

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL IMPACTO CAUSADO POR LA BARCAZA TS-115 EN
EL ÁREA DE ANCLAJE DE PUERTO DRUMMOND, CIÉNAGA MAGDALENA, CARIBE
COLOMBIANO**

**PRESENTADO POR:
UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO**



**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO**



**PRESENTADO A:
DRUMMOND COLOMBIA**

**SANTA MARTA D.T.C.H.
ABRIL DE 2013**



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO

**Rectora
CECILIA MARIA VELEZ WHITE**

Sede Santa Marta

**Director
HERNANDO VALENCIA ABDALA**



RESUMEN EJECUTIVO

Ante la necesidad de evaluar los impactos producidos en el medio marino, tras las acciones de contingencia adelantadas por American Port Company Inc. (APCI) durante el conato de hundimiento de una de sus barcazas el pasado 13 de enero de 2013, el personal científico y técnico de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (Sede Santa Marta) adelantó un estudio integral con el propósito de estimar la magnitud y trascendencia ambiental del incidente, delimitando el radio de acción de dicha afectación. Para ello se llevaron a cabo desplazamientos a la zona e inspecciones submarinas con recolección de muestras; complementándose el análisis con una caracterización del estado actual de los componentes abióticos y bióticos más representativos del lugar (océano-atmósfera, condiciones edáficas, determinación de carbón acumulado, fitoplancton, zooplancton y bentos-infauna). En términos generales, las estaciones consideradas estuvieron distribuidas en áreas adyacentes a la Boya 23 (epicentro del evento) con una profundidad aproximada de 13 m, Canal de Acceso (por donde se remolcó la barcaza) y la Boya Roja de la parte somera a 3 m de profundidad (donde reflató y se logró su nivelación); así mismo, se tomaron tres estaciones como “referencia” fuera del área de Puerto Drummond, correspondiendo a puntos frente a PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero, siguiendo la longitud 74° 15' W hacia el norte.

A pesar de ser el recurso íctico una medida de estrés ambiental importante, no se incluyó en el estudio su estimación, debido a que los peces son organismos móviles que tienen la capacidad de desplazarse frente a una condición adversa, evadiendo cualquier situación que ponga en riesgo su desarrollo y/o sobrevivencia. Adicionalmente, la visibilidad del área en general no supera los 2 m, limitando el empleo de métodos por detección (censos visuales), y si bien la evaluación de la pesca artesanal marítima que se efectúa en la zona podría revisarse, el análisis de la composición de especies desembarcadas así como de los volúmenes de captura en biomasa y número de individuos con respecto al esfuerzo demandado por las unidades económicas de pesca, no son viables para determinar los impactos de un derrame puntual de carbón mineral, aunque son indicadores en el mediano y/o largo plazo tanto de cambios naturales como de posibles efectos de las



actividades antrópicas. En este sector de hecho, no se permite la pesca y la reducción en los desembarcos en sitios aledaños puede ser producto de otras razones como la sobrepesca, la contaminación, la extracción histórica y sostenida de ejemplares por debajo de su talla de madurez sexual e incluso por el uso de artes nocivos como la changa que opera en áreas aledañas.

La climatología de la zona costera del Departamento del Magdalena, por su parte, se evaluó a partir de información meteorológica del Centro de Observación Marina Tadeísta (COMARTA); específicamente se tuvo en cuenta la velocidad y dirección del viento a 10 m de altura para los meses de enero y febrero de 2013, así como para los mismos meses del año 2010 a 2012. Los análisis de altura de la ola se realizaron mediante las bases de imágenes satelitales del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) de la Armada Nacional de Colombia. Se definió una grilla de 40 estaciones para la determinación de las variables fisicoquímicas de la columna de agua y del establecimiento de la zona fótica. Los resultados mostraron un comportamiento típico a la tendencia histórica registrada desde hace tres años atrás (vientos de alta velocidad con máximas de 15,2 m/s y una dirección de salida entre SW y WNW para la época, olas con alturas significativas de hasta de 4 m, las cuales se desplazan en dirección SSW, con una frecuencia relativa superior al 90 %).

Se evidenció un rango de temperatura de 25,20 °C a 30,60 °C, mientras que la salinidad fluctuó entre 29,90 y 37,6 UPS. Los valores de estas dos variables se encuentran dentro de los rangos históricos reportados para la plataforma continental del Departamento del Magdalena, destacando que los bajos valores de salinidad obtenidos en algunas estaciones (~30 UPS) de Puerto Drummond corroboran los aportes de aguas continentales por cuerpos lagunares costeros como la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Los valores registrados para el pH oscilaron entre 8,07 y 8,24, siendo coincidentes con las tendencias de esta variable en la plataforma continental del Golfo de Salamanca. Para el caso del oxígeno disuelto, los niveles fluctuaron desde 49,64 % hasta 100,98 % reflejando aguas subsaturadas, producto de la alta carga de materia orgánica que afecta la región por los aportes de aguas continentales, principalmente influenciados en ésta época climática por la CGSM. En términos de temperatura, salinidad y pH, la zona presenta niveles típicos y adecuados para sistemas tropicales y acorde a los registros



históricos que existen para la región del Magdalena, resaltando que no se evidencian aguas acidificadas en superficie como tampoco en fondo.

Con el fin de determinar las condiciones edáficas del sector, fueron procesadas 47 muestras de sedimento, recolectadas con una draga Van Veen de área 0,05 m² en las estaciones de la Boya 23, Boya Roja, boyas B1, B5, B11, B17 del canal de acceso y en tres estaciones de referencia (PRODECO, Bello Horizonte y Rodadero). En la mayor parte de las muestras el material con el más alto porcentaje fue cieno, lo cual puede indicar que todos estos materiales finos que conforman el sedimento provienen de procesos de suspensión en la zona. En la Boya 23 se obtuvo un porcentaje promedio alto ($81,53 \pm 5,41$ %), mientras que en la Boya Roja se presentó el más bajo ($52,88 \pm 17,83$ %) por estar en la parte más somera donde sobresalen el grano fino y grueso. Las arenas muy finas le siguieron en porcentaje, ya que estas partículas se transportan fácilmente a través de la columna de agua y por ende dominan en casi todo el sedimento. En ese sentido, en términos generales se infiere que en el sector predominan los cienos y que la estructura de estos es homogénea, concordando con la composición del grano en las estaciones de referencia, que reportan un valor promedio alto de cieno de $73,45 \pm 4,66$ %.

En cuanto se refiere a los valores de materia orgánica, sí existe una heterogeneidad en el área, entre 0,41% y 3,92 %, resultado de los cambios en profundidad y tamaño de grano por la distancia entre las boyas evaluadas (Boya 23: 2,21 % y Boya Roja 1,53 %), permitiéndose un gradiente batimétrico. Además, es importante mencionar que el tramo noreste de la Boya 23 evidencia los mayores porcentajes de materia orgánica con respecto al resto de los cuadrantes, coincidiendo con el sitio de mayor acumulación de carbón; quizás debido a su propiedad física de absorber y captar materia orgánica, lo cual sería de gran relevancia confirmar. Para las estaciones de referencia los valores obtenidos fueron PRODECO 3,95 %, Bello Horizonte 2,04 % y Rodadero con 6,00 %.

Con relación a los carbonatos, el rango en general del área muestreada se encontró entre 0,73 % y 11,45 %, porcentajes que fueron mayores en las estaciones someras posiblemente debido a la presencia de fragmentos de conchas de moluscos, principalmente bivalvos y gasterópodos, con un promedio menor de 7,13 % para las estaciones ubicadas al oeste y de 10,39 % al este de la Boya Roja; según la clasificación



calcimétrica de los sedimentos, los valores obtenidos se ubican en el rango de 0 % a 15 %, caracterizándose por ser del tipo litoclástico.

Para cuantificar el porcentaje en peso del carbón mineral presente en el área, de cada muestra de sedimento tomada se extrajeron cuatro submuestras de 150 g cada una, que fueron secadas y tamizadas (250 μ m). El contenido de carbón fue separado por esteroscopia, cuantificado por gravimetría y extrapolado a porcentaje considerando la fracción total retenida en el filtro. Los porcentajes de carbón mineral no quemado presentes en la Boya 23 ($0,88 \pm 0,65$ % mínimo y $99,56 \pm 0,71$ % máximo), en las boyas del Canal de Acceso evaluadas ($14,02 \pm 5,29$ % y $40,00 \pm 27,70$ %) y en la Boya Roja ($0,27 \pm 0,07$ % y $2,12 \pm 1,2$ %) fueron mayores a los estimados en 2011 y aún más altos en la Boya 23, como posible consecuencia del incidente. En las estaciones de referencia se obtuvieron valores de PRODECO: $0,76 \pm 0,60$ %; Bello Horizonte: $0,13 \pm 0,02$ % y Rodadero $0,58 \pm 0,65$ %).

Desde el punto de vista de las comunidades biológicas asociadas a la columna de agua, se evaluó la estructura del ensamblaje fitoplanctónico y zooplanctónico en el sector de Puerto Drummond. Se siguió la misma grilla de muestreo aplicada a las condiciones fisicoquímicas del agua, y se tomaron 70 muestras de agua para caracterizar fitoplancton, zooplancton y cuantificar fotopigmentos. En total se encontraron 163 especies/taxa que incluyen 13 morfotipos fitoplanctónicos; la dominancia estuvo dada principalmente por diatomeas (Bacillariophyceae) y dinoflagelados (Dinophyceae), siendo las especies más frecuentes *Rhizosolenia* sp. 2, *Thalassionema nitzschioides*, *Bacillaria* sp., *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia* sp., *Coscinodiscus radiatus*, *Asterionella glacialis*, *Cerataulina pelagica*, *Leptocylindrus danicus*, *Guinardia flaccida*, *Guinardia striata*, *Rhizosolenia imbricata* y *Rhizosolenia setigera*. Estas especies son típicas de las aguas costeras del Departamento del Magdalena, y la alta representatividad de las diatomeas evidencia que en el área existe un constante aporte de silicio mediado por la surgencia o por los aportes continentales. *A. glacialis* se caracterizó por ser la especie de mayor densidad alcanzando una abundancia relativa del 10,63 %. El análisis de fotopigmentos refleja una mayor tendencia a presentar concentraciones elevadas de clorofila *a* que de feopigmento *a*, excepto en la Boya Roja,.

A nivel de zooplancton, se identificaron 40 familias y 10 morfotipos, distribuidos taxonómicamente en 9 phyla, 10 clases y 16 órdenes. Entre la categoría de clase,



Maxillopoda (35,29 %) y Malacostraca (29,41 %) fueron las más representativas. De esta manera, la comunidad zooplanctónica estuvo conformada por zoopláncteres típicos de aguas costeras y oceánicas del departamento del Magdalena y otras regiones del Caribe colombiano. La densidad total registrada osciló entre 38,22 – 3.779,91 ind./m³, la cual en comparación con otras zonas analizadas en el Caribe colombiano fue mayor. De acuerdo a los atributos ecológicos, se presentó una alta dinámica entre las boyas y los sectores muestreados.

Se analizaron 47 muestras de sedimento para estudiar la comunidad bentónica-infaunal, distribuidas en las cuatro (4) áreas mencionadas previamente (Boya 23, Canal de Acceso, Boya Roja y estaciones de referencia), encontrándose un total de 59 familias/taxas donde las más importantes fueron Polychaeta (clase) con 65 %, Crustácea (subphylum) con 14 % y Mollusca (phylum) con el 13 % respectivamente. En cuanto a las densidades obtenidas, la mayor se presentó en la estación 14 de la Boya Roja con 163 ind/0,1 m² y la menor en la estación 4 en la Boya 23 con 2 ind/0,1 m². Las familias/taxas más representativas para cada área fueron: Boya 23 – Spionidae (Polychaeta) 15,45 %, Canal de Acceso – Amphipoda (Crustacea) 22,60 %, Boya Roja - Spionidae 16,28 % y en las estaciones de referencia- Lumbrineridae (Polychaeta) 16,98 %. La composición y abundancia reportadas son similares a los estudios realizados anteriormente en la zona (área de anclaje de Puerto Drummond). De acuerdo a los resultados de los informes disponibles y proporcionados por la Empresa desde el 2009 hasta el 2012, se evidencia que las familias de poliquetos coinciden con las obtenidas en el presente estudio en más del 80%, destacándose las familias Magelonidae, Spionidae, Lumbrineridae, Glyceridae, difiriendo con la familia Maldanidae, la cual sí fue representativa para este caso. También se pudieron apreciar algunos pequeños organismos epifaunales (Péctinidos y Cirripedios), establecidos sobre los grandes fragmentos de carbón; esto se explica como una situación temporal en donde sus larvas oportunistas, encontraron un sustrato adecuado para asentarse, sin embargo, no se espera que prosperen o que causen un impacto negativo en el área.

Con base en los resultados hallados para los diferentes componentes bióticos y abióticos considerados, se procedió a efectuar la evaluación del impacto ambiental, empleándose el método de interacción causa-efecto (matriz de Leopold modificada), el cual implica la identificación, predicción y cuantificación de los impactos. Para su cuantificación, se



determinó su magnitud, intensidad, radio de acción, duración, incidencia, sinergia y reversibilidad; de manera cualitativa, estos fueron clasificados en bajos, medios, altos y muy altos.

Cabe aclarar que la afectación de todos los componentes analizados es del tipo sinérgica, es decir los efectos causados provienen de un mismo disturbio. El análisis evidenció también que el componente fitoplanctónico y zooplanctónico presentaron impactos de magnitud media con radio de acción reducido. Se infiere que durante el incidente estos organismos se vieron afectados en el momento del vertimiento, debido a que las partículas del carbón se mezclaron temporalmente con el agua marina, precipitándose en el fondo por los procesos físicos de decantación; se considera entonces, un impacto reversible que puede recuperarse y volver al estado previo al disturbio. Lo anterior se ve reflejado ya que en la actualidad se observa que la riqueza, densidad y diversidad del fitoplancton es bastante homogénea en toda el área de estudio, mostrando una comunidad joven, fotosintéticamente activa y en fase de crecimiento exponencial. En cuanto al zooplancton, los altos valores de familias, riqueza de Margalef, diversidad y uniformidad, indican actualmente una comunidad saludable y típica para la región tropical.

En relación con el grupo bentónico-infaunal, se observó una magnitud baja y un radio de acción focal, sin extenderse a otras áreas, y aunque sin duda la presencia de partículas de carbón llegó a modificar el sedimento, esto no se puede establecer como una alteración perjudicial para su fauna acompañante, ya que los diferentes organismos que se evidenciaron, tienen la capacidad de responder a las alteraciones ambientales y adaptarse a los cambios para mantener su equilibrio. Los grupos epibentónicos que se apreciaron ocupando los fragmentos de carbón, no tienden a modificar los valores de composición ni diversidad reportados para la zona; hay una alta probabilidad de que sus estadíos larvales o fases planctónicas, estén circundando por el área a merced de las corrientes y ante la oportunidad de encontrar un sustrato adecuado, lo aprovechan para asentarse en él.

Se resalta que el incidente ocurrido el día 13 de enero del año en curso, junto con las acciones de contingencia tomadas por APCI, afectaron directamente el componente edáfico en cuanto al tipo de grano predominante, con una magnitud baja, radio de acción focal, duración permanente e irreversible. Este mineral quedó inmerso en la dinámica del suelo cienoso, de textura viscosa, haciendo parte de los procesos de consolidación,



compactación temporal y/o resuspensión eventual (efectos mares de leva), a los que están sujetos los fondos blandos, sin evidenciarse un desmejoramiento de la calidad ecológica de los mismos.

El impacto fue significativo para el lecho marino, en particular en el área específica del derrame y acumulación del carbón vertido, estimada y aproximada entre 10200 m² a 11100 m² (dependiendo de la aplicación de los programas de determinación de áreas implementados como el Coral Point Counter CPCe y el ImageJ), con fragmentos de carbón entre medianos (3.8 cm a 6.7 cm) y grandes (6.8 cm a 12.2 cm). En general la menor proporción del efecto referido, se da en el tramo circundante al “montículo de carbón” (entre 25.700 m² a 29.900 m²), en donde se apreciaron pequeños fragmentos del mineral (0.4 cm a 3,7 cm) y, de forma indirecta en el área adyacente a éstas (entre 80.300 m² a 89.500 m²), en la cual se evidenciaron restos de polvillo (de 0.05 mm a 0.08mm) que delimitan el máximo radio de dispersión del mismo. De ésta manera, se demarca un área total aproximada de 116.200 m² a 130.500 m², con diferentes niveles de afectación.

Con respecto a lo anterior cabe recomendar que, dada la forma en que se encuentra el carbón en el lecho marino (embebido dentro del cieno viscoso que tipifica el sedimento y que a manera de trampa lo retiene) y con el fin de evitar mayores alteraciones al medio, no se considera pertinente ni favorable ambientalmente que se proceda a remover, retirar o sustraer el mineral vertido ante la contingencia del conato de hundimiento de la Barcaza TS-115; ésta acción impactaría fuertemente al actual sustrato y la compleja inestabilidad que lo caracteriza, generando también nuevas alteraciones en las comunidades infaunales y planctónicas y, en los factores fisicoquímicos de la columna de agua.

De acuerdo al Diagnóstico Ambiental realizado, se puede inferir que si bien los porcentajes de carbón estimados para las diferentes estaciones evaluadas, reflejan la presencia conspicua de carbón mineral en algunos de éstos puntos muestreados, un mes después de haberse presentado el conato de hundimiento en el sector de la Boya 23 de Puerto Drummond, las condiciones fisicoquímicas en el área impactada, así como de las comunidades biológicas asociadas a la columna de agua (i.e. fitoplancton, zooplancton) y del fondo marino (i.e. infauna), no presentan en general características físico químicas ni biológicas diferentes a las de áreas adyacentes al incidente, no impactadas por el mismo.



INTRODUCCIÓN GENERAL

A nivel latinoamericano, Colombia es el país con las mayores reservas de carbón (aproximadamente 16.992 millones de toneladas (Mt) y se ubica en el sexto lugar de exportaciones a nivel mundial), siendo este el mineral que produce el porcentaje más significativo de divisas y representa el segundo renglón de las exportaciones nacionales. En ese sentido, el carbón extraído agrupa el 47 % de la actividad minera, generando empleo y participando con el 1 % del producto interno bruto (PIB), con un poco más de 3,4 billones de pesos (Banco de la república, 2008; UPME, 2005). La razón de esto, es que el carbón de origen colombiano se considera de alta calidad por su bajo contenido de cenizas y azufres, así como por su poder calorífico.

En la actualidad, el aprovechamiento de los yacimientos de carbón involucra ocho zonas de explotación para las que se proyecta que en 2015 la producción aumente en un 82,2 % frente a la producción registrada para el año 2007 (UPME, 2007), siendo los departamentos de Guajira y Cesar los que registran los aportes más significativos en términos de toneladas extraídas (Ingeominas, 1998). Específicamente en el Magdalena, se ha presentado un gran avance en el desarrollo de actividades portuarias con enfoque hacia la exportación de carbón mineral. Dentro de las entidades que realizan operaciones de almacenamiento y exportación de carbón en el margen costero del Departamento, se encuentran la Sociedad Operadora de Carbón en Santa Marta CARBOSAN LTDA., la Sociedad C.I. PRODECO S.A., Puerto Drummond y la Sociedad Portuaria de Ciénaga, donde laboran C.I. Carbones del Caribe S.A. y Embocarbón S.A

Dado lo anterior, así como la proximidad a las zonas costeras, el sector nororiental del País es el área geográfica de donde podría provenir en mayor porción los volúmenes de producción y las exportaciones. Esto explica que el distrito de Santa Marta y sus alrededores funcionen como puntos estratégicos para la extracción y el transporte de carbón, generado principalmente de la explotación del recurso en el Cesar (Departamento Nacional de Planeación, 2008).

Las actividades de almacenaje, transporte y cargue de carbón en los puertos marítimos implican el uso de cintas transportadoras y palas para transferir el carbón mineral desde



las tolvas a las barcazas y de allí, a los barcos cargueros; durante este proceso, el carbón se encuentra expuesto al aire libre, causando que partículas de carbón se viertan al mar por acción del viento, contaminando amplias zonas marinas costeras. Así mismo, existe el riesgo de hundimiento de las barcazas cerca de la costa con el consecuente vertimiento del mineral al fondo marino; en este sentido, aunque el carbón no produce impactos por derrames o fugas como los que ocurren con los combustibles y/o el gas, el carbón conduce a otros efectos (INVEMAR, 2002), entre ellos están la acumulación del polvo de carbón en el fondo, la generación de sulfuros por reacción química con el agua, la producción de ácido sulfuroso y sulfúrico, además del impacto paisajístico en playas turísticas (INVEMAR, 2001).

Drummond, comenzó su construcción en el municipio de Ciénaga entre 1993 y 1995 y un año después realizó la primera exportación (Drummond, 2013), representando en ese entonces cerca del 16 % de carbón que se comercializa a nivel nacional (Viloria de la Hoz, 1998). En dicho terminal se efectúa la recepción de carbón proveniente de la mina Pribbenow localizada en La Loma – Cesar (UPME, 2005). Este carbón se caracteriza por poseer porcentajes de humedad que fluctúan entre 10,3 y 11,4 %, cenizas variando entre 5,6 y 10,3 %, material volátil que oscila entre 33,4 y 36,8 %, carbono fijo entre 47,3 y 66,6 %, azufre total de 0,6 a 0,7 % y un poder calorífico que fluctúa entre 10,867 a 11,616 (BTU/Lb) (UPME, 2005). Estas características categorizan este carbón mineral como bituminoso, el cual tiene alta demanda y elevado valor comercial (Ahrens y Morrisey, 2005).

En ese sentido, es evidente que la actividad carbonífera en Santa Marta y sus alrededores está manejada por grandes empresas que dados sus ingresos anuales y la magnitud de su operación, proporcionan vastas sumas de dinero representadas en regalías. Sin embargo, además de las regalías y las compensaciones que deben entregar de manera directa o indirecta a los entes territoriales, dada la naturaleza de la actividad carbonífera, dichas empresas deben responder a las obligaciones impuestas en el Plan de Manejo Ambiental, a través de las cuales se busca mitigar los impactos y propender al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones involucradas de alguna manera en el proceso de aprovechamiento y comercialización del carbón (Defensoría del Pueblo, 2010).



Sin embargo, la descarga de sustancias potencialmente perjudiciales al medio por eventos accidentales y operaciones portuarias, es quizás el impacto que despierta mayor interés no sólo al interior de las Autoridades Ambientales sino de la comunidad en general. De hecho, las primeras exigen la creación e implementación de Planes de Contingencia por parte de las empresas carboníferas que pretenden garantizar un manejo eficiente de los sectores administrativo, humano, técnico y económico ante una situación de desastre o calamidad (Carrillo, 2010).

Ante la necesidad de evaluar los impactos producidos en el medio marino, tras las acciones de contingencia adelantadas por la compañía Drummond, durante el hundimiento parcial de una de sus barcasas el pasado 13 de enero de 2013, el personal científico y técnico de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (Sede Santa Marta), adelantó un estudio integral con el propósito de estimar la magnitud y trascendencia ambiental del incidente, delimitando el radio de acción de dicha afectación. Es posible analizar el carácter significativo de los impactos (tras definir si son positivos o negativos, de corto o de largo plazo y acumulativos, entre otros aspectos) para posteriormente, valorarlos y jerarquizarlos en pro de la creación u optimización de los planes de manejo ambiental, efectuando la toma de decisiones desde éste punto de vista (SEMARNAT, 2002 y Espinoza, 2001) por tal motivo, el presente documento expone los diferentes componentes considerados en la evaluación del evento, un mes después de su ocurrencia y el Diagnóstico Prospectivo de los impactos puntuales ocasionados.

Cabe resaltar que no se incluyó la evaluación del recurso íctico debido a que por un lado los peces son organismos móviles que tienen la capacidad de desplazarse frente a una condición adversa, evadiendo cualquier situación que ponga en riesgo su desarrollo y/o sobrevivencia; además sus desplazamientos ocurren inmediatamente se presenta la variación en el ambiente. En este sentido y habiendo ocurrido el incidente de conato de hundimiento de la barcaza TS-115 un mes antes del inicio del estudio, es poco probable lograr detectar cambios en las comunidades móviles, como lo son los peces. En segundo lugar, la visibilidad del sector no supera los 2 m, lo cual es una de las mayores limitantes al emplear métodos de evaluación por detección para comunidades de peces. Es así, como de haberse realizado algún tipo de censo visual es probable que no se hubiera registrado la presencia de ningún organismo, no por consecuencia del derrame del carbón, sino por el efecto de éste factor en el sector.



Otra de las estrategias empleadas para la evaluación del impacto del mineral en los peces, es la evaluación de la pesca artesanal marítima que se efectúa en una zona. El análisis de la composición de especies desembarcadas, así como de los volúmenes de captura en biomasa y número de individuos, con respecto al esfuerzo de pesca empleado por las Unidades Económicas de Pesca son indicadores en el mediano y/o largo plazo de los cambios en la condición ambiental y en posibles efectos de las actividades humanas. No obstante estas metodologías de evaluación no son viables para determinar los efectos puntuales de un derrame de carbón mineral. En este sector de hecho no se permite la pesca y la reducción en los desembarcos en sitios aledaños es producto de otras razones como la sobrepesca, la contaminación, la extracción histórica y sostenida de ejemplares por debajo de su talla de madurez sexual e incluso por el uso de artes nocivos como la changa que opera en áreas aledañas. Es así como a pesar de la importancia del recurso íctico como indicador del estrés ambiental, para este caso se considera poco pertinente evaluar éste componente.

ÁREA DE ESTUDIO

La región de Bocas de Ceniza a Punta Gloria de la que hace parte el área de estudio, está caracterizada por la presencia de una plataforma continental estrecha frente a Bocas de Ceniza, estructurada por la presencia de cañones submarinos formados por la desembocadura del río, hacia el este, antiguo delta del Magdalena (Corpes, 1992; Erffa, 1973), continuando con una extensión de la plataforma continental hasta ser máxima frente a la Ciénaga Grande de Santa Marta y reducirse cerca de Santa Marta debido a la influencia de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figuras 1 y 2).

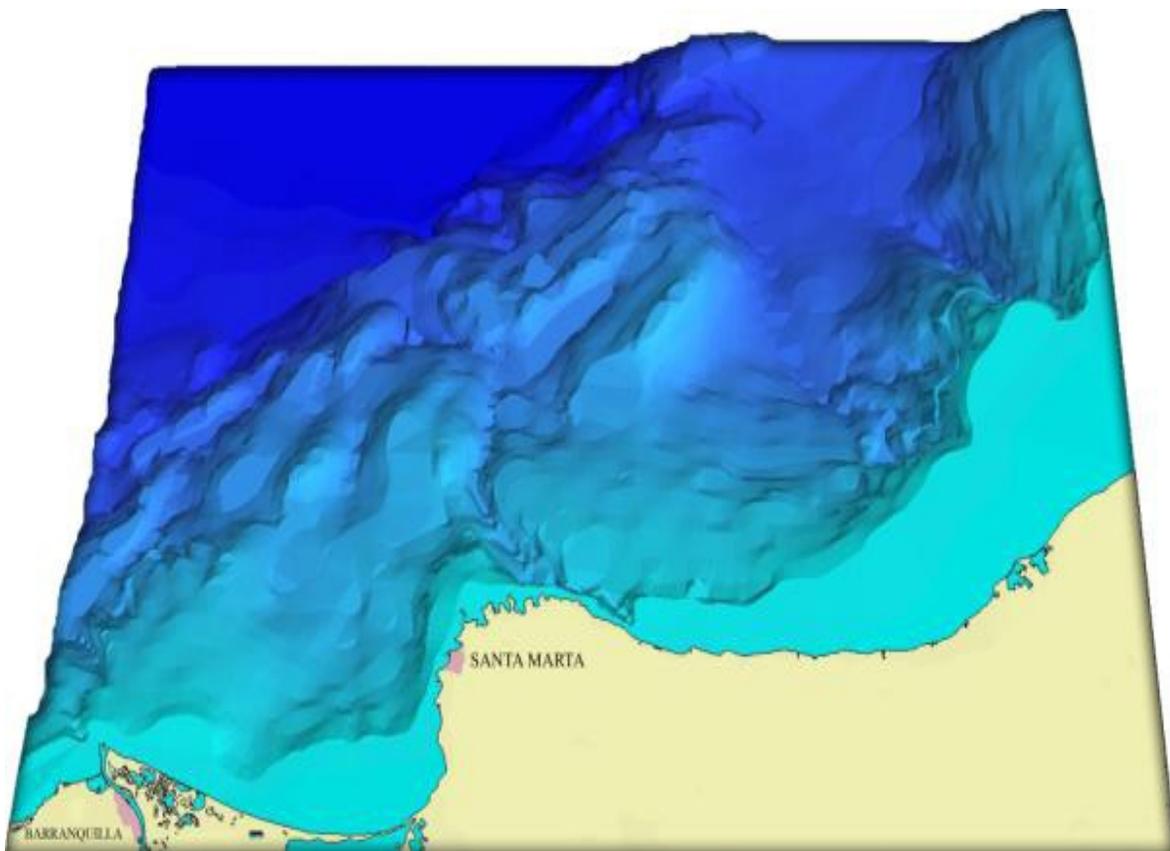


Figura1. Plataforma continental de la región en general (Tomado de Mejía,2009).



Figura 2. Imagen satelital del área de estudio con dos niveles de detalle, resaltando con puntos rojos los sitios de anclaje de la barcaza TS-115 en el Puerto de Drummond (Tomado de Google, 2013)

El golfo de Salamanca presenta una distribución de sedimentos dominado por dos tipos, cienos entre los 60 m y 100 m de profundidad. Las arenas que se encuentran generalmente de 15 m a 30 m de profundidad pueden ser medias y finas, siendo éstas más frecuentes en la línea costera y muy finas distribuidas entre las finas y los cienos a profundidades menores de 10 m (Molina 1990; Guzman-Alvis y Diaz, 1993). En la Figura 3 se puede observar el tipo de sedimentos según la batimetría en el Golfo; el punto rojo señala la zona de estudio, donde se puede evidenciar que el sedimento predominante es el cieno. Se muestra que los sectores más cercanos a los ríos y a la desembocadura de la Ciénaga Grande de Santa Marta, presentan un grano de mayor tamaño entre arena fina y arena media; a medida que se aleja de éstas áreas de mayor influencia, el tipo de grano evidencia una medida de diámetro menor (Gilluly et al., 1964), en este caso cieno. Cabe resaltar que el golfo de Salamanca tiene predominio de aguas estuarinas y de lagunas

costeras (Figura 4) que constantemente están incidiendo en la estructura de sus sedimentos.

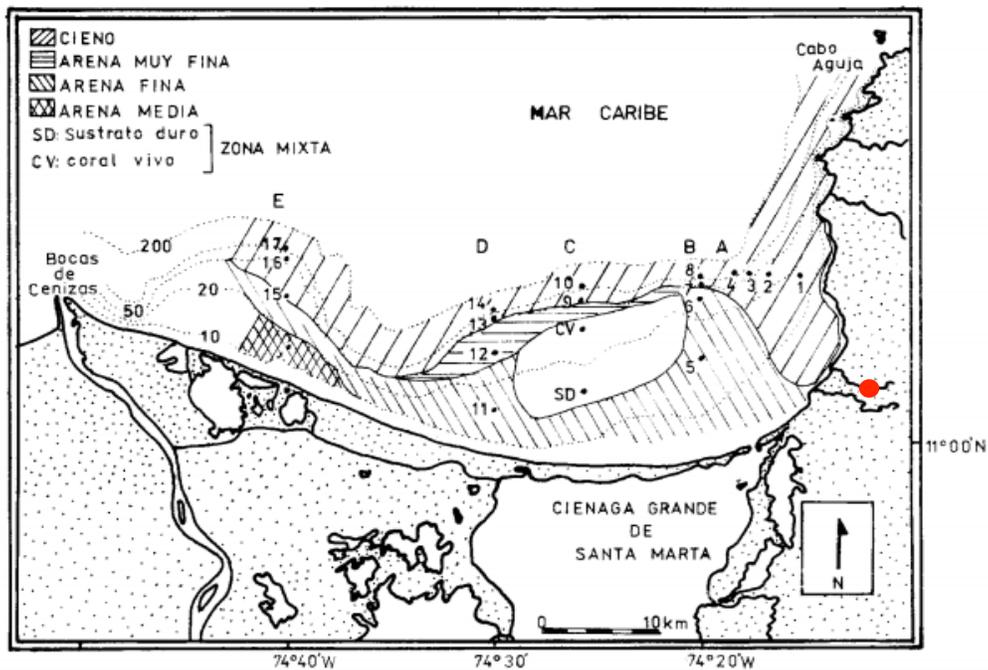


Figura 3. Distribución batimétrica de los tipos de sedimento en el golfo de Salamanca, el punto rojo hace referencia al Puerto de Drummond (área de estudio) (Modificado de Guzmán-Alvis y Díaz, 1993).

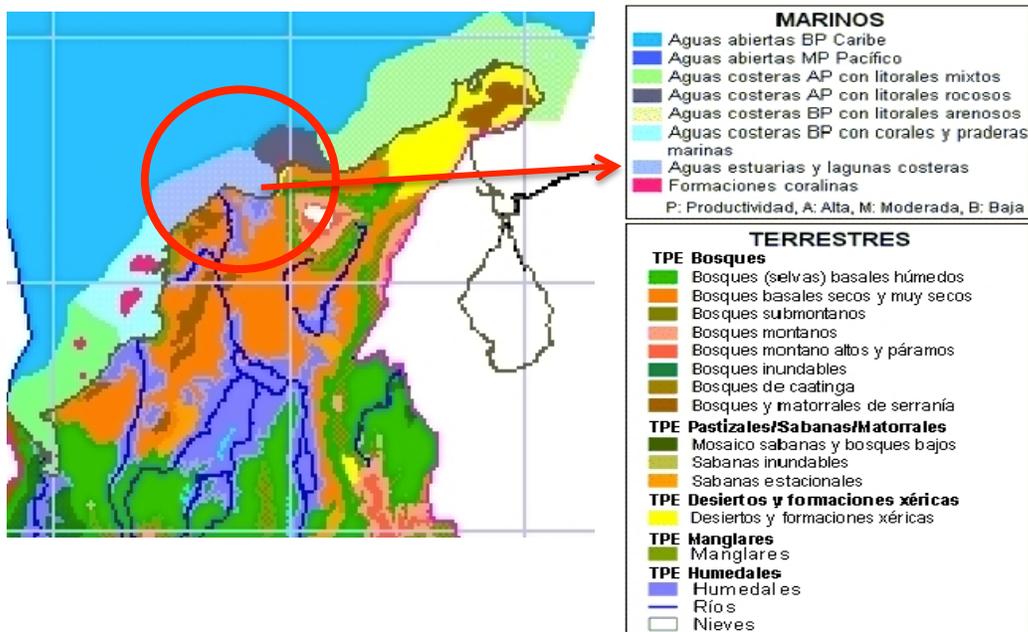


Figura 4. Tipo de ecosistemas marinos y terrestres del Caribe colombiano. Se señala que en la zona del Golfo de Salamanca hay predominancia de aguas estuarinas y de lagunas costeras (Modificado de Márquez, 2002).



BIBLIOGRAFÍA

- Ahrens, M y D. Morrisey. 2005. Biological effects of unburnt coal in the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 43: 69-122.
- Banco de la República. 2008. Apuntes sobre la economía del carbón. *Revista del Banco de la República*.
- CORPES. 1992. El Caribe colombiano: realidad ambiental y desarrollo. Consejo regional de planificación de la costa Atlántica, Santafé de Bogotá. 350 p.
- Defensoría del Pueblo. 2010. Informe defensorial de seguimiento a la resolución defensorial No. 54: "Explotación, transporte y embarque de carbón en los departamentos de Cesar y Magdalena". 47 p.
- Departamento Nacional de Planeación. 2008. El papel de la planeación en Colombia. 50 p.
- Drummond Company. 2013. Fuente electrónica [en línea], <http://www.drummondco.com>. Marzo, 2013.
- Erffa, A. 1973. Sedimentation, transport and erosion on the Nordküste Kolumbie zwischen Barranquilla und der Sierra Nevada de Santa Marta. *Mill. Inst. Colombo-Aleman Invest. Cient.* 7:155-209.
- Gilluly, J., A. Waters y A. Woodford. 1964. *Principios de Geología*. Aguilar ediciones. 693 p.
- Guzmán, A. y J. Díaz. 1993. Distribución espacial de la taxocenosis Annelida-Mollusca en la plataforma continental del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín.* 22: 45 – 59 p.
- Ingeominas. 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. *Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. Publicación geológica especial.* 21: 111 p.
- INVEMAR (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras). 2001. Impacto del polvillo de carbón en la salud humana, los materiales y ecosistemas marino – costeros. Informe técnico. Santa Marta. 105 p.
- INVEMAR (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras). 2002. Informe ambiental preliminar del hundimiento de la barcaza "Caribe-217" cargada con carbón en el puerto de Santa Marta, Abril 11 del 2002. Informe técnico. Santa Marta. 10 p.
- Márquez, G. 2002. *Ecosistemas Acuáticos: Bienestar y Productividad*. UNAL. Bogotá, Colombia. 120 p.
- Mejía Fajardo, Angélica, 2009. Relación de la presencia de Cetáceos sobre la huella del satélite Jason-1 en el Caribe colombiano con las condiciones oceanográficas imperantes. durante el segundo periodo de 2008. Tesis de pregrado. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 2009. 307p.



Molina, A. 1990. Estudio geológico de la plataforma continental Caribe (Santa Marta – Punta Morro Hermoso). Mem. VII Semin. Nac. Cienc. Tecnol. Mar. Comisión colombiana de Oceanografía. Cali. 120-131 p.

SEMARNAT. 2002. Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector Turístico Modalidad Particular. 103 p.

UPME. 2007. La cadena del carbón. Ministerio de Minas y Energía: Unidad de Planeación Minero Energética. 52 p.

UPME. 2005. El carbón colombiano fuente de energía para el mundo. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá, Colombia. Publicaciones UPME. 52 P.

Viloria de la Hoz, J. 1998. La economía del carbón en el Caribe colombiano. Centro de Investigaciones económicas del Caribe colombiano. Banco de la República. Cartagena de Indias. 59 p.

CAPÍTULO 1 .

IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS CAUSADOS POR EL CONATO DE HUNDIMIENTO DE LA BARCAZA TS-115 PUERTO DRUMMOND.



Coordinación

**GUIOMAR AMINTA JÁUREGUI ROMERO
ORLANDO PEDRO LECOMPTÉ**

**HENRY FABIÁN BUSTOS
JOHN CABRERA PALLARES
PAOLA ANDREA GARZÓN
SANTIAGO MARTÍNEZ CLAVIJO
JUAN SEBASTIÁN PONCE
LAURA RODRÍGUEZ**

**ADRIANA GARCÍA RUEDA
HUMBERTO GÓMEZ
SANTIAGO ESTRADA
NATALIA HURTADO LÓPEZ
ANDREA OSORIO
JOAQUÍN TORRES DUQUE**

**LINA TRIANA
HUMBERTO GÓMEZ
PEDRO RICARDO DUEÑAS
MARIANA MUÑOZ
MALDONADO
DIEGO QUIROGA**

**CONTENIDO**

	Pág.
1.1. INTRODUCCIÓN	1-9
1.2. DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE.....	1-10
1.3. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA AFECTADA.....	1-11
1.4. DELIMITACIÓN DEL RADIO DE ACCIÓN DEL IMPACTO.....	1-12
1.4.1. Análisis de las condiciones edáficas.....	1-15
1.4.1.1. Determinación del tipo de grano	1-15
1.4.1.2. Estimación de la materia orgánica	1-18
1.4.1.3. Porcentaje de carbonatos de calcio.....	1-19
1.5. INSPECCIÓN DE BUCEO AUTÓNOMO.....	1-19
1.5.1. Primer desplazamiento al área (Febrero 13).....	1-21
1.5.2. Segundo desplazamiento al área (Febrero 14).....	1-22
1.5.3. Tercer desplazamiento al área (Febrero 20)	1-23
1.5.4. Cuarto desplazamiento al área (Marzo 1)	1-24
1.5.5. Quinto desplazamiento al área (Marzo 2)	1-25
1.5.6. Sexto desplazamiento al área (Marzo 9)	1-26
1.5.7. Registros filmicos del sustrato.	1-26
1.6. MUESTRAS DE CARBÓN COLECTADAS	1-27
1.6.1. Procesamiento en el laboratorio.	1-27
1.6.2. Descripción de las fracciones de carbón	1-28
1.6.2.1. Muestra 1	1-28
1.6.2.2. Muestra 2	1-30
1.6.2.3. Muestra 3	1-30
1.6.2.4. Muestra 4	1-31
1.6.2.5. Muestra 5	1-31
1.6.2.6. Muestra 6	1-32
1.6.2.7. Muestra 7	1-32
1.6.2.8. Muestra 8	1-33
1.6.2.9. Sub-muestras del sitio de acumulación de carbón	1-33
1.6.2.10. Muestras del Eje Central	1-34



1.6.3 Muestras de sedimento colectadas con corazonador.....	1-39
1.6.3.1. Obtención	1-39
1.6.3.2. Procesamiento de muestras	1-40
1.6.3.3. Resultados y discusión	1-42
1.6.3.3.1. Granulometría	1-42
1.6.3.3.2 Materia orgánica	1-46
1.6.3.3.3 Carbonatos	1-47
1.6.3.3.4 Densidad.....	1-48
1.6.4. Infauna asociada	1-49
1.6.4.1. Toma de muestras	1-49
1.6.4.2. Organismos encontrados.....	1-49
1.6.4.3. Posibles efectos en la zona impactada.....	1-51
1.6.5. Bibliografía	1-55
ANEXOS.....	1-57

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Ecosonda Garmin Fishfin der para exploración preliminar del fondo marino y GPS Garmin Etrex para geoposición de puntos de muestreo(08-02-2013).	1-12
Figura 1.2. Ubicación de las estaciones en la Boya 23 (B23) y Boya Roja o Somera (BS) con base en su geoposicionamiento.	1-13
Figura 1.3. Geoposicionamiento de las estaciones en la Boya 23 (B23).	1-13
Figura 1.4. Geoposicionamiento de las estaciones en la Boya Roja o Somera (BS).	1-14
Figura 1.5. Extracción muestras de sedimento-tipo de grano predominante.	1-14
Figura 1.6. Gráfica de barras que indica los porcentajes de los tipos de grano que se encontraron en cada una de las estaciones de la Boya Roja o Somera (BS) y la Boya 23.	1-15



- Figura 1.7.** Muestras de tamaño de grano de 1.000 μm , A: Caja de aluminio de la muestra de la estación P-0 de la BS; B: Vista de la muestra, las flechas blancas señalan las partículas de carbón y cascajo presentes; C: Muestra de la estación BS-E2 en donde sobresalen las cochas de moluscos **1-16**
- Figura 1.8.** Representación gráfica del porcentaje de clasificación del sedimento. **1-17**
- Figura 1.9.** Porcentajes de materia orgánica presentes en las estaciones someras y profundas del pre-muestreo..... **1-18**
- Figura 1.10.** Porcentajes de carbonatos de calcio presentes en la estaciones de pre-muestreo..... **1-19**
- Figura 1.11.** Buzos preparándose para inspeccionar la zona. **1-20**
- Figura 1.12.** Esquema de la metodología basada en búsqueda circular por cabo. realizada para explorar el área alrededor de la Boya 23..... **1-21**
- Figura 1.13.** Búsqueda circular por cabo realizada para explorar el área, alrededor de la Boya Roja..... **1-22**
- Figura 1.14.** Esquema de la metodología basada en búsqueda circular por cabo realizada el primer día de trabajo. Donde el punto A es la referencia para la primera inmersión y el punto B para la segunda inmersión. **1-23**
- Figura 1.15.** Esquema de la metodología basada en búsqueda por barrido en una sola dirección por medio de un cabo, desde el punto A hacia el B..... **1-23**
- Figura 1.16.** Esquema de la metodología para la toma de muestras de sedimento en tres transeptos paralelos de 100m, donde los puntos A y B son las referencias principales. **1-24**
- Figura 1.17.** Esquema de metodología para la toma de muestras de sedimento por medio de un corazonador. **1-24**
- Figura 1.18.** Esquema de los transeptos paralelos restantes a 15 y 45m dispuestos en la parcela, donde los puntos A y B son las referencias principales; el inicio y fin de los transeptos son los puntos de referencia secundarios..... **1-25**
- Figura 1.19.** Esquema de barrido circular en el área circundante de la Boya 23, siguiendo la cadena de amarre y el sistema de anclaje. **1-26**
- Figura 1.20.** Imágenes submarinas del tipo de sustrato predominante y fragmentos y partículas de carbón embebidas. **1-27**



- Figura 1.21.** Procesamiento en el laboratorio.(A) Extensión de las muestras sobre bandejas metálicas, (B) Registro fotográfico, (C) Extracción de los fragmentos de carbón (D) Proceso de lavado de las partículas de carbón, (E) Medición de las fracciones de tamaño (F) Fragmentos de carbón colonización de organismos marinos. **1-28**
- Figura 1.22.** (A) Algunos de los fragmentos de carbón, (B) Muestra completa. **1-29**
- Figura 1.23.** (A) Material bioclástico, (B) Compuesto por moluscos bivalvos, la mayoría fracturados e incompletos. **1-30**
- Figura 1.24.** (A) Muestra compuesta por 3 trozos de carbón. (B) Colonización por parte de briozoos (Cnidaria). **1-30**
- Figura 1.25.** Trozo de carbón de mayor tamaño (12,1 cm). **1-31**
- Figura 1.26.** (A) Muestra de carbón fragmentado. (B) Clasificación por tamaño dentro de la muestra. **1-31**
- Figura 1.27.** Estado de la muestra antes del lavado, (B) Muestra lavada donde se puede diferenciar tamaños y tipos de trozos de carbón (C) Acercamiento a las diferentes fracciones presentes en esta muestra, **1-32**
- Figura 1.28.** Moluscos bivalvos escogidos al azar dentro de la muestra, (B) Procedimiento para medir dimensiones de los individuos. **1-33**
- Figura 1.29.** (A) Muestra tomada en campo, (B) Fracciones de trozos de Carbón, (C) Colonización por parte de Cirripedios sobre los trozos de mayor tamaño, (D) Trozos de carbón no fragmentado. **1-33**
- Figura 1.30.** (A) Muestra compuesta por 11 trozos tomados de la pila de carbón, (B) Galería de poliquetos tubícolas, (C) Trozo de carbón con varias galerías, (D) Colonización por parte de cirripedios, balanos. **1-34**
- Figura 1.31.** Muestra conformada por trozos grandes y aglomerado de pequeñas partículas de carbón.... **1-35**
- Figura 1.32.** Proceso de colonización presente en trozos de carbón de mayor tamaño. **1-36**
- Figura 1.33.** Muestra de sedimento con carbón embebido en donde se observan tres fracciones bien diferenciadas. **1-36**
- Figura 1.34.** Carbón colonizado por parte de cirripedios. **1-37**
- Figura 1.35.** Tamaño de la muestra (B) Colonización presente, (C y D) Colonia de cirripedios **1-37**



- Figura 1.36.** Fracción de menor tamaño compuesta por 28 trozos, (B) Fracción de tamaño mediano compuesta por 9 trozos (C) Fracción de mayor tamaño compuesta por 4 trozos se destaca el parapodio encontrado. 1-38
- Figura 1.37.** Corazonador utilizado para la extracción de sedimento..... 1-40
- Figura 1.38.** Procedimiento de decantación de las muestras, separación del carbón y pesaje. 1-41
- Figura 1.39.** Composición del sedimento compacta después del procedimiento de secado. 1-42
- Figura 1.40.** Sedimento resultante de los tamices. Flecha azul: contenido del tamiz de $<63 \mu$ (cienos y limos). Flecha negra: partículas de carbón presentes en el tamiz de 1.00μ 1-43
- Figura 1.41.** Gráfica de barras que indica el porcentaje de cada uno de los tipos de grano que se encontraron en muestras tomadas con corazonador..... 1-44
- Figura 1.42.** Índices de selección en porcentaje para el área de muestreo. Estaciones agrupadas según la ubicación y la distancia de la Boya 23. 1-45
- Figura 1.43.** Sedimento resultante de los diferentes tamices en la granulometría húmeda. Las flechas indican la presencia de gránulos de carbón de tamaño considerable..... 1-45
- Figura 1.44.** Porcentaje de materia orgánica de las muestras tomadas con corazonador..... 1-46
- Figura 1.45.** Porcentajes de carbonato de calcio de las estaciones muestreadas con corazonador. 1-48
- Figura 1.46.** Densidad (g/cm^3) de los sedimentos tomados con corazonador en las diferentes estaciones. Recuadro verde: sector este de boya roja. Recuadro morado: Sector oeste de Boya Roja. Recuadro azul: Carbón 1, a 60 m del eje central. Sed. Compacto, al este de la de la Boya 23..... 1-48
- Figura 1.47.** Densidad de $ind/0.1 m^2$ y porcentaje de carbón en el área de influencia directa del derrame (Boya 23), área de anclaje de Drummond. 1-50
- Figura 1.48.** Riqueza de familias y porcentaje de carbón encontrada en el en el área de influencia directa del derrame (Boya 23), área de anclaje de Drummond. 1-51
- Figura 1.49.** Determinación de la áreas mediante el Programa ImageJ. 1-532
- Figura 1.50.** Demarcación de las diferentes áreas afectadas según la magnitud del impacto. Segmento azul oscuro-área de acumulación y amontonamiento agregado del carbón vertido; segmento gris-área con pequeñas partículas del mineral y segmento naranja-área con presencia de polvillo, radio máximo de dispersión (Modificado de Google Earth, 2013)..... 1-543



- Figura 1.51.** Cirripedios y pectinido asociados a fragmentos de carbón en la zona impactada alrededor de la Boya 23. Zona de anclaje del puerto de Drummond..... **1-554**
- Figura 1.52.** Tubo de carbón hecho probablemente por un poliqueto de la familia Maldanidae en la zona impactada alrededor de la Boya 23. Zona de anclaje del puerto de Drummond..... **1-55**

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Porcentaje promedio de tipo de grano en BS y B23.....	1-16
Tabla 1.2. Datos estadísticos de granulometría húmeda del Pre-muestreo febrero 6, valores medios del tamaño de grano $M_z - \phi$ (ϕ), desviación estándar (σ), asimetría (Sk) y agudeza o cúrtosis (KG). BS: Boya Roja; B23: Boya 23; E: Estación.....	1-17
Tabla 1.3. Longitud (cm) de las fracciones de carbón presentes para la salida del premuestreo Feb 8.	1-29
Tabla 1.4. Pesos de las porciones para carbón hallados en la salida de Feb 14.	1-35
Tabla 1.5. Estaciones realizadas con el método de corazonador.....	1-39
Tabla 1.6. Área afectada (m ²) según magnitud del impacto.	1-53



LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1.1. Imágenes tomadas de la ecosonda Garmin Fishfinder a diferentes profundidades. **1-57**

Anexo 1.2. Datos de granulometría húmeda del método con corazonador, valores medios del tamaño de grano $M_z - \phi$ (ϕ), desviación estándar (σ), asimetría (S_k) y agudeza o cúrtosis (K_G). E: Estación. **1-58**

Anexo 1.3. Matriz de datos brutos de materia orgánica..... **1-59**

Anexo 1.4. Matriz de datos brutos de carbonatos de calcio. **1-60**

Anexo 1.5. Pesos y porcentajes de sedimento y de carbón presente en las diferentes estaciones.... **1-61**



1.1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Espinoza (2001) por años se ha acuñado el término “medio ambiente” para hacer referencia, desde un punto de vista meramente socioeconómico, al espacio en el que se desarrollan las actividades humanas, siendo éstas de variada índole. Sin embargo, es más adecuado considerarlo como el sistema natural o transformado en que vive la humanidad, con todos sus aspectos sociales, biofísicos y las relaciones entre éstos. En ese sentido, es evidente la interdependencia existente entre el Desarrollo Humano (que contempla el crecimiento poblacional y la subsecuente demanda y explotación de recursos) y el medio ambiente. Ésta es precisamente la base del concepto “Desarrollo Sostenible”, cuyo corazón es la interacción de procesos de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en una administración eficiente del medio ambiente, donde la clave principal es la implementación de medidas apropiadas de conservación y protección de las fuentes de recursos.

