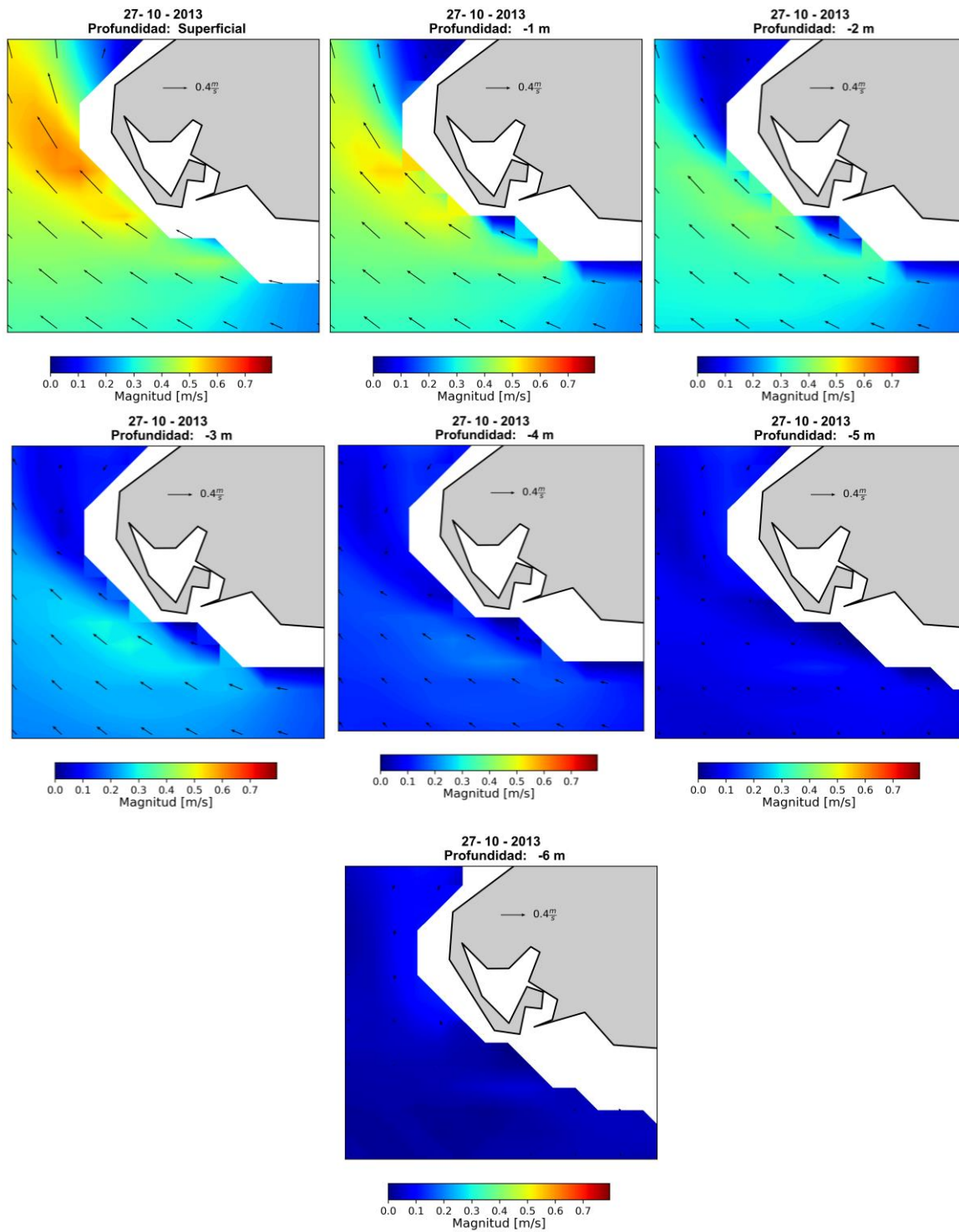


Figura 37. Patrones de Circulación de la Ensenada de Rionegro, octubre de 2013. Fuente: Toro et al, 2019.