En cuanto a la protección ambiental, es claro que está implícita en cada una de las decisiones tomadas y ejecutadas cuando de modificar un espacio determinado se trata (a través del aprovechamiento de los beneficios potenciales o reales otorgados por el mismo), sea éste de pequeña o gran escala. De ese modo, se advierte que una de las herramientas primarias para encaminar a los responsables de las tomas de decisiones hacia el desarrollo sostenible, es la realización oportuna y objetiva de Estudios de Impacto Ambiental -EIA (Comisión Nacional Del Medio Ambiente, 1993).

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante resaltar que los EIA no sólo constituyen un instrumento preventivo de gestión sino también apuntan a la inclusión de políticas ambientales en el proceso de desarrollo de las actividades humanas y, por ende, contribuyen a evitar, mitigar o compensar sus eventuales impactos ambientales negativos. Por esta razón, y partiendo de que éste es considerado un proceso singular e innovador cuya operatividad y validez como estrategia para la protección y defensa del medio ambiente es recomendado por diversos organismos internacionales (Espinoza, 2001), no sólo el presente componente, sino la investigación en general, tuvo como objetivo global aplicar dicho concepto metodológico al análisis de los posibles efectos causados por el incidente en mención.



1.2. DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE

En la madrugada del 13 de enero de 2013 se presentó un incidente con una de las barcasas de la empresa American Port Company, Inc. en las instalaciones portuarias de Ciénaga-Magdalena. La empresa realizó una investigación interna, según un Comunicado Oficial expedido el 14 de febrero del año en curso (Drummond, 2013), refiriendo lo siguiente:

- El 12 de enero alrededor de las 2:44 pm se cargó la barcaza TS-115 en el muelle de Puerto Drummond, con 2.957 ton de carbón aproximadamente. A las 3:30 pm se trasladó a la Boya 2. A las 8:00 pm fue movida al buque Anangel Seafarer para descargar 1.100 ton y completar la capacidad de cargue del barco. A continuación, se cargaron en la barcaza 3 pequeños buldóceres, y a las 11:30 pm el remolcador Rio Toribio la retiró del buque Anangel Seafarer y la movió al buque Cape Elise, donde los 3 buldóceres fueron descargados en la grúa Colombia 4.
- A las 12:10 am, el remolcador retiró la barcaza TS-115 de la grúa Colombia 4 y la ancló en la Boya 23. A la 1:00 am, ya estuvo asegurada a ésta; en ese momento se presentaban olas entre 3 m y 3.5 m con vientos de 15 a 20 nudos. Durante el resto del turno, se observó el mal tiempo tanto en el área de carga como en la Boya 23. Las inspecciones realizadas por el personal encargado no revelaron ningún problema.
- A las 6:20 am el supervisor de turno entrante observó que la barcaza TS-115 estaba inclinada de popa, semi-sumergida y en situación de emergencia. La emergencia fue evaluada y categorizada como nivel 2, procediéndose de acuerdo con lo establecido para este tipo de incidentes en el Plan de Emergencias, aprobado por la compañía.
- Se pidieron bombas a las grúas cercanas y desde las instalaciones portuarias en la costa se trajeron dos grúas para ayudar al rescate de la barcaza; se dieron instrucciones a un remolcador para que trasladara una barcaza vacía hasta la Boya 23, todo esto como parte del Plan de Contingencia. **En ese momento se determinó que la barcaza estaba a punto de hundirse**, por lo que el supervisor



activó las máximas acciones de emergencia. Como medida de seguridad, en pro del bienestar de las personas a bordo de las grúas, se tomó la decisión de retirar del área una de éstas y continuar el rescate con la grúa Colombia 5.

- Debido al estado crítico de la barcaza y mientras se esperaba el arribo de la barcaza vacía, se tomó la decisión de sacar al mar paladas de agua mezcladas con carbón para evitar su hundimiento. Los supervisores y gerentes a cargo, evaluaron la situación y llegaron a la conclusión de que la medida tomada estaba teniendo muy poco efecto, ya que la barcaza continuaba hundiéndose. Por la profundidad de la zona (12 m a 13 m), existía el riesgo de hundimiento total.
- A las 10:00 am y después de evaluar la condición de la barcaza, se decidió que la mejor opción era moverla a aguas poco profundas para evitar que se hundiera. Por lo tanto se procedió a remolcarla, teniendo en cuenta: 1) moverla en una dirección que no interfiriera con el nuevo canal de acceso público en caso de hundimiento total, 2) evitar las anclas de la Boya para no correr el riesgo de romper el casco de la misma. Alrededor de las 12:30 pm, la barcaza tocó fondo y se le sacó el agua adicional por medio de la grúa Colombia 5. A las 2:00 pm reflató completamente y con sus propias bombas, desocupó los tanques de flotación logrando su nivelación. Luego fue llevada a la Boya 1 y amarrada para su inspección y posterior evaluación.
- El 15 de enero, aproximadamente 1.600 Ton de carbón y agua fueron sacadas de la barcaza TS-115 y transferidas a la barcaza TS-114. Y hasta el día 14 de febrero, la barcaza permanecía en el área de trabajo del muelle, estimándose que todavía contenía cerca de 150 ton de carbón.

1.3. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA AFECTADA

Con base en la información preliminar suministrada por la Empresa, el equipo de investigadores de la Universidad Jorge Tadeo Lozano-UJTL, se desplazó el 8 de febrero a la zona con el propósito de efectuar una exploración preliminar y dimensionar los posibles impactos presentados, a través de la toma de información técnica sobre la demarcación del área directa e indirecta del conato de hundimiento de la barcaza TS-115 que

permitiera evaluar y valorar la alteración ambiental causada, con base en el estado de las condiciones océano-atmósfera; calidad de agua; comunidades planctónicas y bentónicas (infauna) y de las características edáficas predominantes en el lecho marino del sector.

1.4. DELIMITACIÓN DEL RADIO DE ACCIÓN DEL IMPACTO.

A manera de premuestreo y con el propósito de delimitar el radio de acción de los efectos causados por el evento, se realizó un recorrido en lancha por la zona para ubicar en primera instancia, las áreas específicas de la impactación en inmediaciones a las boyas referidas en el conato de hundimiento. Mediante el uso de una ecosonda Garmin Fishfinder, se hicieron desplazamientos en zig-zag sobre los sectores involucrados en el incidente (Boya 23 - Canal de Acceso – Boya Roja), posicionándose con un GPS Garmin Etrex(Figura 1.1) los puntos con elevaciones o montículos atípicas que pudiesen ser producto de una posible acumulación del carbón vertido. Se presenta un set de imágenes generadas en éste procedimiento (Anexo 1.1), evidenciándose el relieve característico del lugar.



Figura 1.1 Ecosonda Garmin Fishfin para exploración preliminar del fondo marino y GPS Garmin Etrex para geoposición de puntos de muestreo(08-02-2013).

De manera complementaria e implementando el método de radiales a un centro, se colectaron a partir de las boyas identificadas (Figura 1.2) 14 muestras de sedimento con una draga Van Veen de área $0,05 \text{ m}^2$, 9 en la Boya 23 (Figura 1.3) a una profundidad de 13 my, 5 en la Boya Roja o Somera (Figura 1.4) a una profundidad de 3m. Se buscó

analizar la incidencia de las partículas del carbón precipitado en las características edáficas, particularmente en el tipo de grano presente en el lugar (Figura 1.5).



Figura 1.2.Ubicación de las estaciones en la Boya 23 (B23) y Boya Roja o Somera (BS) con base en su geoposicionamiento.



Figura 1.3.Geoposicionamiento de las estaciones en la Boya 23 (B23).



Figura 1.4. Geoposicionamiento de las estaciones en la Boya Roja o Somera (BS).



Figura 1.5. Extracción muestras de sedimento-tipo de grano predominante, cieno de textura viscosa.

1.4.1. Análisis de las condiciones edáficas

1.4.1.1. Determinación del tipo de grano

Las muestras colectadas fueron transportadas al laboratorio para la respectiva determinación granulométrica (ver detalle del procedimiento metodológico en el Capítulo 3, página 3-15). Se pretendía tener una aproximación a los diferentes tipos de grano con sus correspondientes porcentajes, identificar posibles diferencias entre estaciones y boyas y evidenciar la presencia de fragmentos y/o partículas de carbón. Después de éste análisis se determinó que en casi todas las muestras, el mayor porcentaje de grano en el sedimento, correspondía a un cieno de apariencia viscosa (tamaño de grano $<0,063$) seguido por arena muy fina (tamaño de grano 0,063 a 0,090), excepto para la estación central debajo de la Boya Roja o Somera P-0 que mostró un menor valor (4,84 %). Cabe destacar que en la BS-E1 y la P-0 también se obtuvieron valores muy altos de arenas muy gruesas (46,60% y 54,32 %, respectivamente) (Figura 1.6); esto posiblemente debido a la proximidad de la costa, ya que conforme se aleja de la línea de ribera, el sedimento se dispone inversamente proporcional a su tamaño, reduciéndose de gravas o guijarros a granos muy finos, a través del gradiente de distancia y batimetría.

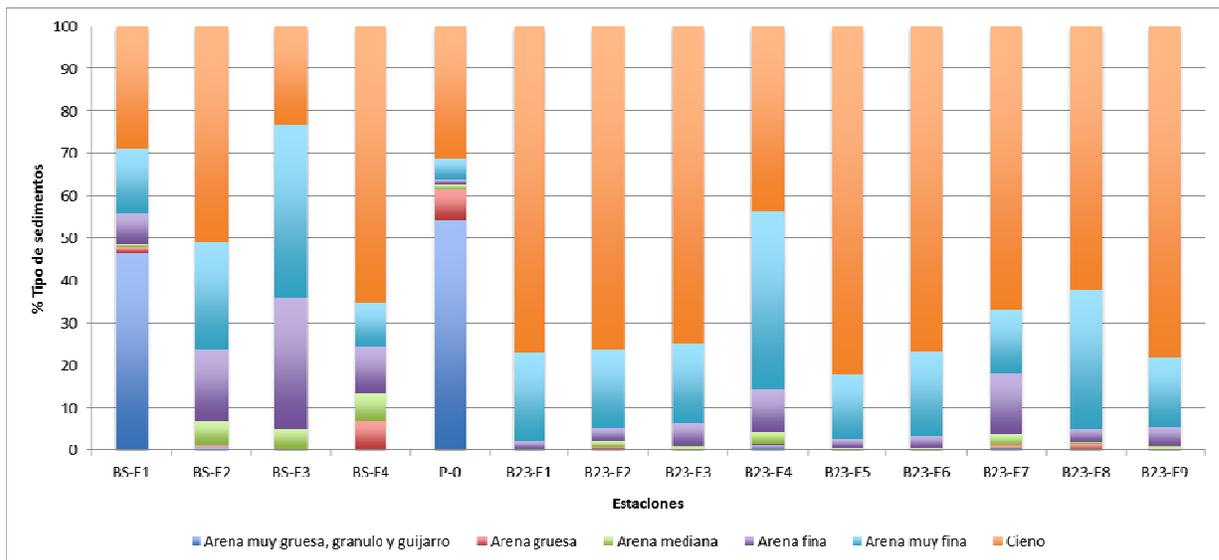


Figura 1.6. Gráfica de barras que indica los porcentajes de los tipos de grano que se encontraron en cada una de las estaciones de la Boya Roja o Somera (BS) y la Boya 23.

En la Tabla 1.1, se aprecian los promedios de porcentaje de cieno, arena muy fina y arena fina que predominan en casi todas las estaciones, observándose una tendencia de similitud entre las respectivas muestras de las boyas BS y B23.

Tabla 1.1. Porcentaje promedio de tipo de grano en BS y B23.

Tipo de sedimento	BS	B23
	Porcentaje Promedio %	Porcentaje Promedio %
Arena muy gruesa, granulo y guijarro	20,45 ± 27,53	0,29 ± 0,43
Arena gruesa	3,18 ± 3,42	0,39 ± 0,41
Arena mediana	3,83 ± 2,54	1,03 ± 1,00
Arena fina	13,42 ± 11,32	5,36 ± 4,15
Arena muy fina	19,24 ± 14,15	22,17 ± 9,15
Cieno	39,87 ± 17,58	70,76 ± 11,83

De acuerdo con el análisis realizado con el programa Kware SFT (Tabla 1.2), se encontró que el tamaño medio de grano ($Mz - \phi$) para la BS (E1, E4) y las B23 (E2, E3, E4, E6, E7, E8, E9) tuvo un $Mz \geq 3$, revelando una dominancia de arenas finas a muy finas; en cambio para la BS-E3 y las B23 (E1, E5), se obtuvo un $Mz \geq 2$, estando dominadas por arena media. La BS-E2 por su parte mostró un $Mz > 0$, lo que indica arenas gruesas, compuestas en este caso por material carbonatado (conchas de Moluscos-cascajo). Finalmente, P-0 alcanzó un $Mz < 0$ (Anexo 1.2), lo que hace referencia a arenas muy gruesas, combinadas principalmente por partículas de carbón y cascajo (Figura 1.7).



Figura 1.7. Muestras de tamaño de grano de 1.000 μm , A: Caja de aluminio de la muestra de la estación P-0 de la BS; B: Vista de la muestra, las flechas blancas señalan las partículas de carbón y cascajo presentes; C: Muestra de la estación BS-E2 en donde sobresalen las cochas de moluscos



En cuanto a la clasificación del sedimento con base en la Tabla de Folk, se encontró que las muestras de las estaciones BS-E2 y BS-E3 obtuvieron un sedimento pobremente seleccionado (27,41 %); en cambio la estación P-0 y las B23 (E1, E3 y E5) mostraron un sedimento moderadamente seleccionado (30,09 %), mientras que las B23 (E2, E4, E6, E8 y E9) moderadamente bien seleccionado (29,79 %) y únicamente la B23-E7 bien seleccionado (12,71 %) (Figura 1.8). Así mismo, para la BS como la B23, se observó una tendencia heterogénea en todas las respectivas estaciones (Tabla 1.2).

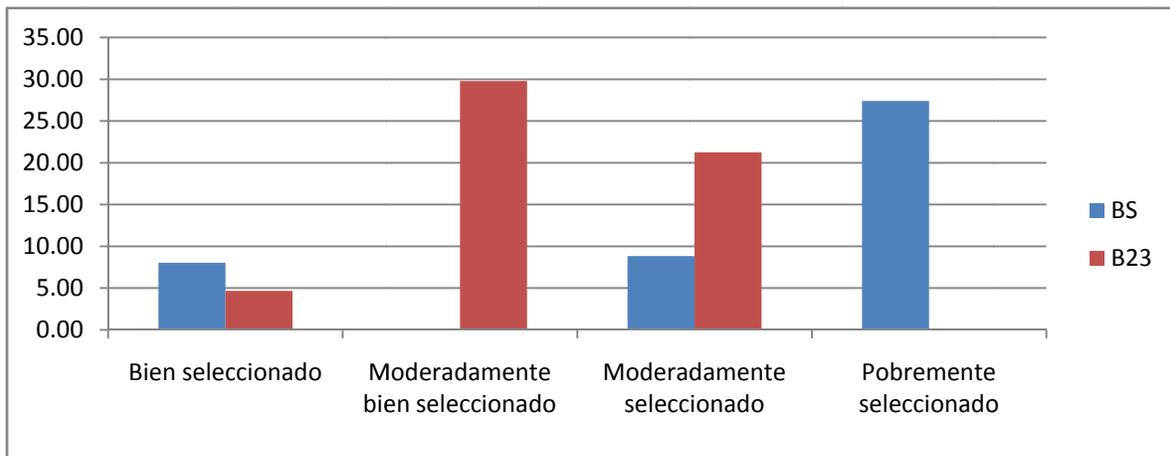


Figura 1.8. Representación gráfica del porcentaje de clasificación del sedimento.

Tabla 1.2. Datos estadísticos de granulometría húmeda del Pre-muestreo febrero 6, valores medios del tamaño de grano $Mz - \phi$, desviación estándar (σ), asimetría (Sk) y agudeza o cúrtosis (Kg). BS: Boya Roja; B23: Boya 23; E: Estación.

Estación	Mz	Σ	Sk	Kg		
BS-E1	3,53	0,37	Bien seleccionado	-0,29	1,18	Leptocúrtico
BS-E2	0,85	1,54	Pobremente seleccionado	0,83	0,57	Muy platicúrtico
BS-E3	2,27	1,22	Pobremente seleccionado	0,02	0,72	Platicúrtico
BS-E4	3,42	0,44	Bien seleccionado	-0,29	1,12	Leptocúrtico
P-0	-0,03	0,89	Moderadamente seleccionado	0,57	4,10	Extremadamente leptocúrtico
B23-E1	2,82	0,75	Moderadamente seleccionado	-0,25	0,79	Platicúrtico
B23-E2	3,20	0,60	Moderadamente bien seleccionado	-0,14	1,39	Leptocúrtico
B23-E3	3,00	0,64	Moderadamente seleccionado	0,00	0,96	Mesocúrtico
B23-E4	3,30	0,65	Moderadamente bien seleccionado	-0,50	1,45	Leptocúrtico



B23-E5	2,85	0,75	Moderadamente seleccionado	0,00	0,75	Platicúrtico
B23-E6	3,52	0,51	Moderadamente bien seleccionado	-0,33	1,91	Muy platicúrtico
B23-E7	3,47	0,47	Bien seleccionado	-0,29	1,39	Leptocúrtico
B23-E8	3,27	0,61	Moderadamente bien seleccionado	-0,44	1,07	Mesocúrtico
B23-E9	3,23	0,63	Moderadamente bien seleccionado	-0,48	1,00	Mesocúrtico

1.4.1.2. Estimación de la materia orgánica

Los contenidos de materia orgánica presentaron valores promedio para BS de 1,55 % y para B23 de 2,44 % (Anexo 1.3), concordando con su tendencia general de mayor acumulación en áreas más profundas y con un tamaño de grano muy fino, ya que el nivel de compactación que éste evidencia, es un factor importante en la retención de la misma, liberada constantemente de la zona somera en respuesta a la acción del oleaje. Los datos más altos se obtuvieron en las estaciones B23-E8 (8,54 %) y BS-P0 (8,28 %) (Figura 1.9) y coincidentalmente fueron en las que se encontraron mayor presencia de partículas de carbón, quizás debido a su propiedad física de absorber y captar materia orgánica, aspecto que se tendría que evaluar específicamente.

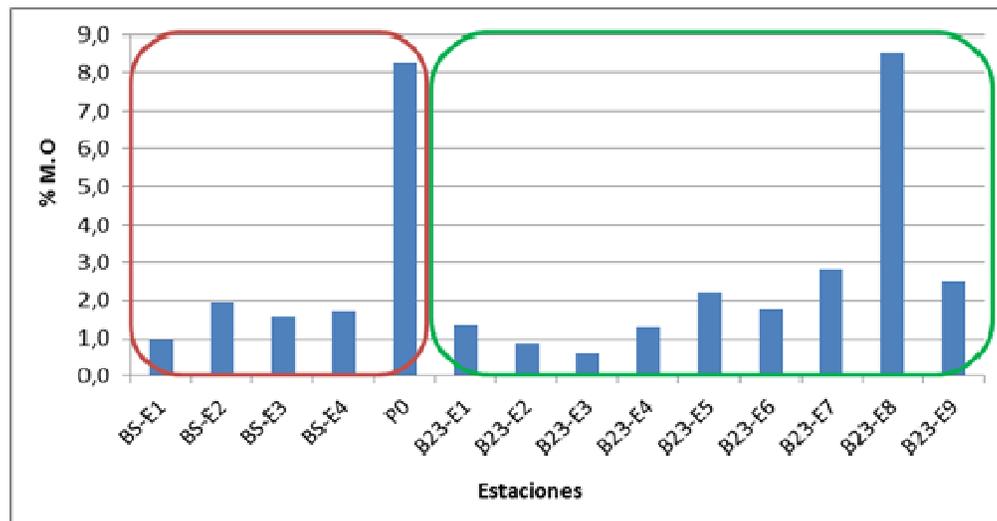


Figura 1.9. Porcentajes de materia orgánica presentes en las estaciones someras y profundas del pre-muestreo.

1.4.1.3. Porcentaje de carbonatos de calcio

El porcentaje de carbonatos se mantuvo en general por debajo del 10 % (Anexo 1.4), a excepción de las estaciones BS-E2(12,19 %) y BS-P0 (11,45 %) (Figura 1.10). El elevado contenido de éstas muestras se refiere exclusivamente a la predominancia de conchas de moluscos en el sedimento, las cuales aportan grandes niveles de carbonatos; en general, la clasificación calcimétrica fue de tipo litoclástica.

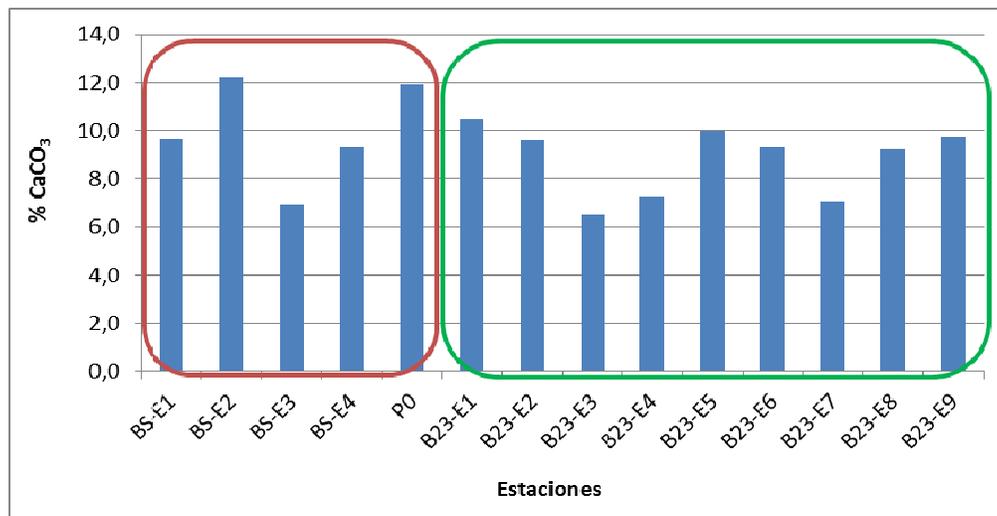


Figura 1.10. Porcentajes de carbonatos de calcio presentes en la estaciones de pre-muestreo

1.5. INSPECCIONES SUBMARINAS

Los resultados preliminares sobre la presencia de carbón en las muestras de sedimento, obtenidas en el muestreo radial de los dragados, permitieron concentrar las inspecciones submarinas en el cuadrante noreste de la Boya 23. Para confirmar que en dicho tramo era probable encontrar las partículas de mayor tamaño de carbón vertidas y una posible acumulación o amontonamiento del mismo, se llevaron a cabo seis desplazamientos a la zona con el equipo de buzos especializados (Figura, 1.11), buscando ubicar con mayor precisión el área del impacto. Cabe resaltar que se siguieron los procedimientos estandarizados previos y posteriores a cada una de las inmersiones como:

- ✓ Acceso al área de Drummond con la respectiva identificación de cada uno de los pasajeros de la embarcación y proceso de verificación de seguridad por parte de las autoridades competentes.
- ✓ Toma de coordenadas geográficas por medio de un GPS (Global Positioning System - Garmin Etrex).
- ✓ Evaluación de las condiciones ambientales imperantes para la planificación de los buceos.
- ✓ Definición de materiales y metodologías a realizar durante la inmersión y conformación en sub-grupos de trabajo.
- ✓ Preparación e inspección de los equipos de buceo autónomo.
- ✓ Acuerdos de seguridad y control de seguridad pre-inmersión entre los sub-grupos de trabajo; repaso de señales y comunicación por medio de la línea guía
- ✓ Una vez cumplido el tiempo de fondo se realizaban paradas de seguridad durante 3 min a 5 m de profundidad.
- ✓ Charlas post-inmersión, recogida de materiales utilizados y desensamble de los equipos de buceo autónomo.



Figura 1.11.Buzos preparándose para inspeccionar la zona.

1.5.1. Primer desplazamiento al área (Febrero 13)

Se registró la posición de la boya de amarre para barcazas señalizada con el número 23, y fue tomada como punto de referencia (se tuvo en cuenta la longitud de la cadena de 40m que une la Boya 23 con el ancla de fondo). Un equipo de cuatro buzos realizó un buceo exploratorio, en el cual el primero en descender une la línea guía de 60 m a la cadena de la boya, la cual fue usada como pivote, basado en un modelo de búsqueda circular con cabo. La línea se extendió en dirección oeste y los buzos la sujetaron y nadaron en el mismo sentido, de tal manera que el primer buceo exploratorio cubrió un área de 11309,76 m² a una profundidad de 11,3 m (Figura 1.12).

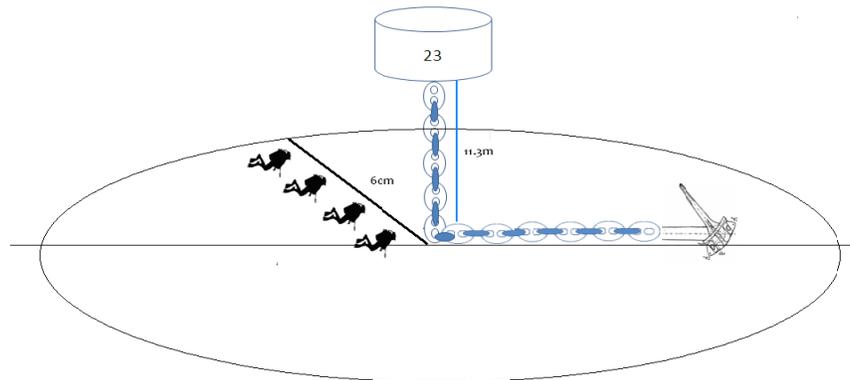


Figura 1.12. Esquema de la metodología basada en búsqueda circular por cabo, realizada para explorar el área alrededor de la Boya 23.

Posteriormente, se adelantó una segunda inmersión con el fin de explorar el área alrededor de la Boya Roja y, a medida que el equipo conformado por cuatro buzos iba avanzando por el fondo, se tomaron muestras de sedimento que fueron guardadas en bolsas plásticas para su posterior análisis en el laboratorio. Esta inmersión se realizó siguiendo la metodología expuesta anteriormente y abarcando la misma área. Se utilizó como pivote el final de la cadena de la boya (Figura 1.13)

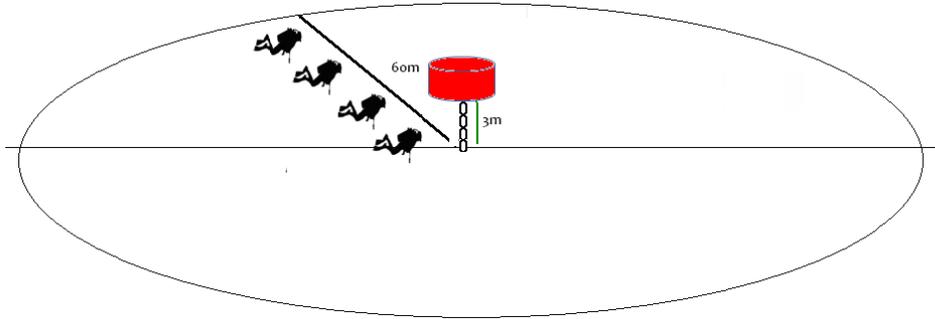


Figura 1.13. Búsqueda circular por cabo realizada para explorar el área, alrededor de la Boya Roja.

1.5.2. Segundo desplazamiento al área (Febrero 14)

Con el GPS se registró debidamente la posición de la Boya 23, ya que ésta fue utilizada como punto de referencia (se tuvo en cuenta la longitud de la cadena de 40m que la une al ancla de fondo). Desde ésta se midieron 100 m teniendo como rumbo dirección norte, usando una brújula. Se geoposicionó y se marcó como punto A (Figura 1.14), sirviendo de guía para la entrada al buceo exploratorio, por lo cual fue señalizado con una boya de buceo, unida a un lastre (pieza de concreto) y a un cabo de 15 m de largo.

Un equipo de seis buzos ejecutó la inmersión; en ésta el primero en descender unió la línea guía de 60 m a la pieza de concreto, la cual fue usada como pivote, siguiendo el modelo de búsqueda circular con cabo. La línea se extendió en dirección oeste y los buzos la sujetaron ubicándose por parejas de compañeros cada 20 m, con una distancia de 5m entre éstas, cubriéndose un área de 11309,76 m² a una profundidad de 11,5 m y tiempo de fondo de 45 min.

Luego de un intervalo de superficie de 1 h, desde el punto A fueron medidos 60 m tomando como rumbo dirección norte, y se procedió a registrar las coordenadas y a señalizar ésta nueva posición como punto B. Desde allí, se realizó la segunda inmersión exploratoria, siguiendo la misma metodología ya expuesta, con un tiempo de fondo de 35 min (Figura 1.14).

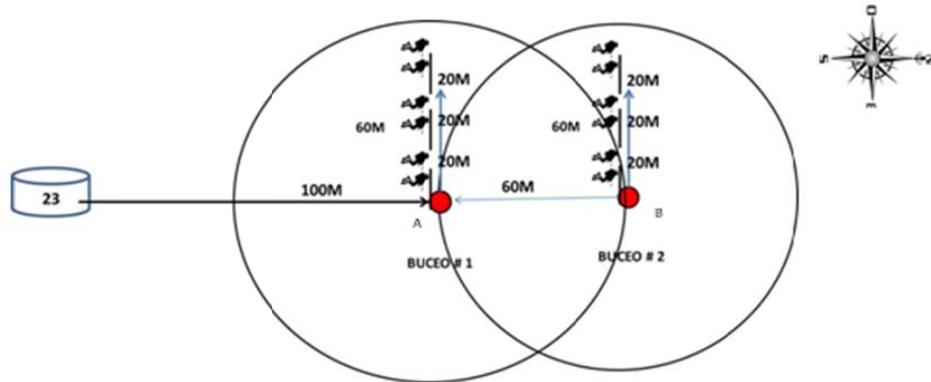


Figura 1.14. Esquema de la metodología basada en búsqueda circular por cabo realizada el primer día de trabajo. Donde el punto A es la referencia para la primera inmersión y el punto B para la segunda inmersión.

1.5.3. Tercer desplazamiento al área (Febrero 20)

Con base en las posiciones georeferencias en la salida de campo anterior, se ubicaron nuevamente los puntos A y B y se señalaron con boyas de buceo. Se inició la primera inmersión desde el punto A, en el cual se ubicó un buzo en la parte central; dos hacia el oeste y otros dos hacia el este; todos separados entre sí por una distancia de 15 m y todos sujetando una línea guía de 60m. Se realizó un recorrido de 60 m con rumbo dirección norte hacia el punto B, siguiendo un patrón de búsqueda por barrido en una sola dirección por medio de un cabo. Lo anterior con el fin de delimitar un área de 3600 m² y registrar información sobre las características del fondo, apreciadas en cada uno de los recorridos: a los 0 m, 15 m, 30 m, 45 m y 60m de distancia del eje central, durante la natación hacia el punto B (Figura 1.15).

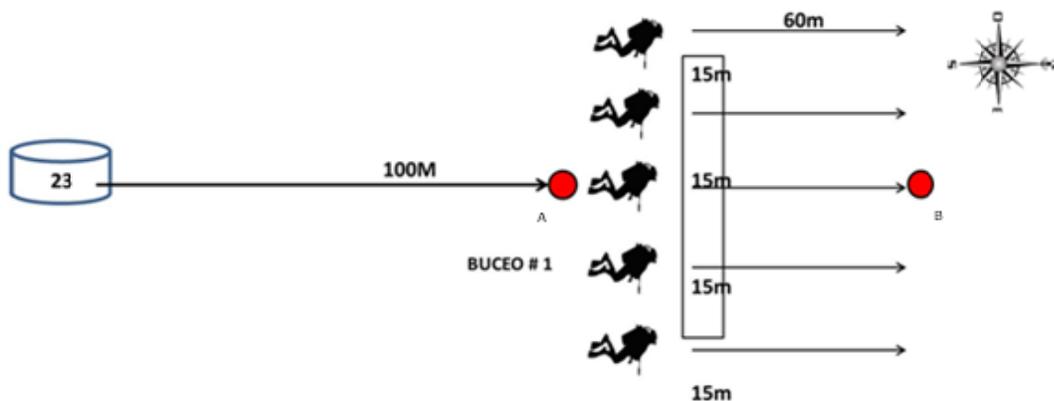


Figura 1.15. Esquema de la metodología basada en búsqueda por barrido en una sola dirección por medio de un cabo, desde el punto A hacia el B.

1.5.4. Cuarto desplazamiento al área (Marzo 1)

Ya que después de los 60 m demarcados entre los puntos de referencia A y B no se encontraron más partículas de carbón, se dispuso un transepto de 100m utilizando un cabo medrado, buscando demarcar en el área tramos con y sin la presencia del mineral para poder establecer diferencias en las condiciones edáficas de esos puntos y en sus comunidades infaunales. Por ello se dispusieron desde ese tramo, transeptos paralelos a 30 m hacia el este y oeste con cuatro puntos nuevos de referencia (Figura 1.16).

En cada uno de los transeptos a los 0 m, 30 m y 60m, se tomaron muestras de sedimento por medio de un corazonador cada 10 m (Figura 1.17), las cuales fueron colectadas en bolsas plásticas con su respectiva marca, dejando establecido el sitio en el cual fueron tomadas. Estas fueron llevadas a superficie mediante una bolsa de izado para su posterior análisis en el laboratorio.

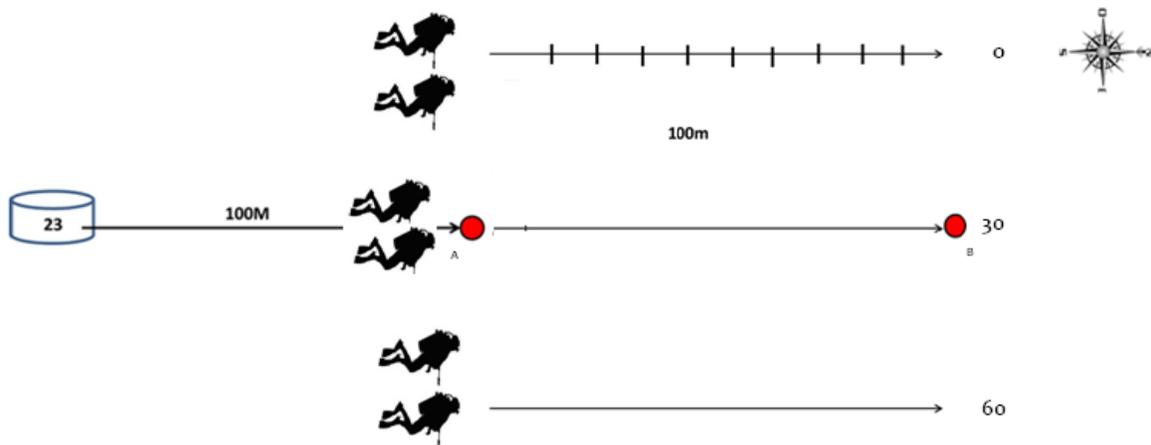


Figura 1.16. Esquema de la metodología para la toma de muestras de sedimento en tres transeptos paralelos de 100m, donde los puntos A y B son las referencias principales.



Figura 1.17. Esquema de metodología para la toma de muestras de sedimento por medio de un corazonador.

1.5.5. Quinto desplazamiento al área (Marzo 2)

Para intensificar los barridos de las inspecciones, se dispusieron en esta oportunidad transeptos paralelos a 15 m hacia el este y oeste desde el eje central (tramo entre los puntos A y B) (Figura 1.18); a partir estos últimos, se dispusieron cabos metrados con el fin de obtener los dos transeptos paralelos restantes para completar la parcela 7200 m² delimitada en días anteriores sobre el área de acumulación directa de carbón impactado y proceder con la toma de las muestras de sedimento restantes (Figura 1.19). En cada uno de los transeptos a los 15 m y 45 m, se tomaron las muestras de sedimento restantes, que fueron colectadas en bolsas plásticas también rotuladas, llevadas a superficie mediante una bolsa de izado para su posterior análisis en el laboratorio.

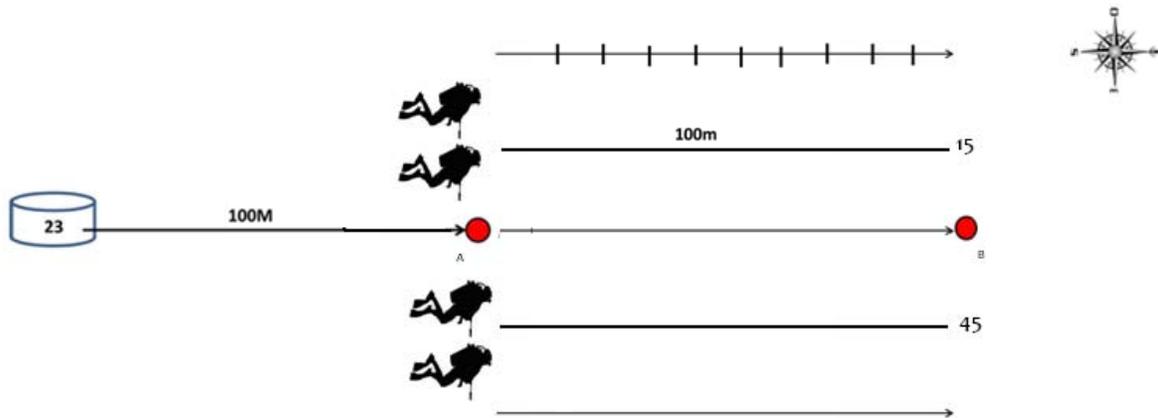


Figura 1.18. Esquema de los transeptos paralelos restantes a 15 y 45m dispuestos en la parcela, donde los puntos A y B son las referencias principales del eje central; el inicio y fin de los transeptos son los puntos de referencia secundarios.

Una vez terminada la recolección de las muestras de sedimento, se procedió a hacer una inspección del área circundante a la Boya 23 y su sistema de anclaje mediante un barrido circular de 50m de radio, tropezando a los 40m dirección norte con el sistema de anclaje donde se evidencia la posición del ancla con sus palas hacia arriba (Figura 1.19).

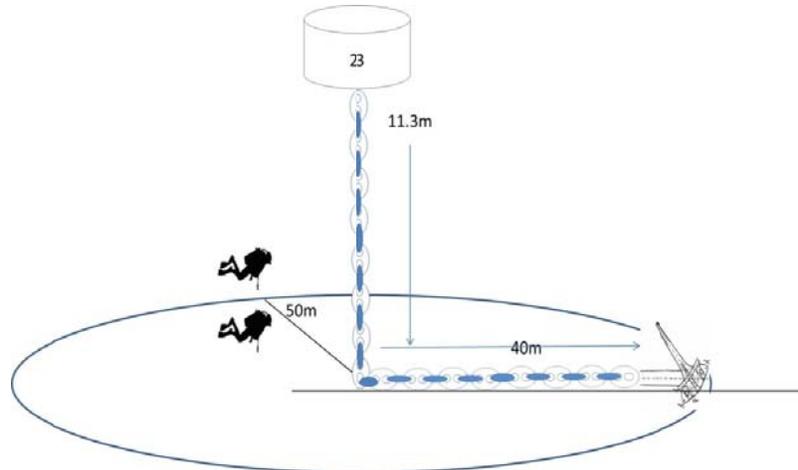


Figura 1.19. Esquema de barrido circular en el área circundante de la Boya 23, siguiendo la cadena de amarre y el sistema de anclaje.

1.5.6. Sexto desplazamiento al área (Marzo 9)

Se efectuó posterior al evento de mar de leva presentado por esos días, con la novedad que las boyas señalizadoras que se habían dejado fijas en los puntos de referencia principales A y B, ya no se encontraban. Se procedió a hacer buceos exploratorios con la misma metodología teniendo como base las posiciones georeferenciadas; una vez encontrada el área del impacto se tomaron muestras complementarias de sedimento y se evidenció una compactación del mismo que no se había observado en los días anteriores, posiblemente la resuspensión y posterior precipitación de partículas de grano más grueso como consecuencia de la alta actividad del mar durante el evento propiciaron esta compactación.

1.5.7. Registros fílmicos del sustrato.

Dada la turbidez del agua en la zona de muestreo, fue imposible realizar registros fotográficos mediante métodos convencionales de captura de imágenes a través de cámaras subacuáticas. Por esta razón, se implementó un sistema de lente aislante que permitió la observación detallada del sustrato y de fragmentos y partículas de carbón embebidas en éste (Figura 1.20).

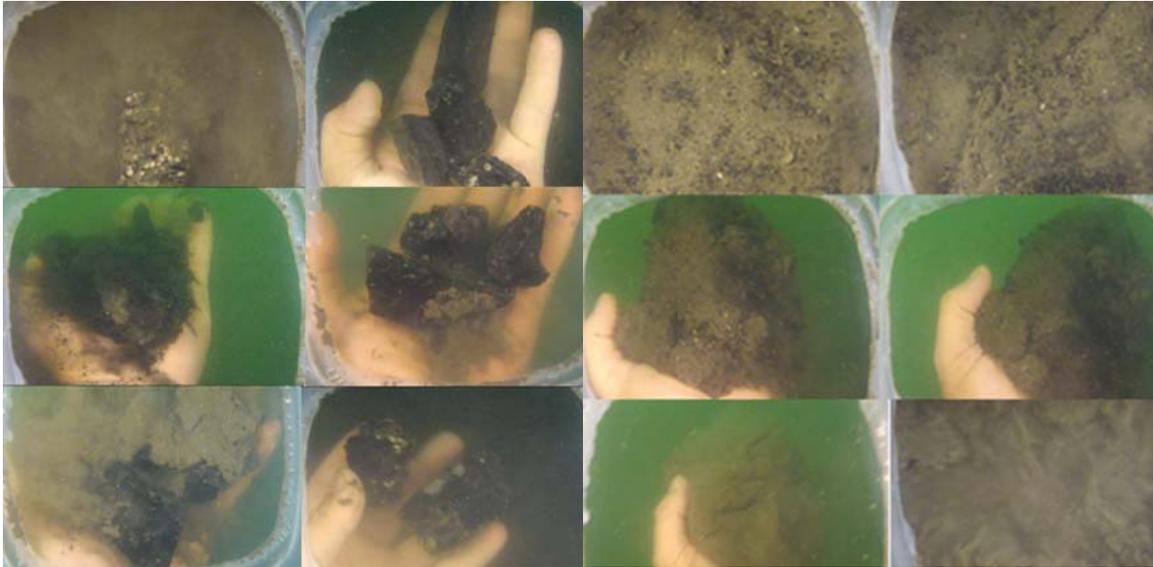


Figura 1.20. Imágenes submarinas del tipo de sustrato predominante y fragmentos y partículas de carbón embebidas.

1.6. MUESTRAS DE CARBÓN COLECTADAS

1.6.1. Procesamiento en el laboratorio.

Inicialmente las muestras de sedimento fueron colectadas por el equipo de buzos alrededor de la Boya 23 y Boya Roja manualmente, mediante el empleo de una pala de jardinería. Dicho sedimento fue tomado y empacado en las bolsas plásticas rotuladas con cierto volumen de agua de mar, el cual fue necesario retirar para su correspondiente análisis; por ello previamente en el laboratorio y en un espacio ventilado, se dejaron decantar cada una de las muestras en baldes plásticos. Una vez libre de agua (lo más escurridas posible), se procesaron extendiéndose en bandejas planas para su respectivo secado; de forma simultánea, se retiraban los fragmentos de carbón presentes (Figura 1. 21).

Se efectuó una descripción de cada una de las fracciones de carbón extraída y se hicieron mediciones (Tabla 1.3), diferenciándolas en tres categorías (Grande, Mediano y Pequeño); se tomaron también algunos registros fotográficos, ilustrando los diferentes tamaños encontrados en cada una de las muestras.

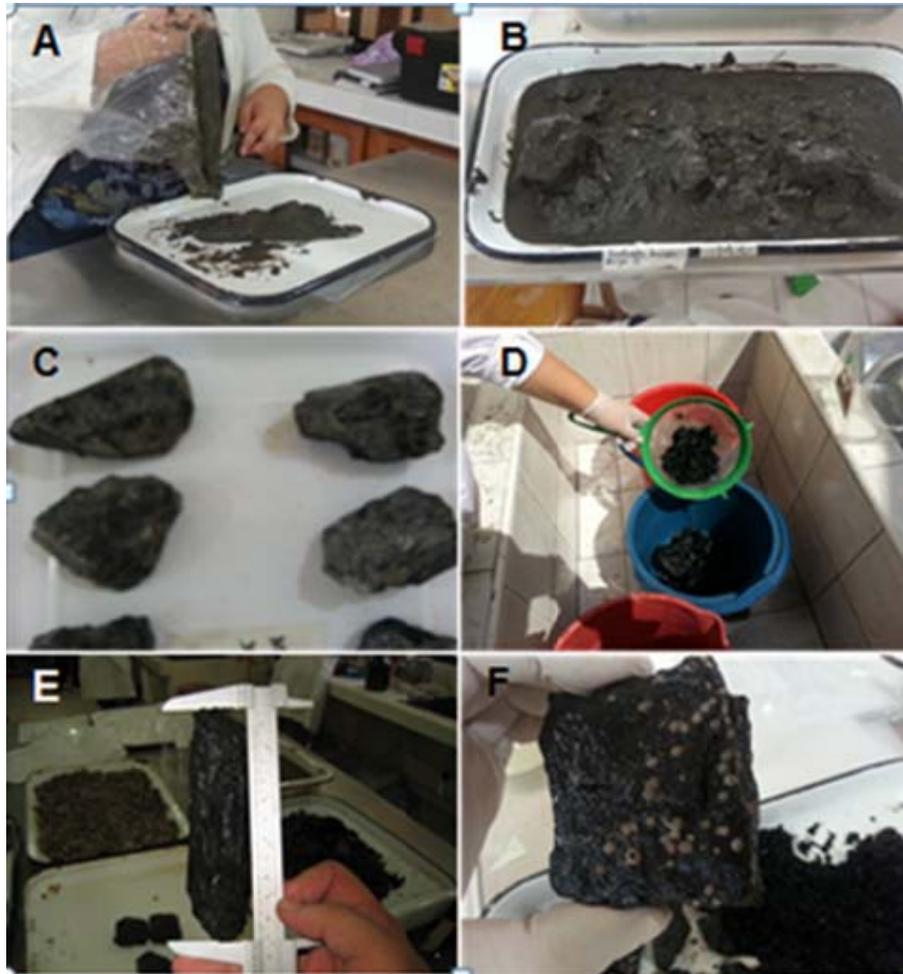


Figura 1.21. Procesamiento en el laboratorio. (A) Extensión de las muestras sobre bandejas metálicas, (B) Registro fotográfico, (C) Extracción de los fragmentos de carbón (D) Proceso de lavado de las partículas de carbón, (E) Medición de las fracciones de tamaño (F) Fragmentos de carbón colonizados por organismos marinos.

1.6.2. Descripción de las fracciones de carbón

1.6.2.1. Muestra 1

Se observan 22 fragmentos con un tamaño promedio de $6,20 \pm 1,06$ cm (Figura 1. 22A), uno de estos colonizado por crustáceos y poliquetos tubícolas; las demás fracciones de tamaño mediano (promedio $3,00 \pm 0,47$ cm) y pequeño (promedio $1,40 \pm 0,18$ cm) presentaron gran cantidad de cieno adherido, lo que indica que se encontraban embebidos en el fondo. Se estimó un contenido de aproximadamente 200 fracciones pequeñas (Figura 1.22B).



Figura 1.22. (A) Algunos de los fragmentos de carbón, (B) Muestra completa.

Tabla 1.3. Longitud (cm) de las fracciones de carbón.

MUESTRA		1	2	3	4	5	Promedio	Desvest
1	Grande	7,80	4,90	6,60	6,00	5,90	6,20	1,06
	Mediano	2,60	2,70	2,90	3,80	2,90	3,00	0,47
	Pequeño	1,70	1,40	1,40	1,20	1,30	1,40	0,18
2	Grande	2,90	3,10	2,90	2,90	2,70	2,90	0,14
	Mediano	1,90	1,80	1,90	2,00	1,70	1,90	0,11
	Pequeño	1,00	1,20	1,30	1,50	1,60	1,30	0,23
3	Grande	4,60	5,20	5,60	N/A	N/A	5,10	0,50
	Mediano	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Pequeño	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	Grande	12,10	N/A	N/A	N/A	N/A	12,10	N/A
	Mediano	5,10	8,00	N/A	N/A	N/A	6,60	2,05
	Pequeño	2,10	N/A	N/A	N/A	N/A	2,10	N/A
5	Grande	9,40	8,00	8,70	N/A	N/A	8,70	0,70
	Mediano	5,40	4,50	3,40	4,40	N/A	4,40	0,81
	Pequeño	2,50	0,70	3,00	1,40	1,10	1,70	0,97
6	Grande	5,00	3,50	N/A	N/A	N/A	4,30	1,06
	Mediano	5,00	3,50	4,10	2,50	3,70	3,80	0,91
	Pequeño	1,80	2,30	2,10	1,90	2,20	2,10	0,20
7	Grande	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Mediano	2,70	2,80	2,40	2,40	2,10	2,50	0,27
	Pequeño	1,50	1,30	1,30	1,90	1,00	1,40	0,33
8	Grande	11,90	10,00	8,90	8,30	7,20	9,30	1,79
	Mediano	6,80	6,60	6,00	4,30	N/A	5,90	1,13
	Pequeño	3,70	2,50	N/A	N/A	N/A	3,10	0,84
Sub muestras acumulación de carbón	Grande	8,90	10,30	7,40	8,10	4,40	7,80	2,19
	Mediano	3,50	4,20	2,90	4,70	4,10	3,90	0,69
	Pequeño	3,90	3,70	3,80	3,40	4,00	3,80	0,23

1.6.2.2. Muestra 2

Compuesta por material bioclástico (Figura 1.23A), cienos y partículas de carbón con tamaños promedios entre $1,30 \pm 0,23$ cm y $2,90 \pm 0,14$ cm. Se observaron distintas conchas de moluscos (bivalvos) en forma y tamaño (Figura 1.23B) y no se evidencian organismos vivos o completos con sus dos valvas; la mayoría se encuentran fraccionados. Esta muestra, tomada en la Boya Roja, permite demostrar las diferencias en la composición del sedimento en comparación con el área impactada en la Boya 23, donde por el contrario predominan los cienos.

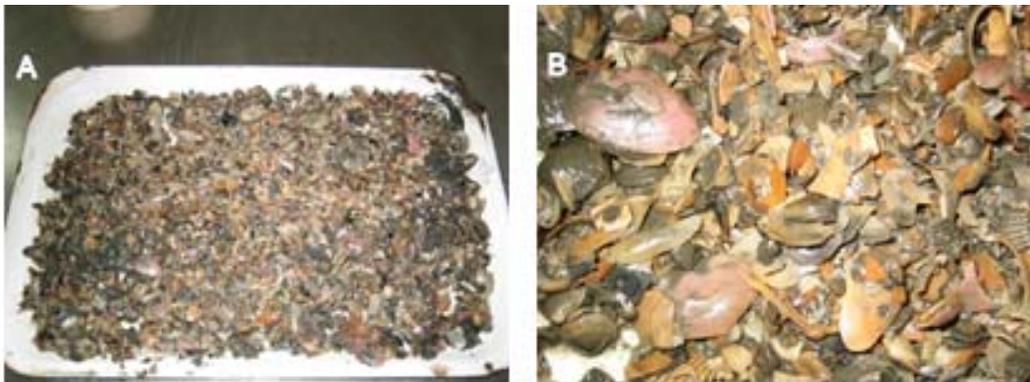


Figura 1.23.(A) Material bioclástico, (B) Compuesto por moluscos bivalvos, la mayoría fracturados e incompletos.

1.6.2.3. Muestra 3

Se midieron 3 fragmentos de carbón de gran tamaño (promedio $5,1 \pm 0,50$ cm) (Figura 1.24A), y se pudo evidenciar colonización de briozoos sobre todas las piezas (Figura 1.24B); estas muestran un color más oscuro que las muestras anteriores, lo que indica que se trata de muestras que tienen contacto con el agua al estar sobre el fondo.

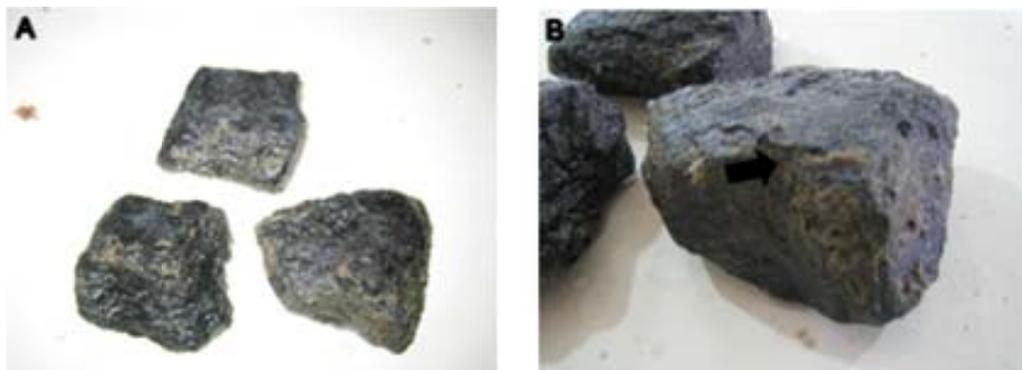


Figura 1.24.(A) Muestra compuesta por 3 fragmentos de carbón. (B) Colonización por parte de briozoos (Cnidaria).

1.6.2.4. Muestra 4

Conformada por 4 fracciones de gran tamaño (12,10 cm, 8,00 cm, 5,10 cm, 2,10 cm) (Figura 1.25), siendo la primera, la más grande encontrada en este muestreo. Se observa colonización por parte de poliquetos tubícolas y crustáceos (Cirripedios) en la mayoría de la superficie que está en contacto con el agua.



Figura 1.25. Fragmento de carbón de mayor tamaño (12,1 cm).

1.6.2.5. Muestra 5

Se observaron dos piezas con un tamaño promedio de $8,7 \pm 0,70$ cm, colonizadas por poliquetos y cirripedios (Figura 1.26A), los fragmentos de menor tamaño muestran un color más oscuro (Figura 1.26B) y no hay rastros de lodo adherido a las paredes, indicando que el carbón se encuentran en contacto con el agua y no embebido en el sedimento.

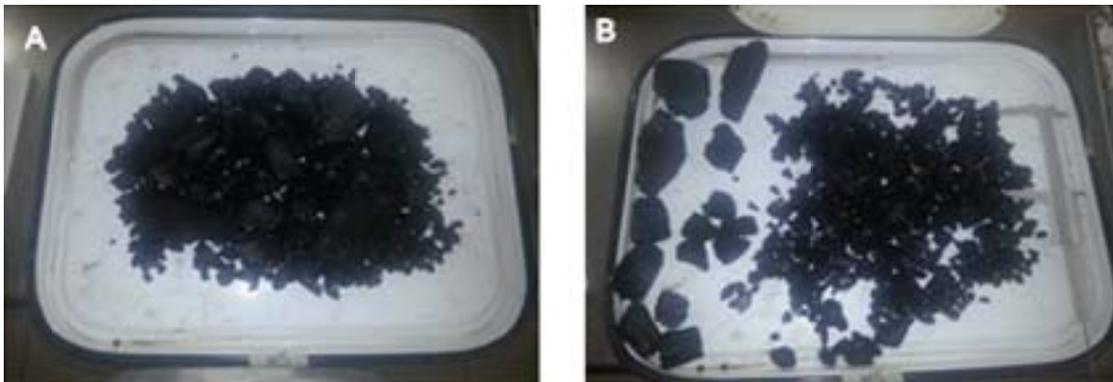


Figura 1.26. (A) Muestra de carbón. (B) Clasificación por tamaño dentro de la muestra.

1.6.2.6. Muestra 6

Los fragmentos de carbón se encontraron embebidos en una gran cantidad de cieno adherido a las paredes, por lo que fue necesario efectuar un lavado. Se registraron tamaños promedio $3,80 \pm 0,91$ cm y $4,30 \pm 1,60$ cm, la mayor pieza encontrada tuvo una longitud de 5,00 cm (Figura 1.27); no se observó colonización de individuos.



Figura 1.27.(A) Muestra lavada donde se puede apreciar los diferentes tamaños de las fracciones de carbón encontradas, (B) Estado de la muestra antes del lavado, (C) Acercamiento a las diferentes fracciones presentes en la muestra,

1.6.2.7. Muestra 7

Muestra conformada por material bioclástico en su mayoría por moluscos bivalvos (Figura 1.28A); no se observó ningún organismo vivo ni ninguno con ambas valvas. Se llevó a cabo el lavado de la muestra para poder medir algunos individuos; se encontraron fragmentos de carbón pequeños ($1,40 \pm 0,33$ cm) y medianos ($2,50 \pm 0,27$ cm),(Figura 1.28B).

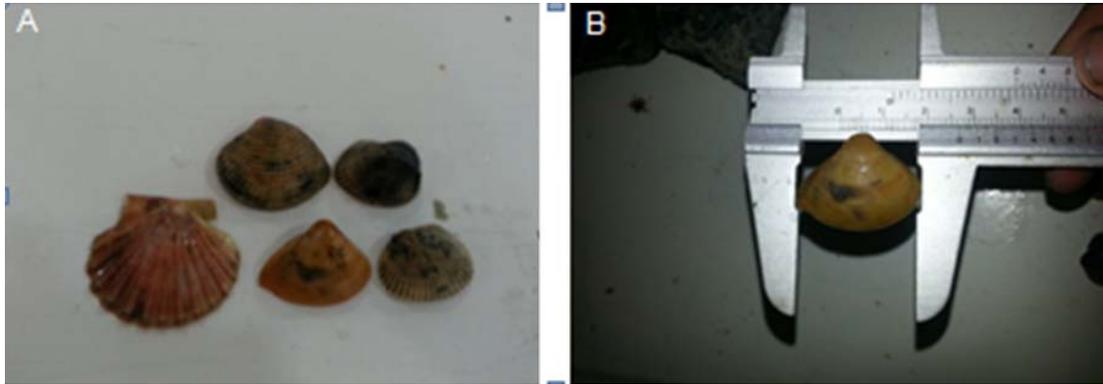


Figura 1.28. Moluscos bivalvos escogidos al azar dentro de la muestra, (B) Procedimiento para determinar las dimensiones de los individuos.

1.6.2.8. Muestra 8

Se encontraron 12 fragmentos grandes de carbón no fragmentado de tamaño mediano ($5,90 \pm 1,13$ cm) y grande ($9,30 \pm 1,79$), colonizados por cirrípedos, encontrándose otra de las piezas más grandes de las muestras (11,90 cm), (Figura 1.29).

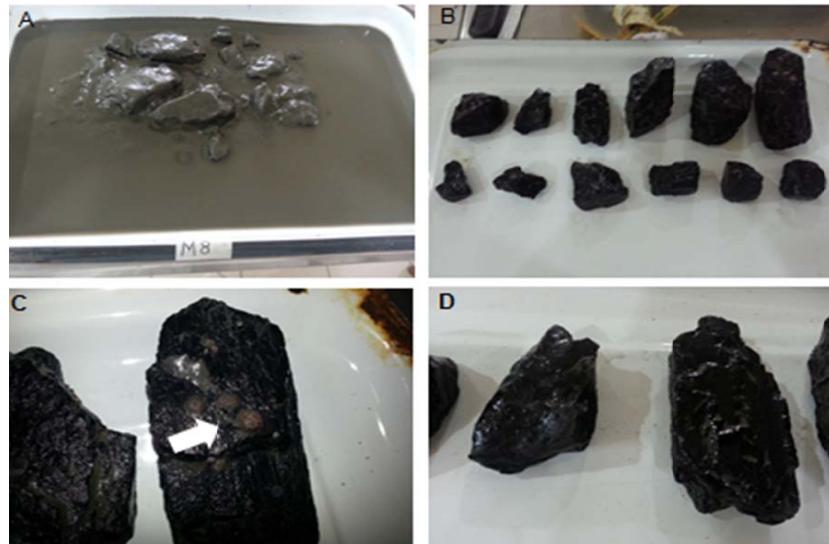


Figura 1.29. (A) Muestra de carbón embebido, (B) Fragmentos de Carbón de diferentes tamaños, (C) Colonización por parte de Cirrípedos, (D) Fragmentos de carbón de mayor tamaño.

1.6.2.9. Sub-muestras del sitio de acumulación de carbón

Ésta muestra tomada sobre el sitio directo de acumulación, exhibe 11 fragmentos de carbón con longitudes promedio entre $3,80 \pm 0,69$ cm a $7,80 \pm 2,19$ cm, donde se aprecia

una marcada colonización por parte de crustáceos cirripedios, y gran cantidad de galerías hechas por poliquetos tubícolas. Se observan restos de cieno sobre las paredes de la mayoría (Figura 1.30, Tabla 1.4).

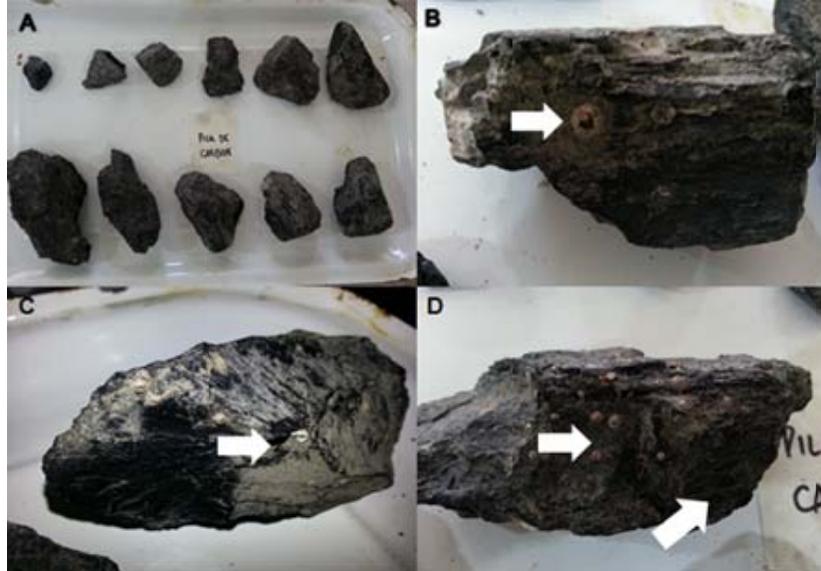


Figura 1.30. (A) Muestra compuesta por 11 fragmentos tomados de la pila de carbón, (B) Galería de poliquetos tubícolas, (C) Fragmento de carbón con varias galerías, (D) Colonización por parte de cirripedios, balanos.

1.6.2.10. Muestras del Eje Central

- **Muestra 1 (100m N)**

Compuesta por 13 fragmentos de carbón con longitudes promedio entre $4,60 \pm 0,25$ cm y $5,60 \pm 1,07$ cm (Figura 1.31); los de mayor tamaño (12,10 y 10,80 cm) se encuentran colonizados por crustáceos cirripedios y no presentaron lodo adherido y su color es negro brillante; se observaron bordes agudos lo que indica fragmentación. Particularmente el resto de la muestra presenta partículas muy pequeñas las cuales se aglomeran entre ellas fácilmente y son altamente cohesivos.



Figura 1.31. Muestra conformada por fracciones grandes y aglomerado de pequeñas partículas de carbón.

Tabla 1.4. Pesos de las fracciones para carbón encontradas en el Eje Central.

MUESTRA		1	2	3	4	5	Promedio	Desvest
Ec- 100m N	Grande	12,10	10,80	N/A	N/A	N/A	11,50	0,91
	Mediano	5,80	7,00	5,10	4,50	N/A	5,60	1,07
	Pequeño	4,70	4,70	4,70	4,20	N/A	4,60	0,25
Ec 30 NE	Grande	12,20	8,50	9,00	10,90	11,10	10,30	1,54
	Mediano	5,00	7,40	N/A	N/A	N/A	6,20	1,69
	Pequeño	3,70	2,00	1,10	N/A	N/A	2,30	1,32
Ec-15-NE	Grande	8,30	7,20	6,80	N/A	N/A	7,40	0,77
	Mediano	2,90	3,80	3,10	4,70	3,60	3,60	0,71
	Pequeño	2,40	1,60	1,380	1,79	0,50	1,50	0,69
Ec-30 W	Grande	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
	Mediano	5,10	3,30	2,70	3,40	N/A	3,60	1,03
	Pequeño	2,20	2,40	1,90	1,40	N/A	2,00	0,43
Ec-15W	Grande	11,40	8,80	N/A	N/A	N/A	10,10	1,83
	Mediano	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
	Pequeño	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
Ec-160m-N	Grande	11,50	9,60	6,20	4,60	7,10	7,80	2,74
	Mediano	5,00	5,20	4,00	4,40	5,10	4,70	0,51
	Pequeño	0,40	0,50	0,7	1	N/A	0,70	0,26

- **Muestra 2 (30m NE)**

Muestra de 11 fragmentos grandes, 7 se encuentran colonizados por crustáceos, su color es negro con poca presencia de lodo adherido (Figura 1.32).



Figura 1.32.Proceso de colonización presente en fragmento de carbón de mayor tamaño.

- **Muestra 3 (15 m NE)**

Compuesta por 13 fragmentos, cinco grandes y ocho medianos los demás son pequeños fácilmente aglomerados (Figura 1.33).



Figura 1.33.Muestra de sedimento con carbón embebido en donde se observan tres fracciones bien diferenciadas.

- **Muestra 4 (30 m NW)**

Compuesta por 21 fragmento, la mayoría de menor tamaño (<5,1 cm), presentan bordes agudos y lados limpios y estriados, señal de fracturación. Hay aglomeración de pequeños pedazos y las fracciones mayores se encuentran colonizadas por cirripedios (Figura 1.34).



Figura 1.34. Carbón colonizado por parte de cirripedios.

- **Muestra 5: (Carbón Boya 2)**

Compuesta por dos fragmentos grandes de 8,5cm y 7,5cm, uno de estos se encuentra notablemente colonizado por cirripedios. Carbón de color negro brillante con bordes desgastados, sin presencia de lodo adherido a las paredes (Figura 1.35).

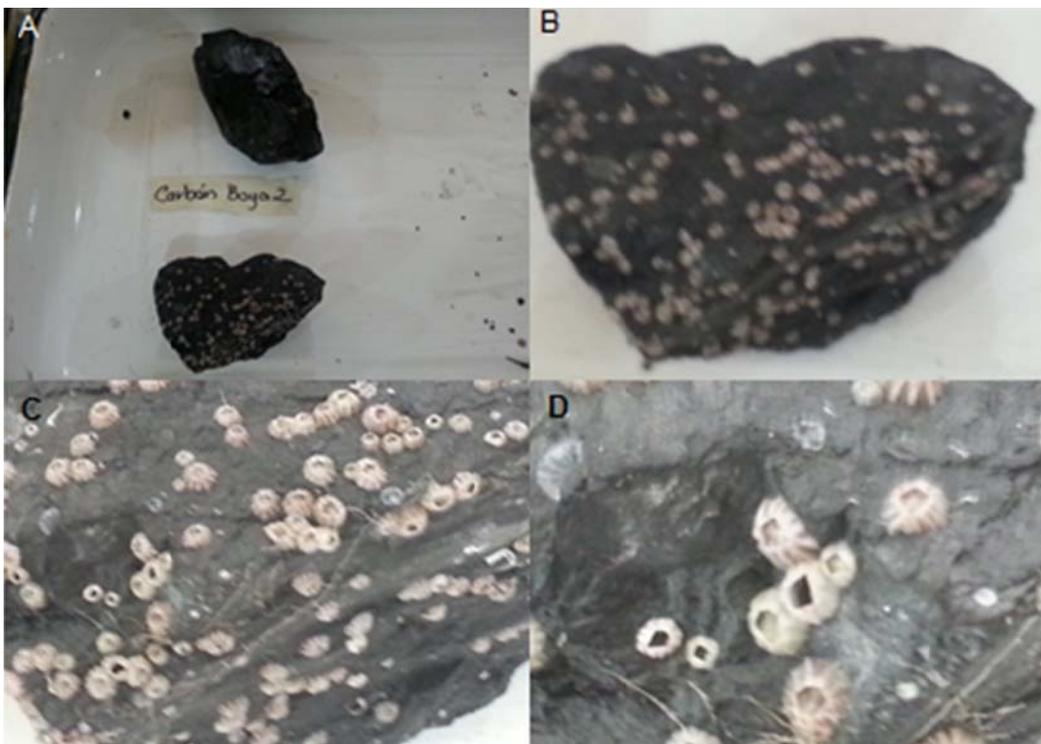


Figura 1.35. Tamaño de la muestra (B) Colonización presente, (C y D) Cirripedios presentes

- **Muestra 6: (Eje de dispersión puntonoreste)**

Se distinguen tres fracciones de tamaño bien diferenciados, 9 fragmentos de tamaño grande, todos colonizados por crustáceos; lo particular de ésta muestra, fue el mal olor que presentó por la descomposición de organismos sobre el mineral. Dentro del segundo grupo de tamaño más pequeño, 3 fragmentos se encontraron colonizados por cirripedios y crustáceos (Figura 1.36).

De acuerdo con las observaciones anteriores, se pudo determinar que dentro de la variedad de fragmentos, se presentaron longitudes considerables (12,10 cm) y que en promedio ésta acumulación de carbón evidenció fragmentos que oscilaban entre $1,30 \text{ cm} \pm 0,23$ y $9,30 \text{ cm} \pm 1,79$. Siendo de gran importancia, puesto que se puede inferir las implicaciones de los diferentes tamaños del mineral en la composición del sedimento; teniendo en cuenta que en el sector la principal característica del tamaño de grano es el predominio de cienos y arenas muy finas, y que el proceso de incorporación en el fondo de estas partículas puede llegar a ser rápido ayudado por la acción del oleaje y las corrientes en el área.

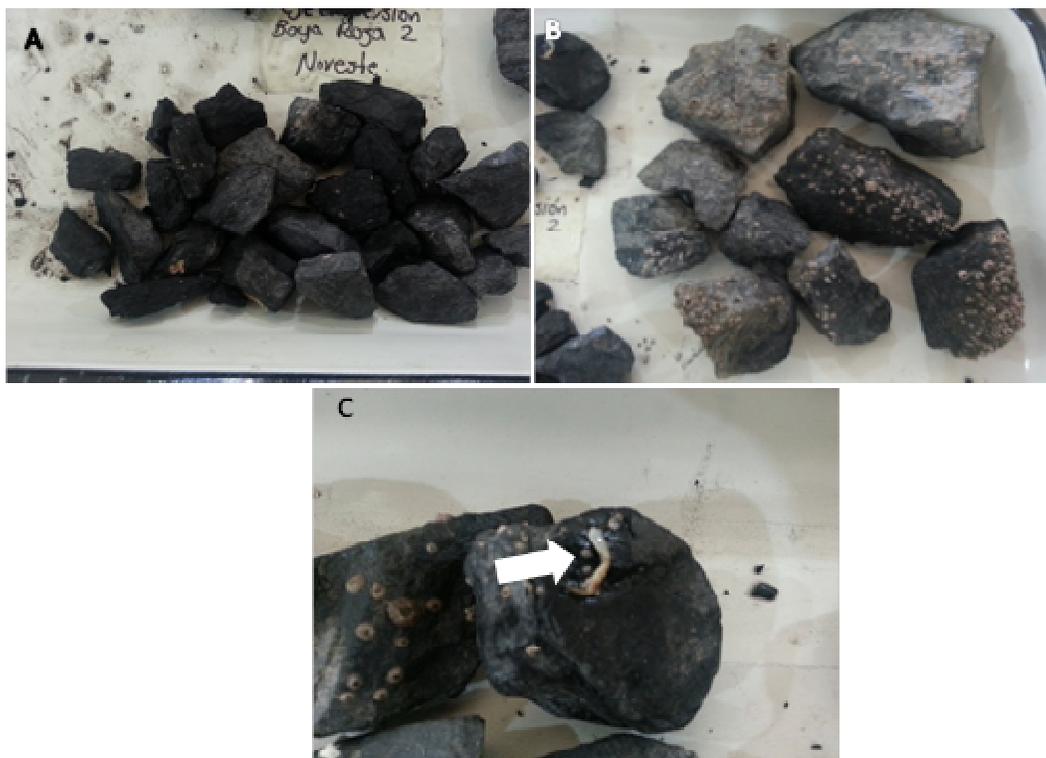


Figura 1.36. Fracción de menor tamaño compuesta por 28 fragmentos, (B) Fracción de tamaño mediano compuesta por 9 fragmentos (C) Fracción de mayor tamaño compuesta por 4 fragmentos se destaca el parapodio encontrado.



Se pudo también evidenciar que las partículas de menor tamaño, se van depositando en la columna de sedimento, mientras que las de tamaños mayores permanecen en contacto con el agua permitiendo la colonización de individuos como cirrípedos, poliquetos y crustáceos.

1.6.3 Muestras de sedimento colectadas con corazonador

1.6.3.1. Obtención

Se establecieron en campo unas boyas en el área impactada, que delimitaron una parcela de 120 m * 60 m, en el lado noreste y noroeste de un eje central establecido a 100 m de distancia de la Boya 23. En esta área, se realizaron barridos en los que se recolectaron 29 muestras con un corazonador (área 100.28 cm²) (Figura 1.37), al este y oeste del eje central; 11 estaciones se establecieron a 30 y 60 m de distancia hacia el este (E), 16 estaciones a 15, 45 y 60 m oeste (O) y 2 restantes denominadas Carbón 1 ubicada sobre el eje central hacia los 160 m a los 11° 05' 23.4N y 74° 15' 39.8 W y Sedimento Compacto al este de la Boya 23 a los 11° 05' 21.1N y 74° 15' 39.9 W (Anexo 1.4). A su vez, en cada una de las distancias establecidas, se tomaron entre 5-6 muestras a los 0 m (punto inicial), 10, 20, 30, 40 y 50 m en sentido sur-norte, con el fin de observar si se presentan algún cambio o gradiente con respecto a la composición del sedimento (Tabla 1.5).

Tabla 1-5. Estaciones realizadas con el método de corazonador.

MUESTREO 4 mar-1	MUESTREO 5 mar-2	MUESTREO 6 mar-9
E 30 m 0	O 15 m 0	Carbón 1
E 30 m 10	O 15 m 10	Sed. Compacto
E 30 m 20	O 15 m 20	
E 30 m 30	O 15 m 30	
E 30 m 40	O 15 m 40	
E 30 m 50	O 45 m 0	
E 60 m 10	O 45 m 10	
E 60 m 20	O 45 m 20	

E 60 m 30	O 45 m 30	
E 60 m 40	O 45 m 40	
E 60 m 50	O 60 m 0	
	O 60 m 10	
	O 60 m 20	
	O 60 m 30	
	O 60 m 40	
	O 60 m 50	

1.6.3.2. Procesamiento de muestras

Estas muestras antes de ser procesadas en el laboratorio fueron decantadas por su gran contenido de agua y pesadas en su totalidad; se separó manualmente el carbón del sedimento y se pesó de manera independiente. La mitad del peso total de la muestra se destinó para la revisión de infauna asociada y el restante para el análisis granulométrico (ver detalle metodología Componente Edáfico) (Figura 1.38).



Figura 1.37. Corazonador utilizado para la extracción de sedimento.



Figura 1.38. Procedimiento de decantación de las muestras, separación del carbón y pesaje.

De las 29 muestras, se procesaron 28 debido a que en la estación E 60 m 10 se recolectaron únicamente partículas de carbón, el cual solo fue pesado y almacenado; en la estación O 45 m 10 la cantidad de sedimento no fue suficiente por lo que para granulometría se contó con 14,29 g y no con 25 g como el resto de las estaciones. En general, la composición de las muestras fue diferente y particular, duplicando los tiempos de procesamiento, por lo que para el secado no fue suficiente a temperatura ambiente, fue necesario utilizar el horno a 45°C por 24 h. Una vez secas se notó que el sedimento quedó demasiado compactado por lo que fue necesario extender el sedimento en bandejas metálicas y separarlo nuevamente (Figura 1.39).



Figura 1.39. Composición del sedimento compacta después del procedimiento de secado.

Además de determinar la composición del sedimento, también se calculó el porcentaje de carbón presente en la muestra, debido a que en algunas estaciones se presentaron gránulos de tamaño considerable que quedaban atrapados en el tamiz de 1.00μ hasta el de 250μ .

1.6.3.3. Resultados y discusión

Para el análisis de resultados, se tuvieron en cuenta las distancias a las cuales fueron tomadas las muestras con respecto al eje central (este- oeste), y también con respecto a los desplazamientos en sentido sur-norte con el propósito de poder caracterizar el sedimento de la zona impactada.

1.6.3.3.1. Granulometría

En cuanto al tipo de sedimento encontrado para las estaciones de la ubicación Este, se obtuvo un promedio de porcentaje de arena muy gruesa, granulo y guijarro de $2,15 \pm 2,19$ %, de arena gruesa de $0,58 \pm 0,43$ %, arena mediana $0,85 \pm 0,22$ %, arena fina $6,26 \pm 5,04$ %, arena muy fina $27,33 \pm 6,04$ % y cieno de $62,83 \pm 9,11$ %; en cuanto a las estaciones de la ubicación Oeste, se encontró para arenas muy gruesas, granulo y guijarro $1,88 \pm 2,01$ %, arena gruesa $0,70 \pm 0,83$ %, arena fina $0,74 \pm 0,24$ %, arena muy fina $5,05 \pm 3,28$ % arenas muy finas $26,38 \pm 4,71$ % y cieno $65,25 \pm 6,46$ % (Figura 1.38), lo que confirma

la dominancia por parte de los cienos en la composición del sedimento del área muestreada (Figura 1.40), al igual como se obtuvo en los sedimentos tomados con draga.

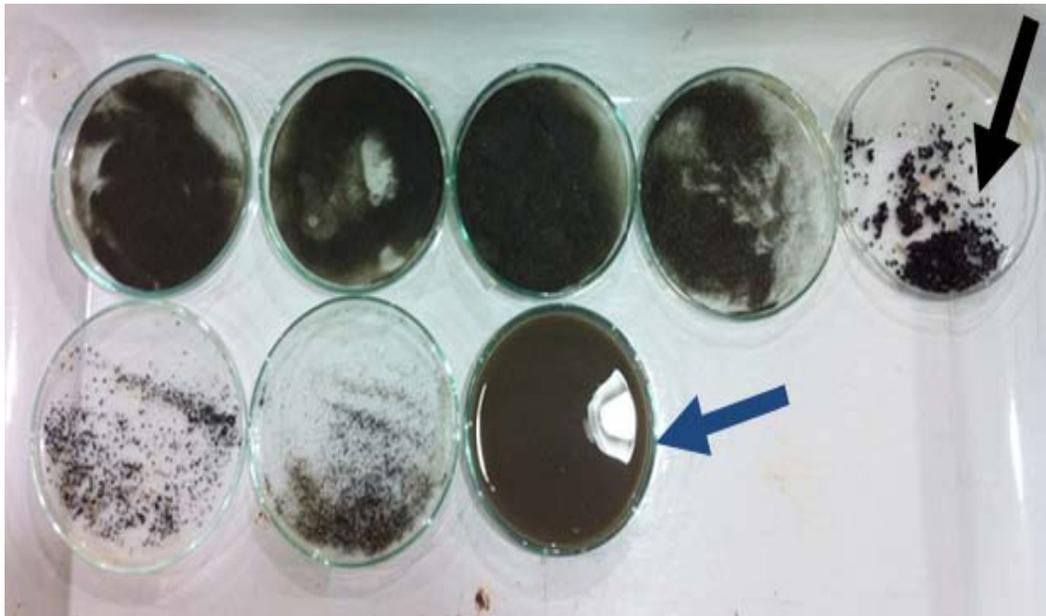


Figura 1.40. Sedimento resultante de los tamices. Flecha azul: contenido del tamiz de $<63 \mu$ (cienos y limos). Flecha negra: partículas de carbón presentes en el tamiz de 1.00μ .

Las últimas estaciones Carbón 1 y Sedimento Compacto presentaron porcentajes similares, ya que a pesar de no encontrarse dentro de las parcelas, si se encuentran en el área de estudio y confirmaron el predominio de arenas finas y cieno (Figura 1.41).

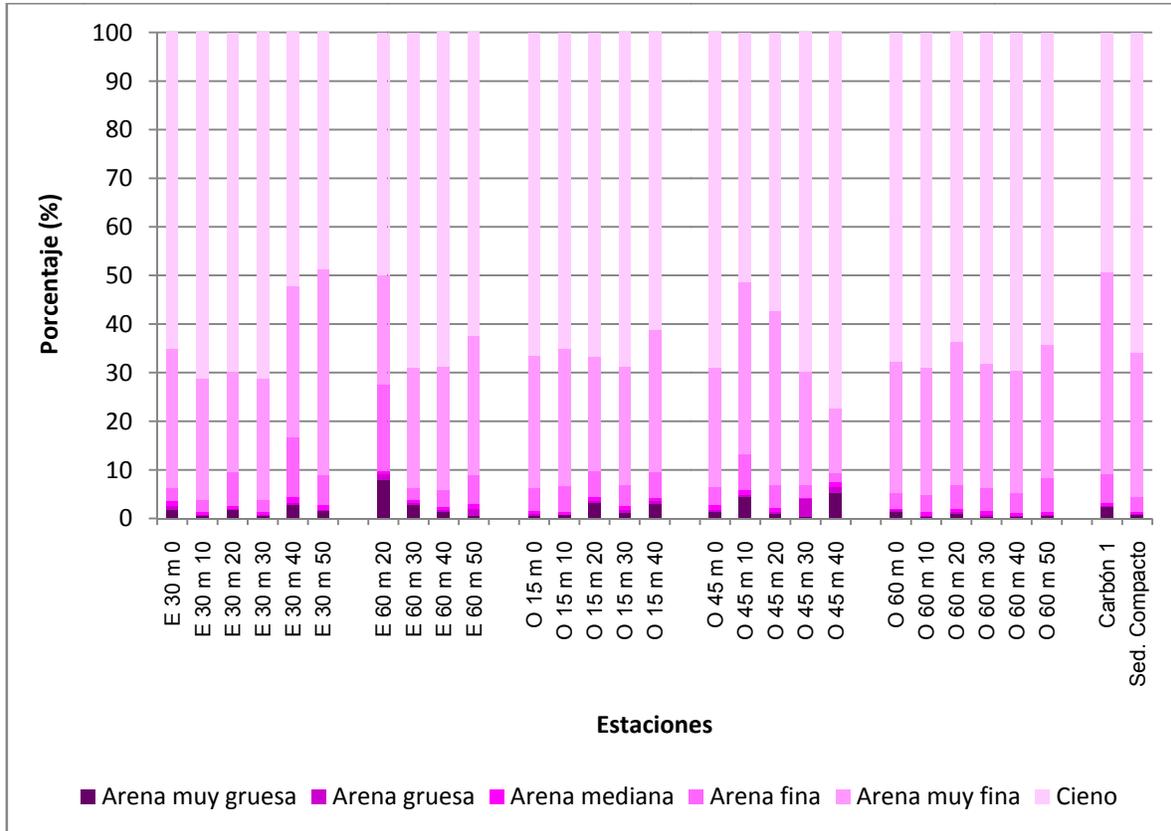


Figura 1.41. Gráfica de barras que indica el porcentaje de cada uno de los tipos de grano que se encontraron en muestras tomadas con corazonador.

El Mz se encontró entre 3,87 y 4,37 lo que indica que el sedimento está compuesto principalmente por arenas muy finas a cieno y limo. En cuanto a la selección, se encontraron como moderadamente bien seleccionados el 15,91 % de las estaciones O-60 m, moderadamente seleccionada las estaciones E 30 m (14,70 %), O 45 m (12,21 %) y O-15m (11,20 %); E-60m, posee tres tipos de selección lo que infiere que presenta diferentes tipos de arena (Figura 1.42).

De las 28 estaciones realizadas con este método, 17 estaciones presentaron una curva platicúrtica; 8 estaciones presentan una distribución normal o mesocúrticas, 2 estaciones leptocúrticas y 1 estación extremadamente leptocúrtica. Lo anterior muestra una tendencia heterogénea.

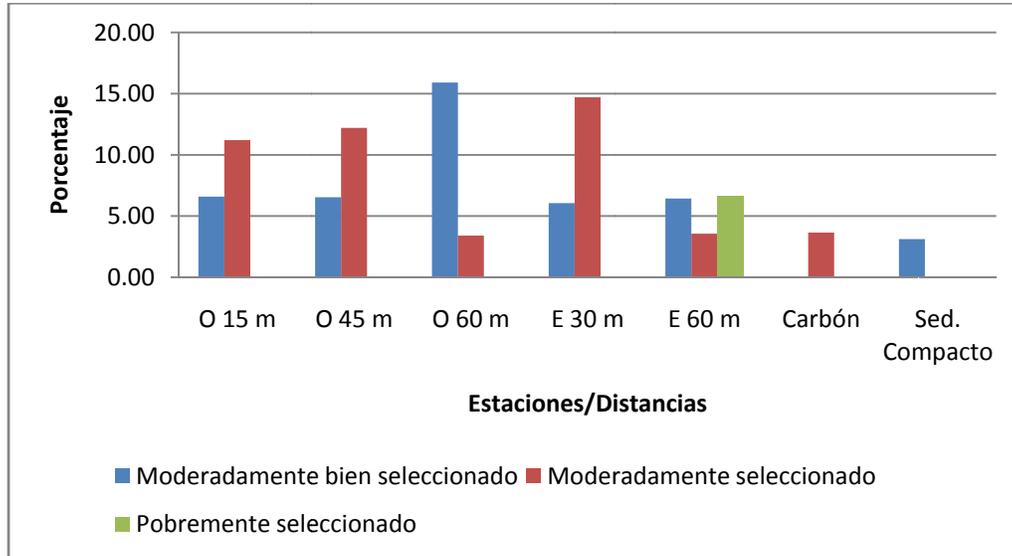


Figura 1.42. Índices de selección en porcentaje para el área de muestreo. Estaciones agrupadas según la ubicación y la distancia de la Boya 23.

De acuerdo con esto, las estaciones con los mayores porcentajes de carbón embebido en la muestra, indicaron a su vez dentro de los resultados de composición del sedimento un incremento de las arenas gruesas como era de esperarse (Figura 1.43).

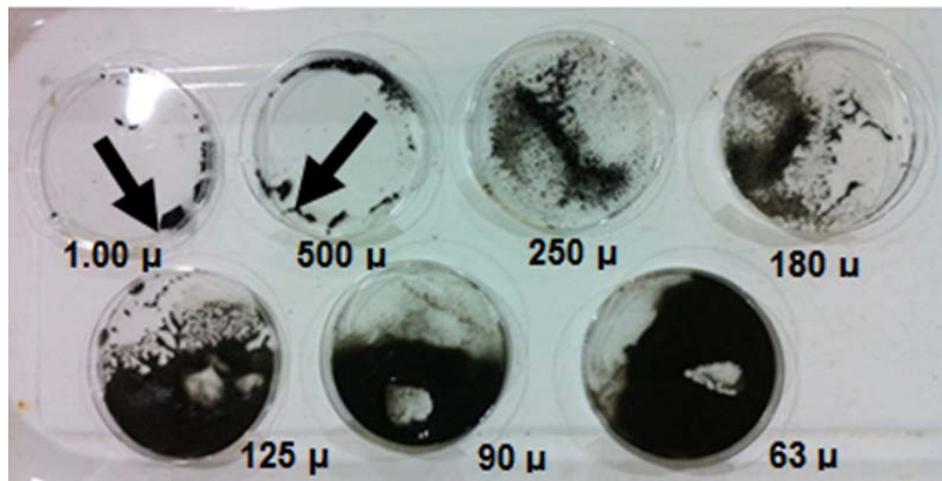


Figura 1.43. Sedimento resultante de los diferentes tamices en la granulometría húmeda. Las flechas indican la presencia de gránulos de carbón de tamaño considerable.

Se encontró que en las estaciones del Oeste a los 45 m se presentaron los mayores porcentajes de carbón, O 45 m 0 (3,26 %), O 45 m 10 (43,40 %), O 45 m 20 (4,77 %), O

45 m 30 (7,60 %), O 45 m 40 (3,94 %), siendo la segunda a los 10 m en el desplazamiento sur-norte, la que presentó un porcentaje bastante considerable. Con respecto a las demás estaciones, se puede decir que en la mayoría hubo carbón (rango entre 0,01 % a 2,55 %), en algunas no se encontró (E 30 m 0, O 60 m 10) y el caso de E 60 m 10 que fue sólo carbón en su totalidad, seguida por E 60 m 20 que confirma la presencia con un 7,06 %.

1.6.3.3.2 Materia orgánica

De las 28 estaciones, 14 presentaron porcentajes entre 0,88% y 1,91%, 10 estaciones estuvieron entre 2,08% y 2,73% y solamente cuatro estaciones reportaron los mayores valores (O 15m 10 (5,46%), O 15 m 40 (5,19%), O 15 m 20 (3,87%) y 60 m 30 (3,10%), siendo los dos primeros los más altos registrados en todo el muestreo) (Figura 1.44), la estación O 45 m 10 registró un muy bajo (0,36%), probablemente debido a que la cantidad de muestra tomada en campo no fue representativa.

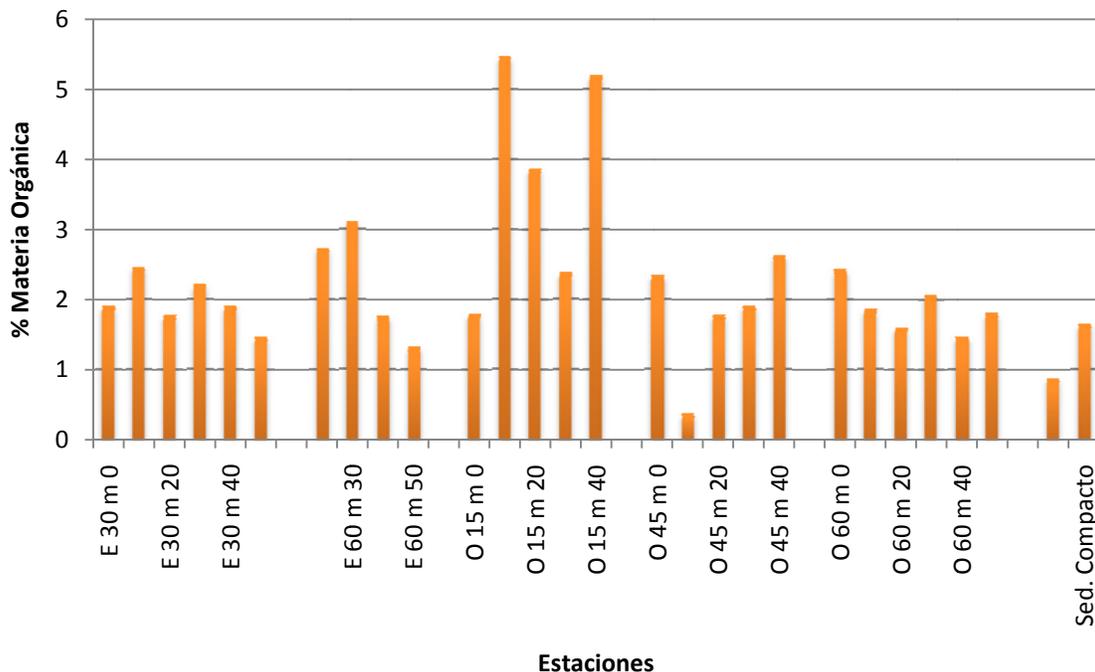


Figura 1.44. Porcentaje de materia orgánica de las muestras tomadas con corazonador



Las estaciones realizadas en el lado Oeste a los 15 m de distancia del eje central presentaron los mayores porcentajes de materia orgánica y las demás mantuvieron un promedio. Sin embargo, en las distancias de los desplazamientos sur-norte (0 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m y en algunas 50 m), se puede apreciar en las estaciones del este que los contenidos son mayores en las primeras distancias y que a los 40 m -50 m el porcentaje disminuye, observándose un gradiente a medida que se aleja de la zona impactada. En las estaciones al oeste por el contrario, los contenidos son heterogéneos, solo se presentó similitud en algunas de las estaciones O 45 m y O 60 m con valores entre 1,47 a 2,64 %

Por otra parte, las estaciones de Carbón 1 y Sedimento Compacto registraron 0,88 y 1,66 %, ubicándose dentro del rango, pero estableciendo el mínimo valor para todas las estaciones y comprobando que si en las muestras tomadas a los 40 m y 50 m del punto de inicio hacia el norte el contenido orgánico es menor, teniendo en cuenta que esta es tomada casi a los 160 m de distancia. Mientras que en la estación Sedimento Compacto ubicada al este cerca de la Boya 23 el contenido es un poco bajo en referencia a las demás estaciones de la misma boya.

1.6.3.3 Carbonatos

Los porcentajes de carbonatos fueron muy homogéneos en todas las estaciones presentando un rango entre 8,14 a 10,88 %, los valores mayores se dieron en las estaciones E 60 m 20, E 30 m 40, O 15 m 0, O 45 m 10 y O 45 m 20 (Figura 1.45). No se presentaron diferencias marcadas entre las estaciones Este y Oeste, sin embargo el grupo O 45 m reportó valores altos a los 10 m, 20 m, 30 m. La clasificación calcimétrica resultó igualmente litoclástica. En las estaciones Carbón 1 y Sedimento Compacto los valores se mantuvieron dentro del rango.

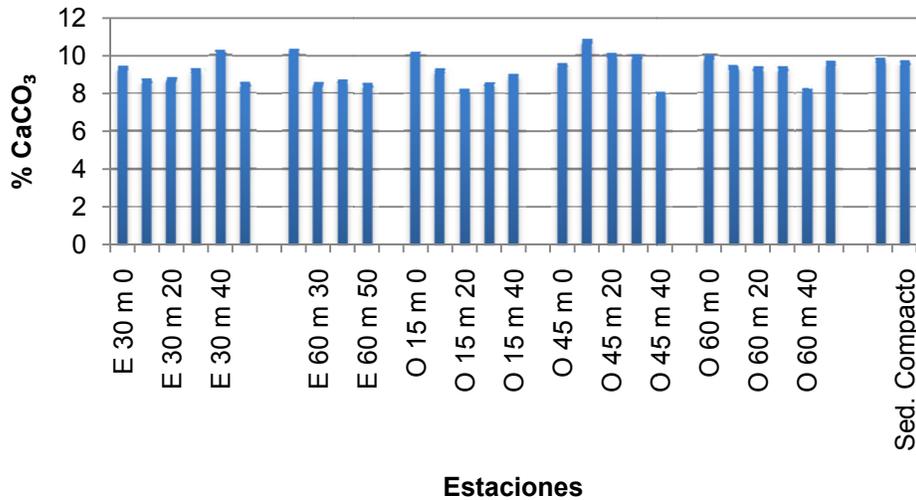


Figura 1.45. Porcentajes de carbonato de calcio de las estaciones muestreadas con corazonador.

1.6.3.3.4 Densidad

En las densidades que se registraron (muestras tomadas con corazonador), el mayor valor fue de 2,287 g/cm³ en la estación E30 m 40, y el valor mínimo de 1,965 en la estación O 45 m 40. En promedio se obtuvo una densidad de 2,105 ± 0,088 g/cm³ y un coeficiente de variación de 4,171. Por lo que se presenta una homogeneidad en cuanto a la densidad de los sedimentos en los diferentes puntos muestreados y no se evidencia diferencia entre los diferentes sectores (Figura 1.46).