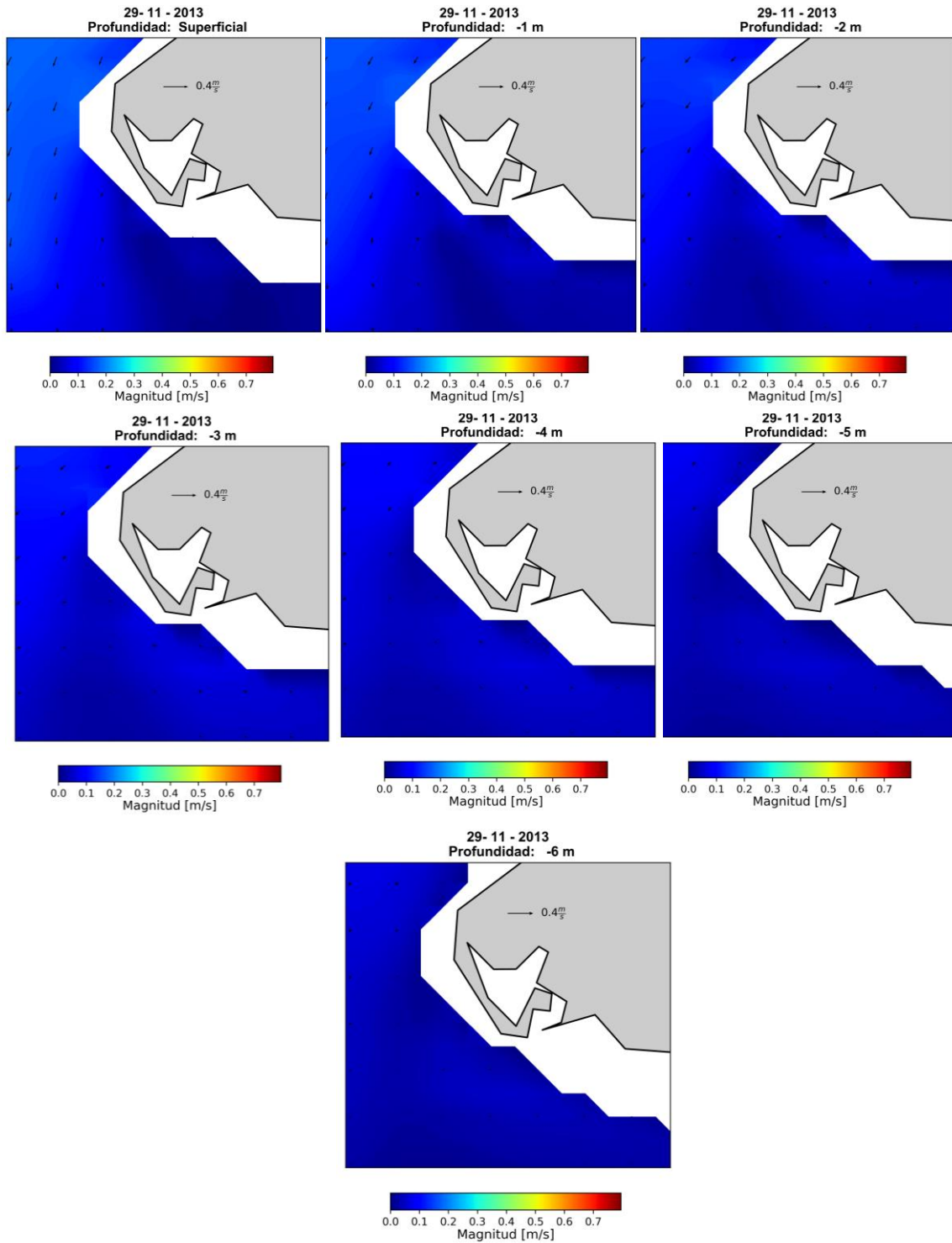


Figura 38. Patrones de Circulación de la Ensenada de Rionegro, noviembre de 2013. Fuente: Toro et al, 2019.