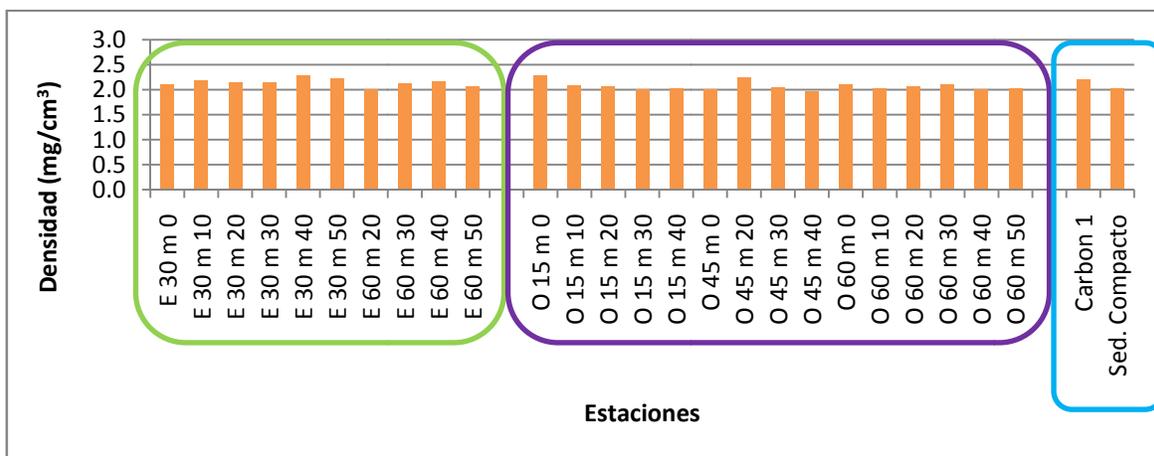


Figura 1.46. Densidad (g/cm³) de los sedimentos tomados con corazonador en las diferentes estaciones. Recuadro verde: sector Este de boya roja. Recuadro morado: Sector Oeste de Boya Roja. Recuadro azul: Carbón 1, a 60 m del eje central. Sed. Compacto, al Este de la de la Boya 23.



La densidad en sedimentos con un contenido de partículas inorgánicas tiene un rango de 2,5 a 2,7 g/cm³ con un promedio de 2,65 g/cm³ (Blake y Hartge 1986; Boyd, 1995). El rango de densidad en sedimentos con un contenido significativo de materia orgánica es de 1 a 1.6 g/cm³ y en promedio 1,25 g/cm³ (Boyd, 1995; Brady, 1984). Por esto, según los resultados obtenidos, los sedimentos están en un rango medio, es decir que presentan contenido de materia orgánica y de materia inorgánica. Sin embargo, Gutiérrez-Estrada et al. (1988) aseguran que valores inferiores a 2,60 g/cm³ presentan abundancia de materia orgánica y valores de densidad entre 2,70 y 2,80 g/cm³ pueden indicar una presencia de minerales pesados, por lo que se puede inferir que en el sector según los valores de densidad no hay presencia de minerales pesados, pero comparando con lo obtenido no se encuentra un alto porcentaje de contenido de materia orgánica.

1.6.4. Infauna asociada

1.6.4.1. Toma de muestras

Con el fin de conocer la estructura de la infauna presente en la área influenciada directamente por el derrame de carbón (Boya 23), se tomaron muestras con la ayuda de un corazonador de PVC de extracción manual con apoyo de equipo autónomo SCUBA. El muestreo se realizó en 28 estaciones, divididas en dos sectores: Este y Oeste; por esto, las muestras obtenidas en el sector Este llevan el rótulo E y las del Oeste, el O tal como aparecen.

1.6.4.2. Organismos encontrados

En general se encontraron un total de 5.170 individuos reunidos en los siguientes familias/taxas: Nemertinos (1), Poliquetos (21), Sipunculidos (1), Crustáceos (4), Moluscos (4) y Equinodermos (1).

En las estaciones del lado Este al lugar donde ocurrió el derrame de carbón, se encontró que la estación E 60 m 20 presentó un porcentaje de carbón de 7.06 %, esta estación se encuentra dominada en su totalidad por poliquetos tubícolas de la familia Spionidae (Figura 1.47).

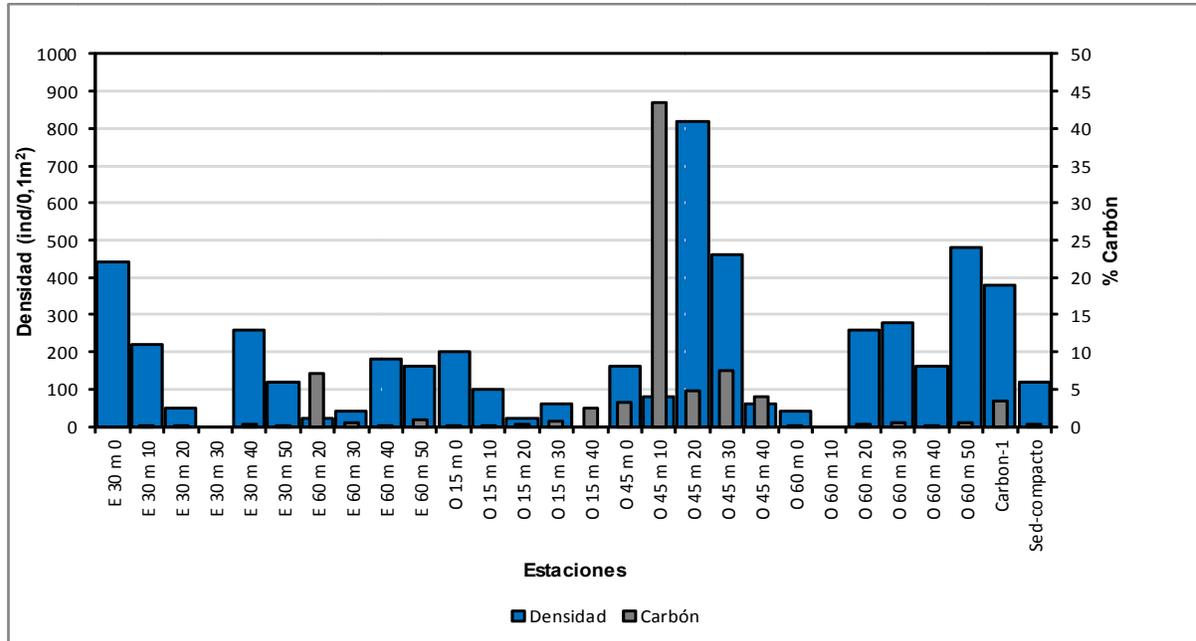


Figura 1.47. Densidad de ind/0.1 m² y porcentaje de carbón en el área de influencia directa del derrame (Boya 23), área de anclaje de Drummond.

En cuanto a las muestras del lado Oeste, se evidencian dos incrementos en el porcentaje de carbón; uno en la estación O 45 m 10 de 45 % en donde se registraron tres familias de poliquetos tubícolas filtradores Capitellidae, Spionidae, Pectinaridae y un tipo de Anfípodo; el segundo incremento se encontró en la estación O 45 m 30, con 7,6 % de carbón y 7 familias de poliquetos Sabellidae, Cossuridae, Lumbrineridae, Onuphidae, Oweniidae, Spionidae, un Sipunculido y dos tipos de Anfípodos. Cabe anotar que en esta estación se presentó la mayor número de familias taxas (Figura 1.48).

Al observar la muestra obtenida directamente sobre el sitio de derrame, se encontró en la estación Carbón # 1 un incremento en el porcentaje de carbón de 3,7 % y la presencia de cuatro familias de poliquetos, Amphinomidae, Poecilochaetidae Spionidae y Cirratulidae, un tipo de Anfípodo y un Ofiúrido

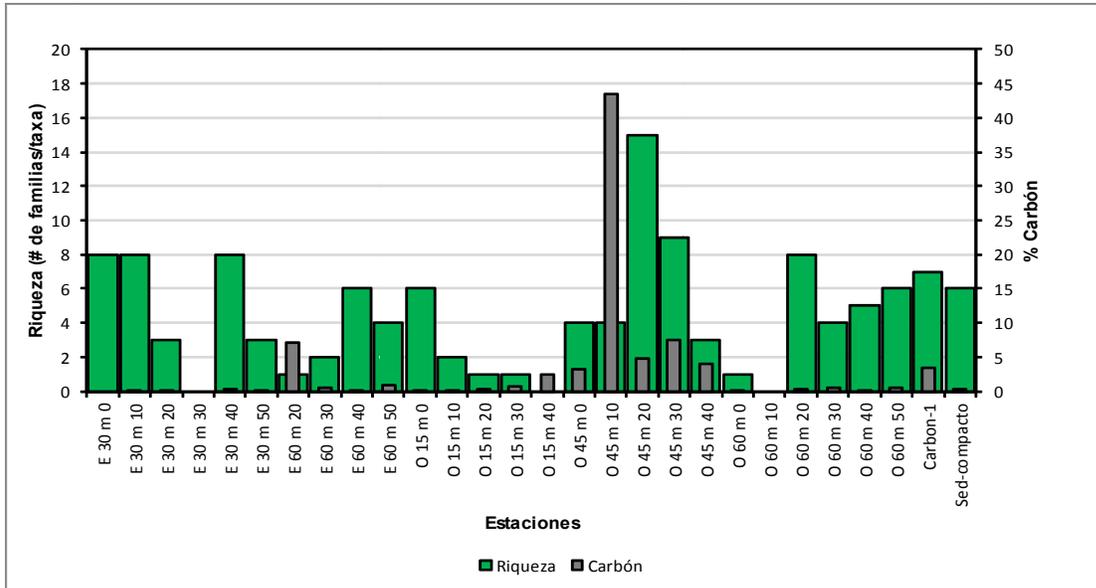


Figura 1.48. Riqueza de familias y porcentaje de carbón encontrada en el en el área de influencia directa del derrame (Boya 23), área de anclaje de Drummond.

Para las estaciones del lado Este se observan tres aumentos principales en las estaciones E 30 m 0, E 30 m 10 y E 30 m 20 con porcentajes de carbón de 20 % con un dominio amplio de la familia Spionidae en todas las estaciones; de igual forma para el lado Oeste se observan tres incrementos, uno muy notable en la estación O 45m 20 seguido de dos en las estaciones O 45 m 30 y O 60 m 20 con porcentaje de carbón de 37, 23 y 20 % respectivamente donde sabelidos, espionidos y cirratulidos dominan marcadamente.

La correlación de Pearson presentó valores cercanos a cero, lo que corrobora la falta de relación entre el porcentaje de carbón con la densidad ($\text{ind}/0,1 \text{ m}^2$) y con la riqueza (N° de familias/taxa); lo que indica que no existe una relación lineal entre las variables mencionadas.

1.6.4.3. Posibles efectos en la zona impactada

El evento ocurrido el 13 de enero de 2013, se considera como una descarga accidental de carbón, requerida ante una operación de contingencia de conato de hundimiento de una barcaza, sobre un fondo blando en la plataforma continental con una profundidad entre 10m y 12m. El carbón vertido al mar, impactó directamente el componente edáfico en cuanto al tipo de grano predominante, en particular en el área específica del derrame y

acumulación del mismo (segmento de color azul oscuro), con un cálculo estimado y aproximado entre 10200 m^2 y 11100 m^2 , dependiendo de la aplicación de los programas de determinación de áreas implementados como el Coral Point Counter CPCe y el ImageJ (Figura 1.49 y Tabla 1.6), tomando como referencia las distancias entre las coordenadas geográficas más lejanas; se caracterizó por la evidencia de un “montículo de carbón” embebido, que si bien de forma dispersa (amontonamiento del mineral con un patrón agregado como se registró en la parcela de 7200 m^2 demarcada sobre esta área (Figura 1.50) sobresalía de 3 cm a 5 cm en la interfase sedimento-agua con fragmentos entre medianos (3.8 cm a 6.7 cm) y grandes (6.8 cm a 12.2 cm), apreciándose marcadamente su atrapamiento y retención en el cieno viscoso que tipifica el sedimento predominante, hasta una profundidad de 30 cm en los sitios de mayor acumulación. El efecto referido, se encuentra en menor proporción en el tramo circundante a este montículo (segmento de color gris entre 25700 m^2 a 29900 m^2), en donde se apreciaron pequeños fragmentos del mineral (0.4 cm a 3,7 cm) y, de forma indirecta en el área adyacente a éstas (segmento de color naranja entre 80300 m^2 a 89500 m^2), en la cual se evidenciaron restos de polvillo (de 0.05 mm a 0.08mm) que delimitan el máximo radio de dispersión del mismo. De ésta manera, se demarca un área total aproximada de 116200 m^2 a 130500 m^2 , con diferentes niveles de afectación.

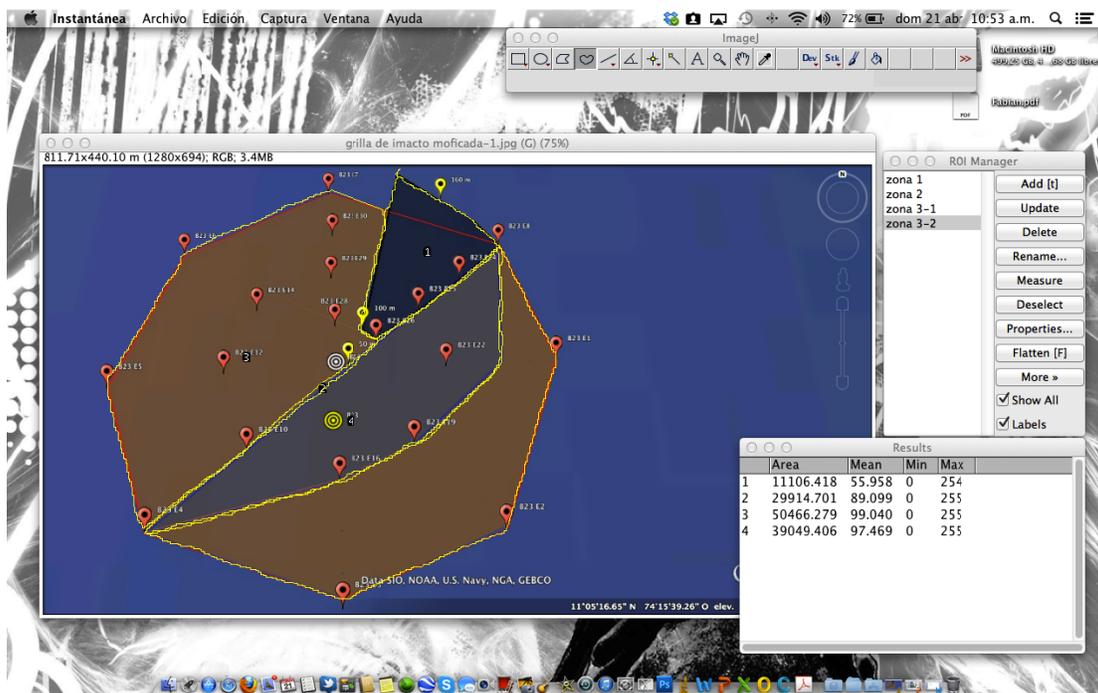


Figura 1.49. Determinación de la áreas mediante el Programa ImageJ.

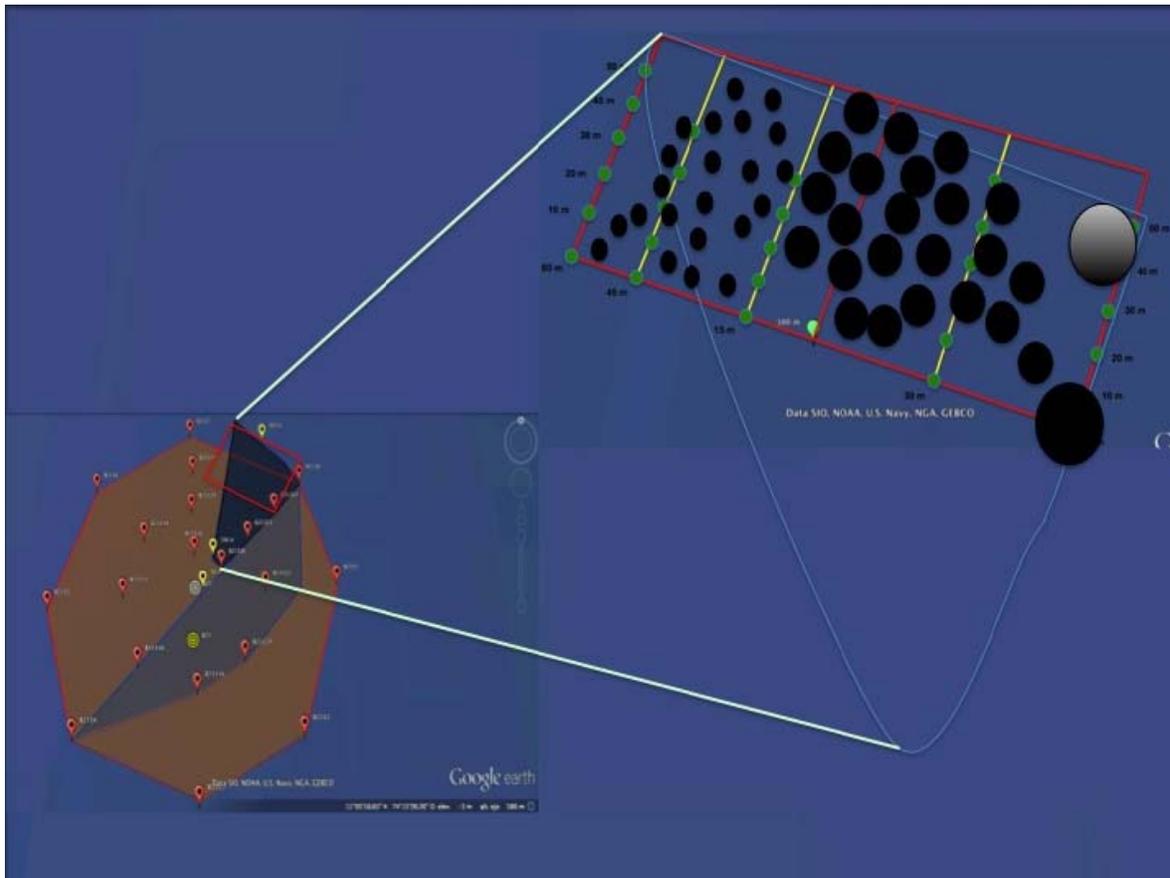


Figura 1.50. Demarcación de las diferentes áreas afectadas según la magnitud del impacto. Segmento azul oscuro-área de acumulación y amontonamiento agregado del carbón vertido; segmento gris-área con pequeñas partículas del mineral y segmento naranja-área con presencia de polvillo, radio máximo de dispersión (Modificado de Google Earth, 2013).

Tabla 1-6. Estimaciones de las área afectadas (m²) según los programas implementados y sus aproximaciones

Magnitud Impacto	Estimaciones y Aproximaciones de las áreas m ² Coral Point Counter CPCe		Estimaciones y Aproximaciones de las áreas m ² Programa ImageJ	
Focal	10190	10200	11106	11100
Adyacente	25653	25700	29914	29900
Circundante	80252	80300	89515	89500
TOTAL	116095	116200	130535	130500

El peso del carbón vertido, pudo haber producido sobre las zonas impactadas, diferentes tipos de compresión en el sustrato cieno-fangoso, lo que generaría desde presiones leves hasta excesivas sobre los organismos infaunales de acuerdo a la magnitud de la

afectación, limitando el flujo normal de agua con sus nutrientes y oxígeno disuelto, pudiendo propiciar un área donde difícilmente pueden sobrevivir algunas de estas especies. Factores como la altura (0.3cm a 0.5cm), área de cobertura (según las dimensiones específicas determinadas) y concentración del depósito o acumulación (10 cm a 30 cm), han actuado probablemente como barrera física para los grupos biológicos dependientes del bentos (peces, moluscos, estrellas de mar, etc.) los cuales obtienen de él alimento o protección. El “mar de leva” a comienzos de marzo logró remover y resuspender el sedimento fangoso del fondo, haciendo que los espacios entre las piedras de carbón se consolidaran y compactaran, creando una estructura sólida que le ha permitido a varios organismos sésiles asentarse en este nuevo sustrato, de estos los más notorios fueron los balanos (Crustácea: Cirripedia) y unos pocos pectínidos (Mollusca: Bivalva) (Figura 1.51).



Figura 1.51. Cirripedios y pectínido asociados a fragmentos de carbón en la zona impactada alrededor de la Boya 23. Zona de anclaje del puerto de Drummond.

Adicional a esto, el grupo de trabajo en infauna encontró varias familias de poliquetos (Amphinomidae, Poecilochaetidae, Spionidae y Cirratulidae), anfípodos y estrellas frágiles (Ofiúridos) asociadas al carbón de mayor tamaño procedente del derrame. Estos resultados se dan luego de un mes después del evento, lo que llama la atención la velocidad con que estos organismos colonizaron este nuevo sustrato. Durante el proceso de identificación se encontró un tubo que se supone pudo haber sido de un maldanido el cual fue construido exclusivamente de partículas de carbón (Figura 1.52). Los poliquetos pertenecientes a la familia Maldanidae son tubícolas y tienen normalmente un revestimiento membranoso el cual cubren con fango, trozos de conchas o arena, aunque algunos tubos son solo madrigueras consolidadas (Rouse & Pleijel, 2001).



Figura 1.52. Tubo de carbón hecho probablemente por un poliqueto de la familia Maldanidae en la zona impactada alrededor de la Boya 23. Zona de anclaje del puerto de Drummond

En la fase de identificación, muchos de los poliquetos de la familia Maldanidae se encontraban resguardados en sus tubos, lo que obligó a retirar cuidadosamente los individuos; desafortunadamente este tubo no tenía adentro el organismo lo que impidió su identificación. Este tipo de organismos empiezan la construcción de su tubo en el momento en que se establece en el sedimento y se puede observar como la parte angosta del tubo es lo que primero fue construido por el gusano y este va ampliando su diámetro interno a medida que crece (McConnaughey, 1974). La construcción de este tubo se dio cuando el gusano tenía como principal oferta las partículas de carbón que lo rodeaban. Algunos autores como Shelton (1973), sostienen que no todas las alteraciones son negativas si no que pueden ser benéficas.

1.6.5. Bibliografía

- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk density. En: Klute, A. (ed.), Methods of soil analysis, part 1, Physical and mineralogical methods, Am. Soc. Agr., Madison, Wisconsin, USA, pp. 363–375.
- Boyd, C.E., 1995. Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture. Chapman & Hall, New York, p. 348.
- Brady, N. 1984. The Nature and Properties of Soils, 9. Macmillan Publishing Co., New York, p. 750.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. 1993. Seminario-Taller sobre Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago, Chile.
- Espinoza, G. 2001. Fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo. Chile. 186 p.



Gutiérrez-Estrada, M. Castro-del Rio, A. Galaviz-Solís, A. Zayas-Esquer, M. Green-Ruíz, C. 1988. Textura, densidad y porosidad de los sedimentos de la Bahía de Banderas y del área oceánica adyacente. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Vol. 16(2): 331 – 352.

Helton, R.G. 1973. Some Effects of Dumped, Solid Wastes on Marine Life and Fisheries. North Sea Science. Edward D. Golberg (Ed). MIT Press. 415-436.

McConnaughey, B.H. 1974. Introducción a la Biología Marina. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 455 p.

Rouse, G.W & F. Pleigel. 2001. Polychaetes. Oxford University press. Honkong. 354 p.

ANEXOS

Anexo 1.1. Imágenes tomadas de la ecosonda Garmin Fishfinder a diferentes profundidades.





Anexo 1.2. Datos de granulometría húmeda del método con corazonador, valores medios del tamaño de grano Mz - phi (ϕ), desviación estándar (σ), asimetría (Sk) y agudeza o cúrtosis (KG). E: Estación.

Estación	Mz	Σ	Sk	KG
E 30 m 0	4,27	0,71 Moderadamente seleccionado	-0,59	0,86 Platicúrtico
E 30 m 10	4,32	0,65 Moderadamente bien seleccionado	-0,63	0,80 Platicúrtico
E 30 m 20	4,28	0,73 Moderadamente seleccionado	-0,66	0,98 Mesocúrtico
E 30 m 30	4,35	0,61 Moderadamente bien seleccionado	-0,60	0,89 Platicúrtico
E 30 m 40	4,05	0,86 Moderadamente seleccionado	-0,57	0,80 Platicúrtico
E 30 m 50	4,10	0,76 Moderadamente seleccionado	-0,38	0,77 Platicúrtico
E 60 m 20	3,87	1,38 Pobremente seleccionado	-0,62	1,15 Leptocúrtico
E 60 m 30	4,37	0,66 Moderadamente bien seleccionado	-0,58	1,01 Mesocúrtico
E 60 m 40	4,32	0,68 Moderadamente bien seleccionado	-0,63	0,92 Mesocúrtico
E 60 m 50	4,25	0,74 Moderadamente seleccionado	-0,60	0,89 Platicúrtico
O 15 m 0	4,30	0,68 Moderadamente bien seleccionado	-0,64	0,80 Platicúrtico
O 15 m 40	4,23	0,83 Moderadamente seleccionado	-0,61	1,03 Mesocúrtico
O 15 m 10	4,28	0,72 Moderadamente seleccionado	-0,57	0,96 Mesocúrtico
O 15 m 20	4,27	0,78 Moderadamente seleccionado	-0,67	0,99 Mesocúrtico
O 15 m 30	4,32	0,69 Moderadamente bien seleccionado	-0,63	0,96 Mesocúrtico
O 45 m 0	4,32	0,66 Moderadamente bien seleccionado	-0,63	0,88 Platicúrtico
O 45 m 10	4,10	0,97 Moderadamente seleccionado	-0,53	1,18 Leptocúrtico
O 45 m 20	4,23	0,72 Moderadamente seleccionado	-0,53	0,80 Platicúrtico
O 45 m 30	4,32	0,70 Moderadamente bien seleccionado	-0,63	0,98 Mesocúrtico
O 45 m 40	4,10	0,85 Moderadamente seleccionado	-0,23	4,66 Extremadamente leptocúrtico
O 60 m 0	4,32	0,66 Moderadamente bien seleccionado	-0,63	0,82 Platicúrtico
O 60 m 10	4,32	0,65 Moderadamente bien seleccionado	-0,63	0,84 Platicúrtico
O 60 m 20	4,27	0,70 Moderadamente bien seleccionado	-0,59	0,84 Platicúrtico
O 60 m 30	4,32	0,66 Moderadamente bien seleccionado	-0,63	0,84 Platicúrtico
O 60 m 40	4,33	0,64 Moderadamente bien seleccionado	-0,62	0,86 Platicúrtico
O 60 m 50	4,27	0,71 Moderadamente seleccionado	-0,59	0,86 Platicúrtico
Carbón 1	4,12	0,76 Moderadamente seleccionado	-0,44	0,79 Platicúrtico
Sed. Compacto	4,30	0,65 Moderadamente bien seleccionado	-0,56	0,80 Platicúrtico



Anexo 1.3. Matriz de datos brutos de materia orgánica

	Estación	WC (g)	Wo (g)	Wf (g)	% MO
MAR 1/13	E 30 m 0	32,32	37,33	36,62	1,90
	E 30 m 10	20,58	25,57	24,95	2,46
	E 30 m 20	27,57	32,59	32,01	1,79
	E 30 m 30	20,39	25,39	24,83	2,21
	E 30 m 40	17,54	22,56	22,13	1,91
	E 30 m 50	10,69	15,63	15,40	1,47
	E 60 m 20	26,83	31,84	30,97	2,73
	E 60 m 30	19,23	24,23	23,48	3,10
	E 60 m 40	26,89	31,88	31,32	1,76
	E 60 m 50	17,71	22,67	22,37	1,32
MAR 2/13	O 15 m 0	31,14	36,14	35,49	1,79
	O 15 m 10	10,61	15,58	14,73	5,45
	O 15 m 20	16,43	21,44	20,61	3,87
	O 15 m 30	32,32	37,35	36,46	2,32
	O 15 m 40	10,47	15,42	14,62	5,18
	O 45 m 0	16,37	21,39	20,89	2,33
	O 45 m 10	28,65	33,50	33,38	0,35
	O 45 m 20	29,23	34,22	33,61	1,78
	O 45 m 30	45,81	50,81	49,84	1,90
	O 45 m 40	45,70	50,67	49,33	2,64
	O 60 m 0	28,71	33,71	32,89	2,43
	O 60 m 10	42,73	47,68	46,80	1,85
	O 60 m 20	42,60	47,60	46,84	1,60
	O 60 m 30	31,06	36,01	35,26	2,08
	O 60 m 40	35,80	40,72	40,12	1,47
O 60 m 50	35,88	40,86	40,12	1,81	
MAR 9/13	Carbón 1	35,80	40,81	40,45	0,88
	Sed. Compacto	42,61	47,66	46,87	1,66



Anexo 1.4. Matriz de datos brutos de carbonatos de calcio.

	Estación	NaOH (ml)	%CaCO ₃
MAR 1/13	E 30 m 0	24,45	9,44
	E 30 m 10	26,69	9,17
	E 30 m 20	31,82	8,52
	E 30 m 30	25,42	9,32
	E 30 m 40	18,03	10,25
	E 30 m 50	31,1	8,61
	E 60 m 20	17,56	10,31
	E 60 m 30	31,37	8,58
	E 60 m 40	29,97	8,75
	E 60 m 50	31,27	8,59
MAR 2/13	O 15 m 0	18,5	10,19
	O 15 m 10	25,97	9,3
	O 15 m 20	33,97	8,25
	O 15 m 30	31,06	8,62
	O 15 m 40	27,38	9,08
	O 45 m 0	23,03	9,62
	O 45 m 10	12,96	10,88
	O 45 m 20	19,13	10,11
	O 45 m 30	19,39	10,08
	O 45 m 40	34,88	8,14
	O 60 m 0	19,85	10,02
	O 60 m 10	24,4	9,45
	O 60 m 20	24,78	9,4
	O 60 m 30	24,86	9,39
	O 60 m 40	33,92	8,26
O 60 m 50	22,32	9,71	
MAR 9/13	Carbón 1	21,15	9,86
	Sed-Comp	22,18	9,73

**Anexo 1.5.** Pesos y porcentajes de sedimento y de carbón presente en las diferentes estaciones.

MUESTREO CORAZONADOR MARZO 1					
Estación	W total muestra (g)	W carbón (g)	W Sedimento (g)	% Carbón	% Sedimento
E 30 m 0	2748,03	0	2748,03	0	100
E 30 m 10	2882,90	1,51	2881,39	0,05	99,95
E 30 m 20	3124,41	6,61	3117,80	0,21	99,79
E 30 m 30	1952,55	0	1952,55	0	100
E 30 m 40	2404,98	7,83	2397,15	0,33	99,67
E 30 m 50	2254,98	0,32	2254,66	0,01	99,99
E 60 m 10	0	2068,15	0,00	100	0
E 60 m 20	3307,33	233,54	3073,79	7,06	92,94
E 60 m 30	3382,66	19,16	3363,50	0,57	99,43
E 60 m 40	3437,30	5,82	3431,48	0,17	99,83
E 60 m 50	2589,63	23,86	2565,77	0,92	99,08
MUESTREO CORAZONADOR MARZO 2					
Estación	W total muestra (g)	W carbón (g)	W Sedimento (g)	% Carbón	% Sedimento
O 15 m 0	2990,11	6,01	2984,10	0,20	99,80
O 15 m 10	2541,49	3,42	2538,07	0,13	99,87
O 15 m 20	3541,97	11,58	3530,39	0,33	99,67
O 15 m 30	2162,95	13,15	2149,80	0,61	99,39
O 15 m 40	2748,63	69,99	2678,64	2,55	97,45
O 45 m 0	3180,87	103,73	3077,14	3,26	96,74
O 45 m 10	534,70	232,07	302,63	43,40	56,60
O 45 m 20	2405,77	114,64	2291,13	4,77	95,23
O 45 m 30	1698,14	129,09	1569,05	7,60	92,40
O 45 m 40	1605,91	63,3	1542,61	3,94	96,06
O 60 m 0	3079,85	4,04	3075,81	0,13	99,87
O 60 m 10	3231,03	0,00	3231,03	0,00	100,00
O 60 m 20	2900	9,58	2890,42	0,33	99,67
O 60 m 30	1728,9	7,30	1721,60	0,42	99,58
O 60 m 40	2515,90	1,86	2514,04	0,07	99,93
O 60 m 50	2845,73	13,54	2832,19	0,48	99,52
MUESTREO CORAZONADOR MARZO 9					
Estación	W total muestra (g)	W carbón (g)	W Sedimento (g)	% Carbón	% Sedimento
Carbón 1	4823,27	167,39	4655,88	3,47	96,53
Sed. Comp	2899,04	11,51	2887,53	0,40	99,60

CAPÍTULO 2 .
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y OCEANOGRÁFICAS



Coordinación
ANDRÉS FRANCO HERRERA
JUAN ANTONIO FACCINI GUTIÉRREZ DE PIÑERES

**CONTENIDO**

	Pág.
2.1. INTRODUCCIÓN.....	2-6
2.2. METODOLOGÍA	2-7
2.2.1. Obtención de información climatológica y satelital	2-7
2.2.1.1. Campos de viento	2-7
2.2.1.2. Altura y dirección de las olas.....	2-9
2.2.1.3. Diseño de muestreo en campo para variables fisicoquímicas	2-9
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	2-14
2.3.1. Análisis multianual	2-14
2.3.1.1. Velocidad del viento	2-14
2.3.1.2. Dirección predominante del viento.....	2-16
2.3.1.3. Variación horaria de la velocidad máxima del viento.....	2-17
2.3.1.4. Campos de olas.....	2-18
2.3.2. Análisis para los días 12-13 de enero de 2013	2-21
2.3.2.1. Velocidad y dirección predominante del viento.....	2-21
2.3.2.2. Campos de olas.....	2-23
2.3.3. Variables fisicoquímicas	2-24
2.4. BIBLIOGRAFÍA.....	2-31



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Receptor inalámbrico (a) y estación meteorológica Davis Vantage PRO 2 TM (b), ubicada en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Sede Santa Marta.....	2-8
Figura 2.2. Pantalla del software <i>WeatherLink 5.8.3®</i> , de la estación meteorológica de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Sede Santa Marta.	2-8
Figura 2.3. Imagen satelital procesada de campos de altura y dirección de la ola emitido por el CIOH (Tomado de CIOH, 2013).	2-9
Figura 2.4. Grilla de estaciones para (a) la Boya 23 con mayor esfuerzo de muestreo hacia el sector sureste y (b) la Boya Roja (Tomado y modificado de Google Earth, 2013).....	2-11
Figura 2.5. Boyas muestreadas (flechas blancas) en el Canal de Acceso a Puerto Drummond. (Tomado y modificado de Google Earth, 2013).	2-13
Figura 2.6. Disco Secchi utilizado para la determinación de perfiles de extinción de luz.	2-13
Figura 2.7. Toma de variables fisicoquímicas en campo haciendo uso de sondas multiparámetros WTW y botella oceanográfica Van Dorn.	2-14
Figura 2.8. a) Variación multianual para enero y febrero en la velocidad promedio y máxima promedio del viento (m/s) y b) Sistema anticiclón de las Azores afectando todo el Atlántico tropical (Tomado on line: Consejería de Educación, Universidades y Sostenibilidad, 2013: http://www3.gobiernodecanarias.org/).	2-15
Figura 2.9. Promedio multianual de la velocidad máxima del viento (m/s) en el mes de enero.	2-16
Figura 2.10. Dirección predominante (°) e intensidad máxima del viento (m/s) multianual para enero y febrero.	2-17
Figura 2.11. Variación horaria en la velocidad máxima del viento (m/s).....	2-19
Figura 2.12. Caños que direccionan el viento en horas de la noche sobre la zona costera centro y sur del departamento del Magdalena (Tomado y modificado de Google Earth, 2013).	2-20
Figura 2.13. Variación multianual en la altura máxima promedio de la ola (m) para el mes de enero.	2-20



- Figura 2.14.** Velocidad promedio (m/s) y velocidad máxima promedio (m/s) del viento para el mes de enero de 2013. 2-21
- Figura 2.15.** Variación horaria de la velocidad máxima del viento (m/s) para los días 12 y 13 de enero de 2013. 2-22
- Figura 2.16.** Dirección predominante e intensidad máxima promedio del viento para los días 12 y 13 de enero de 2013. 2-23
- Figura 2.17.** Altura máxima de la ola (m) para el mes de enero de 2013, destacando en recuadro rojo los días 12 y 13 de enero de 2013. 2-23
- Figura 2.18.** Dirección de la ola para el mes de enero de 2013. 2-24
- Figura 2.19.** Imagen satelital de la costa Caribe colombiano, mostrando las plumas de aguas continentales que afectan la plataforma centro norte que incluye el Golfo de Salamanca (Tomado de USF, 2013 *on-line*: 2-26
- Figura 2.20.** Perfiles promedio de extinción de luz para las estaciones muestreadas alrededor de la Boya 23 y Boya Roja (=Boya Roja), así como en el Canal de Acceso y las tres estaciones al norte de Puerto Drummond, consideradas como referencia (=blanco). Barras de error muestran la variación con un 5 %. 2-27
- Figura 2.21.** Profundidad de la capa fótica para el conjunto de estaciones muestreadas en Puerto Drummond, específicamente en la Boya 23 (azul), Canal de Acceso (verde), Boya Roja (rojo) y estaciones referencia (transparente). 2-27
- Figura 2.22.** Temperatura del agua en superficie y fondo para las estaciones evaluadas en la Boya 23, Boya Roja y Canal de Acceso de Puerto Drummond, así como para las tres estaciones denominadas blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero). 2-28
- Figura 2.23.** Salinidad del agua en superficie y fondo para las estaciones evaluadas en la Boya 23, Boya Roja y Canal de Acceso de Puerto Drummond, así como para las tres estaciones denominadas blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero). 2-30
- Figura 2.24.** pH del agua en superficie y fondo para las estaciones evaluadas en la Boya 23, Boya Roja y Canal de Acceso de Puerto Drummond, así como para las tres estaciones denominadas blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero). 2-30
- Figura 2.25.** Porcentaje de saturación de oxígeno del agua en superficie y fondo para las estaciones evaluadas en la Boya 23, Boya Roja y Canal de Acceso de Puerto Drummond, así como para las tres estaciones denominadas blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero). 2-31



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Coordenadas geográficas para las estaciones muestreadas en Puerto Drummond.....	2-12
Tabla 2.2. Resumen de estadísticos descriptivos para la velocidad máxima del viento (m/s) multianual.....	2-16
Tabla 2.3. Resumen estadístico altura máxima de la ola (m) y dirección predominante.....	2-19



2.1. INTRODUCCIÓN

El océano y la atmósfera poseen una estrecha relación, influenciándose mutuamente y determinando condiciones o eventos naturales. En el caso de los vientos, su dinámica causa las corrientes superficiales oceánicas que viajan alrededor del globo transportando consigo toda clase de nutrientes, al mismo tiempo que aporta a los diferentes océanos sus condiciones físico-químicas propias (Stewart, 2008). Sin embargo, el viento también causa un efecto de fricción sobre la superficie marina, lo que genera desplazamiento en las masas de agua y olas. Este efecto es conocido como *wind stress* o estrés del viento, que en otras palabras se define como la fuerza horizontal que ejerce el viento sobre la superficie marina (Yelland y Taylor, 1996).

Las olas, formadas principalmente por el estrés del viento, se acogen a las propiedades físicas de las ondas, cambiando su altura y longitud en el espacio y el tiempo según sean las condiciones atmosféricas (Stewart, 2008). Estas ondas pueden darse por vientos locales o por tormentas distantes generando olas que finalmente llegarán a las costas. Su fuerza y tenacidad pueden causar problemas a embarcaciones y estructuras marinas, razón por la cual actualmente se emplean diferentes métodos para su seguimiento, sin embargo el más usado son las imágenes satelitales emitidas por equipos especializados en este tipo de detección (Zambrano, 2009).

El conocimiento de la información meteorológica y marina permite, desde muchos puntos de vista, prepararse para eventos de tipo atmosférico con potenciales efectos socio-económicos y ambientales, como lo son fuertes vientos, inundaciones, tormentas, condiciones marítimas adversas, entre otros. Así, al entender la dinámica que existe entre el océano y la atmósfera, al igual que su funcionamiento y cómo influyen los diferentes parámetros atmosféricos en el mar, es posible realizar análisis de carácter predictivos para establecer medidas de seguridad a futuro o analizar eventos pasados con fines investigativos enlazando parámetros que permiten detectar variables detonantes para situaciones particulares.

Junto con las variables atmosféricas, las características físicoquímicas de la columna de agua son un referente importante para establecer la calidad del agua. Niveles de



temperatura, concentraciones de salinidad, pH, cantidad de oxígeno disuelto en la matriz acuosa y profundidad de la zona fótica, pueden considerarse indicadores básicos para establecer la condición oceanográfica de aguas costeras y oceánicas, así como su calidad. Es importante que los parámetros que determinan dicha calidad, se mantengan en rangos típicos esperados para la región geográfica que se está estudiando, lo cual redundará en que los organismos que allí habiten tengan una buena calidad de vida, ya que cambios o alteraciones existentes en la calidad del agua influyen directamente en las funciones vitales de los organismos.

Por lo anterior, este capítulo analiza las condiciones atmosféricas y oceanográficas en la zona costera centro-sur del departamento del Magdalena, a partir de información de estaciones meteorológicas, imágenes satelitales, muestras de agua *in situ*, un mes después del conato de hundimiento de la barcaza TS-115 en la Boya 23 de Puerto Drummond, determinando si las condiciones encontradas luego de dicho periodo posterior al evento, se ajustan a los patrones históricos que se conocen para la región.

2.2. METODOLOGÍA

2.2.1. Obtención de información climatológica y satelital

2.2.1.1. Campos de viento

Para la obtención de la información climatológica de la zona costera del departamento del Magdalena, específicamente, para el área centro y sur, se recurrió al Centro de Observación Marina Tadeísta (COMARTA), el cual cuenta con una estación meteorológica Davis Vantage PRO 2TM (Figura 2.1), en las coordenadas geográficas 11°12.11' N y 74°13.54' W, ubicada a 10 m de altura sobre el nivel del mar y conectada vía inalámbrica con un receptor digital en las instalaciones de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Sede Santa Marta (Figura 2.1). Registra información meteorológica cada 30 min y a través del software *WeatherLink 5.8.3*® (Figura 2.2) se obtiene la información numérica, que posteriormente es procesada y analizada con el programa Microsoft Excel 2007®. La estación meteorológica de COMARTA proporciona 15 variables ambientales, para el presente estudio se tuvieron en cuenta: velocidad promedio y máxima del viento, así como dirección del viento en escala diaria y horaria. Este análisis se adelantó para los meses de enero y febrero, realizándose un record histórico desde el 2010 hasta el año 2013, para referenciar una comparación con el periodo actual. Para esto se procesaron

1488 datos/mes. Igualmente, se realizó un análisis multianual de variación horaria a lo largo del día con el fin de establecer las horas de mayor intensidad del viento en el ciclo de 24 h. A partir de la información obtenida, se realizaron gráficas de dispersión para velocidad promedio del viento (m/s) y velocidad máxima del viento (m/s), así como diagramas radiales para la rosa de los vientos que plasman la dirección e intensidad máxima de los vientos. Finalmente, se procedió a realizar los mismos análisis pero solo para los días 12 y 13 de enero de 2013, fecha en la cual sucedió el conato de hundimiento de la barcaza TS-115.

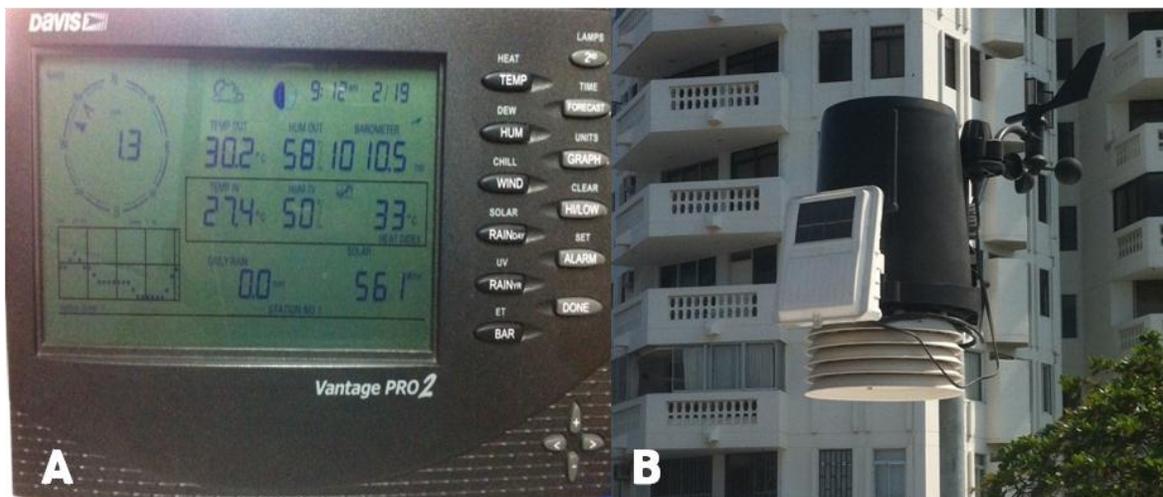


Figura 2.1. Receptor inalámbrico (a) y estación meteorológica Davis Vantage PRO 2 TM (b), ubicada en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Sede Santa Marta.

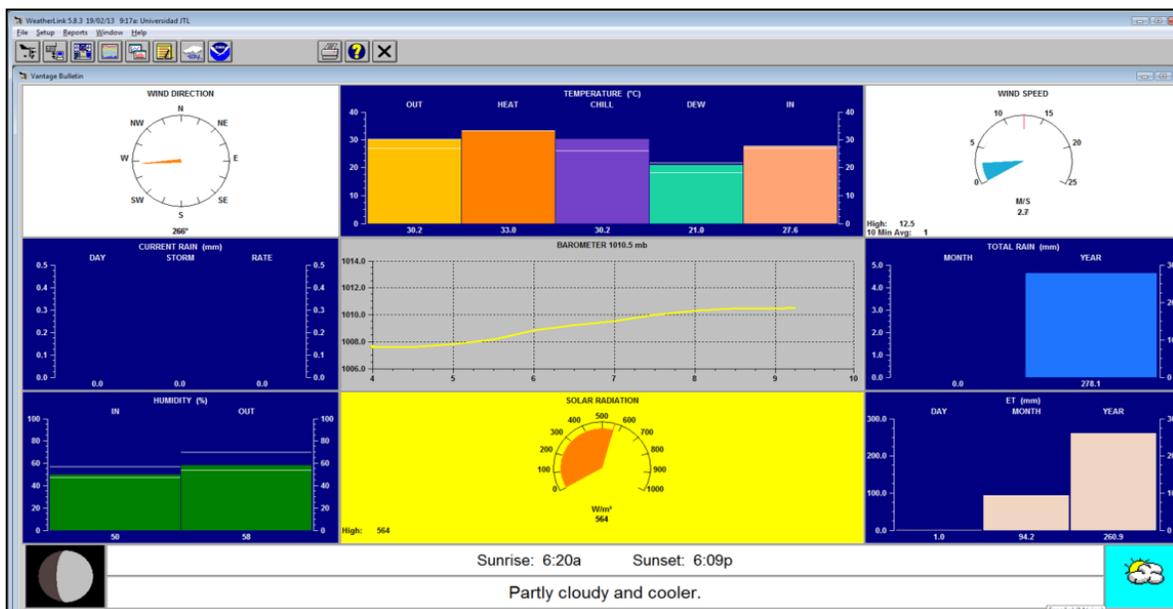


Figura 2.2. Pantalla del software *WeatherLink 5.8.3*®, de la estación meteorológica de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Sede Santa Marta.

2.2.1.2. Altura y dirección de las olas

Para seguir los parámetros oceanográficos de la zona Caribe, específicamente los campos de olas, se hizo uso de imágenes satelitales (Figura 2.3) provenientes del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrológicas (CIOH), de la Armada Nacional de Colombia. Para tal fin, se extrajeron los datos de altura máxima y dirección de las olas correspondientes al mes de enero de 2011, 2012 y 2013 y se generaron diagramas de barras con altura promedio (m) y su respectiva desviación estándar, además de su dirección predominante mediante graficas de dispersión. Esta información se obtuvo del Pronóstico de las Condiciones Meteorológicas y Oceanográficas para la ciudad de Santa Marta, disponible en línea en la dirección: www.cioh.org.co/meteorologia/index.php.

Con base en lo anterior, se generó un análisis de la situación y condiciones océano-atmosféricas para el periodo comprometido en el incidente presentado el 13 de enero de 2013 y su variación potencial con las condiciones históricas para el área de estudio.

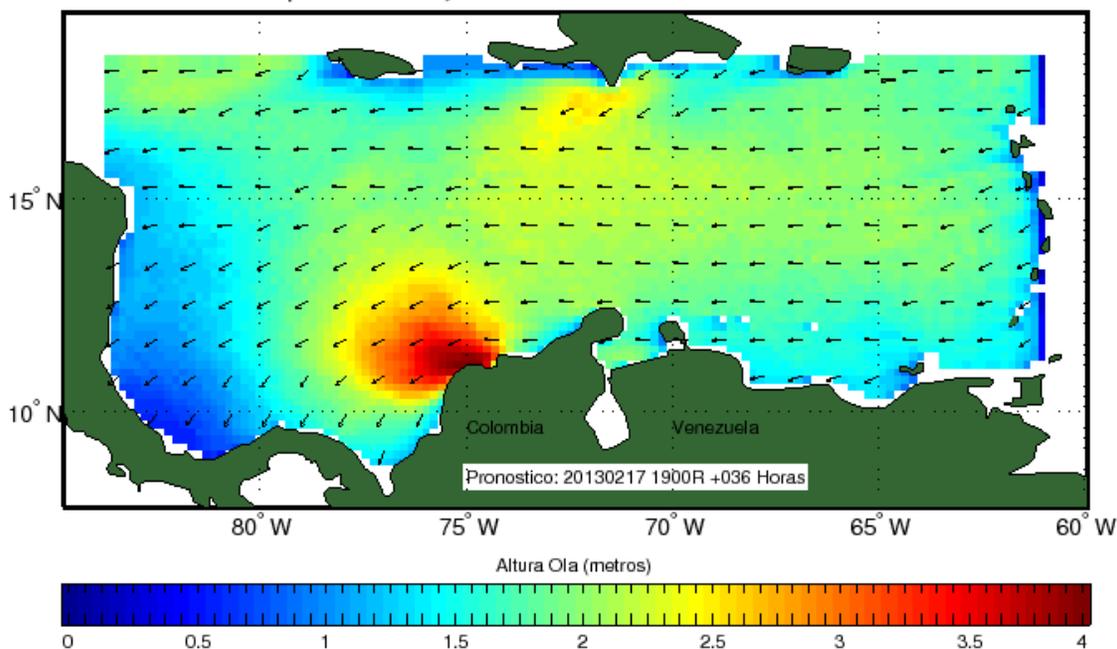


Figura 2.3. Imagen satelital procesada de campos de altura y dirección de la ola emitido por el CIOH (Tomado de CIOH, 2013).

2.2.1.3. Diseño de muestreo en campo para variables fisicoquímicas

Se realizaron estaciones de muestreo en la Boya 23, Boya Roja y el Canal de Acceso a Puerto Drummond (Tabla 2.1). Las grillas de muestreo para las Boya 23 y Roja siguieron



el método de radianes sistemático (Figura 2.4), tomando como punto focal la boya. Para el caso específico de la Boya 23 se intensificó el muestreo en los cuadrantes noroeste y noreste, donde estuvo ubicada la barcaza TS-115. Para el Canal de Acceso a Puerto Drummond, se estableció tomar muestras por el costado noreste de las Boyas 1, 5, 11 y 17, de acuerdo al testimonio oral de operación (com.per. Amilcar Valencia, Departamento Ambiental Drummond, 2013), que indica que por esta zona fue trasladada la barcaza desde la Boya 23 a la Boya Roja (Figura 2.5). Así mismo, se tomaron tres estaciones como “referencia” fuera del área de Puerto Drummond y corresponden a puntos frente a PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero, siguiendo la longitud 74° 15' W hacia el norte (Tabla 2.1). En cada uno de los puntos de muestreo, se evaluó la profundidad del disco Secchi, con el fin de establecer los perfiles de extinción de luz (Figura 2.6). Para el área en particular se aplicó la ecuación de Tait (1987):

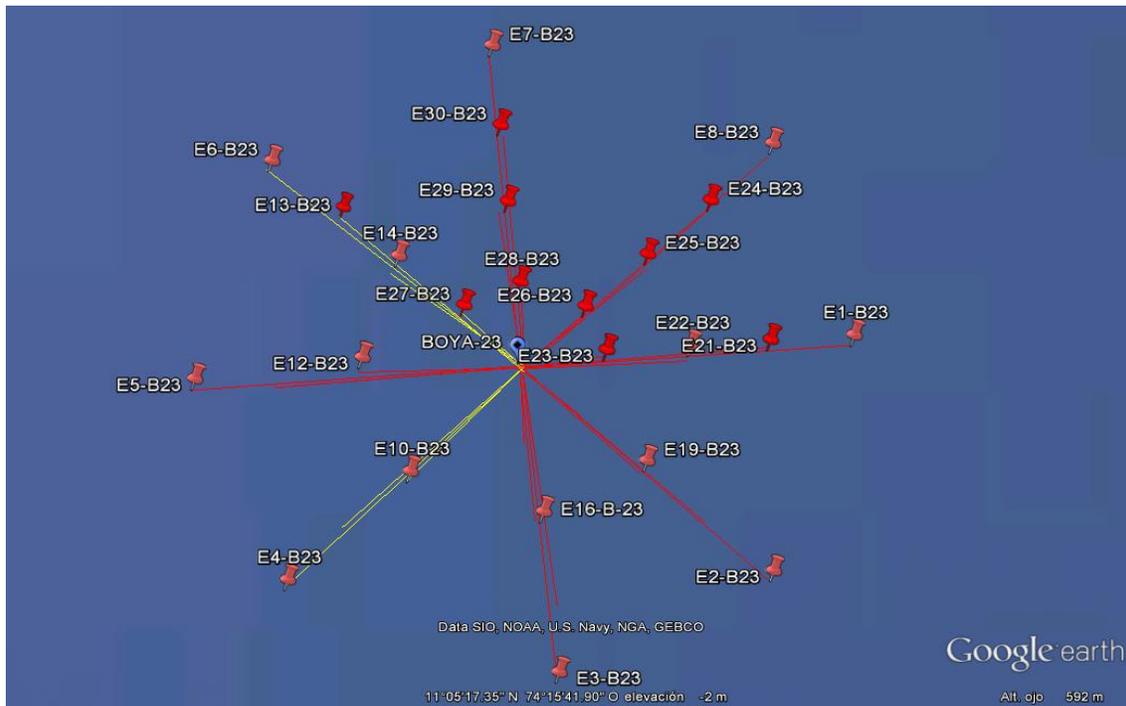
$$k \text{ (m}^{-1}\text{)} = 1.4 \text{ (constante para aguas turbias)/}z_D,$$

Donde, k es el coeficiente de extinción de luz y z_D la profundidad del disco Secchi medida en metros. Con base en ello, se obtuvo el perfil de extinción de luz promedio y se calculó la profundidad de máxima penetración de luz o capa fótica, tomando como criterio la profundidad a la cual llega el 1 % de luz.

Igualmente, se colectó información fisicoquímica en la columna de agua (superficie y fondo para las estaciones de la Boya 23 y Canal de Acceso, y solo superficie para las estaciones de la Boya Roja), para las variables temperatura del agua, salinidad, pH y oxígeno disuelto, mediante sondas multiparámetros WTW-330i con nivel de precisión de ± 0.01 (Figura 2.7).

Con la información obtenida, se calculó el valor promedio por variable, así como su rango de variación para cada uno de los sectores evaluados: Boya 23, Canal de Acceso, Boya Roja y estaciones de referencia. La información se graficó en histogramas comparativos entre los valores obtenidos en superficie y fondo y se compararon con registros históricos para la plataforma continental del departamento del Magdalena, con el fin de inferir cambios o variaciones en la calidad fisicoquímica del agua.

A.



B.



Figura 2.4. Grilla de estaciones para (a) la Boya 23 con mayor esfuerzo de muestreo hacia el sector sureste y (b) la Boya Roja (Tomado y modificado de Google Earth, 2013).



Tabla 2.1. Coordenadas geográficas para las estaciones muestreadas en Puerto Drummond.

	Estación	Latitud	Longitud
BOYA 23	B23-E1	11° 5' 17,59'' N	74° 15' 36,32'' W
	B23-E2	11° 5' 12,68'' N	74° 15' 37,93'' W
	B23-E3	11° 5' 10,57'' N	74° 15' 42,21'' W
	B23-E4	11° 5' 12,49'' N	74° 15' 47,63'' W
	B23-E5	11° 5' 16,67'' N	74° 15' 49,48'' W
	B23-E6	11° 5' 21,21'' N	74° 15' 47,94'' W
	B23-E7	11° 5' 23,61'' N	74° 15' 43,55'' W
	B23-E8	11° 5' 21,58'' N	74° 15' 37,95'' W
	B23-E10	11° 5' 14,75'' N	74° 15' 45,18'' W
	B23-E12	11° 5' 17,12'' N	74° 15' 46,14'' W
	B23-E14	11° 5' 19,23'' N	74° 15' 45,41'' W
	B23-E16	11° 5' 13,91'' N	74° 15' 42,52'' W
	B23-E19	11° 5' 14,97'' N	74° 15' 40,46'' W
	B23-E22	11° 5' 17,37'' N	74° 15' 39,58'' W
	B23-E24	11° 5' 20,40'' N	74° 15' 39,19'' W
	B23-E25	11° 5' 19,27'' N	74° 15' 40,44'' W
	B23-E26	11° 5' 18,18'' N	74° 15' 41,68'' W
	B23-E28	11° 5' 18,70'' N	74° 15' 42,99'' W
	B23-E29	11° 5' 20,37'' N	74° 15' 43,23'' W
	B23-E30	11° 5' 21,96'' N	74° 15' 43,30'' W
CANAL DE ACCESO	BOYA-1	11° 4' 34,31'' N	74° 14' 0,46'' W
	BOYA-5	11° 4' 41,38'' N	74° 14' 18,34'' W
	BOYA-11	11° 4' 34,52'' N	74° 14' 45,07'' W
	BOYA-17	11° 5' 9,50'' N	74° 15' 15,15'' W
BOYA ROJA	BROJA-E1	11° 4' 36,30'' N	74° 13' 26,78'' W
	BROJA-E2	11° 4' 32,34'' N	74° 13' 27,36'' W
	BROJA-E3	11° 4' 27,02'' N	74° 13' 31,43'' W
	BROJA-E4	11° 4' 28,64'' N	74° 13' 37,43'' W
	BROJA-E5	11° 4' 32,20'' N	74° 13' 40,94'' W
	BROJA-E6	11° 4' 36,06'' N	74° 13' 40,20'' W
	BROJA-E7	11° 4' 41,00'' N	74° 13' 36,04'' W
	BROJA-E8	11° 4' 40,01'' N	74° 13' 30,45'' W
	BROJA-E9	11° 4' 35,22'' N	74° 13' 30,41'' W
	BROJA-E10	11° 4' 33,18'' N	74° 13' 30,49'' W
	BROJA-E11	11° 4' 30,99'' N	74° 13' 32,80'' W
	BROJA-E12	11° 4' 31,46'' N	74° 13' 35,61'' W
	BROJA-E13	11° 4' 33,23'' N	74° 13' 36,91'' W
	BROJA-E14	11° 4' 34,96'' N	74° 13' 36,88'' W
	BROJA-E15	11° 4' 37,28'' N	74° 13' 34,80'' W
	BROJA-E16	11° 4' 37,07'' N	74° 13' 31,97'' W
REFERENCIAL	PRODECO S.A.	11° 6' 50,40'' N	74° 15' 21,42'' W

	BELLO HORIZONTE	11° 8' 8,40" N	74° 15' 32,88" W
	RODADERO	11° 11' 15,06" N	74° 15' 12,00" W



Figura 2.5. Boyas muestreadas (flechas blancas) en el Canal de Acceso a Puerto Drummond. (Tomado y modificado de Google Earth, 2013).



Figura 2.6. Disco Secchi utilizado para la determinación de perfiles de extinción de luz.



Figura 2.7. Toma de variables fisicoquímicas en campo haciendo uso de sondas multiparámetros WTW y botella oceanográfica Van Dorn.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

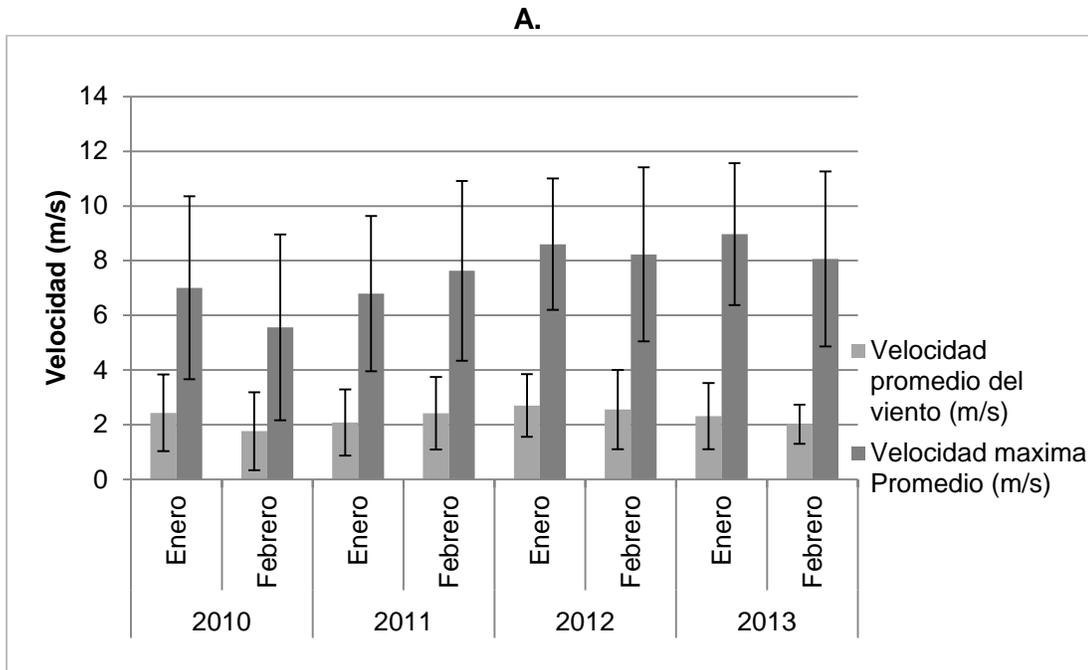
2.3.1. Análisis multianual

2.3.1.1. Velocidad del viento

Dentro de los cuatro años analizados (2010-2013) para esta variable, el mes de enero muestra diferencias en comparación con el mes de febrero, haciéndose evidente una tendencia en la que se presenta un mayor promedio en la velocidad del viento para este primer mes (Figura 2.8 a). Este patrón se encuentra relacionado con un desplazamiento del sistema de alta presión ubicado al sur-este del océano Atlántico (Azores; Figura 2.8 b), lo que genera incrementos en la velocidad del viento y en la altura de las olas (Forero y Cabeza, 2011), en los dos primeros meses del año, con mayor incidencia en febrero.

La velocidad máxima computada entre los cuatro años analizados (promedio multianual) está alrededor de los 7.8 ± 1.1 m/s. Enero de 2013 muestra ser el periodo con el mayor registro de velocidad máxima en los últimos tres años (8.9 ± 2.6 m/s), alcanzando valores de hasta 15.2 m/s, superando el promedio multianual (Figura 2.9). Sin embargo, enero de 2012 también muestra un promedio de velocidad máxima del viento importante (8.4 ± 2.4 m/s) con relación a enero de 2010 y enero de 2011, acercándose considerablemente a lo registrado para enero de 2013 (Tabla 2.2). En ambos periodos se presentaron eventos atmosféricos que llevaron al incremento en la intensidad de los vientos. Un incremento de los vientos Alisios durante la segunda y tercera semana de enero de 2012 (Forero, 2012) y la influencia del sistema de alta presión de los Azores que presentó un desplazamiento

sobre el norte y centro del océano Atlántico en enero del 2013, tuvieron como consecuencia en ambos casos el aumento en la intensidad promedio de los vientos, razón por la cual estos dos periodos en particular registran valores elevados (CIOH, 2013).



B.



Figura 2.8. a) Variación multianual para enero y febrero en la velocidad promedio y máxima promedio del viento (m/s) y b) Sistema anticiclón de las Azores afectando todo el Atlántico tropical (Tomado on line: Consejería de Educación, Universidades y Sostenibilidad, 2013: <http://www3.gobiernodecanarias.org/>).

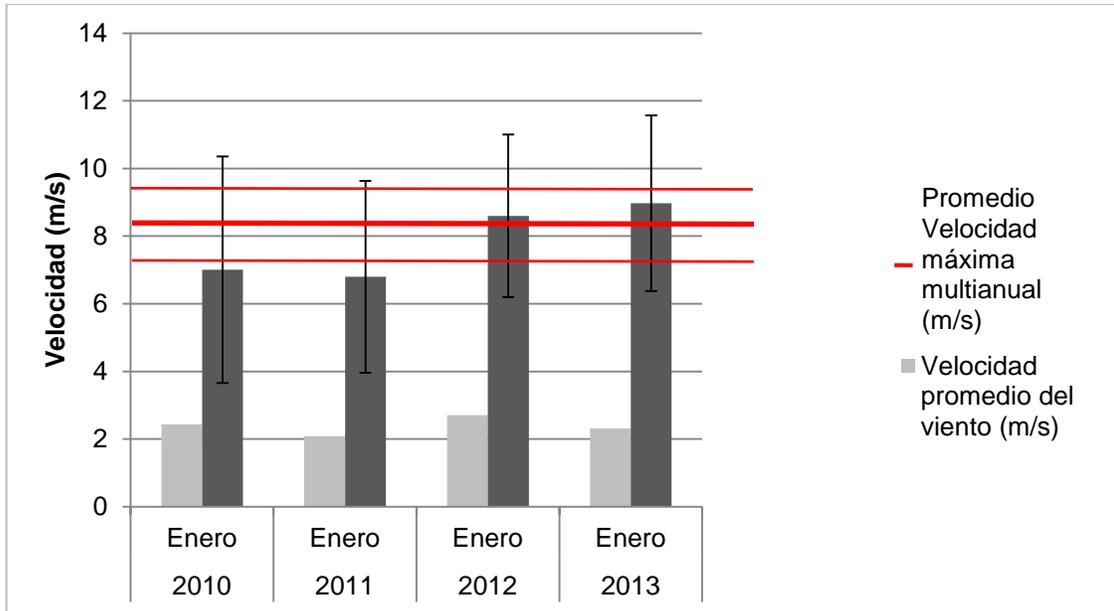


Figura 2.9. Promedio multianual de la velocidad máxima del viento (m/s) en el mes de enero.

Tabla 2.2. Resumen de estadísticos descriptivos para la velocidad máxima del viento (m/s) multianual.

	Enero 2010	Enero 2011	Enero 2012	Enero 2013
N	1488	1488	1488	1488
Promedio	7,008	6,796	8,601	8,970
Desviación estándar	± 3,346	± 2,839	± 2,402	± 2,595
Mínimo	0	0	0	0,4
Máximo	15,6	13,4	14,8	15,2
Promedio multianual	7,844			
Desviación estándar	± 1,102			

2.3.1.2. Dirección predominante del viento

En términos generales los vientos mantienen una dirección de salida predominante WNW (292.5°), conservando un patrón similar para los meses de estudio entre los años 2010, 2012 y 2013, con una intensidad máxima promedio entre 8,5 m/s y 10 m/s (Figura 2.10). En el año 2011, hay predominancia de vientos con dirección W (270°).

Estos valores y tendencias reflejan la predominancia de los vientos Alisios en la región Caribe para los primeros meses del año, que se ven favorecidos en su intensidad y dirección por el desplazamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT), y la presencia de un centro de Alta Presión en la Gran Cuenca del Caribe (Franco-Herrera, 2005).

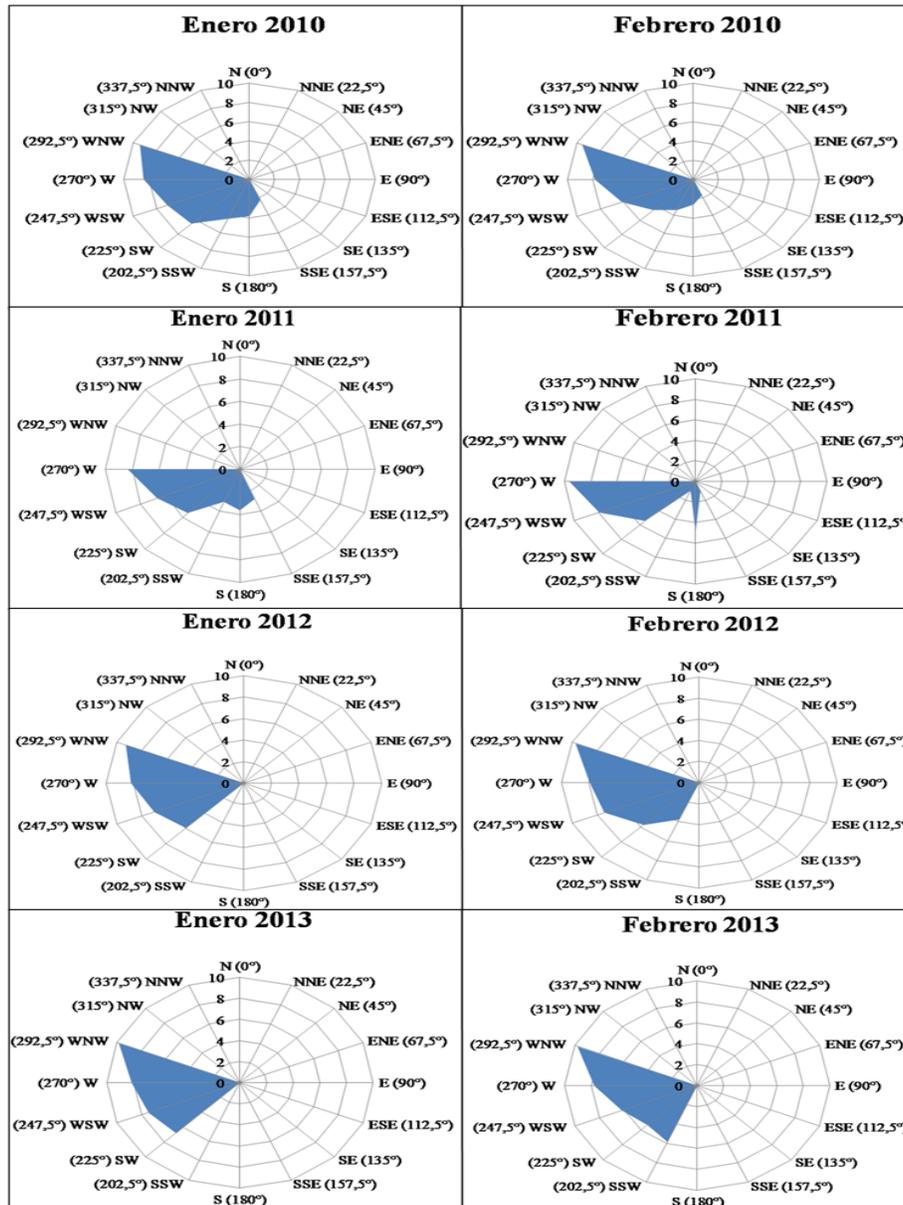


Figura 2.10. Dirección predominante (°) e intensidad máxima del viento (m/s) multianual para enero y febrero.

2.3.1.3. Variación horaria de la velocidad máxima del viento.

Los vientos poseen un comportamiento horario donde las velocidades máximas más altas se registran entre las 22:00 h y las 04:00 h, y las más bajas en las horas de la mañana y tarde. Dicho patrón se mantiene constante entre los años analizados y se observa que para 2012 y 2013 los valores máximos alcanzados superan considerablemente los del 2010 y 2011 (Figura 2.11). Los vientos están sometidos a un ciclo diario en la ciudad de



Santa Marta y la zona costera del departamento del Magdalena, el cual potencializa la acción de los vientos Alisios y se da debido a que en horas de la noche los vientos se dirigen de la tierra hacia mar adentro por los cañones que conforman las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 2.12), contrario a lo que se presenta en el día, siendo intensificados por el efecto conjunto entre la geomorfología de la ciudad, la cual crea una canalización de los vientos, y los cambios de temperatura, presión y densidad del aire, provocada por la convergencia entre la temperatura ambiente en tierra y la temperatura más baja del aire sobre el mar (Blanco, 1988; Kazakov et al., 1996; Arévalo-Martínez y Franco-Herrera, 2006).

2.3.1.4. Campos de olas

La altura máxima de la ola presenta un promedio multianual de $2,1 \text{ m} \pm 0,7 \text{ m}$ y mantiene una dirección predominante SSW (202.5°) sin variaciones significativas para cada año, lo cual concuerda con la información de Thomas et al. (2012) quienes reportan una altura significativa de la ola de hasta 2 m. De los tres años analizados, enero de 2011 y enero de 2013 presentan datos similares a lo reportado para la ciudad de Santa Marta (2 m; Thomas et al., 2012), con promedios de $1.6 \pm 0.4 \text{ m}$ y $1,8 \pm 0,4 \text{ m}$, respectivamente. Por otro lado, enero de 2012 arroja la lectura más alta ($2,9 \pm 0,4 \text{ m}$), considerándose un promedio atípico para la zona (Figura 2.13; Tabla 2.3), sin embargo estos valores pueden estar relacionados con el incremento de los vientos Alisios ocurrido durante la segunda y tercera semana del mes, según reportes del CIOH (2012).

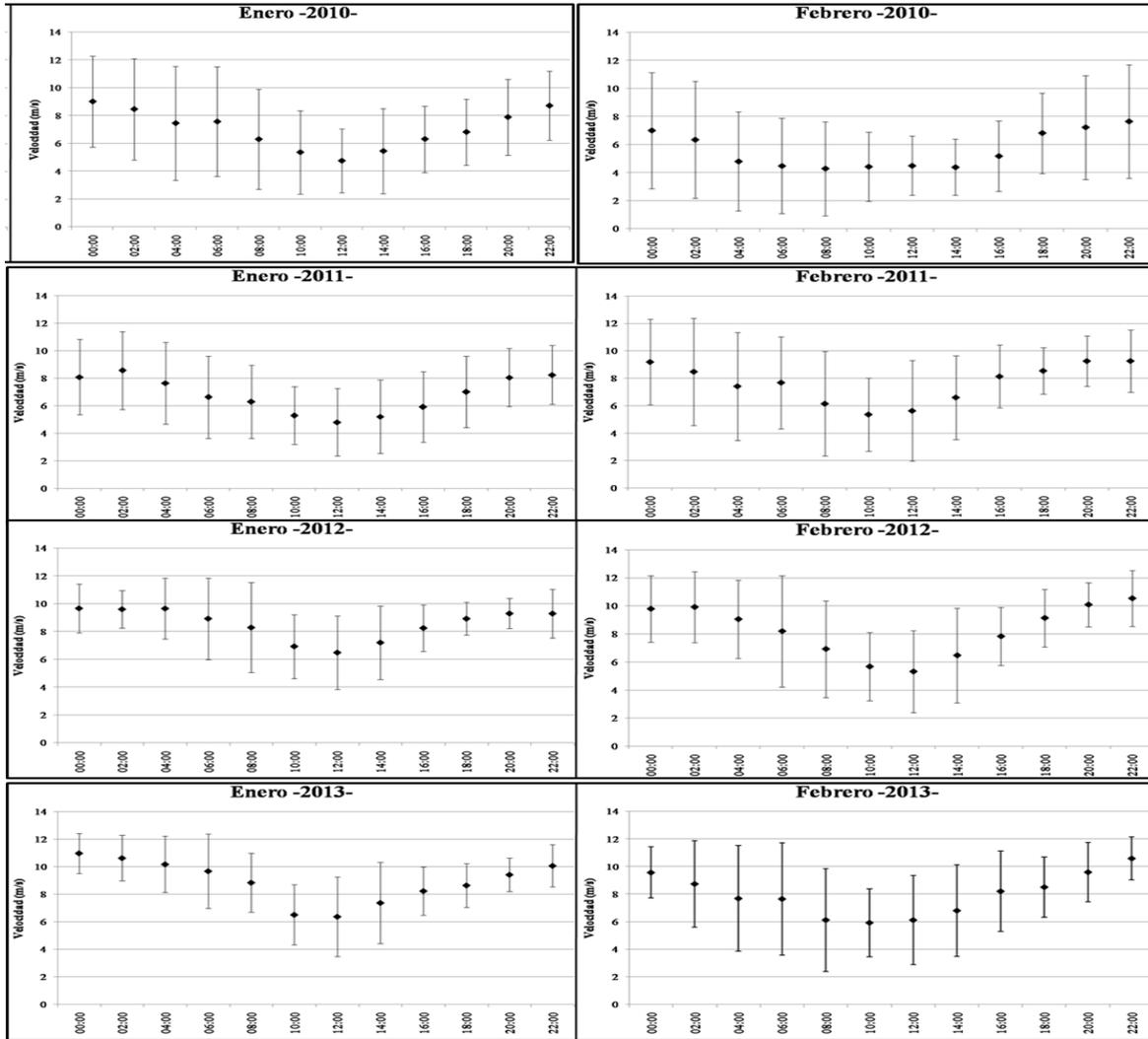


Figura 2.11. Variación horaria en la velocidad máxima del viento (m/s).

Tabla 2.3. Resumen estadístico altura máxima de la ola (m) y dirección predominante.

	Enero 2011	Enero 2012	Enero 2013
N	31	31	31
Promedio	1,6	2,9	1,8
Desviación estándar	± 0,401	± 0,499	± 0,445
Mínima	0,9	1,8	1,3
Máxima	2,5	4	2,8
Dirección predominante	SSW	SSW	SSW
Frecuencia relativa	83,8 %	90,3 %	93,5 %
Promedio multianual	2,1		
Desviación estándar	± 0,720		

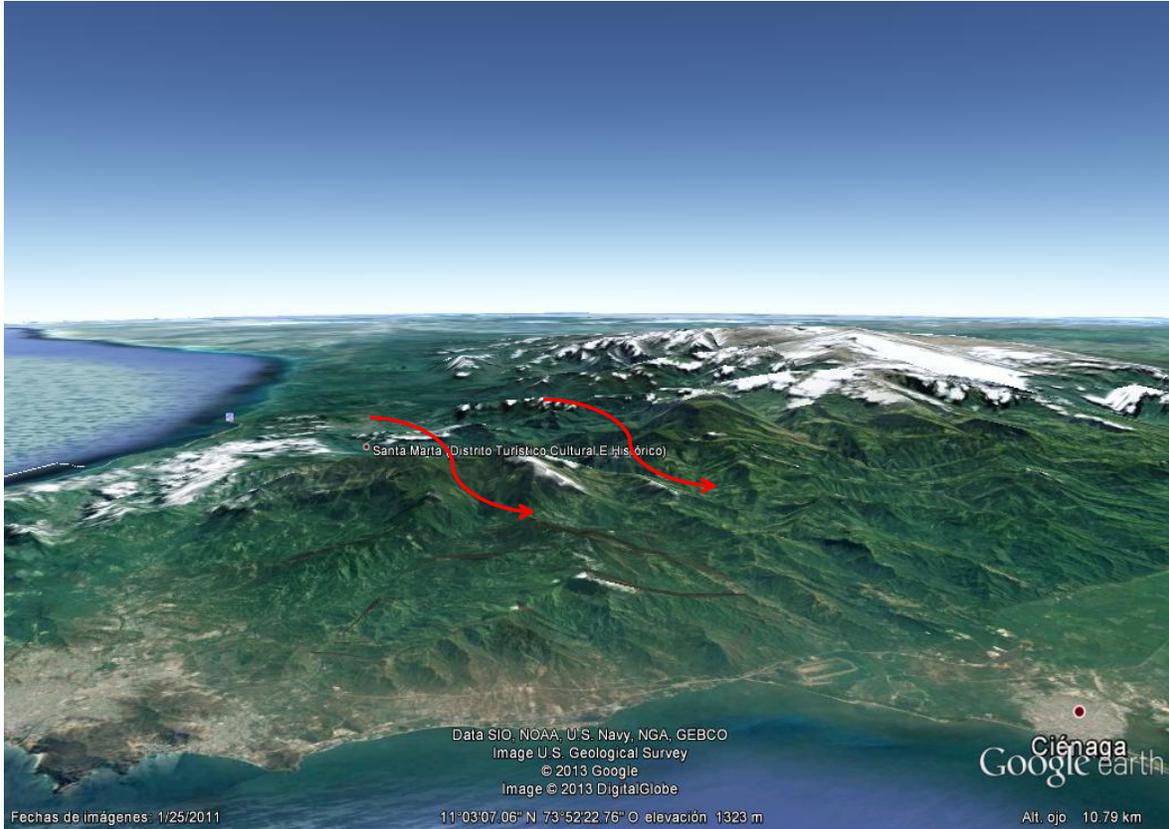


Figura 2.12. Caños que direccionan el viento en horas de la noche sobre la zona costera centro y sur del departamento del Magdalena (Tomado y modificado de Google Earth, 2013).

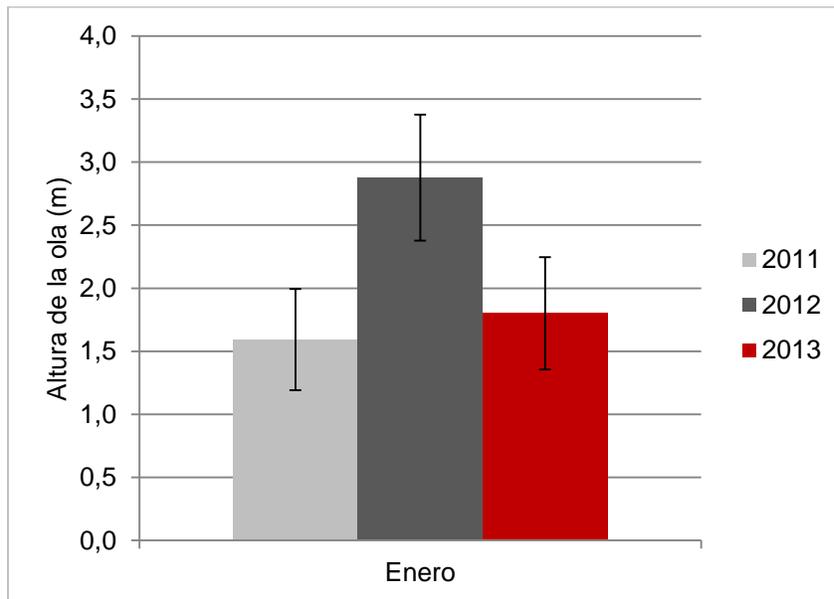


Figura 2.13. Variación multianual en la altura máxima promedio de la ola (m) para el mes de enero.

2.3.2. Análisis para los días 12-13 de enero de 2013

2.3.2.1. Velocidad y dirección predominante del viento

Los días 12 y 13 de enero de 2013 se presentó en promedio una velocidad máxima de $9,7 \pm 1,46$ m/s y $7,52 \pm 2,3$ m/s, respectivamente, estando estos valores dentro del promedio mensual estimado para este año ($8,97 \pm 2,5$ m/s; Tabla 2.2). Los valores estimados para los días de interés no se encuentran dentro de los más bajos del mes, sin embargo, tampoco presentan una importancia significativa dentro del record mensual de datos (Figura 2.14), no obstante siguen siendo velocidades importantes que podrían representar un riesgo a nivel marítimo, para tránsito de embarcaciones pequeñas.

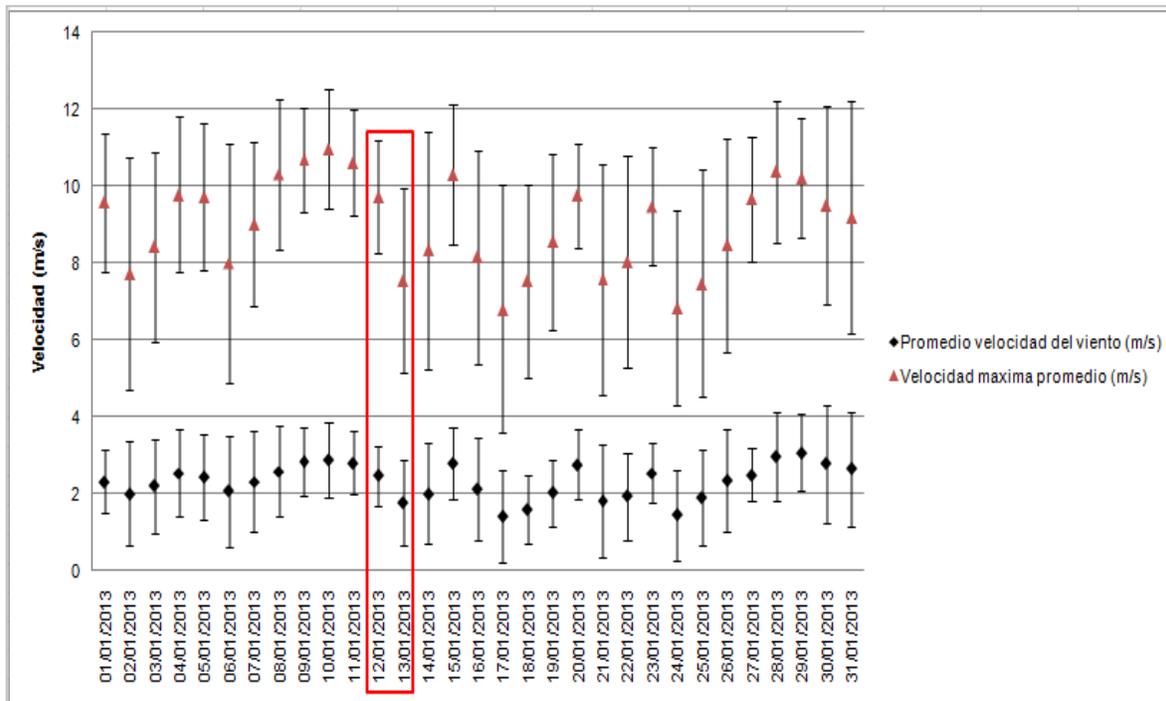


Figura 2.14. Velocidad promedio (m/s) y velocidad máxima promedio (m/s) del viento para el mes de enero de 2013.

El día 12 de enero de 2013 se presentaron velocidades máximas entre 7,6 m/s y 13 m/s, con un promedio de $9,7 \pm 1,4$ m/s, dándose a las 05:00 el valor más alto y a las 13:00 el más bajo (Figura 2.15); la dirección predominante para este día mantuvo la tendencia WNW ($292,5^\circ$) de años anteriores y en general la observada para el mes de enero sin diferencias significativas en la intensidad (Figura 2.16). El 13 de enero de 2013 se dieron velocidades entre 2,2 m/s y 12,5 m/s, con un promedio de $7,5 \pm 2,4$ m/s, siendo a las 03:00 el mayor registro durante el día (Figura 2.15); la dirección predominante para este

día se mantuvo WNW (292.5°), sin embargo la intensidad promedio más alta se registró en dirección W (270°; Figura 2.16).

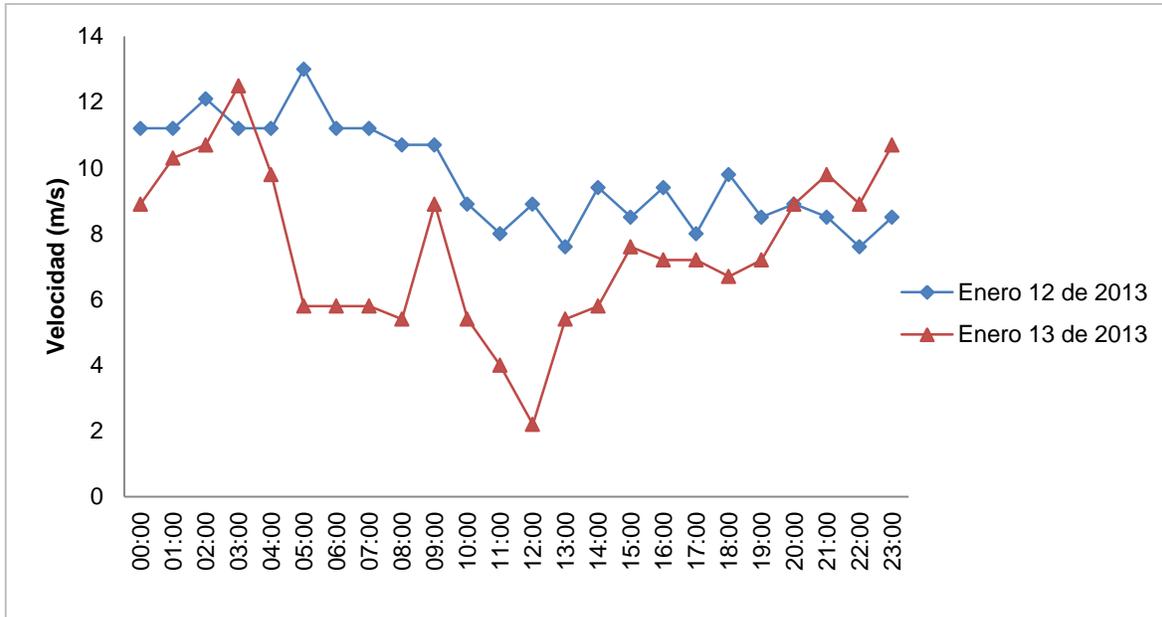


Figura 2.15. Variación horaria de la velocidad máxima del viento (m/s) para los días 12 y 13 de enero de 2013.

La velocidad máxima del viento osciló de manera normal este día, presentando la tendencia de mayores velocidades en horas de la noche y las menores durante el día, no obstante el 12 de enero se mantuvieron velocidades mayores durante todo el transcurso del día incrementando el promedio para esa fecha.

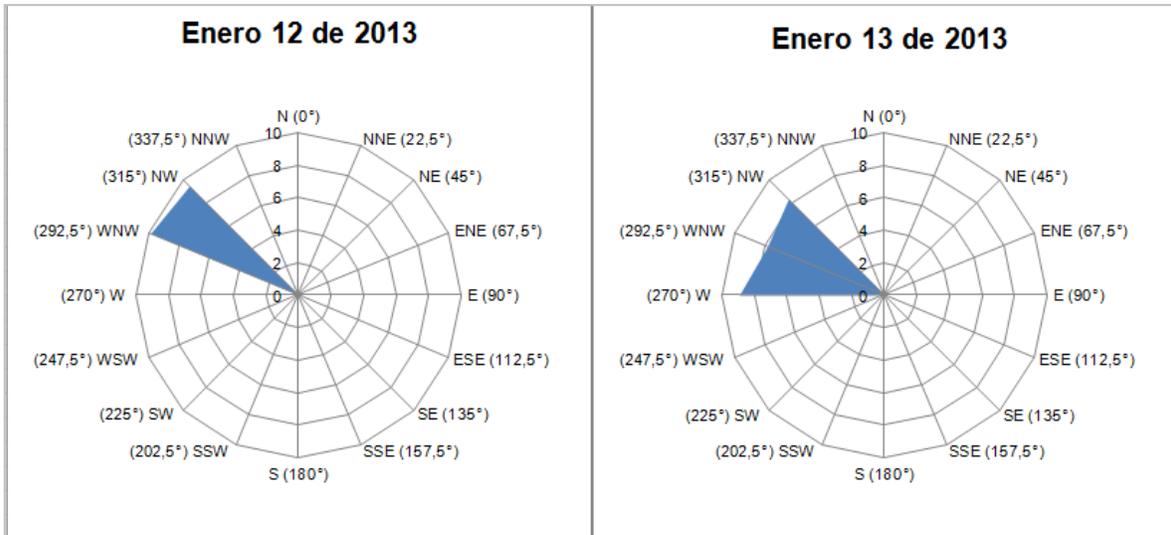


Figura 2.16. Dirección predominante e intensidad máxima promedio del viento para los días 12 y 13 de enero de 2013.

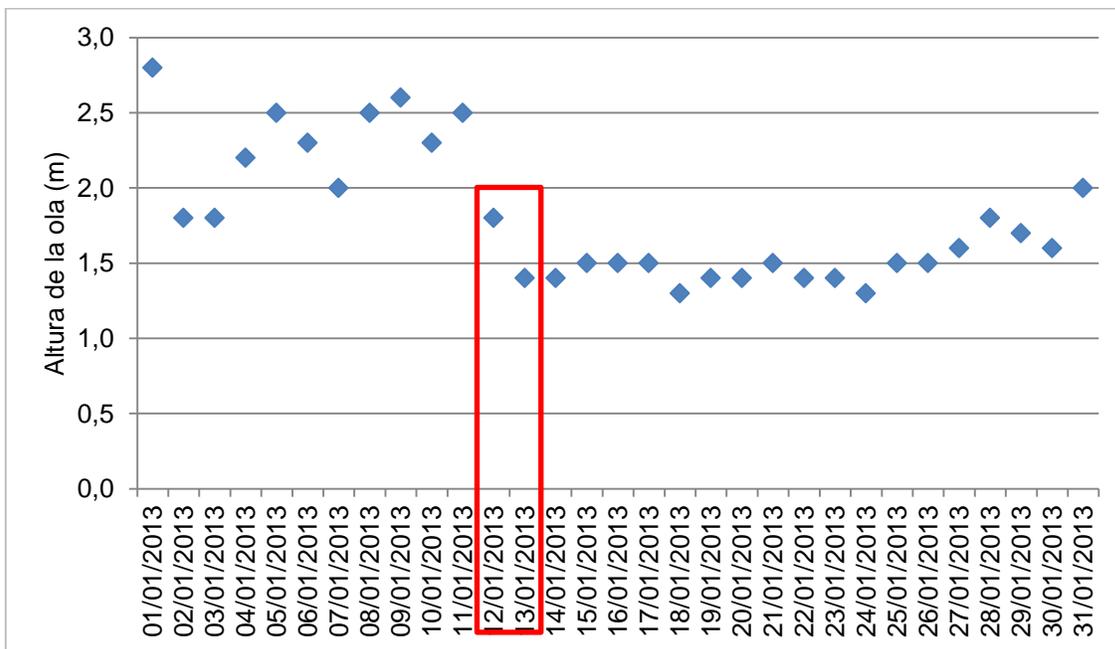


Figura 2.17. Altura máxima de la ola (m) para el mes de enero de 2013, destacando en recuadro rojo los días 12 y 13 de enero de 2013.

2.3.2.2. Campos de olas

Los días 12 y 13 de enero de 2013 se presentó una altura máxima de la ola de 1,8 m y 1,4 m, respectivamente, siendo valores típicos del periodo. Dentro del record mensual de datos, el día 12 de enero se da una altura máxima de ola acorde al promedio del mes, sin

embargo el 13 de enero presenta el inicio de un periodo estable con poca variación en la altura máxima de las olas para el resto del mes (Figura 2.17). La dirección de la ola se mantuvo estable durante estos días con respecto al predominio mensual reportado SSW (202,5°) (Figura 2.18).

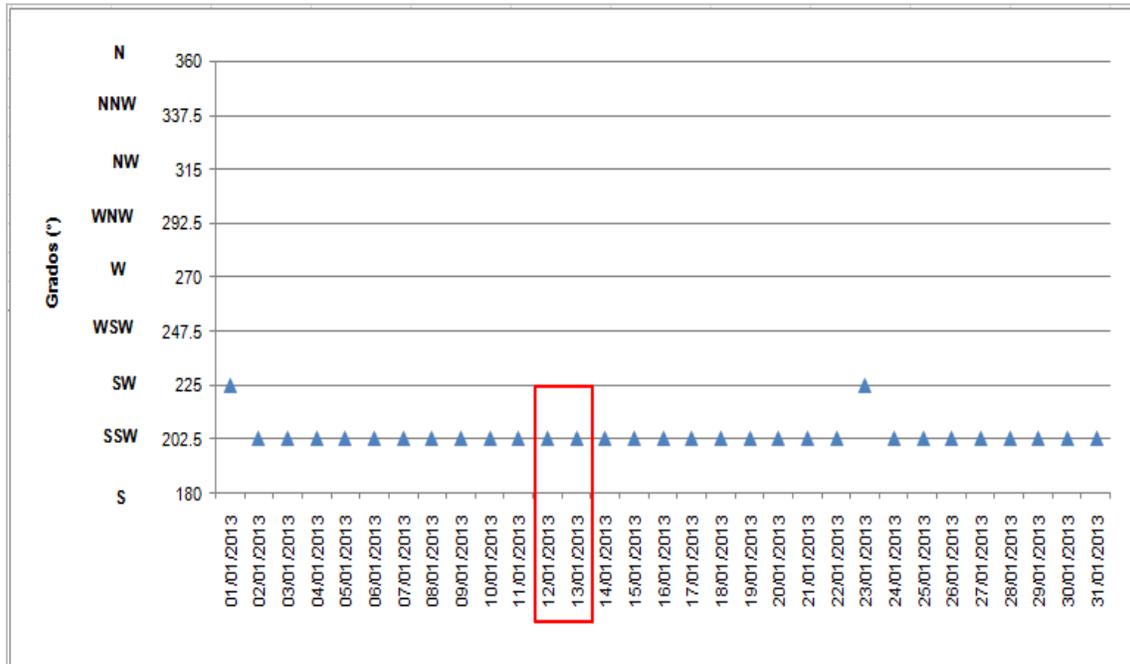


Figura 2.18. Dirección de la ola para el mes de Enero de 2013.

2.3.3. Variables fisicoquímicas

El sector del Golfo de Salamanca es un área que se caracteriza por presentar continuos aportes de aguas continentales con alta carga de turbidez, provenientes de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), el río Magdalena, así como de pequeños tributarios asociados a la Sierra Nevada de Santa Marta como los ríos Córdoba y Toribio (USF, 2013; Figura 2.19). Puerto Drummond, se encuentra ubicada dentro de este golfo, por lo que su zona costera y oceánica es catalogada como de aguas turbias. Debido a esto, se encontraron altos valores de coeficiente de extinción de luz ($0,59 \pm 0,12 \text{ m}^{-1}$ para la Boya 23, $1,16 \pm 0,26 \text{ m}^{-1}$ para el Canal de Acceso y $2,10 \pm 0,72 \text{ m}^{-1}$ en la Boya Roja) para la zona de estudio y que hacen que la luz se extinga rápidamente en la columna de agua (Figura 2.20), lográndose una baja profundidad promedio para la capa fótica (Figura 2.21), de tal forma que la luz llega hasta los $7,73 \pm 1,60 \text{ m}$ alrededor de la Boya 23, $4,11 \pm 0,94 \text{ m}$ en el Canal de Acceso y $2,46 \pm 1,64 \text{ m}$ en la Boya Roja. No obstante, cada vez que se desplaza hacia el norte lejos de la boca de la CGSM, como sucede en las estaciones



denominadas blanco (PRODECO S.A., Bello horizonte y Rodadero), la penetración de la luz aumenta y en consecuencia la profundidad de la capa fótica, alcanzándose valores de hasta $10,41 \pm 1,89$ m (Figuras 2.20 y 2.21).

Ahora bien, los valores encontrados son típicos a los reportados para áreas adyacentes al Golfo de Salamanca, que encuentran también influencia de aportes continentales (Franco-Herrera, 2005). Si bien era de esperarse valores más bajos, entre $0,3$ y $0,5$ m^{-1} , para la época seca debido a la disminución o ausencia de lluvias (Tigreros, 2001; Barragán et al., 2003), zonas con permanente aporte de aguas con alta turbidez (e.g. Ciénaga Grande de Santa Marta) como es el Golfo de Salamanca y con altos niveles de biomasa fitoplanctónica, tienden a presentar a lo largo de todo el año altos valores en los coeficientes de extinción de luz, incluso hasta de $0,9$ m^{-1} (Londoño, 1999) o superiores.

La temperatura a lo largo de la columna de agua presentó para todo el área de muestreo un promedio de $27,61 \pm 1,54$ °C, con un rango de variación entre $25,2$ y $30,6$ °C, siendo estos máximos valores reportados para la Boya Roja, debido a su poca profundidad (Figura 2.22). Como era de esperarse, los valores de temperatura superficial del agua ($27,76 \pm 0,92$ °C en Boya 23, $28,05 \pm 1,11$ °C en Canal de Acceso y $29,57 \pm 0,74$ °C para Boya Roja) fueron superiores a los encontrados en profundidad ($26,06 \pm 0,48$ °C en Boya 23 y $26,45 \pm 0,90$ °C en Canal de Acceso), debido a la mayor carga calórica, la cual va disminuyendo al ganar profundidad, más aún cuando la penetración de la luz es muy poca en la columna de agua, como se ha mencionado anteriormente. Las estaciones referencia o referencia presentaron un promedio en superficie de $27,43 \pm 0,55$ °C y $25,80 \pm 0,20$ °C, siendo muy similares a las reportadas para el área de Puerto Drummond.



Figura 2.19. Imagen satelital de la costa Caribe colombiano, mostrando las plumas de aguas continentales que afectan la plataforma centro norte que incluye el Golfo de Salamanca (Tomado de USF, 2013 *on-line*:

<http://cyclops.marine.usf.edu/modis/level3/husf/scar/2013/031/1km/pass/final/MODIS.2013031.182319.scar.rgb.png>).

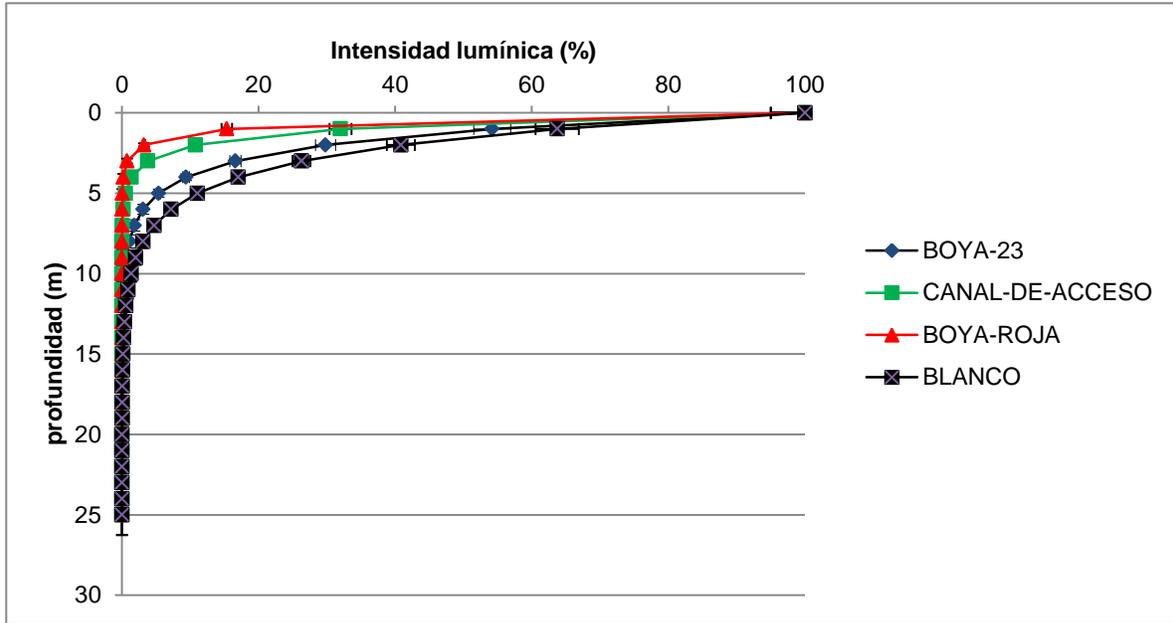


Figura 2.20. Perfiles promedio de extinción de luz para las estaciones muestreadas alrededor de la Boya 23 y Boya Roja (=Boya Somera), así como en el Canal de Acceso y las tres estaciones al norte de Puerto DRUMMOND, consideradas como referencia (=blanco). Barras de error muestran la variación con un 5 %.

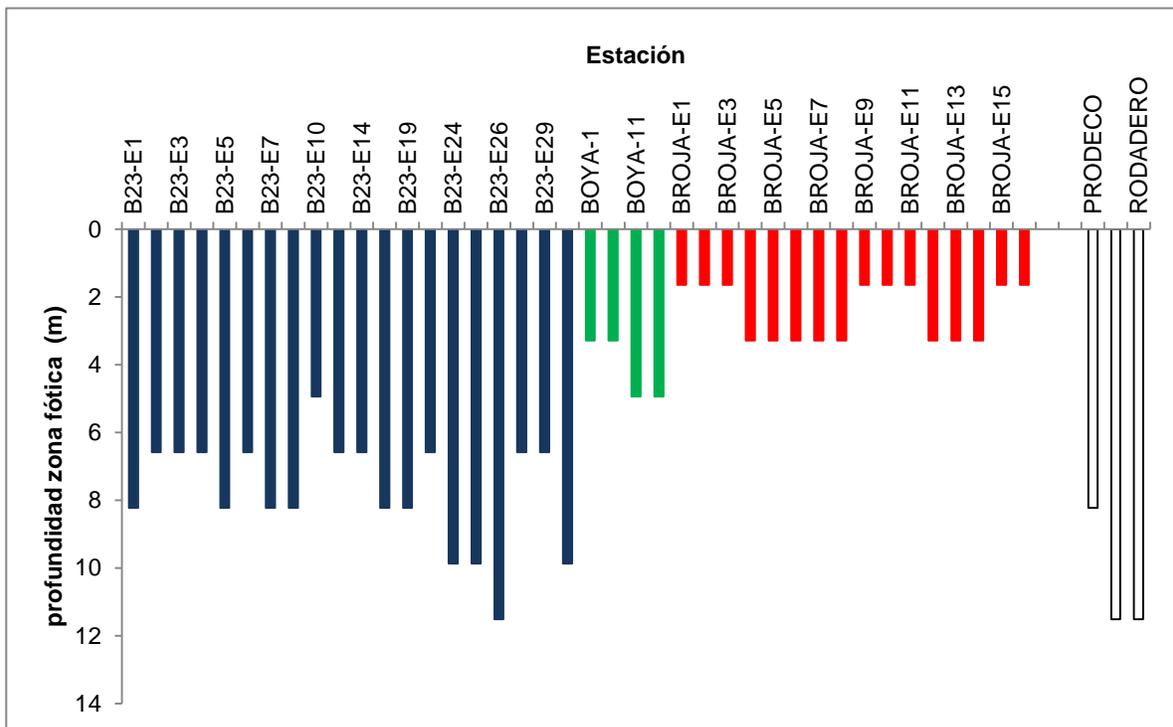


Figura 2.21. Profundidad de la capa fótica para el conjunto de estaciones muestreadas en Puerto Drummond, específicamente en la Boya 23 (azul), Canal de Acceso (verde), Boya Roja (rojo) y estaciones referencia (transparente).

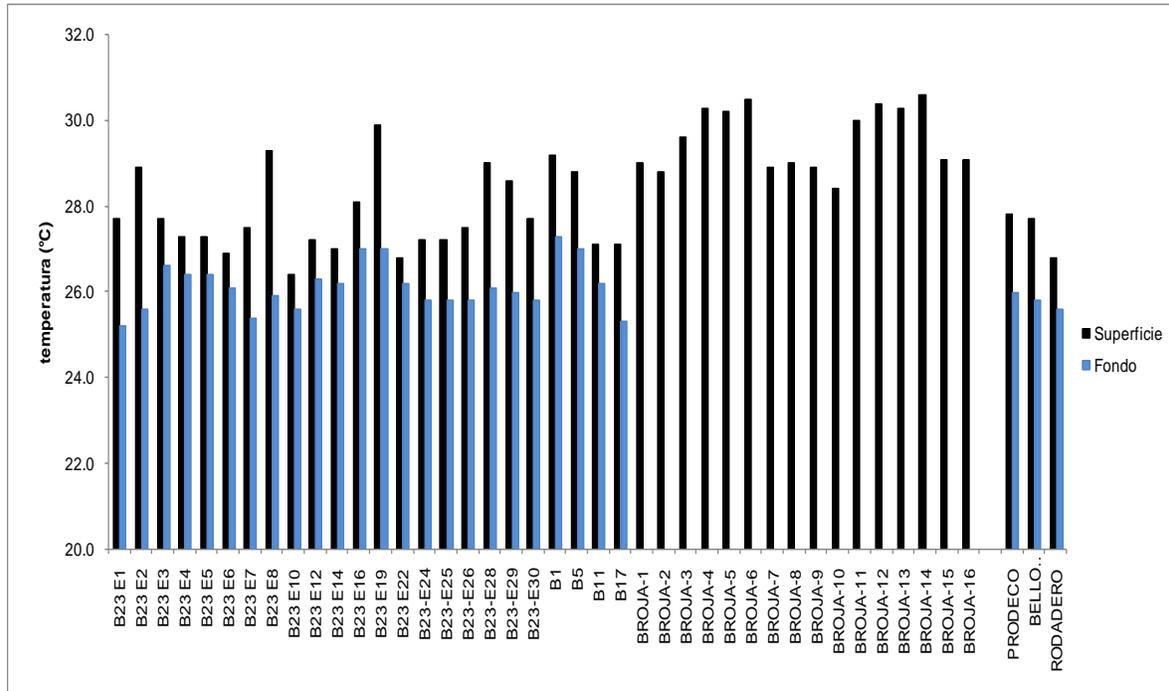


Figura 2.22. Temperatura del agua en superficie y fondo para las estaciones evaluadas en la Boya 23, Boya Roja y Canal de Acceso de Puerto Drummond, así como para las tres estaciones denominadas blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero).

Por su parte, la salinidad presentó un comportamiento bastante homogéneo a lo largo del área de estudio, de tal forma que en aguas superficiales los valores fluctuaron entre $33,78 \pm 0,32$ en las boyas del Canal de Acceso hasta $35,23 \pm 0,80$ en la Boya Roja (Figura 2.23). Similar comportamiento se registra para las aguas del fondo, donde la concentración de sales varió de $34,43 \pm 0,10$ en el Canal de Acceso hasta $34,63 \pm 1,45$ en la Boya 23. La salinidad en las estaciones es muy cercana a la encontrada en Puerto Drummond, con un ligero aumento promedio de una unidad, alcanzando niveles de 35.53 ± 0.75 en superficie y $35,43 \pm 0,32$ en fondo, producto de estar más alejadas de los principales aportes de aguas dulces que pueden disminuir la salinidad.

No obstante, tanto los valores de temperatura del agua como de salinidad para todas las estaciones, se encuentran dentro de los rangos reportados para la plataforma continental del departamento del Magdalena (Arévalo-Martínez y Franco-Herrera, 2008; García-Hoyos et al., 2010), destacando que los bajos valores de salinidad encontrados en algunas estaciones (~30 UPS) de Puerto Drummond, corroboran los aportes de aguas continentales ya indicados por cuerpos lagunares costeros principalmente, que como ya se dijo también incrementan la turbidez de la columna de agua.



Una de las variables de mayor interés en este estudio corresponde al pH, dada la capacidad potencial del carbón para liberar sulfuros en la columna de agua, generando así tendencias a la acidificación (Franco-Herrera et al., 2011). Para la Boya 23, los valores promedio fueron $8,20 \pm 0,03$ en superficie y $8,19 \pm 0,03$ en fondo. En el Canal de Acceso la situación frente a esta variable es similar $-8,13 \pm 0,04$ y $8,12 \pm 0,03$ en superficie y fondo, respectivamente-, mientras que en la Boya Roja se alcanzaron niveles de $8,15 \pm 0,03$, reflejando una clara condición básica típica para el sector, tanto en superficie como en fondo (Figura 2.24). Históricamente, los valores reportados para el Golfo de Salamanca tiende a ser básicos (Tigeros, 2012), por lo cual, la condición encontrada durante el muestreo no refleja ningún tipo de indicio referente a acidificación en las aguas marinas. Hay que resaltar que las estaciones referencia también presentaron niveles básicos en la columna de agua y semejantes a Puerto Drummond, de tal forma que en superficie el valor fue de $8,23 \pm 0,01$ y en el fondo $8,22 \pm 0,02$.

Con relación al oxígeno disuelto, los porcentajes de saturación de este gas fluctuaron entre $62,32 \pm 7,29$ % y $59,17 \pm 8,98$ % en superficie y fondo, respectivamente para la Boya 23, mientras que en el Canal de Acceso los valores a lo largo de la columna de agua van desde $57,02 \pm 6,37$ % hasta $57,70 \pm 2,26$ %. Esto refleja aguas subsaturadas para los sectores mencionados, características que no cambian en la Boya Roja, a pesar de presentarse allí valores promedios más altos de $74,27 \pm 8,56$ % (Figura 2.25).

La subsaturación de aguas es un comportamiento típico en la plataforma continental del departamento del Magdalena, ya sea por el afloramiento de aguas profundas o surgencias, que traen consigo bajos niveles de oxígeno disuelto (Arévalo-Martínez y Franco-Herrera, 2008), o por los aportes de materia orgánica que llevan a procesos de oxidación que consumen oxígeno y liberan CO_2 al medio (García Hoyos et al., 2010). Debido a esto, a medida que se distancia del foco de materia orgánica, hay menos demanda de oxígeno para los procesos de oxidación, favoreciendo el incremento de la saturación. Es por ello que en las estaciones referencia, ubicadas más al norte de la CGSM se encontraron niveles de $93,94 \pm 7,45$ % en superficie y $96,92 \pm 2,32$ % en fondo (Figura 2.25).

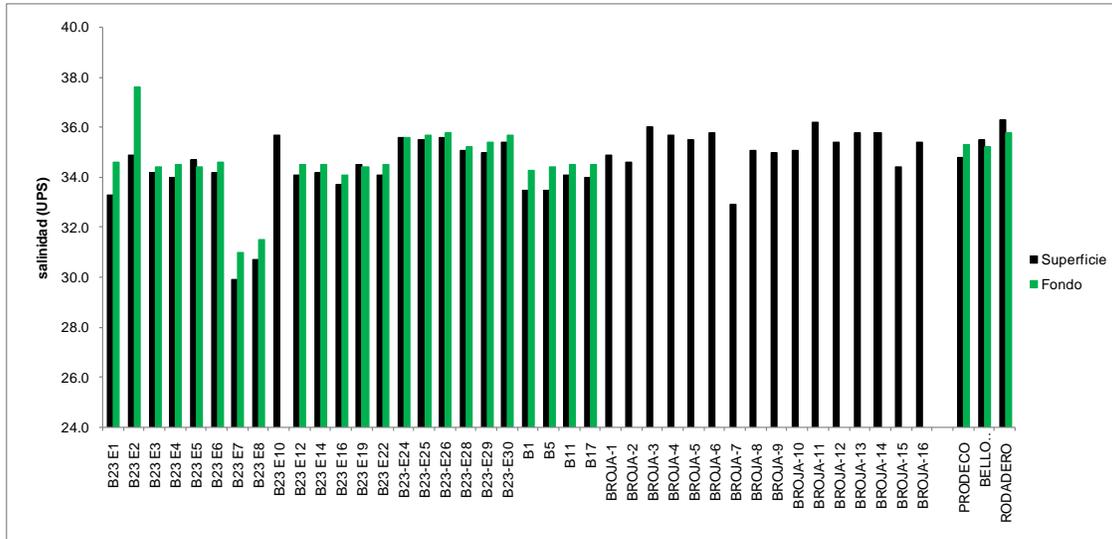


Figura 2.23. Salinidad del agua en superficie y fondo para las estaciones evaluadas en la Boya 23, Boya Roja y Canal de Acceso de Puerto Drummond, así como para las tres estaciones denominadas blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero).

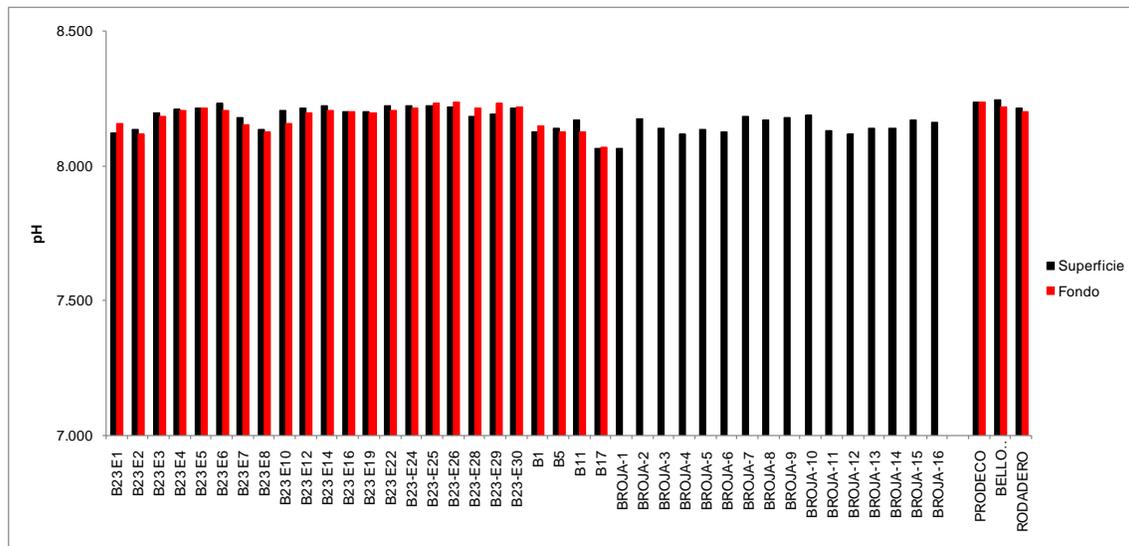


Figura 2.24. pH del agua en superficie y fondo para las estaciones evaluadas en la Boya 23, Boya Roja y Canal de Acceso de Puerto Drummond, así como para las tres estaciones denominadas blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero).

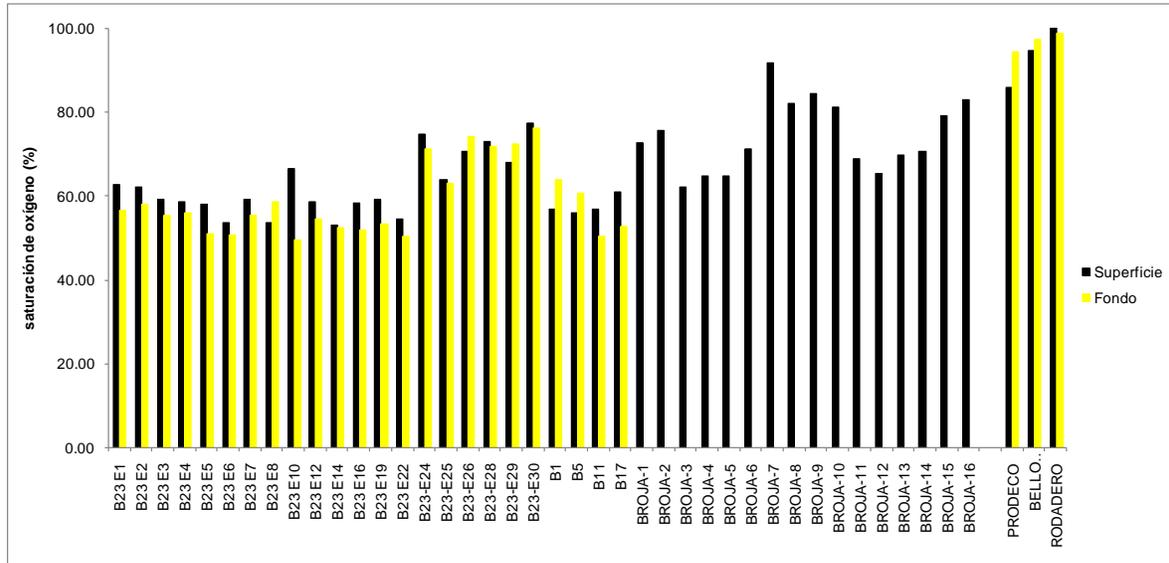


Figura 2.25. Porcentaje de saturación de oxígeno del agua en superficie y fondo para las estaciones evaluadas en la Boya 23, Boya Roja y Canal de Acceso de Puerto Drummond, así como para las tres estaciones denominadas blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero).

2.4. BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo-Martínez, D.L. y A. Franco-Herrera. 2008. Características oceanográficas de la surgencia frente a la Ensenada de Gaira, Departamento del Magdalena. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 37 (2): 131-162.
- Barragán R.G., F. Maldonado, S. Nieto y A. Franco. 2003. Relación de la biomasa fitoplanctónica con la dinámica fisicoquímica y meteorológica de la capa de mezcla en la Bahía de Gaira, Caribe colombiano, durante el período Agosto-Noviembre de 2.003. Informe final. Seminario de investigación. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 57 p.
- Blanco, J. 1988. Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca en la región de Santa Marta, Caribe Colombiano. Trabajo de tesis para optar al título de M. Sc en Biología Marina. Universidad Nacional de Colombia. 50 p.
- Bula-Meyer, G. 1990. Oceanografía. 101-113. En: Reichel-Dolmatoff, G. (Ed.). Caribe Colombia. FONDO FEN-COLOMBIA, Bogotá.
- Cabeza, L. y C. Martínez 2013. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Boletín Meteorológico mensual del Caribe Colombiano. (210). 36 p.
- CIOH. 2013. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Pronóstico de las condiciones meteorológicas y oceanográficas. Consultado el 19 de febrero de 2013. Disponible en la web: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/PreCaAltamar.php>.
- Forero, W. 2012. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Boletín Meteorológico mensual del Caribe Colombiano. (198). 17 p.
- Forero, W. y L. Cabeza. 2011. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Boletín Meteorológico mensual del Caribe Colombiano. (188). 24 p.
- Franco-Herrera, A. 2005. Oceanografía de la Ensenada de Gaira. El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe colombiano. Servigraphic Ltda. Bogotá. 56 p.



- Franco-Herrera, A., L.M, Grijalba-Bendeck, J.P. Ibáñez y J.N. Daza. 2011. Carbón, clima, playas y peces: El caso de la zona costera del departamento del Magdalena. Imageprinting Ltda. Bogotá, D.C. 186 p.
- García-Hoyos, L.M., A. Franco-Herrera, Y.S. Ramírez-Barón y D.A. López-Cerón. 2010. Dinámica océano-atmósfera y su influencia en la biomasa fitoplanctónica, en la zona costera del departamento del Magdalena, Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras 39 (2): 293-320.
- Google Earth. 2013. Google Earth software 6.2.2.6613. Microsoft Windows. Servidor *on-line*: kh.google.com.
- Kasakov, A., A. Lezhenin y L. Speranskyi. 1996. Resultados preliminares del estudio de la capa limite meso-meteorológica de la atmosfera en la costa norte colombiana aplicando un modelo numérico. Boletín Científico del CIOH. (17): 17-26.
- Londoño, L.A. 1999. Comportamiento de algunos parámetros fisicoquímicos y su interacción con aspectos biológicos del componente zooplanctónico durante el segundo período de 1997, Balneario El Rodadero, Caribe colombiano. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 139 p.
- Stewart, R. 2008. Introduction to Physical Oceanography. Department of Oceanography. Texas A&M University. 345 p.
- Tait, R.V. 1987. Elementos de Ecología marina: Editorial Acribia. México, D.F. 446 p.
- Thomas, Y., A. Nicolae y B. Posada. 2012. Atlas Climatológico del mar Caribe Colombiano. Convenio especial de cooperación Colciencias -Gobernación del Magdalena- INVEMAR. Serie de publicaciones especiales No. 25. Santa Marta. 132p.
- Tigreros, P. 2001. Biodiversidad y bioquímica del fitoplancton marinos asociado a ambientes mesotróficos y oligotróficos del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. 2.002. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.
- Tigreros, P. 2012. La dinámica del CO₂ en el Caribe centro-norte colombiano y su efecto sobre la comunidad fitoplanctónica. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. pág. var + anexos.
- USF. 2013. USF Modis direct broadcast data products. University of South Florida. Disponible *on-line*: www.modis.marine.usf.edu
- Yelland, M. y P. Taylor. 1996. Wind stress measurements from the open ocean. Journal of Physical Oceanography. 26: 541-558.
- Zambrano, L. 2009. Importancia del manejo de datos oceanográficos. Acta Oceanográfica del Pacífico. 15 (1): 217-223.

CAPÍTULO 3 . CONDICIONES EDÁFICAS



**Coordinación
GUIOMAR AMINTA JÁUREGUI**

**HENRY FABIÁN BUSTOS ORDOÑEZ
JOHN CABRERA PALLARES
PAOLA ANDREA GARZÓN URBINA
SANTIAGO MARTÍNEZ CLAVIJO
LAURA RODRÍGUEZ
JAVIER TORRES RODRÍGUEZ**

**CONTENIDO**

	Pág.
3.1. INTRODUCCIÓN	3-6
3.2 GENERALIDADES	3-7
3.2.1 Fondos blandos.....	3-7
3.2.2 Fenómeno de diapirismo	3-9
3.3 METODOLOGÍA	3-10
3.3.1 Fase de campo.....	3-10
3.3.2 Fase de laboratorio.....	3-10
3.3.2.1 Granulometría	3-10
3.3.2.2 Materia Orgánica.....	3-13
3.3.2.3 Carbonatos	3-14
3.3.3 Fase de gabinete	3-15
3.3.3.1 Granulometría	3-15
3.3.3.2 Materia Orgánica.....	3-16
3.3.3.3 Carbonatos	3-16
3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	3-16
3.4.1 Granulometría.....	3-17
3.4.2 Materia orgánica.....	3-22
3.4.3 Carbonatos.....	3-28
3.5 BIBLIOGRAFÍA.....	3-33
ANEXOS.....	3-36



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1. Ubicación de los fondos blandos para el Caribe y Pacífico colombiano (tomado de INVEMAR b, 2010).....	3-8
Figura 3.2. Distribución de las facies sedimentarias para el sector del delta del Magdalena, donde se observa la localización y clasificación de las muestras sedimentológicas recolectadas en el talud continental en proyectos ANHI y II del CIOH (Tomado de INVEMAR, 2010).....	3-8
Figura 3.3 Distribución de los tipos de sedimento por cantidad de carbonato de calcio en la plataforma continental de la zona de Santa Marta (Modificado de Álvarez-León et al., 1995).	3-9
Figura 3.4. Esquema de las manifestaciones del diapirosmo arcilloso en el Caribe colombiano (Tomado de Briceño y Vernet, 1992).	3-10
Figura 3.5. Proceso de recolección de muestras en la fase de campo. A. Extracción de sedimento con la draga. B. Traspaso del sedimento de la draga a baldes. C. Recolección del sedimento en bolsas plásticas rotuladas.	3-11
Figura 3.6. Extendido y secado de las muestras de sedimento en el laboratorio.....	3-11
Figura 3.7. Proceso inicial de granulometría. A. Disgregación de partículas de sedimento. B. Muestras en reposo durante 24 h con Hexametáfosfato acuoso.....	3-12
Figura 3.8. Tamizaje en húmedo y porciones de sedimentos finales de cada tamiz.....	3-12
Figura 3.9. Tamaños de grano encontrados, donde cada caja de petri corresponde a un tamiz	3-13
Figura 3.10. Procedimientos de materia, pesaje de muestra y secado en la mufla a 550°C.	3-13
Figura 3.11. Metodología carbonatos; precalentamiento de las muestras con el ácido y filtración.	3-14
Figura 3.12. Determinación de carbonatos presentes en el sedimento mediante el proceso de titulación. ..	3-14
Figura 3.13. Porciones de sedimento resultante en cada uno de los tamices entre 1.00 a 0.063 μ . Las flechas muestran las partículas de carbón presentes en en tamiz de 1.00 y 500 μ	3-18
Figura 3.14. Resultado de la granulometría húmeda, para el tamiz de 1.00 μ	3-19
Figura 3.15. Porcentaje de cada uno de los tipos de grano que se encontraron para cada sitio de muestreo con sus respectivas estaciones. A) Corredor entre la Boya Roja y la Boya 23; B) Estaciones blanco; C) Boya Roja; D) Boya 23.....	3-20
Figura 3.16. Valores de selección en porcentaje para el área de muestreo. Color azul: B23; Color Rojo: B1, B5, B11 y B17; Color verde: BR	3-21
Figura 3.17. Porcentajes de materia orgánica en las estaciones someras (3m) Boya Roja (BR).	3-23
Figura 3.18. Representación de los contenidos de materia orgánica presentes en las estaciones someras de la Boya Roja. Verde: porcentajes entre 0-1.99 %; Amarillo: porcentajes entre 2.00- 2.85 %; Naranja: porcentajes entre 2,86-4 %.....	3-24



Figura 3.19. Representación de los contenidos de materia orgánica presentes en las estaciones profundas de la Boya 23. Verde: porcentajes entre 0-1.99 %; Amarillo: porcentajes entre 2.00- 2.85 %; Naranja: porcentajes entre 2,86-4 %.....	3-25
Figura 3.20. Porcentajes de materia orgánica en las estaciones profundas (13 m) Boya 23.....	3-26
Figura 3.21. Porcentajes de materia orgánica en las boyas del corredor.	3-26
Figura 3.22. Porcentajes de materia orgánica en las estaciones referencia.	3-27
Figura 3.23. Secuencia del procedimiento de titulación en donde se observa el viraje de amarillo a verde.	3-28
Figura 3.24. Porcentajes de carbonatos de calco presentes en las estaciones de la Boya Roja (3m)	3-29
Figura 3.25. Resultado del tamizaje en seco de la muestra BR-E15. A. Contenido de sedimento en los tamices: izquierda a derecha 1.00 μ , 500 μ , 250 μ , 180 μ . B. Tamices de izquierda a derecha 125 μ , 90 μ , 63 μ , <63 μ	3-30
Figura 3.26. Porcentajes de carbonato de calcio presentes en el sedimento de las estaciones de la Boya 23 (9m).	3-31
Figura 3.27. Porcentajes de carbonatos de calcio presentes en las boyas del Canal de Acceso.....	3-32
Figura 3.28. Porcentajes de carbonatos de las estaciones de referencia.	3-32

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1. Clasificación granulométrica para sedimentos Udden-Wentworth (Tomada de Calle y Valencia, 2005).....	3-15
Tabla 3.2. Clasificación de sedimento teniendo en cuenta la media (Mz, la) desviación estándar (Sg), la cúrtosis (Kg) y la asimetría (Sk).	3-15
Tabla 3.3. Valores para la clasificación calcimétrica de los sedimentos (Tomada de Álvarez-León et al., 1995).	3-16
Tabla 3.4. Listado de las estaciones realizadas con el método de draga.....	3-17

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 3.1. Datos de granulometría húmeda de la Boya Roja (BR), valores medios del tamaño de grano Mz - phi (ϕ), desviación estándar (σ), asimetría (Sk) y agudeza o cúrtosis (KG). E: Estación.....	3-36
Anexo 3.2. Datos de granulometría húmeda de las boyas del canal, valores medios del tamaño de grano Mz - phi (ϕ), desviación estándar (σ), asimetría (Sk) y agudeza o cúrtosis (KG). E: Estación.....	3-36



Anexo 3.3. Datos de granulometría húmeda de la Boya 23 (B23), valores medios del tamaño de grano M_z - ϕ (ϕ), desviación estándar (σ), asimetría (Sk) y agudeza o cúrtosis (KG). E: Estación..... **3-36**

Anexo 3.4. Matriz de datos porcentajes materia orgánica. **3-37**

Anexo 3.5. Matriz de datos porcentajes de Carbonatos de calcio..... **3-38**



3.1. INTRODUCCIÓN

Los fondos blandos constituyen un ecosistema donde dadas las características biológicas, físicas y químicas es posible el desarrollo de organismos bentónicos de tipo infaunal y epifaunal. Este ecosistema actúa como sumidero de partículas orgánicas e inorgánicas, aceites y metales pesados (Mejía y Chacín, 1999), en donde se llevan a cabo procesos de descomposición y reciclaje de nutrientes principalmente por la presencia de bacterias (Mejía y Chacín, 1999). Las comunidades pertenecientes a los fondos blandos están compuestas principalmente por especies con características biológicas similares como son poca movilidad, ciclos de vida largos y amplia tolerancia al estrés ambiental. La estrecha relación de estos organismos con el sedimento los hace susceptibles de reaccionar a cambios en el medio, donde generalmente se acumula material orgánico particulado y/o tóxico, lo cual puede evidenciar perturbaciones ambientales para ser empleados como indicadores de disturbios antrópicos y naturales, por lo que se clasifican como indicadores de grado de integridad ecológica de un sistema, tanto momentáneamente como estacionalmente (Belan, 2003).

El incremento en la sedimentación permite una proliferación de microorganismos debido a la aporte de materia orgánica, esto reduce los contenidos de oxígeno como resultado del metabolismo aeróbico al aumentar la descomposición de sustratos, lo que impide la proliferación de organismos bentónicos. Los sitios donde la tasa de sedimentación inorgánica es alta (generalmente en sedimentos finos), la cantidad de materia orgánica propenderá a ser alta también pero con la condición de que hayan organismos presentes. Esta acción permite evitar la descomposición total de materia orgánica por parte de bacterias y necrófagos, permitiendo el reciclaje de esta materia para ser reintegrada en la red trófica (Weihaupt, 1979).

El contenido de materia orgánica y de carbonatos de calcio, permiten establecer el estado de la columna de agua debido a la relación que existe con el fondo marino (Torres, 1999). Al haber tasas elevadas o mínimas de sedimentación se puede alterar el flujo de materia y energía entre el fondo y la columna de agua, lo cual puede generar cambios en las comunidades bentónicas dada la relación que existe con la composición química de los sedimentos en los cuales habitan.



Debido al vertimiento de carbón (un mes antes del muestreo), el presente estudio tiene como objetivo determinar el porcentaje de carbonato de calcio, materia orgánica, y el tamaño de los diferentes granos presentes en los sedimentos del sector aledaño al Puerto de Drummond con el fin de evaluar el impacto generado sobre los fondos blandos.

3.2 GENERALIDADES

3.2.1 Fondos blandos

Los fondos blandos son ecosistemas que se encuentran compuestos por la acumulación de partículas sedimentarias como arenas, arcillas, cienos y limos, en un sustrato inestable y con una topografía simple, los cuales ofrecen alimento y protección a un variado número de organismos. El bentos, se considera a plantas o animales que habitan el fondo marino y pueden vivir dentro o encima del sedimento, llamándose infauna y epifauna respectivamente (INVEMAR, 2004). Los organismos bentónicos son un importante eslabón en el flujo de materia y energía de los productores primarios a los peces y en el reciclamiento de materia orgánica (Crisp, 1984). Los fondos blandos abarcan en Colombia una extensión estimada de 889.400 km², que comprende el 99.5 % de los ecosistemas submarinos (Guzmán-Alvis y Solano, 2002). En la Figura 3.1 se presentan la ubicación de los fondos blandos en Colombia y el número y tipos de estudios que se han realizado para la ecorregión del Magdalena. En su mayoría se ha estudiado la distribución, función y caracterización de estos ambientes.

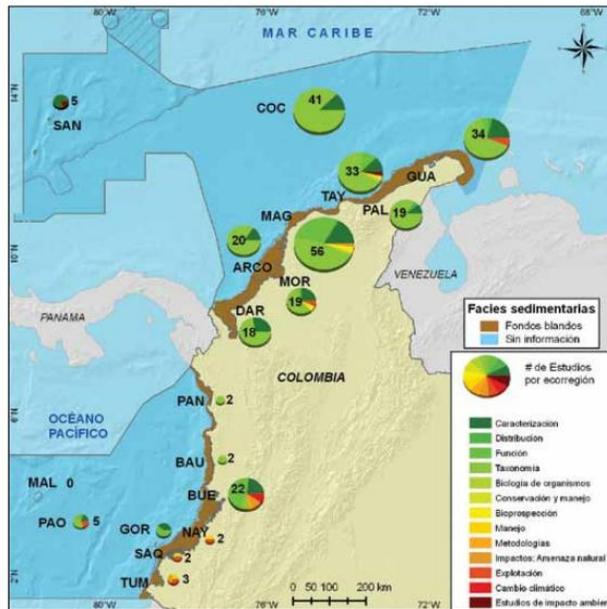


Figura 0.1. Ubicación de los fondos blandos para el Caribe y Pacífico colombiano (tomado de INVEMAR b, 2010).

En la Figura 3.2 se muestran los tipos de sedimentos y facies sedimentarias que se encontraron en muestras recolectadas en el talud continental para el delta del Magdalena en los proyectos ANH I y II del CIOH; se puede inferir, por la coloración del sector, que hay una presencia notable de arena lodosa litobioclástica (INVEMAR, 2010).

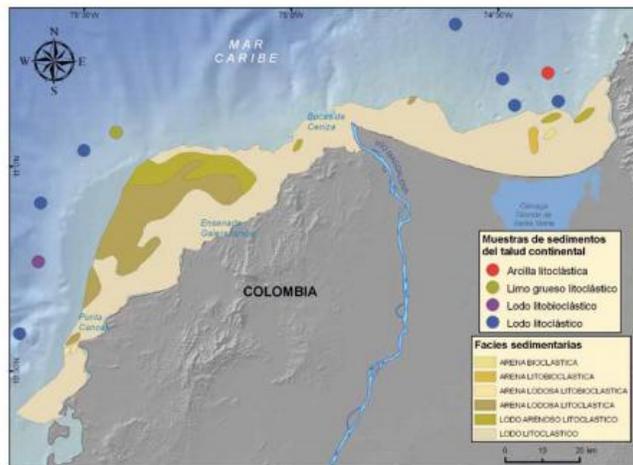


Figura 0.2. Distribución de las facies sedimentarias para el sector del delta del Magdalena, donde se observa la localización y clasificación de las muestras sedimentológicas recolectadas en el talud continental en proyectos ANHI y II del CIOH (Tomado de INVEMAR, 2010).

Álvarez-León et al. (1995) en su estudio de sedimentos muestran la distribución de los tipos de sedimentos por cantidad de carbonato de calcio (Figura 3.3) y se evidencia que en el sector cercano a el Puerto de Drummond el tipo de sedimento es litoclástico.

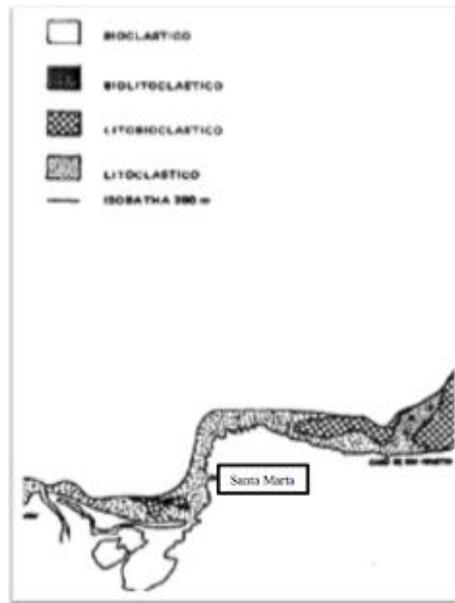


Figura 0.3 Distribución de los tipos de sedimento por cantidad de carbonato de calcio en la plataforma continental de la zona de Santa Marta (Modificado de Álvarez-León et al., 1995).

3.2.2 Fenómeno de diapirismo

El diapirismo es un fenómeno en el que una masa de roca blanda, que por la acción de empujes internos descarga sus pliegues al ser comprimida y tiende a extenderse encima de rocas estratigráficamente superiores (Duque, 2003). El caribe colombiano presenta una amplia expresión de tipos de diapirismo, Briceño y Vernet (1992) plantean cinco clasificaciones para estas manifestaciones: Abombamientos diapíricos, Domos diapíricos, Volcanes de lodo, Pliegues diapíricos y Plumitas diapíricas. La región de Santa Marta presenta en mayor proporción abombamientos diapíricos, domos tipo 1 y domos tipo 2 (Figura 3.4).

Los mismos autores plantean que los abombamientos diapíricos son una serie de deformaciones observadas en la sismica de baja frecuencia afectando los sedimentos más profundos, tienen un amplio radio de curvatura o anchos mínimo promedio de 2 km. Los domos diapíricos los definen como cuerpos relativamente cónicos y aislados que representan la expresión superficial, pasada o reciente de la salida de fluidos asociados al diapirismo. Existen varios tipos de domos, pero en lo que corresponde a Santa Marta, solo se ve afectada por el tipo 1 y 2. El tipo 1 tiene alturas máximas menores a 100 m y diámetros basales de hasta 750 m y el tipo 2 alcanza alturas hasta de 500 m y diámetros basales de 1 km.

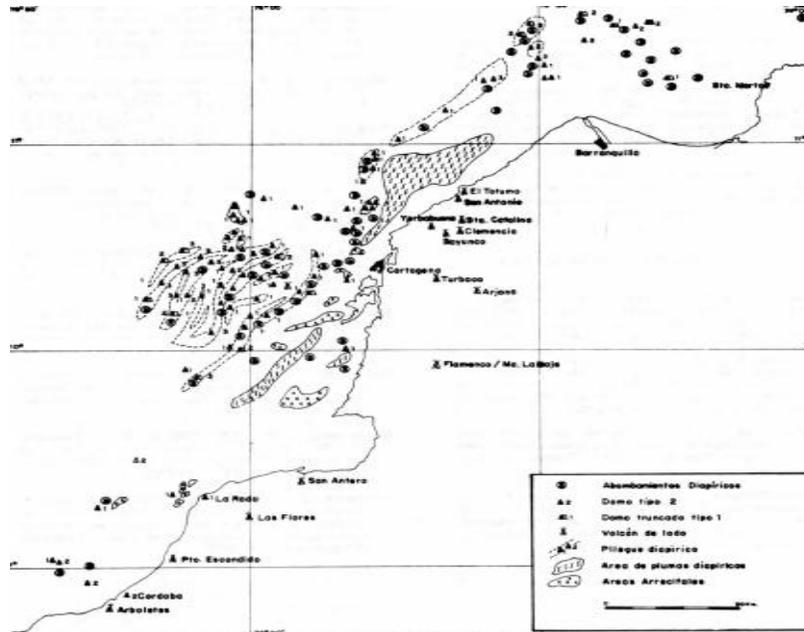


Figura 0.4. Esquema de las manifestaciones del diapirismo arcilloso en el Caribe colombiano (Tomado de Briceño y Vernet, 1992).

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Fase de campo

Con el fin de determinar las condiciones edáficas del sector impactado por el incidente causado por la barcaza TS-115, se abordaron 47 estaciones recolectando sedimento con una draga Van Veen de área 0,05 m² a profundidades entre 3 y 13 m. Todas las muestras fueron depositadas en bolsas plásticas rotuladas y llevadas a laboratorio para su análisis (Figura 3.5).

3.3.2 Fase de laboratorio

3.3.2.1 Granulometría

Una vez en el laboratorio se procedió a extraer una porción de sedimento de cada una de las estaciones y se extendieron en bandejas metálicas para finalmente secarlas a temperatura ambiente durante un periodo entre 24 y 48 horas (Figura 3.6). Posteriormente se homogenizó la muestra y se pesaron en una balanza marca SARTORIUS TE-412, 25 g de sedimento para análisis de granulometría, 10 g para carbonatos y 5 g para materia orgánica, el sedimento seco restante fue almacenado en bolsas rotuladas. Los 25 g de muestra de cada estación se disolvieron en beakers de 600 ml con 250 ml de agua

destilada y 10 ml de hexametáfosfato acuoso (Figura 3.7), se agitó por 10 minutos con el propósito de disgregar las partículas; se dejaron en reposo por 24 h para luego ser pasadas con abundante agua por una batería de siete tamices marca TWR con diferentes tamaños de poro de malla (1.00 μ , 0.500 μ , 0,250 μ , 0,180 μ , 0,125 μ , 0,090 μ , 0.063 μ) (Figura 3.8).

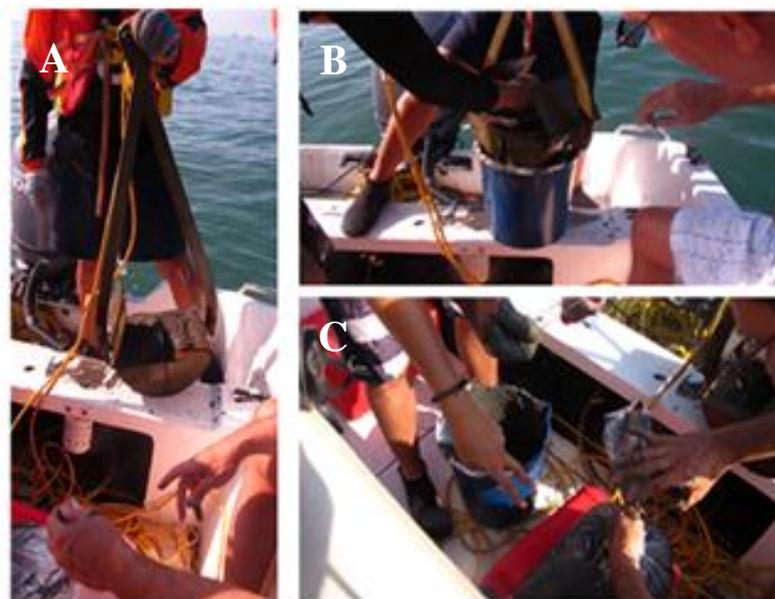


Figura 0.5. Proceso de recolección de muestras en la fase de campo. A. Extracción de sedimento con la draga. B. Traspaso del sedimento de la draga a baldes. C. Recolección del sedimento en bolsas plásticas rotuladas.



Figura 0.6. Extendido y secado de las muestras de sedimento en el laboratorio.

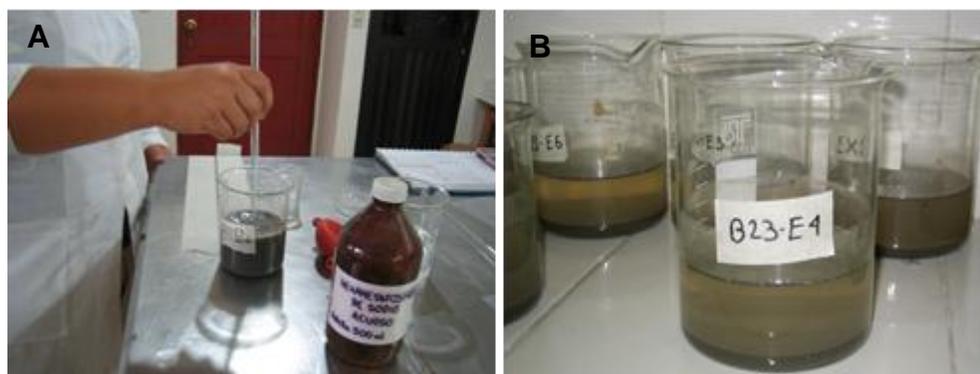


Figura 0.7.Proceso inicial de granulometría. A. Disgregación de partículas de sedimento. B. Muestras en reposo durante 24 h con Hexametafosfato acuoso.

Finalmente las porciones de sedimento de cada tamiz se depositaron en cajas Petri y cajas de aluminio y se secaron en un horno a 70°C por 3 a 6 h. Una vez cumplido este tiempo, se retiraron del horno y se pesaron, obteniendo así el peso seco de la muestra de sedimento retenida en cada tamiz (Figura 3.9).



Figura 0.8. Tamizaje en húmedo y porciones de sedimentos finales de cada tamiz.

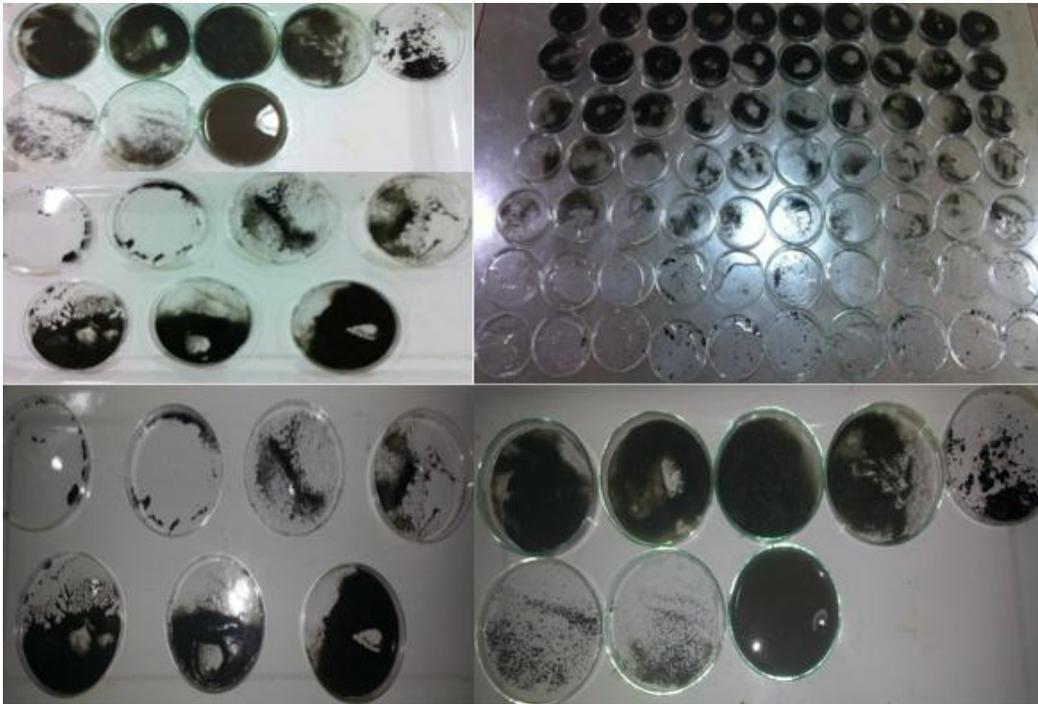


Figura 0.9. Tamaños de grano encontrados, donde cada caja de petri corresponde a un tamiz

3.3.2.2 Materia Orgánica

Para la evaluación de la cantidad de materia orgánica del sedimento se tomaron 5 g de sedimento los cuales fueron dispuestos en crisoles de porcelana tomando los pesos iniciales (el peso del crisol, más peso de la muestra), luego se llevaron a la mufla durante 3 h a 550°C (Figura 3.10). Finalmente, estos se pasaron a un desecador durante 2 h para su enfriamiento y se pesaron nuevamente. La diferencia de pesos en los crisoles determina el porcentaje de materia orgánica presente en 5 g de sedimento.



Figura 0.10. Procedimientos de pesaje de muestra y secado en la mufla a 550°C.

3.3.2.3 Carbonatos

Para la determinación de carbonatos se dispusieron en un beaker de 250 ml, 50 ml de HCl 0.5 N y 10 g de sedimento; con un mechero se calentó la muestra ligeramente sin llegar a punto de evaporación, luego se pasó la muestra por un embudo con papel filtro para retener el sedimento (Figura 3.11). A la solución filtrada se le agregaron 3 gotas de fenolftaleína como indicador para observar el cambio de color (viraje a rosa). Durante la titulación con NaOH 0.25 N la lectura se dio con respecto al volumen (ml) de NaOH gastados (Figura 3.12).



Figura 0.11. Metodología carbonatos; precalentamiento de las muestras con el ácido y filtración.



Figura 0.12. Determinación de carbonatos presentes en el sedimento mediante el proceso de titulación.



3.3.3 Fase de gabinete

3.3.3.1 Granulometría

Para la determinación de la composición del grano del sedimento se clasificó el tipo de grano de cada tamiz (análisis de textura) por medio de la escala Udden-Wentworth (Tabla 3.1); realizando las correspondientes transformaciones a unidades phi (ϕ) (Holme y McIntyre, 1971; Daza, 2010). Como acto seguido a esto, los valores hallados se introdujeron al programa Kware - SFT con el fin de estimar la media (Mz), la desviación estándar (DS), la asimetría (SK) y la Curtosis (KG). Como análisis complementario se clasificó el tipo de sedimento de acuerdo con las tablas de Folk (1968) (Tabla 3.2).

Tabla 0.1. Clasificación granulométrica para sedimentos Udden-Wentworth (Tomada de Calle y Valencia, 2005).

Mm	μm	Phi	Clasificación Udden Wentworth
>4	>4000	<-2	Gujarro pequeño
4 a 2	4000 a 2000	-2 a -1	Granulo
2 a 1	2000 a 1000	-1 a 0	Arena muy gruesa
1 a 0,5	1000 a 500	0 a 1	Arena gruesa
0,5 a 0,25	500 a 250	1 a 2	Arena mediana
0,25 a 0,125	250 a 125	2 a 3	Arena fina
0,125 a 0,063	125 a 63	3 a 4	Arena muy fina
<0,063	<63	>4	Cieno

Tabla 0.2. Clasificación de sedimento teniendo en cuenta la media (Mz, la) desviación estándar (Sg), la cúrtosis (Kg) y la asimetría (Sk).

MEDIA Mz	CLASE	DESVIACION ESTANDAR (Sg)	CLASE	CURTOSIS (Kg)	CLASE	ASIMETRIA (Sk)	CLASE
-.2 a -1	Gránulo	<0.35	muy bien clasificado	<0.67	muy platicúrtica	1 a 0.3	Gruesos muy bien
-.099 a 0	Arena muy gruesa	0.35 a 0.50	bien clasificado moderadamente	0.67	Platocúrtica	0.3 a 0.1	clasificados gruesos bien
0.001 a 1	Arena gruesa	0.50 a 0.71	bien clasificado moderadamente	0.9 a 1.11	Mesocúrtica	1.1 a -1.1	clasificados casi simétrico
1.01 a 2.0	Arena media	0.71 a 1	clasificado	1.5 a 3	Leptocúrtica	-.1.1 a -0.3	finos bien
2.01 a 3	Arena fina	1 a 2	mal clasificado	<0.3	Extremadamente Leptocúrtica	-.0.3 a -1	clasificados finos muy bien
3.01 a 4	Arena muy fina	2 a 4	muy mal clasificado	<0.3	Extremadamente Leptocúrtica	-.0.3 a -1	clasificados



3.3.3.2 Materia Orgánica

Se calculó el porcentaje de materia orgánica mediante la siguiente ecuación (Erftemeijer & Koch En: Short & Coles, 2001):

$$\% \text{ materia orgánica} = \frac{W_o - W_f}{W_o} * 100$$

Donde, W_o es el peso inicial del crisol y W_f es el peso final de la muestra.

3.3.3.3 Carbonatos

Para conocer los mg de CaCO_3 presentes en los 10 gr de muestra se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{mg CaCO}_3 = \frac{\text{Vol. NaOH} * 0.5\text{N} - \text{Vol. HCl} * 0,25 \text{ N} * 5}{\text{gr muestra}}$$

Expresado en porcentaje:

$$\% \text{ CaCO}_3 = \left(\frac{\text{Vol. NaOH} * 0.5\text{N} - \text{Vol. HCl} * 0,25 \text{ N}}{\text{gr muestra}} \right) * 0,05 * 100$$

Los resultados se expresaron en % CaCO_3 en un gramo de sedimento y a su vez se clasificó el sedimento según la cantidad de CaCO_3 en porcentaje (Tabla 3.3).

Tabla 0.3. Valores para la clasificación calcimétrica de los sedimentos (Tomada de Álvarez-León et al., 1995).

% CaCO_3	Tipo
0 – 15	Litoclástico
15 – 50	Litobioclástico
50 – 85	Biolitoclástico
> 85	Bioclástico

3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el laboratorio fueron procesadas 47 muestras, en donde se recolectaron en la Boya Roja (BR) ubicada a 3 m de profundidad, la Boya 23 (B23) a 13 m, las boyas B1, B5, B11, B17, ubicadas en el Canal de Acceso y tres estaciones de referencia (PRODECO,



Bello Horizonte y Rodadero). Por lo tanto, para el análisis de resultados se tuvo en cuenta, la profundidad y la ubicación de las estaciones (Tabla 3.4).

Tabla 0.4. Listado de las estaciones realizadas con el método de draga.

MUESTREO 1 FEB-13	MUESTREO 2 FEB-14	MUESTREO 3 FEB-20	MUESTREO 4 MAR-1
B1	B23-E3	B23-E24	BR-1
B5	B23-E4	B23-E25	BR-2
B11	B23-E5	B23-E26	BR-7
B17	B23-E6	B23-E28	BR-8
B23-E1	B23-E12	B23-E29	BR-9
B23-E2	B23-E13	B23-E30	BR-10
B23-E7	B23-E14	BR-E3	BR-15
B23-E8	B23-E16	BR-E4	BR-16
B23-E10	B23-E19	BR-E5	
	B23-E21	BR-E6	
	B23-E22	BR-E11	
	B23-E23	BR-E12	
	B23-E27	BR-E13	
		BR-E14	

3.4.1 Granulometría

Para la determinación de la estructura del sedimento en términos de tamaño de grano, se llevó a cabo la separación de los diferentes tamaños según el peso total por tamiz (Figura 3.13). El mayor porcentaje de grano en el sedimento pertenece a cieno (tamaño de grano <0,063) seguido por arena muy fina (tamaño de 3 a 4) para todas las estaciones, excepto en estaciones de la Boya Roja, siendo en la BR – E8 (61,32 %), y BR – E11 (65,76 %) abundante la arena muy fina, y en la BR – E9 (63,76 %) arena muy gruesa, granulo y guijarro.

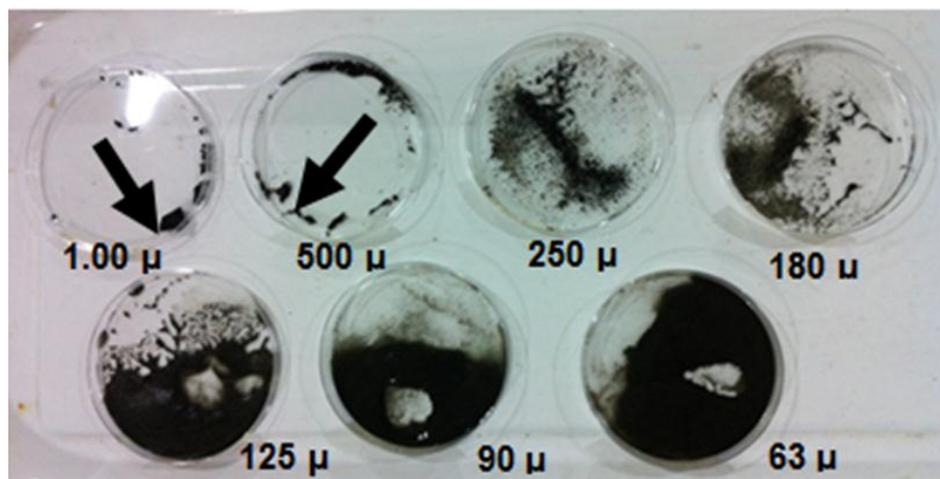


Figura 0.13. Porciones de sedimento resultante en cada uno de los tamices entre 1.00 a 0.063 μ . Las flechas muestran las partículas de carbón presentes en en tamiz de 1.00 y 500 μ .

En la Tabla 3.5 se puede observar que en la estación B23 en promedio se obtuvo el más alto porcentaje de cieno con un $81,53 \pm 5,41$ %, mientras que en la BR se presentó el más bajo, con un valor de $52,88 \pm 17,83$ %.

Tabla 3.5. Porcentaje promedio de tipo de grano en C. BR-B23 (Corredor entre Boya Roja y Boya 23), B23, BR, corazonador y estaciones de referencia.

	C. BR-B23	B23	BR	Estaciones Referencia
Tipo de grano	Porcentaje Promedio (%)	Porcentaje Promedio (%)	Porcentaje Promedio (%)	Porcentaje Promedio (%)
Arena muy gruesa, granulo y guijarro	$0,11 \pm 0,08$	$0,40 \pm 0,68$	$6,71 \pm 16,14$	$0,55 \pm 0,36$
Arena gruesa	$0,08 \pm 0,05$	$0,43 \pm 0,88$	$0,48 \pm 0,35$	$0,28 \pm 0,21$
Arena mediana	$0,57 \pm 0,05$	$0,33 \pm 0,31$	$0,68 \pm 0,59$	$1,04 \pm 0,51$
Arena fina	$3,06 \pm 1,39$	$2,36 \pm 2,12$	$5,42 \pm 3,93$	$6,05 \pm 3,40$
Arena muy fina	$15,1 \pm 2,86$	$14,95 \pm 3,58$	$33,84 \pm 17,14$	$18,63 \pm 8,08$
Cieno	$81,08 \pm 2,49$	$81,53 \pm 5,41$	$52,88 \pm 17,83$	$73,45 \pm 4,66$

Las arenas gruesas y medianas se encontraron en menor proporción en todas las estaciones, con un valor máximo de $0,48 \pm 0,69$ % en las muestras de la BR y un valor mínimo de $0,08 \pm 0,05$ % en el corredor entre BR y BR23 para arena gruesa. En cuanto a arena mediana, el máximo valor se observó en las estaciones de referencia con $1,04 \pm 0,51$ % y el mínimo en la B23 con $0,33 \pm 0,31$ % (Figura 3.15). En general se puede establecer que en el sector predominan los cienos, que la estructura de estos es

homogénea y que concuerda con la composición de las estaciones de referencia, que reportan un valor promedio alto de cieno de $73,45 \pm 4,66$ %. Sin embargo se confirma la presencia de carbón en el tamizaje de algunas de las estaciones. En la Figura 3.14 se muestra lo retenido en el tamiz de $1,000 \mu\text{m}$, donde se observan claramente las partículas del mineral.



Figura 0.14. Resultado de la granulometría húmeda, para el tamiz de 1.00μ .

Añadiendo los análisis realizados por el programa de Kware SFT, se encontraron valores de la media del grano M_z (media phi (ϕ)) de los diferentes tamaños de grano presentes en el sedimento de acuerdo a la clasificación de Folk (1968). Todos los M_z en todas las estaciones a excepción de BR9 presentaron valores entre 3,08 y 4,68, indicando que la composición del sedimento en el área de muestreo es característica de un fondo lodoso compuesto por limo y cieno. La BR9 presentó un M_z de 1,35 indicando presencia de arena media, lo que no corresponde con lo descrito anteriormente en la clasificación realizada, basada en la tabla de Udden-Wenworth, donde se denota que esta estación presenta predominancia de arena muy gruesa.

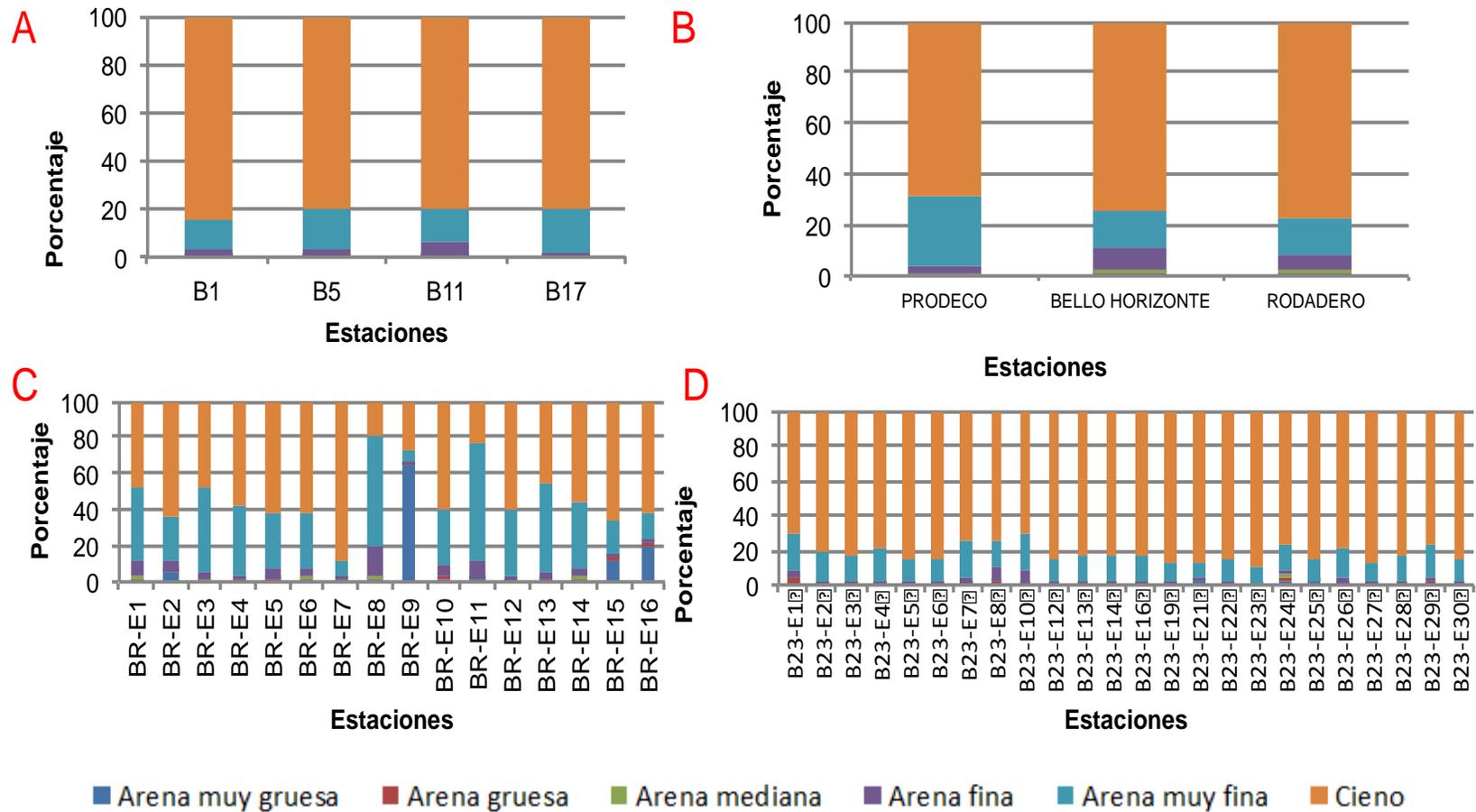


Figura 0.15. Porcentaje de cada uno de los tipos de grano que se encontraron para cada sitio de muestreo con sus respectivas estaciones. A) Corredor entre la Boya Roja y la Boya 23; B) Estaciones blanco; C) Boya Roja; D) Boya 23.

Con la desviación obtenida, las estaciones de B23 y del Canal de Acceso entre B23 y BR presentaron el mayor porcentaje de bien seleccionado de 21,01 % y moderadamente bien seleccionado con un 6,0 % respectivamente, esto indica que no hay varios tipos de sedimento, mientras que para BR se indica que existen varias clases de tamaños de grano, ya que fue moderadamente seleccionado con un 19,31 % como se observa en la Figura 3.16

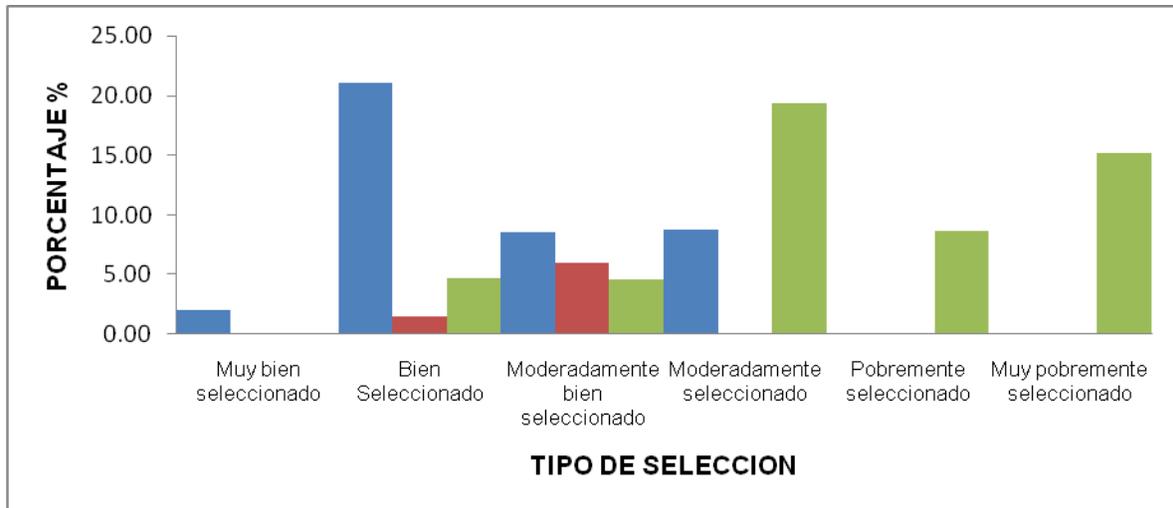


Figura 0.16. Valores de selección en porcentaje para el área de muestreo. Color azul: B23; Color Rojo: B1, B5, B11 y B17; Color verde: BR

En la BR se encontraron curvas platicúrticas (varias clases de tamaños de grano), leptocúrticas (pocas clases de tamaños de grano), mesocúrticas (valor medio de número de granos) y muy leptocúrticas, sin una tendencia definida. En el corredor de B23 a BR todas presentaron una distribución con una curva muy leptocúrtica, lo cual sucedió igual para todas las estaciones de B23 a excepción de B23-E1, B23-E2 que presentaron curvas mesocúrticas y B23-E24 extremadamente leptocúrtica. Por lo que en el sector de BR, aunque predominan los cienos, en general hay una mayor variedad de tipos de granos con respecto a B23 y el corredor.

La mayoría de los sedimentos presentaron un mayor porcentaje de cieno, lo cual puede indicar que todos estos materiales finos que lo conforman provienen de procesos de suspensión. Las arenas muy finas (fueron las que tuvieron el segundo mayor porcentaje) son partículas muy fáciles de transportar a través de la columna de agua y por ende dominan en casi todo el sedimento (Ramírez y Valencia, 2005). De la Lanza (1986)



propone que los sedimentos son un reflejo de lo que ocurre en la columna de agua, ya que al haber aporte de aguas continentales en la zona se facilita el ingreso de sedimentos suspendidos en el agua, esto causa que aquellas zonas más cercanas a las desembocaduras de los ríos presenten sedimentos con partículas de mayor grosor y las más alejadas sedimentos de menor tamaño (Gilluly et al., 1964), es por ello que la Boya Roja, al encontrarse más cerca de la zona costera, presentó más variedad en los tipos de grano. Cabe resaltar que en las zona costeras, los fragmentos se depositan en orden inverso a su tamaño: gravas, gravillas, arenas gruesas, medias, finas y fangosas, cascajos y conchuelas, que se ponen en contacto con fangos de origen terrígeno (ríos).

En el área de estudio hay influencia de los ríos Toribio y Córdoba (Molina, 1990) y en mayor proporción de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) sobre este sector, haciendo que casi en toda la plataforma continental del Departamento del Magdalena domine el cieno (Córdoba, 1997), lo cual concuerda con lo encontrado en el presente estudio como lo muestra la Figura 3.15, y el estudio realizado por Guzmán-Alvis y Díaz (1993). Por ende se evidencia que no ha habido un cambio en la estructura de los sedimentos del sector después del evento de vertimiento de carbón.

Conocer la composición del sedimento (tamaño, grado de unión y forma del grano) es importante ya que este estructura la comunidad bentónica infaunal (Sarda, 1997), permitiendo determinar el tipo de organismos que habitan el sustrato así como los disturbios ambientales que impiden la fijación de estos. El tipo de sedimento se encuentra estrechamente relacionado con la abundancia y disponibilidad de alimento (Rhoads y Young, 1970), lo que indica que si la zona presenta heterogeneidad en el suelo, la diversidad infaunal es mayor, contrario a lo que ocurre en zonas con homogeneidad de suelos (Pearson y Rosenberg, 1978). La zona del presente estudio, a pesar de presentar todos los tipos de grano, está dominada en su mayoría el cieno y se puede catalogar como homogénea. Por ende, puede decirse que presenta una diversidad baja de individuos $2 - 163 \text{ ind}/0,1 \text{ m}^2$

3.4.2 Materia orgánica

Dentro de las estaciones de la Boya Roja (BR), los porcentajes de materia orgánica fueron heterogéneos con valores entre 0,41 y 2,93 %, y un promedio general de 1,53 %,

siendo las estaciones BR-E2, BR-E9, BR-E15 y BR-E16 las que presentaron mayor contenido (Figura 3.17).

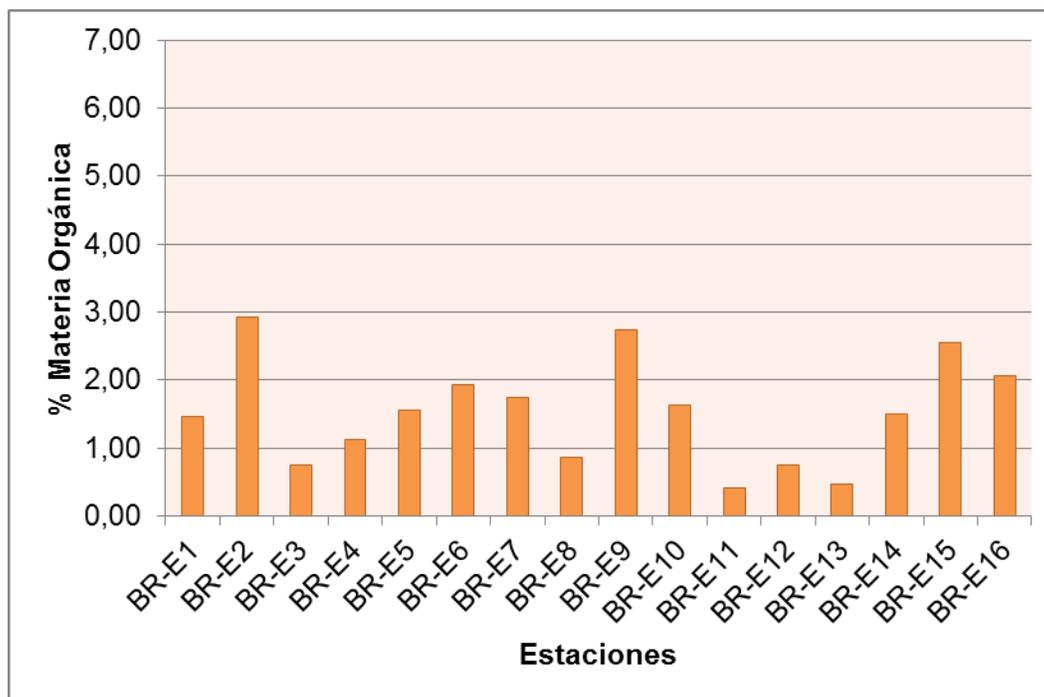


Figura 0.17. Porcentajes de materia orgánica en las estaciones someras (3m) Boya Roja (BR).

Se puede inferir que en las estaciones que se encuentran en el cuadrante noreste cercanas a la Boya Roja, el sustrato está en su mayoría compuesto por cascajo y guijarro y que hacia la parte suroeste, las estaciones BR-E3, BR-E11, BR-E12 y BR-E13 cercanas igualmente a la boya presentaron los valores más bajos de materia orgánica (0,75-0,41-0,75-0,46 %) sugiriendo un sustrato en su mayoría lodoso con predominancia de arenas muy finas, afirmando así lo obtenido en el análisis granulométrico.

A su vez, en algunos de los puntos más alejados de la Boya Roja (BR-E1, BR-E4, BR-E5, BR-E6, BR-E7), la materia orgánica osciló entre 1,12 y 1,94 % y el valor más bajo en general se presentó en la estación BR-E11 (0,41 %) ubicada dentro de las estaciones más alejadas de la boya al noreste (Figura 3.18).



Figura 0.18. Representación de los contenidos de materia orgánica presentes en las estaciones someras de la Boya Roja. Verde: porcentajes entre 0-1.99 %; Amarillo: porcentajes entre 2.00- 2.85 %; Naranja: porcentajes entre 2,86-4 %.

Además, es importante mencionar que el tramo noreste de la Boya 23 evidencia los mayores porcentajes de materia orgánica con respecto al resto de los cuadrantes, coincidiendo con el sitio de mayor acumulación de carbón. Esto posiblemente se debe a su propiedad física de absorber y captar materia orgánica, lo cual sería de gran relevancia confirmar. Para las estaciones de referencia los valores obtenidos fueron: PRODECO 3,95 %, Bello Horizonte 2,04 % y Rodadero con 6,00 %.

Con respecto a las estaciones de la zona de impacto, la Boya 23 (B23), los datos fueron igualmente heterogéneos entre sí, pero un poco más altos con respecto a la Boya Roja. El menor valor se presentó en la estación B23-E2 (0,84 %) y el mayor en B23-E13 (3,92 %) y el promedio fue de 2,21% (Figura 3.20).

De acuerdo con los datos y la ubicación de las estaciones, los porcentajes menores se encuentran en la parte sur, representados por estaciones cercanas entre sí como son:

B23-E2 (0,84 %), B23-E10 (1,32 %) B23-E12 (1,57 %) y B23-E16 (1,38 %). Por el contrario los contenidos más altos se dieron en su mayoría en las estaciones B23-E13 (3,92 %), B23-E23 (3,19 %), B23-E29 (3,12 %), B23-E30 (2,97 %) ubicadas en el cuadrante norte muy cercanas a la boya y al vertimiento (Figura 3.19).

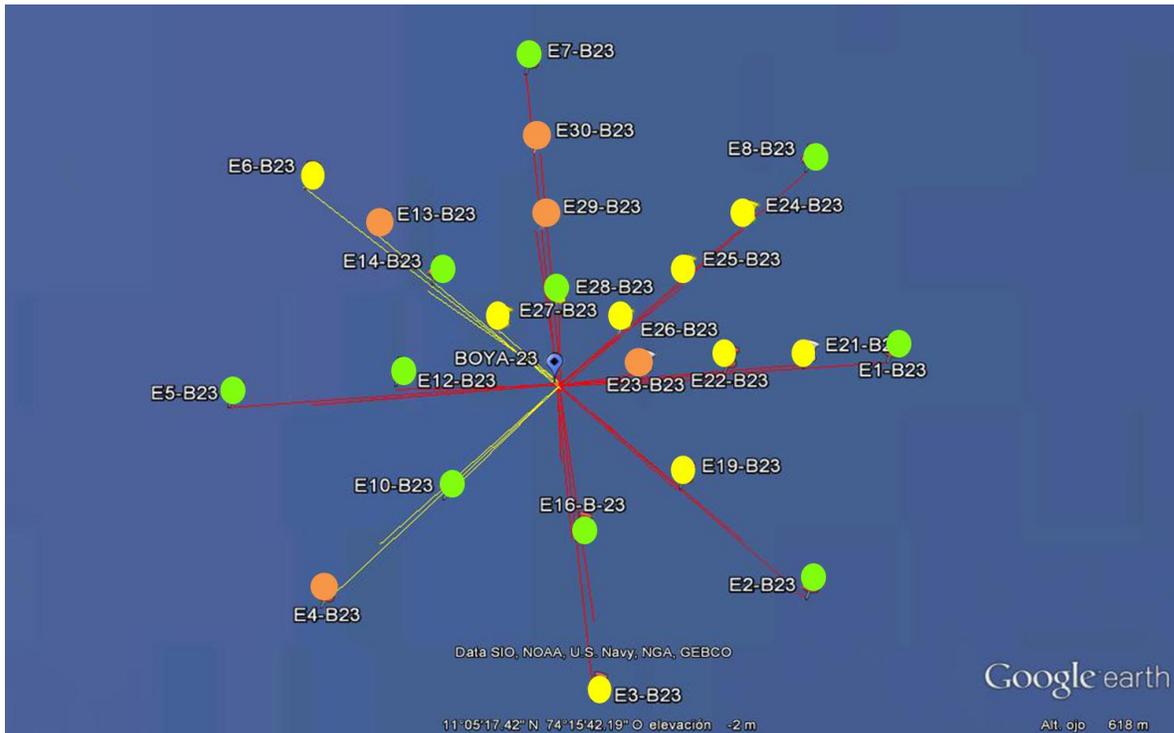


Figura 0.19. Representación de los contenidos de materia orgánica presentes en las estaciones profundas de la Boya 23. Verde: porcentajes entre 0-1.99 %; Amarillo: porcentajes entre 2.00- 2.85 %; Naranja: porcentajes entre 2,86-4 %.

En la zona noreste, las estaciones B23-E26, B23-E21, B23-E22, B23-E24, B23-E25 y B23-E27, presentaron valores entre 2,00 a 2,73 % respectivamente, conformando también un subgrupo en similitud de contenidos de materia orgánica y características del sedimento (cieno), demostrando así, que la materia orgánica en la zona noreste presenta mayores porcentajes con respecto al resto de los cuadrantes (Figura 3.19). coincidiendo con el sitio de mayor acumulación de carbón; quizás debido a su propiedad física de absorber y captar materia orgánica, lo cual sería de gran relevancia confirmar.

Las boyas del corredor reportaron porcentajes de 1,99, 2,58, 2,81 y 2,00 % respectivamente los cuales se encuentran dentro del promedio (Figura 3.21). La materia orgánica, se encontró dentro de los valores reportados por las estaciones de referencia



(PRODECO 3,95 % y Bello horizonte 2,04 %) a excepción de la estación de El Rodadero que registró el 6,00 % (Figura 3.22).

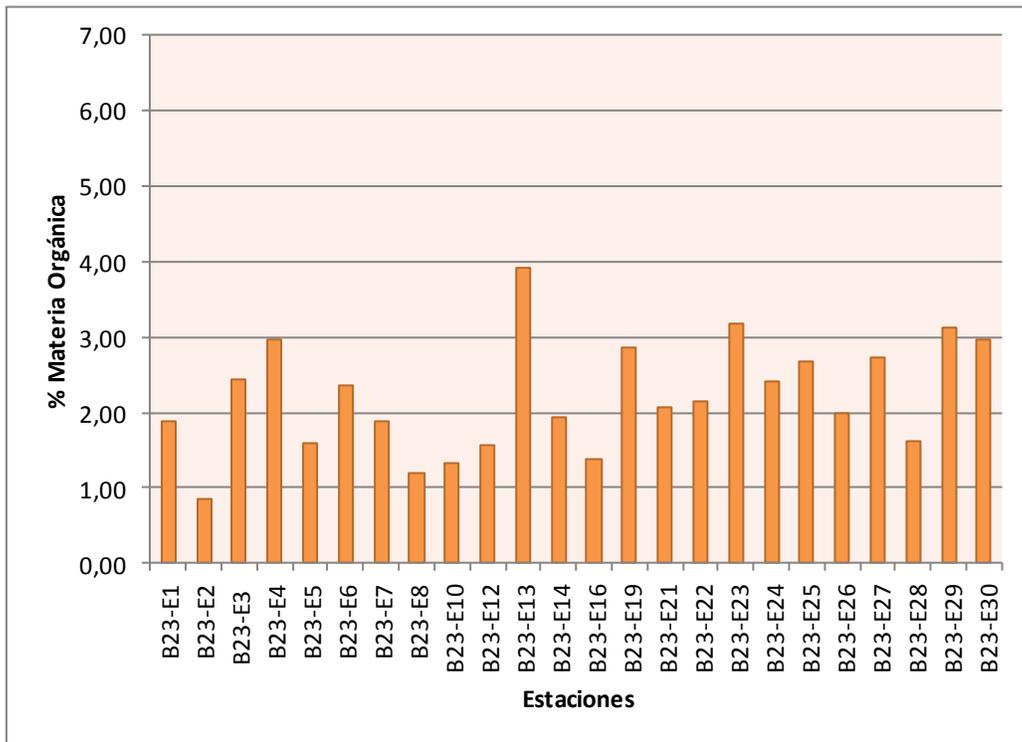


Figura 0.20. Porcentajes de materia orgánica en las estaciones profundas (13 m) Boya 23.

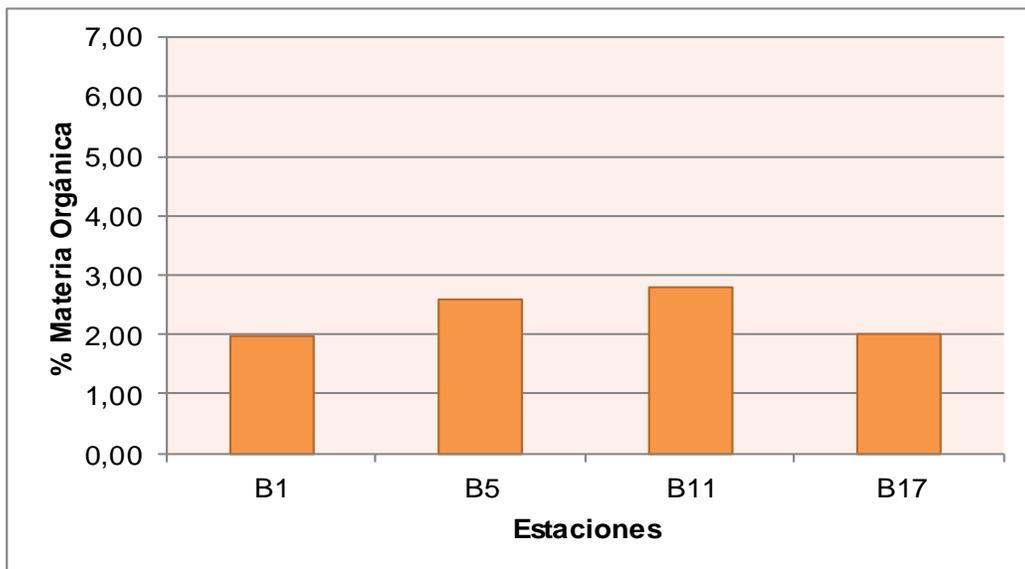


Figura 0.21. Porcentajes de materia orgánica en las boyas del corredor.

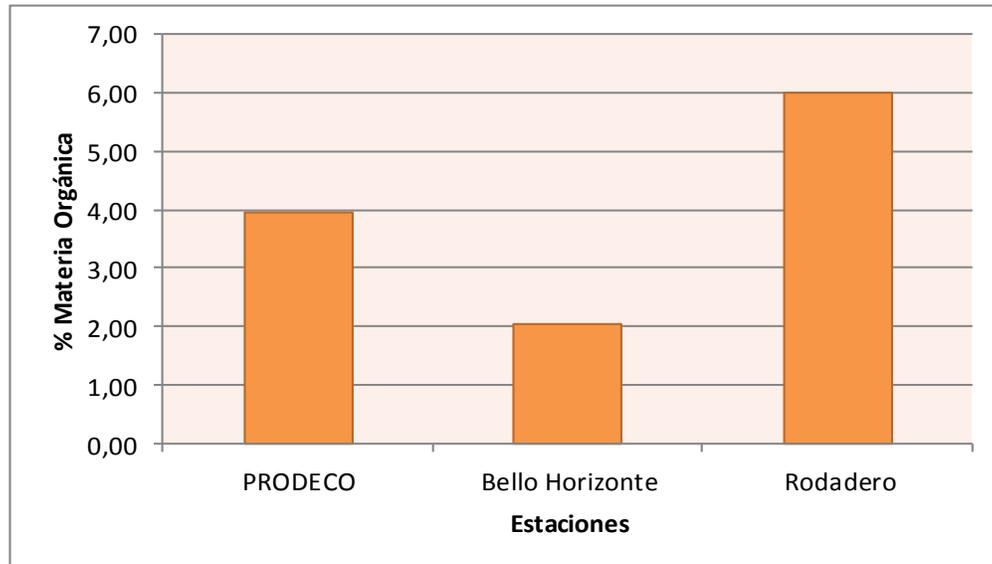


Figura 0.22. Porcentajes de materia orgánica en las estaciones referencia.

En general la zona muestreada es heterogénea en cuanto a los valores de materia orgánica se refiere; se encuentran entre 0,41 a 3,92 % y se aprecia una variación con respecto a la profundidad y la ubicación, puesto que en la B23, zona del impacto directo, se encontraron valores mayores con respecto a BR. Sin embargo, de acuerdo con estudios anteriores, este rango es inferior a lo reportado en zonas aledañas como en el sector del Aeropuerto Simón Bolívar, con valores entre 1,6-10 % (Ramírez y Valencia, 2005) y pozos colorados, con 0,46 a 15,42 % según López (1997). Los porcentajes más cercanos son los encontrados por Torres (1999) para el Rodadero, que se encuentran entre 1,5 y 3,5 %.

De acuerdo con Rowe (1981) y Snelgrove y Butman (1994) las concentraciones de materia orgánica tienden a ser mayores en sedimentos donde predomina el tipo de grano fino y los sedimentos más gruesos, como las arenas, se relacionan con valores bajos de materia orgánica, y a su vez con la profundidad. De la Lanza (1986) asegura que la composición granulométrica hace que se afecte la tasa de descomposición de materia orgánica dada por la acción bacteriana, ya que en granos finos se encuentran absorbidas y en gruesos en estado libre.

Sin embargo, para este estudio estas afirmaciones no se cumplen, pues predominó el sedimento fino y los valores de materia orgánica fueron bajos, posiblemente debido a la baja influencia de aguas continentales en época seca. El promedio de materia orgánica es mayor en la Boya 23 con respecto a la Boya Roja, coincidiendo con el predominio de cienos a mayor profundidad (Franco-Herrera, 2005).

3.4.3 Carbonatos

Durante el proceso de titulación de las muestras de sedimento, el color resultante esperado en la reacción de neutralización es un viraje a rosado. Pese a esto, se presentó un cambio de coloración de amarillo a verde (Figura 3.23), por tal razón se comprobó que en dicho momento la solución tuviera un pH neutro (7) utilizando papel indicador y se verificaron los reactivos, para así descartar algún error durante el procedimiento.

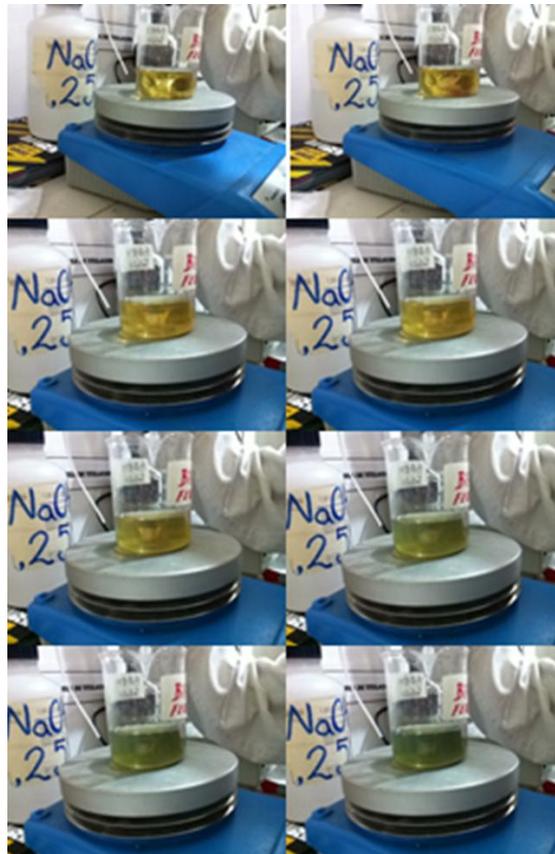


Figura 0.23. Secuencia del procedimiento de titulación en donde se observa el viraje de amarillo a verde.



Adicional a esto, se tomaron unas muestras en tres puntos diferentes: frente a PRODECO, Bello Horizonte y Rodadero, con el propósito que sirvieran como estaciones de referencia en la titulación y poder observar si se daba la misma coloración. Cabe resaltar que en su determinación, específicamente durante el proceso de titulación, se presentó un cambio de coloración de amarillo a verde para lo cual se realizó una comparación con las estaciones de referencia y pese a las verificaciones, las titulaciones presentaron el mismo patrón en todas las estaciones incluyendo éstas, por lo cual se puede inferir que existe en general en la zona un interferente en la reacción final que enmascara el color rosado del indicador, sugiriéndose realizar análisis químicos a las muestras de sedimento.

Los porcentajes de carbonatos fueron heterogéneos, con un promedio bajo (de 7,13 % para las estaciones ubicadas en el oeste y de 10,39 % al este en zona más somera), encontrándose el dato más bajo (0,73 %) en la estación BR-3 (Figura 3.24). Esto, debido a que se encuentra bastante alejada de la Boya Roja, presentándose en esta estación una composición granulométrica distinta con predominio de arenas muy finas y cieno, que coincide con su bajo porcentaje de carbonatos y explica la titulación con 94.17 ml de NaOH, siendo este un volumen más alto dentro de las muestras procesadas.

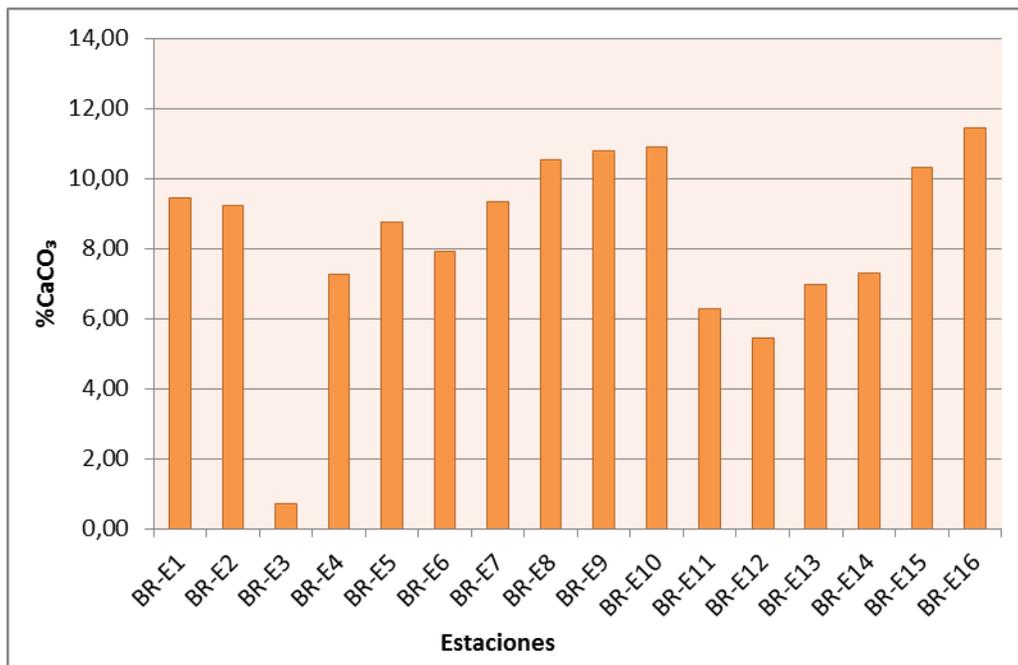


Figura 0.24. Porcentajes de carbonatos de calcio presentes en las estaciones de la Boya Roja (3m)

Los porcentajes más altos se encontraron en las estaciones BR-E8 (10,54 %), BR-E9 (10,80 %), BR-10 (10,89 %), BR-E15 (10,30 %) y BR-E16 (11,45 %), esto se puede atribuir a que la composición del sedimento presentó gran cantidad de conchas vacías representadas en su mayoría por bivalvos (Figura 3.25), lo que concuerda con el porcentaje de arena muy gruesa, gránulo y guijarro en las estaciones mencionadas anteriormente.



Figura 0.25. Resultado del tamizaje en seco de la muestra BR-E15. A. Contenido de sedimento en los tamices: izquierda a derecha 1.00 μ , 500 μ , 250 μ , 180 μ . B. Tamices de izquierda a derecha 125 μ , 90 μ , 63 μ , <63 μ .

Por su parte, las estaciones de B23 presentaron una homogeneidad, en donde los carbonatos oscilaron en un rango entre el 7 y el 10 %. Según la ubicación de las estaciones, los menores valores de concentraciones de carbonato se dieron en el cuadrante noreste y correspondieron a las estaciones B23-E24 (7,16 %), B23-E26 (7,24 %), B23-E28 (7,40 %), B23-E8 (7,91 %) y B23-E25 (8,02 %) (Figura 3.26)

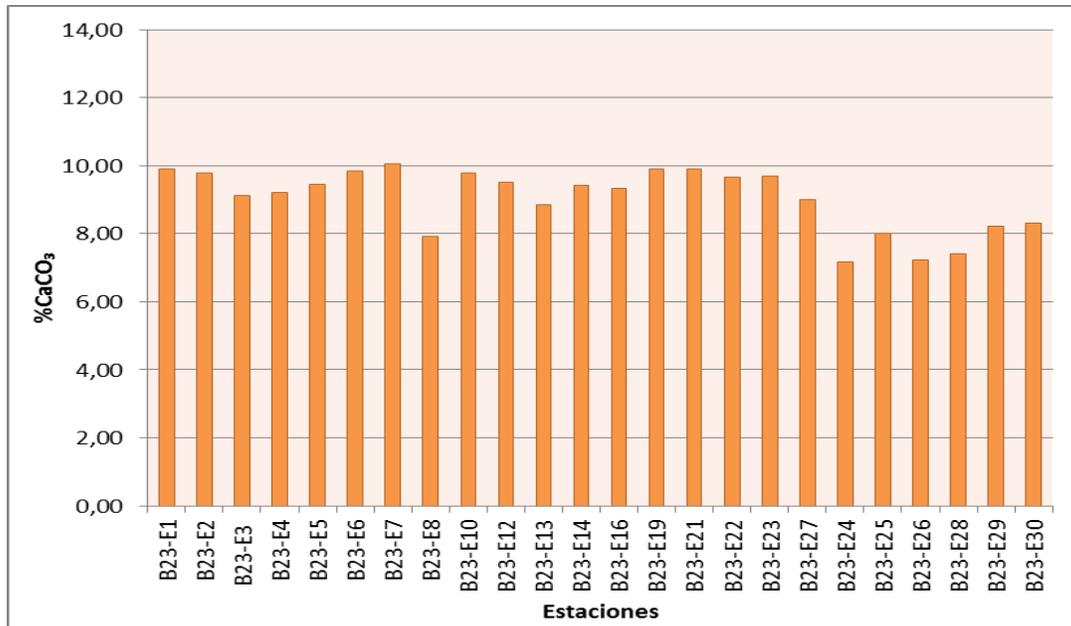


Figura 0.26. Porcentajes de carbonato de calcio presentes en el sedimento de las estaciones de la Boya 23 (9m).

El rango en general de la zona muestreada se encontró entre 0,73 % y 11,45 %, (Figura 3.24 y 3.26) porcentajes que fueron mayores en las estaciones someras de BR, este rango es cercano a lo reportado por INVEMAR (2010a) en el delta del Magdalena con porcentajes entre 0,6 % a 10,6 %.

Los datos obtenidos en las boyas de Canal de Acceso se mantuvieron dentro del rango, en la B1 se reportó el mayor porcentaje de carbonatos, con 10,38 %, mientras en B17 se halló el menor, con 9,35 % (Figura 3.27). Los porcentajes obtenidos en las tres estaciones referencia, indicaron los siguientes valores: 10,64 % para Bello Horizonte, 10,32 % para Rodadero y 9,03 % en PRODECO (Figura 3.28).

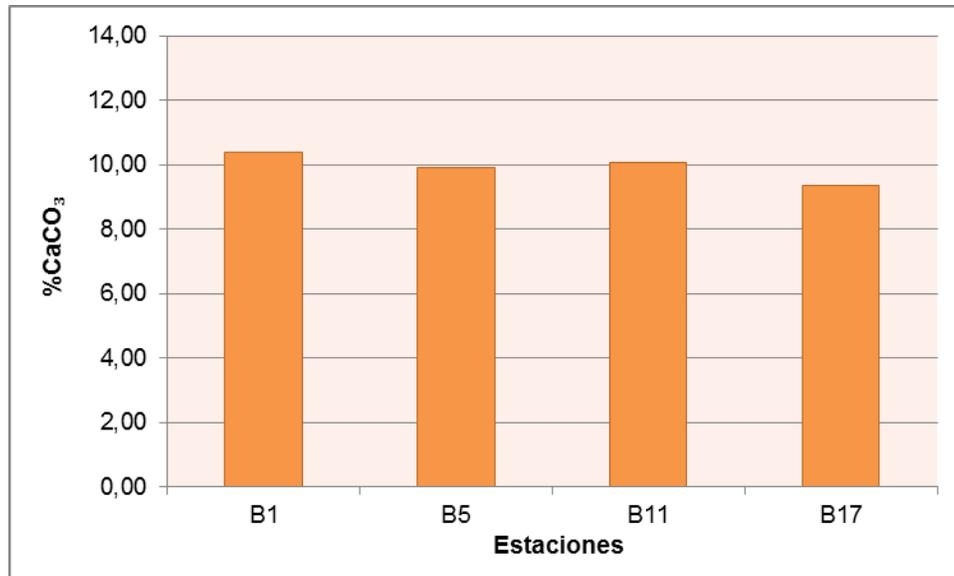


Figura 0.27. Porcentajes de carbonatos de calcio presentes en las boyas del Canal de Acceso.

Según la clasificación calcimétrica de los sedimentos mostrada en el estudio de Álvarez-León et al. (1995), los valores obtenidos se ubican en el rango de 0 a 15 %. Se podría determinar que se caracteriza por ser un sedimento litoclástico, lo cual concuerda con lo reportado por los mismo autores para el sector por INVEMAR (2010a).

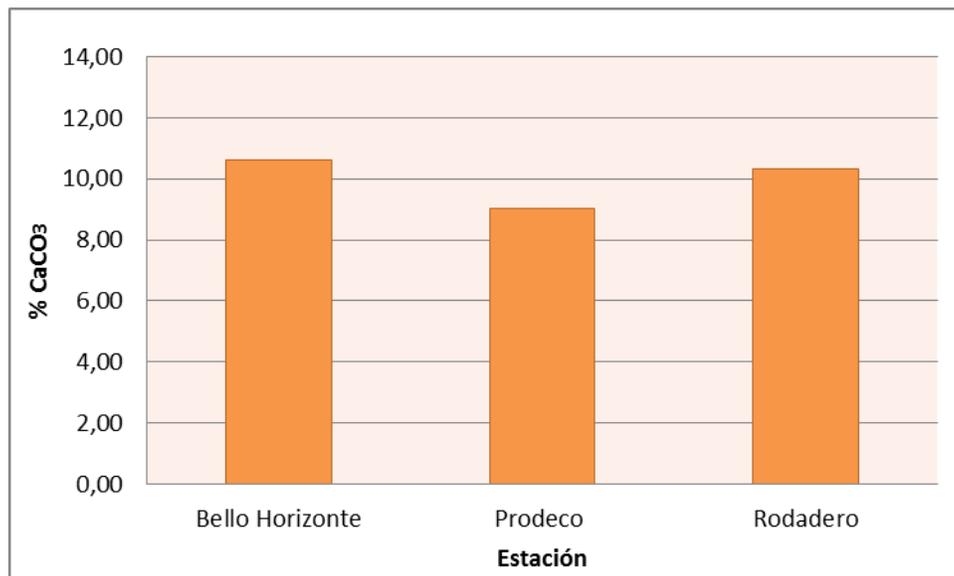


Figura 0.28. Porcentajes de carbonatos de las estaciones de referencia.



3.5 BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, E. y M. Corchuelo. 1992. Los nutrientes, la temperatura y la salinidad provenientes del Canal del Dique como factores de deterioro en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario. En: VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Santa Marta. 277-287.
- Álvarez-León, R., J. Aguilera-Quiñonez, C. Andrade-Amaya, y P. Nowak. 1995. Caracterización general de la zona de Surgencia en la Guajira Colombiana. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas. 19(75): 679 – 694
- Belan, T. 2003. Marine environmental quality assessment using polychaete taxocene characteristics in Vancouver Harbour. Marine Environmental Research. Vol. 57: 89 - 101.
- Blanco, J. 1993. Reconocimiento piloto de fondos, ambiente, fauna, fauna asociada y recursos pesqueros en aguas costeros del departamento del Magdalena. Informe final. INVEMAR, Santa Marta.
- Briceño, L. y G. Vernet. 1992. Manifestaciones del diapirismo arcilloso en el margen colombiano del Caribe. Geofísica Colombiana. 1: 21-30
- Cetina, V., P. Cifuentes y L. Pinzon. 2002. Valoración de la concentración de carbono mineral acumulado en los sedimentos, producto de la actividad carbonífera de carbóndes en la bahía de Santa Marta. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.
- Córdoba, M. 1997. Macrofauna bentónica asociada a fondos blandos de la plataforma continental de Pozos Colorados y el Rodadero, Caribe colombiano. Trabajo de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Cartagena, 170 p.
- CORPES. 1992. El Caribe colombiano: realidad ambiental y desarrollo. Consejo regional de planificación de la costa Atlántica, Santafé de Bogotá. 350 p.
- Crisp, D.J. 1984. Energy flow measurements. En: Holme NA, McIntyre AD (eds) Methods for the study of the marine benthos. IBP Handbook 16. Blackwell, Oxford, 284-367.
- De la Lanza, G. 1986. Materia orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Huizache y Caimanero: Importancia, comportamiento y significado en modelos de predicción. Anales del Instituto Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 13(1): 251 – 287
- Duque, G. 2003. Manual de geología para ingenieros. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, Colombia. 506 p.
- Erffa, A. 1973. Sedimentation, transport and erosion of the Nordküste Kolumbie zwischen Barranquilla und der Sierra Nevada de Santa Marta. Mill. Inst. Colombo-Aleman Invest. Cient. 7:155-209.
- Eslava, J., V. Lopez y G. Olaya. 1986. Contribución al conocimiento del régimen térmico y pluviométrico de Colombia IGAC. Col. Geogr. 12 (2):53-118.
- Franco-Herrera, A. 2005. Oceanografía de la Ensenada de Gaira, El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe colombiano. Servigraphics Ltda. Bogotá. 56 p.
- Folk, R. 1980. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company. Austin, Texas. 190 p.
- Gilluly, J., A. Waters y A. Woodford. 1964. Principios de Geología. Aguilar ediciones. 693 p.
- Grijalba-Bendeck, M., C. Polo-Silva y A. Acero. 2007. Una aproximación a la abundancia de los batoideos capturados artesanalmente en Santa Marta (Colombia). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 36: 251-268.
- Guzmán, A y J. Díaz. 1993. La comunidad macrozoobentónica de fondos blandos de la plataforma continental del Departamento del Magdalena. Tesis M. Sc., Biol. Mar., Universidad Nacional de Colombia – INVEMAR, Santa Marta, 74 p.
- Guzmán-Alvis, A. y O. Solano. 2002. Estado de los fondos blandos de la plataforma continental, pp 71-75. En: Ospina-Salazar G.H. y A. Acero (eds). INVEMAR, Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2001. (Serie de publicaciones periódicas No. 8. Medellín, Cuartas Impresiones. 178 p.
- Guzmán, A. y J. Díaz. 1993. Distribución espacial de la taxocenosis Annelida-Mollusca en la plataforma continental del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín. 22: 45 – 59 p.



- INVEMAR. 2004. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y costeros en Colombia: Estado de los fondos blandos en Colombia. Serie de publicaciones periódicas No. 8. 153 - 156
- INVEMAR. 2010a. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales, InveMar No. 20 p. 458
- INVEMAR. 2010b. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 319 p.
- López, A. 1997. Caracterización espacio-temporal de la taxocenosis Mollusca-Crustacea-Echinodermata en la ensenada de Pozos Colorados y sectores aledaños, Caribe colombiano. Trabajo de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta, 119 p.
- MAVDT. 2011. Auto No 146 del 24 de enero de 2011. Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales. República de Colombia. Bogotá D.C.
- Mejía, I. y T. Chacín. 1999. Caracterización de la macrofauna de fondos blandos en la zona adyacente a la desembocadura del río Gaira, Bahía el Rodadero, y su relación con los contenidos de materia orgánica durante septiembre de 1997 – enero de 1998. Trabajo de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta. 94 p.
- Molina, A. 1993. Estudio sedimentológico y morfológico de la plataforma continental Caribe entre el sector de Santa Marta y Punta Morro Hermoso. Boletín científico CIOH, 14:67-77.
- Molina, A. 1990. Estudio geológico de la plataforma continental Caribe (Santa Marta – Punta Morro Hermoso). Mem. VII Semin. Nac. Cienc. Tecnol. Mar. Comisión colombiana de Oceanografía. Cali. 120-131 p.
- Morales, A. 2001. Caracterización espacial en la época seca de la Taxocenosis Annelida-Crustacea. Mollusca asociada a fondos blandos someros vegetados del costado nororiental de la Isla de San Andrés, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta. 81 p.
- Muñoz, M. 2006. Composición y estructura de la macrofauna bentónica de fondos blandos de las islas de Providencia y Santa Catalina. Trabajo de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta. 111 p.
- Oster, R. 1979. Las precipitaciones en Colombia. IGAC. Col. Geogr. 6(2):7-144.
- Pearson, T. y R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of marine environment. *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review*. 16: 229 – 311.
- Ramírez, L. y J. Valencia. 2005. Caracterización de los fondos marino-costeros, sector Aeropuerto Simón Bolívar, Santa Marta. Trabajo de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 61 p.
- Rhoads, D. y D. Young. 1970. The influence of deposit-feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. *Journal of Marine Research*. 28(1): 150 – 178.
- Rowe, G. 1981. The deep-sea ecosystem. En: Hongharst, A. (ed). *Analysis of marine ecosystem*. London. 741 p.
- Sarda, R. 1997. The use of general relationships to estimate secondary production in coastal habitats: A revision based on a case study. *Publicaciones Especiales del Instituto Español Oceanográfico*. 23: 11 – 22.
- Snelgrove, P. y C. Butman. 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. En: Ansell, A. Gibson, R. Barnes, M. (eds). *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. 32: 111 – 177.
- Short, F.T., Coles, R.G. & Pergent-Martini, C. Global Seagrass Distribution. p 5-30 En: Short, F. and R. Coles (Eds). *Global Seagrass Research Methods*. 2001. 473 p.
- Torres, R. 1999. Variación temporal de la taxocenosis Polychaeta-Molusca, durante septiembre de 1997 a febrero de 1998, en 2 estaciones en fondos blandos someros en el balneario "el Rodadero", Caribe colombiano. Trabajo de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta. 98 p.
- Vides, M. 1999. La macroinfauna de fondos blandos del Golfo de Salamanca (Caribe colombiano): Estructura espacial y dinámica temporal. Trabajo de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta. 115 p.



Weinhaupt, J. 1979. Exploración de los OCEANOS. Introducción a la Oceanografía. Compañía Editorial Continental, S. A. México D, F.



ANEXOS

Anexo 0.1. Datos de granulometría húmeda de la Boya Roja (BR), valores medios del tamaño de grano Mz - phi (ϕ), desviación estándar (σ), asimetría (Sk) y agudeza o cúrtosis (KG). E: Estación.

Estación	Mz	σ		Sk	Kg	
BR-E1	4,05	0,82	Moderadamente seleccionado	-0,43	0,72	Platicúrtico
BR-E2	4,18	1,08	Pobrememente seleccionado	-0,65	1,43	Leptocúrtico
BR-E3	4,02	0,70	Moderadamente bien seleccionado	0,03	0,67	Platicúrtico
BR-E4	3,90	0,48	Bien Seleccionado	-0,30	0,95	Mesocúrtico
BR-E5	4,23	0,72	Moderadamente seleccionado	-0,61	0,78	Platicúrtico
BR-E6	3,88	0,56	Moderadamente bien seleccionado	-0,45	1,17	Leptocúrtico
BR-E7	4,65	0,37	Bien seleccionado	0,00	1,87	Muy leptocúrtico
BR-E8	3,58	0,78	Moderadamente seleccionado	0,41	1,13	Leptocúrtico
BR-E9	1,35	2,11	Muy pobrememente seleccionado	0,88	0,47	Muy platicúrtico
BR-E10	4,17	0,80	Moderadamente seleccionado	-0,59	0,76	Platicúrtico
BR-E11	3,68	0,73	Moderadamente seleccionado	0,44	1,10	Mesocúrtico
BR-E12	3,93	0,44	Bien Seleccionado	-0,22	0,99	Mesocúrtico
BR-E13	3,97	0,71	Moderadamente seleccionado	0,13	0,65	Muy leptocúrtico
BR-E14	4,18	0,78	Moderadamente seleccionado	-0,11	0,77	Platicúrtico
BR-E15	4,10	1,30	Pobrememente seleccionado	-0,69	1,75	Muy leptocúrtico
BR-E16	3,08	2,08	Muy pobrememente seleccionado	-0,88	1,24	Leptocúrtico

Anexo 0.2. Datos de granulometría húmeda de las boyas del canal, valores medios del tamaño de grano Mz - phi (ϕ), desviación estándar (σ), asimetría (Sk) y agudeza o cúrtosis (KG). E: Estación.

Estación	Mz	σ		Sk	KG	
B1	4,63	0,42	Bien Seleccionado	-0,09	2,17	Muy leptocúrtico
B5	4,45	0,56	Moderadamente bien seleccionado	-0,55	2,17	Muy leptocúrtico
B11	4,47	0,57	Moderadamente bien seleccionado	-0,52	2,40	Muy leptocúrtico
B17	4,45	0,53	Moderadamente bien seleccionado	-0,55	1,99	Muy leptocúrtico

Anexo 0.3. Datos de granulometría húmeda de la Boya 23 (B23), valores medios del tamaño de grano Mz - phi (ϕ), desviación estándar (σ), asimetría (Sk) y agudeza o cúrtosis (KG). E: Estación.

Estación	Mz	σ		Sk	Kg	
B23-E1	4,30	0,75	Moderadamente seleccionado	-0,64	1,09	Mesocúrtico
B23-E2	4,68	0,23	Muy bien seleccionado	-0,11	1,02	Mesocúrtico
B23-E3	4,63	0,39	Bien Seleccionado	-0,09	1,93	Muy Leptocúrtico
B23-E4	4,43	0,55	Moderadamente bien seleccionado	-0,57	1,79	Muy Leptocúrtico
B23-E5	4,63	0,38	Bien Seleccionado	-0,09	1,87	Muy Leptocúrtico
B23-E6	4,63	0,38	Bien Seleccionado	-0,09	2,19	Muy Leptocúrtico
B23-E7	4,37	0,59	Moderadamente bien seleccionado	-0,58	1,73	Muy Leptocúrtico
B23-E8	4,33	0,71	Moderadamente seleccionado	-0,62	2,09	Muy Leptocúrtico



B23-E10	4,27	0,76	Moderadamente seleccionado	-0,67	2,09	Muy Leptocúrtico
B23-E12	4,63	0,39	Bien Seleccionado	-0,09	2,25	Muy Leptocúrtico
B23-E13	4,62	0,41	Bien Seleccionado	-0,17	1,99	Muy Leptocúrtico
B23-E14	4,63	0,39	Bien Seleccionado	-0,09	1,93	Muy Leptocúrtico
B23-E16	4,63	0,38	Bien Seleccionado	-0,09	1,87	Muy Leptocúrtico
B23-E19	4,65	0,36	Bien Seleccionado	0,00	2,12	Muy Leptocúrtico
B23-E21	4,65	0,41	Bien Seleccionado	0,00	2,53	Muy Leptocúrtico
B23-E22	4,63	0,37	Bien Seleccionado	-0,09	2,12	Muy Leptocúrtico
B23-E23	4,68	0,32	Muy Bien Seleccionado	-0,11	1,64	Muy Leptocúrtico
B23-E24	4,4	0,78	Moderadamente seleccionado	-0,67	3,18	Extremadamente leptocúrtico
B23-E25	4,63	0,40	Bien seleccionado	-0,09	2,32	Muy Leptocúrtico
B23-E26	4,42	0,60	Moderadamente bien seleccionado	-0,58	2,05	Muy Leptocúrtico
B23-E27	4,65	0,36	Bien Seleccionado	0,00	1,81	Muy Leptocúrtico
B23-E28	4,63	0,41	Bien Seleccionado	-0,09	2,11	Muy Leptocúrtico
B23-E29	4,4	0,61	Moderadamente bien seleccionado	-0,6	1,78	Muy Leptocúrtico
B23-E30	4,63	0,38	Bien Seleccionado	-0,09	2,19	Muy Leptocúrtico

Anexo 0.4. Matriz de datos porcentajes materia orgánica.

	Estación	WC (gr)	Wo (gr)	Wf (gr)	% MO
FEB13/13	B1	18,16	23,14	22,68	1,99
	B5	10,5	15,48	15,08	2,58
	B11	10,68	15,68	15,24	2,81
	B17	23,98	29,01	28,43	2,00
	B23-E1	17,71	22,77	22,34	1,89
	B23-E2	42,61	47,56	47,16	0,84
	B23-E7	17,55	22,47	22,05	1,87
	B23-E8	28,22	33,16	32,76	1,21
	B23-E10	26,82	31,81	31,39	1,32
FEB 14/13	B23-E3	10,07	15,11	14,74	2,45
	B23-E4	12,51	17,51	16,99	2,97
	B23-E5	12,51	17,47	17,19	1,60
	B23-E6	13,66	18,63	18,19	2,36
	B23-E12	19,21	24,16	23,78	1,57
	B23-E13	10,07	15,07	14,48	3,92
	B23-E14	17,71	22,69	22,25	1,94
	B23-E16	20,32	25,36	25,01	1,38
	B23-E19	19,21	24,21	23,52	2,85
	B23-E21	20,32	25,32	24,8	2,05
	B23-E22	17,71	22,71	22,22	2,16
	B23-E23	10,68	15,68	15,18	3,19
B23-E27	13,66	18,66	18,15	2,73	



FEB 20/13	B23-E24	28,22	33,23	32,43	2,41
	B23-E25	10,72	15,73	15,31	2,67
	B23-E26	12,54	17,53	17,18	2,00
	B23-E28	17,74	22,75	22,38	1,63
	B23-E29	10,08	15,08	14,61	3,12
	B23-E30	10,49	15,51	15,05	2,97
	BR-E3	20,37	25,37	25,18	0,75
	BR-E4	18,2	23,2	22,94	1,12
	BR-E5	13,69	18,69	18,4	1,55
	BR-E6	19,24	24,25	23,78	1,94
	BR-E11	24,03	29,05	28,93	0,41
	BR-E12	17,57	22,61	22,44	0,75
	BR-E13	42,68	47,67	47,45	0,46
	BR-E14	26,88	31,89	31,41	1,51
MAR 1/13	BR1	20,34	25,28	24,91	1,46
	BR2	19,26	24,26	23,55	2,93
	BR7	32,39	37,41	36,76	1,74
	BR8	10,06	14,95	14,93	0,86
	BR9	17,58	22,59	21,97	2,74
	BR10	28,2	33,2	32,66	1,63
	BR15	17,82	22,68	22,1	2,56
	BR16	27,04	32,03	31,37	2,06

Anexo 0.5. Matriz de datos porcentajes de Carbonatos de calcio.

	Estación	NaOH (ml)	%CaCO ₃
FEB 13/13	B1	16,96	10,38
	B5	20,69	9,91
	B11	19,44	10,07
	B17	25,23	9,35
	B23-E1	20,82	9,90
	B23-E2	21,7	9,79
	B23-E7	19,55	10,06
	B23-E8	36,69	7,91
	B23-E10	21,78	9,78
	FEB 14/13	B23-E3	26,91
B23-E4		26,38	9,20
B23-E5		24,29	9,46
B23-E6		21,21	9,85
B23-E12		23,94	9,51
B23-E13		29,25	8,84



	B23-E14	24,60	9,43
	B23-E16	25,44	9,32
	B23-E19	20,66	9,92
	B23-E21	20,75	9,91
	B23-E22	22,61	9,67
	B23-E23	22,46	9,69
	B23-E27	28,03	9,00
FEB 20/13	B23-E24	42,72	7,16
	B23-E25	35,84	8,02
	B23-E26	42,09	7,24
	B23-E28	40,78	7,40
	B23-E29	34,18	8,23
	B23-E30	33,42	8,32
	BR-E3	94,17	0,73
	BR-E4	42,05	7,24
	BR-E5	30,00	8,75
	BR-E6	36,73	7,91
	BR-E11	49,69	6,29
	BR-E12	56,45	5,44
	BR-E13	44,27	6,97
	BR-E14	41,56	7,31
MAR 1/13	BR1	24,32	9,46
	BR2	26,1	9,24
	BR7	25,22	0,73
	BR8	15,67	10,54
	BR9	13,62	10,80
	BR10	12,92	10,89
	BR15	17,57	10,30
	BR16	8,43	11,45

CAPÍTULO 4

DETERMINACIÓN DE CARBÓN ACUMULADO



Coordinación
LYDA MARCELA GRIJALBA BENDECK

ELIANA CÁRDENAS
JUDITH LILIANA PRIETO VILLAREAL
MARÍA ALEXANDRA PARRA
LAURA TAVERA MARTÍNEZ
MARIANA MUÑOZ

**CONTENIDO**

	Pág.
4.1. INTRODUCCIÓN	4-4
4.2. METODOLOGÍA.....	4-5
4.2.1. Fase de campo	4-5
4.2.2. Análisis de laboratorio.....	4-8
4.2.2.1. Procesamiento del sedimento.....	4-8
4.2.2.2. Separación de carbón mineral	4-8
4.2.2.3. Análisis estadístico.....	4-9
4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	4-10
4.3.1. Presencia de carbón en la Boya 23.....	4-10
4.3.2. Presencia de carbón en la Boya Roja	4-13
4.3.3. Presencia de carbón en las Boyas del Canal de Acceso	4-15
4.3.4. Presencia de carbón en las estaciones de referencia	4-16
4.3.5. Consideraciones generales.....	4-17
4.4. BIBLIOGRAFÍA	4-18



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4.1. Procesamiento de las submuestras obtenidas con draga para cada una de las estaciones de muestreo. a. Cuatro submuestras extraídas por estación. b. Pesaje de cada submuestra. c. Tamizaje. d. Sedimento resultado del tamizaje a 250 μm	4-8
Figura 4.2. a. y b. Observación de las partículas de carbón y mecanismo de separación mediante estereoscopio, c. Pesaje del carbón aislado, d. almacenamiento del carbón acumulado.	4-9
Figura 4.3. Características visuales del carbón mineral no quemado (Modificado de Allen, 1987).	4-9
Figura 4.4. Apariencia del carbón mineral no quemado presente en muestras de sedimento analizadas.	4-9
Figura 4.5. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las veinticuatro estaciones muestreadas en la Boya 23 (B= Boya).	4-11
Figura 4.6. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las 24 estaciones de la Boya 23 y su respectiva ubicación geográfica (B= Boya, E= Estaciones).	4-12
Figura 4.7. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las 16 estaciones evaluadas en la Boya Roja. ..	4-13
Figura 4.8. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las ocho estaciones de la Boya Roja y su ubicación geográfica.	4-14
Figura 4.9. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las cuatro Boyas del Canal de Acceso.	4-15
Figura 4.10. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las Boyas del Canal de Acceso y su ubicación geográfica Google Earth, 2013.	4-16
Figura 4.11. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las estaciones de referencia. BH= Bello horizonte, PRO= PRODECO S.A., ROD= Rodadero.	4-16
Figura 4.12. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las estaciones de referencia y su ubicación geográfica. BH= Bello horizonte, PRO= PRODECO S.A., ROD= Rodadero (Google Earth, 2013).	4-17

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 4-1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo tomadas en Puerto Drummond.	4-7



4.1. INTRODUCCIÓN

La explotación del carbón mineral ha generado en el país más de 675 millones de dólares en regalías, 6.700 empleos permanentes y alrededor de 25 mil empleos indirectos (León-López, 2009). En el mismo sentido INVEMAR (1988; 1992) asegura que ha ocurrido un impacto favorable de la explotación del carbón en Puerto Bolívar en la composición y abundancia de peces arrecifales de Bahía Portete, debido al efecto agregador de las estructuras sumergidas en este Puerto.

Entre los impactos negativos del carbón están las pérdidas que se dan durante el cargue, los derrames accidentales y el hundimiento de barcazas; estos eventos generan la introducción accidental de polvillo de carbón mineral no quemado al medio marino (Ahrens y Morrissey, 2005; INVEMAR, 2002), cuyos efectos en ecosistemas y organismos deben ser evaluados.

El carbón mineral no quemado que se introduce al ambiente marino tiene impactos a nivel físico y químico; la magnitud de estos efectos está relacionada con el tipo y composición del carbón del cual procede. Con respecto a los primeros, el polvillo de carbón mineral en altas concentraciones tiene las mismas incidencias mecánicas que podría tener otro tipo de sedimento; en este sentido aumentan la turbidez del agua, generan cambios en el hábitat por su acumulación en el sustrato, modifican sitios de reproducción de los organismos, dificultan la ingesta por parte de peces herbívoros, afectan los ciclos biológicos de las especies y comprometen el asentamiento larval de organismos marinos (Ahrens y Morrissey, 2005; Auld y Schubel, 1978; Forman et al., 2003; Newcombe y Jesen, 1996; Newcombe y MacDonald, 1991; Wilber y Clarke, 2001). Así mismo, el carbón puede conllevar taponamiento del epitelio branquial, produciendo efectos sobre la respiración, alteraciones en el crecimiento, secreción de mucus, e incluso causar la muerte (Campbell y Devlin, 1997).

Como se dijo anteriormente, los efectos químicos del carbón mineral no quemado dependen de su origen y composición; por lo cual, los impactos del carbón en la columna están en relación con la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos, de dióxido de azufre y sus derivados, óxido de nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono, así como la presencia de metales traza e incluso isótopos (uranio y torio). Estos compuestos implican



efectos mutagénicos y carcinogénicos, además de un factor de estrés para los organismos acuáticos en los cuales se podría conllevar a eventos de bioacumulación o biomagnificación (Barrick et al., 1984; Barrick y Prah, 1987; Swaine, 1990; Swaine y Goodarzi, 1995; Hedvall y Erlandsson, 1996; Zakrewski, 1991; Belloc et al., 1997, Chemg et al., 1996 En: Pacheco- Gómez, 2011). Algunos autores proponen que el carbón puede disminuir el pH del medio marino al mezclarse con el agua, reducir los niveles de oxígeno, incrementar la demanda química de oxígeno e incluso alterar la concentración de nutrientes produciendo un impacto sobre los organismos marinos (Cardona-Forero y Osorio-Arciniegas, 2001; Ahrens y Morrisey, 2005).

Debido al acontecimiento ocurrido el pasado 13 de enero de 2013, Drummond consideró la necesidad de reflotar la barcaza TS-115, descargando parte del carbón contenido al mar adyacente. Razón por la cual el presente componente tuvo como objetivo determinar cuantitativamente el porcentaje en peso de carbón mineral no quemado, acumulado en los sedimentos provenientes del área afectada.

4.2. METODOLOGÍA

4.2.1. Fase de campo

Los muestreos fueron realizados durante cuatro salidas de campo en las siguientes fechas: 13, 14, 20 de febrero y 1 de marzo del presente año. Estos se concentraron alrededor de las Boyas: 23, Roja y las del Canal de Acceso (1, 5, 11 y 17), basándose en un diseño de grillas en radianes, con distancias desde el punto focal (boya) de 50, 100, 150 y 200 m.

Con respecto a las estaciones se tomaron en total 24 para la Boya 23, 16 estaciones en la Boya Roja y una estación por cada una de las boyas del Canal de Acceso. Con el fin de contar con información de referencia, en particular sobre el porcentaje en peso del carbón mineral no quemado presente en los sedimentos lejos del lugar del incidente, se tomaron muestras en tres estaciones de los sectores PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero. La Tabla 4.1., relaciona cada una de las estaciones muestreadas con la ubicación geográfica correspondiente.



Se efectuó un dragado por estación con una draga Van Veen de área 0,05 m², la cual se operó desde la embarcación, las muestras de sedimento contenidas al interior de la draga se depositaron en baldes plásticos de 10 L, dividiéndose el material colectado en dos porciones, uno de los cuales se utilizó para la determinación del porcentaje en peso de carbón mineral. Las muestras se colocaron en bolsas plásticas previamente rotuladas.

**Tabla 4.1.** Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo tomadas en Puerto Drummond.

	Estación	Latitud	Longitud
BOYA 23	B23-E1	11° 5' 17,59'' N	74° 15' 36,32'' W
	B23-E2	11° 5' 12,68'' N	74° 15' 37,93'' W
	B23-E3	11° 5' 10,57'' N	74° 15' 42,21'' W
	B23-E4	11° 5' 12,49'' N	74° 15' 47,63'' W
	B23-E5	11° 5' 16,67'' N	74° 15' 49,48'' W
	B23-E6	11° 5' 21,21'' N	74° 15' 47,94'' W
	B23-E7	11° 5' 23,61'' N	74° 15' 43,55'' W
	B23-E8	11° 5' 21,58'' N	74° 15' 37,95'' W
	B23-E10	11° 5' 14,75'' N	74° 15' 45,18'' W
	B23-E12	11° 5' 17,12'' N	74° 15' 46,14'' W
	B23-E14	11° 5' 19,23'' N	74° 15' 45,41'' W
	B23-E16	11° 5' 13.91" N	74° 15' 42.52" W
	B23-E19	11° 5' 14.97" N	74° 15' 40.46" W
	B23-E22	11° 5' 17.37" N	74° 15' 39.58" W
	B23-E24	11° 5' 20.40" N	74° 15' 39.19" W
	B23-E25	11° 5' 19.27" N	74° 15' 40.44" W
	B23-E26	11° 5' 18.18" N	74° 15' 41.68" W
	B23-E28	11° 5' 18.70" N	74° 15' 42.99" W
	B23-E29	11° 5' 20.37" N	74° 15' 43.23" W
	B23-E30	11° 5' 21.96" N	74° 15' 43.30" W
CANAL DE ACCESO	BOYA-1	11° 4' 34.31" N	74° 14' 0.46" W
	BOYA-5	11° 4' 41.38" N	74° 14' 18.34" W
	BOYA-11	11° 4' 34.52" N	74° 14' 45.07" W
	BOYA-17	11° 5' 9.50" N	74° 15' 15.15" W
BOYA ROJA	BROJA-E1	11° 4' 36,30'' N	74° 13' 26,78'' W
	BROJA-E2	11° 4' 32,34'' N	74° 13' 27,36'' W
	BROJA-E3	11° 4' 27,02'' N	74° 13' 31,43'' W
	BROJA-E4	11° 4' 28,64'' N	74° 13' 37,43'' W
	BROJA-E5	11° 4' 32,20'' N	74° 13' 40,94'' W
	BROJA-E6	11° 4' 36,06'' N	74° 13' 40,20'' W
	BROJA-E7	11° 4' 41,00'' N	74° 13' 36,04'' W
	BROJA-E8	11° 4' 40,01'' N	74° 13' 30,45'' W
	BROJA-E9	11° 4' 35,22'' N	74° 13' 30,41'' W
	BROJA-E10	11° 4' 33,18'' N	74° 13' 30,49'' W
	BROJA-E11	11° 4' 30,99'' N	74° 13' 32,80'' W
	BROJA-E12	11° 4' 31,46'' N	74° 13' 35,61'' W
	BROJA-E13	11° 4' 33,23'' N	74° 13' 36,91'' W
	BROJA-E14	11° 4' 34,96'' N	74° 13' 36,88'' W
	BROJA-E15	11° 4' 37,28'' N	74° 13' 34,80'' W
	BROJA-E16	11° 4' 37,07'' N	74° 13' 31,97'' W
REFERENCIA	PRODECO S.A.	11° 6' 50,40'' N	74° 15' 21,42'' W
	BELLO HORIZONTE	11° 8' 8,40'' N	74° 15' 32,88'' W
	RODADERO	11° 11' 15,06'' N	74° 15' 12,00'' W

4.2.2. Análisis de laboratorio

4.2.2.1. Procesamiento del sedimento

En los laboratorios de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, ubicados en la sede de Santa Marta, se realizó el procesamiento del material obtenido. El sedimento inicialmente fue homogenizado sobre bandejas esmaltadas, de él se extrajeron aleatoriamente cuatro submuestras cada una de aproximadamente 150 g, las cuales fueron depositadas en cajas de petri previamente rotuladas y pesadas en una balanza analítica con capacidad máxima de 3100 g y precisión 0,01 g.

Cada una de las cuatro submuestras por estación fue tamizada empleando un tambor de 250 μm , evitando de esta manera la selección de partículas que no pertenecían al incidente, con base en la información suministrada por funcionarios de Puerto Drummond, quienes aseguraron que la mayor proporción del material derramado fue mayor a 6350 μm . Posteriormente el sedimento retenido fue secado al aire durante 12 h y pesado nuevamente, este valor representó el 100 % en proporción al carbón separado (Figura 4.1).

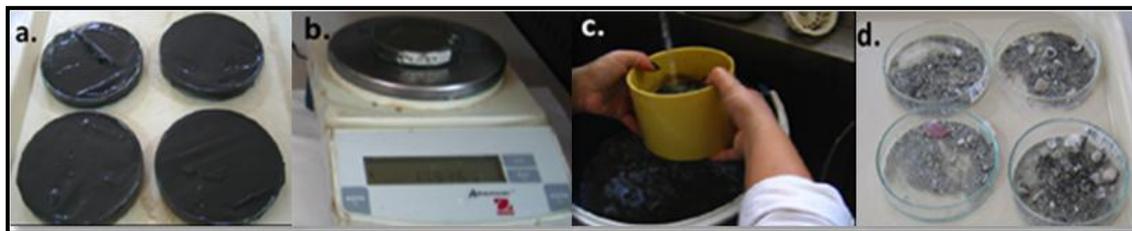


Figura 4.1. Procesamiento de las submuestras obtenidas con draga para cada una de las estaciones de muestreo. a. Cuatro submuestras extraídas por estación. b. Pesaje de cada submuestra. c. Tamizaje. d. Sedimento resultado del tamizaje a 250 μm .

4.2.2.2. Separación de carbón mineral

Las submuestras fueron observadas en estereoscopio de luz Nikon SMZ 745T, para separar el carbón del sedimento utilizando aguja, pincel y pinzas. El mineral separado se almacenó en frascos plásticos transparentes respectivamente rotulados (Figura 4.2).

Las partículas de carbón mineral fueron identificadas empleando los criterios de Allen (1987, Figura 4.3), sin embargo existen características que difieren dependiendo de la partícula observada (Figura 4.4):



Figura 4.2. a. y b. Observación de las partículas de carbón y mecanismo de separación mediante estereoscopio, c. Pesaje del carbón aislado, d. almacenamiento del carbón acumulado.

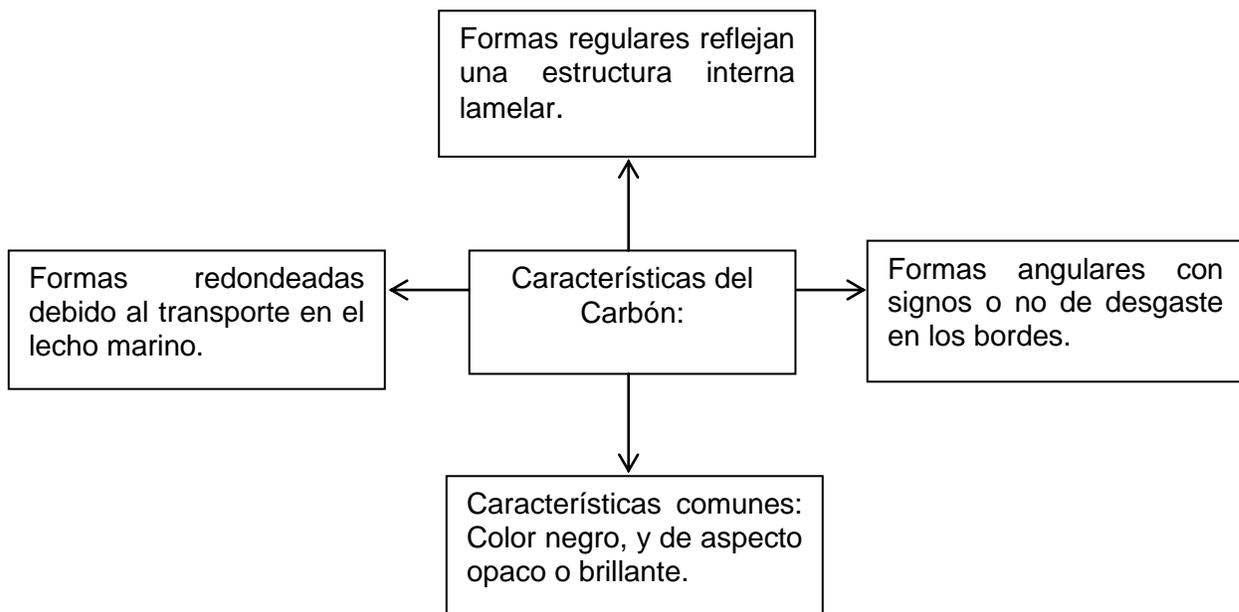


Figura 4.3. Características visuales del carbón mineral no quemado (Modificado de Allen, 1987).



Figura 4.4. Apariencia del carbón mineral no quemado presente en muestras de sedimento analizadas.

4.2.2.3. Análisis estadístico

Se registró el peso del carbón separado, los datos de las cuatro submuestras fueron promediados para cada estación, calculando la desviación estándar para dicho valor. El



porcentaje promedio peso de carbón acumulado (porcentaje CA) fue establecido mediante la siguiente ecuación:

$$(\%) \text{ CA} = \frac{\text{Peso del carbón separado}}{\text{Peso del sedimento retenido}} \times 100$$

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1. Presencia de carbón en la Boya 23

Para esta Boya se evaluaron 24 estaciones, siendo la estación 24 aquella con el mayor porcentaje promedio de carbón acumulado con $99,56 \pm 0,71 \%$, se evidenciaron altas proporciones del mismo en las estaciones 19 y 25 con valores de $80,71 \pm 15,58 \%$ y $79,93 \pm 16,26 \%$ respectivamente (Figura 4.5). Por el contrario, las estaciones con los valores de carbón más bajos fueron E3 con $0,88 \pm 0,65 \%$, E5 con $2,74 \pm 2,08 \%$ y E30 con $3,40 \pm 2,02 \%$.

Las estaciones que presentaron valores intermedios correspondieron a E8 con $50,24 \pm 17,25 \%$, al igual que E16 con un $52,52 \pm 15,84 \%$, E21 con $59,60 \pm 42,06 \%$ y E23 con $46,16 \pm 48,67 \%$. Por último, al considerar la totalidad de las estaciones el promedio del porcentaje del carbón presente fue $29,13 \pm 30,53 \%$, valor que presenta un alto coeficiente de variación (CV=104,80), indicando importantes fluctuaciones entre las estaciones.

Según el informe técnico final presentado en diciembre del 2011 (ACT-CSC-004-11-ITF-FONDOS) por el Instituto de investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés”– INVEMAR–, la composición mineralógica del sedimento en el área de maniobras y zona de fondeo de Puerto Drummond, bajo la metodología de lupa binocular y densimetría con bromoformo diluido, reportaron resultados en términos de porcentaje de peso seco. Obteniendo así, para dos muestras tomadas en la Boya 23, valores de $0,1 \%$ y $0,3 \%$ respectivamente. Al comparar estos valores con el promedio de carbón acumulado para la misma boya en el presente estudio ($29,13 \pm 30,53 \%$), se evidencia un considerable aumento en la proporción de carbón mineral en los sedimentos alrededor de la Boya 23, ocasionado probablemente por el descargue parcial efectuado por la barcaza TS-115.

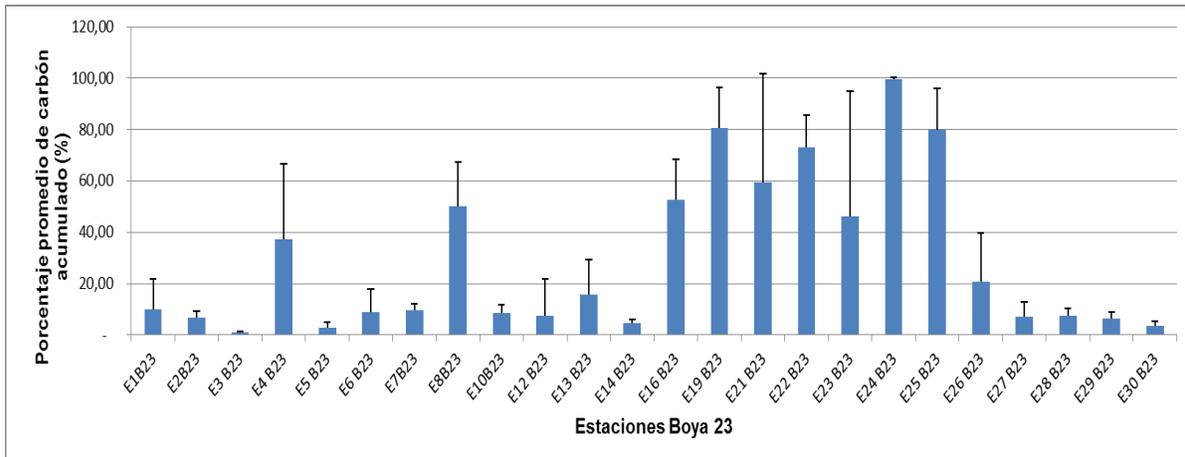


Figura 4.5. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las veinticuatro estaciones muestreadas en la Boya 23 (B= Boya).

La disposición espacial de las estaciones evaluadas y la proporción promedio de carbón contenido para las cuatro submuestras analizadas en cada una alrededor de la Boya 23, se presenta en la Figura 6.2, además se ilustra la ubicación del derrame, donde se aprecia la mayor acumulación del mineral en las estaciones localizadas en dirección noreste con una inclinación de 45° al este, se verifica presencia del mineral también en los sectores suroeste así como en el oeste de la boya, aunque es evidente que decrece en proporción (Figura 4.6).

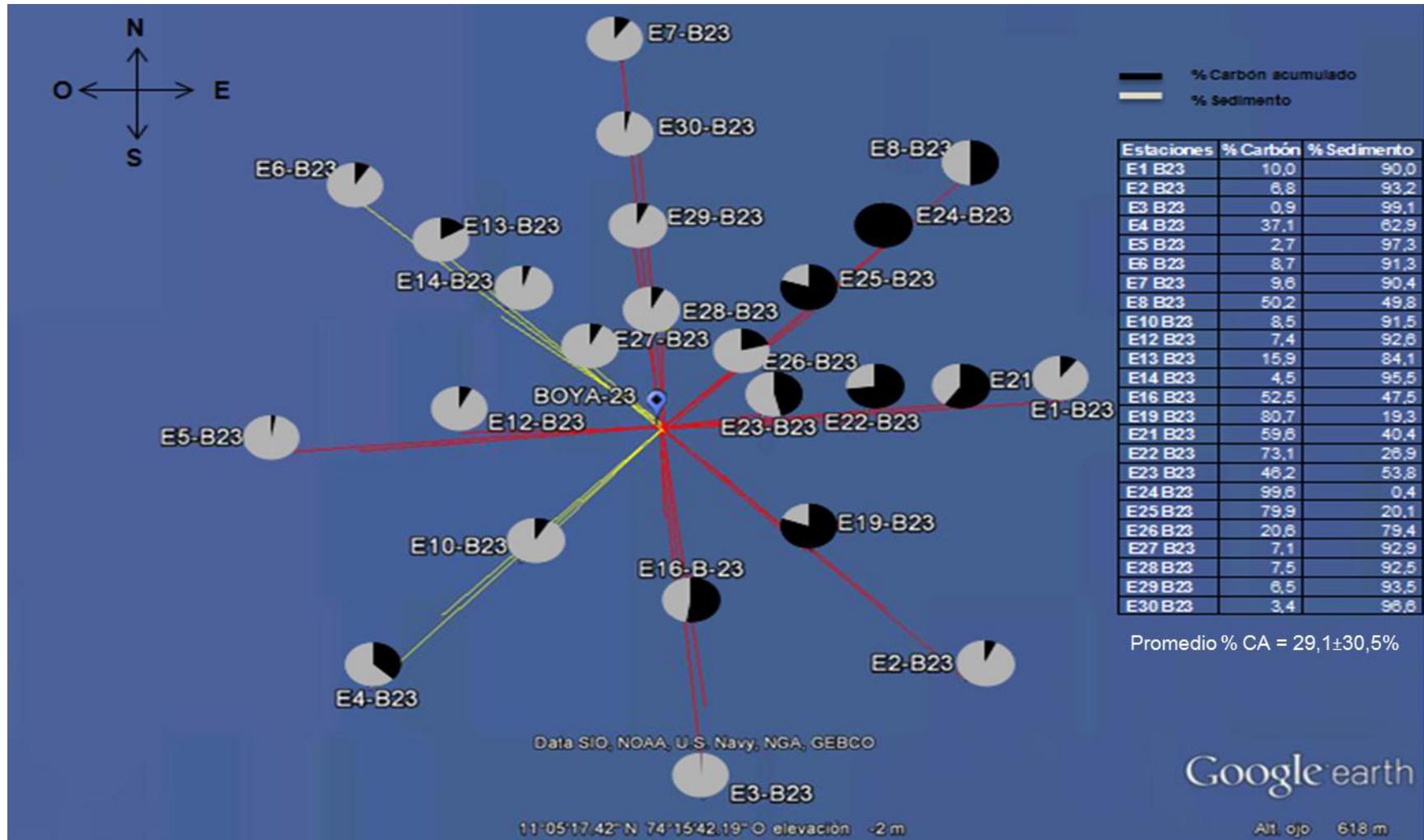


Figura 4.6. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las 24 estaciones de la Boya 23 y su respectiva ubicación geográfica (B= Boya, E= Estaciones).



4.3.2. Presencia de carbón en la Boya Roja

Las estaciones 7, 4, 3 y 5, presentaron los mayores valores de porcentaje promedio de carbón mineral, con registros de $2,12 \pm 1,2 \%$, $1,80 \pm 0,49 \%$, $1,76 \pm 0,48 \%$ y $1,67 \pm 0,41 \%$ respectivamente. Los valores más bajos se registraron en las estaciones 14 ($0,27 \pm 0,07 \%$), 8 ($0,28 \pm 0,34 \%$) y 15 ($0,31 \pm 0,26 \%$) (Figura 4.7). El porcentaje promedio para las 16 estaciones evaluadas alrededor de la Boya Roja fue $0,92 \pm 0,61 \%$ (Figura 4.8).

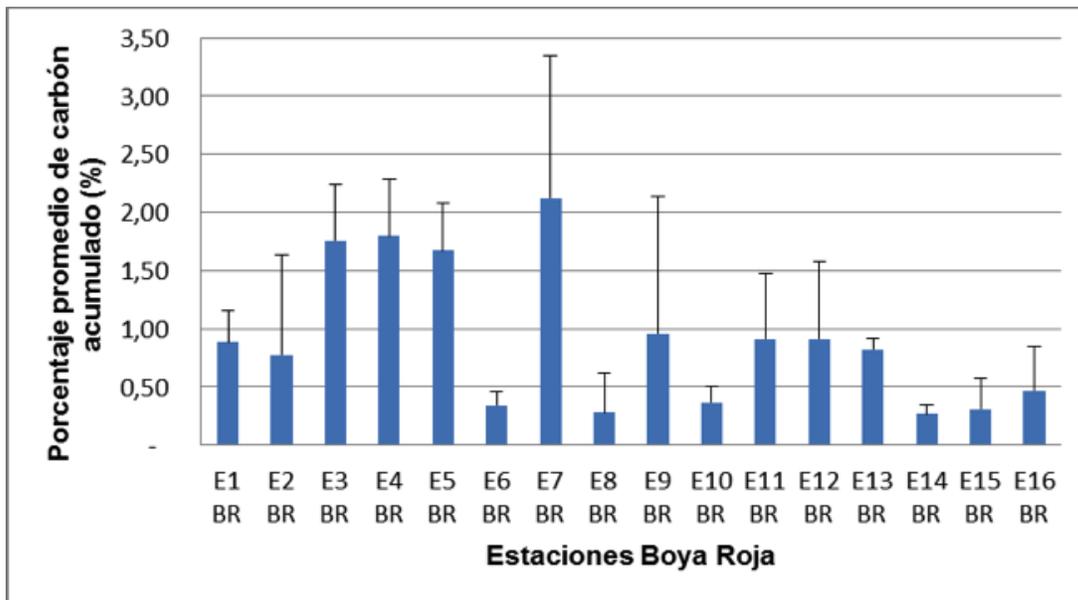


Figura 4.7. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las 16 estaciones evaluadas en la Boya Roja.

Los seguimientos ambientales en el área de Puerto Drummond, requeridos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y efectuados por el INVEMAR, reportaron concentraciones de carbón en los sedimentos de 0,02 % a 0,18 % correspondientes a estaciones someras cercanas a la Boya Roja; a su vez registraron valores generales de porcentaje en peso seco en esta zona portuaria, fluctuando entre 0,1 % y 3,5 % (INVEMAR, 2011). Por lo cual, teniendo como referencia el valor máximo obtenido en el presente estudio ($2,12 \pm 1,2 \%$), se puede concluir que en el sector somero los valores son semejantes a los previamente registrados y no pueden atribuirse al evento ocurrido.

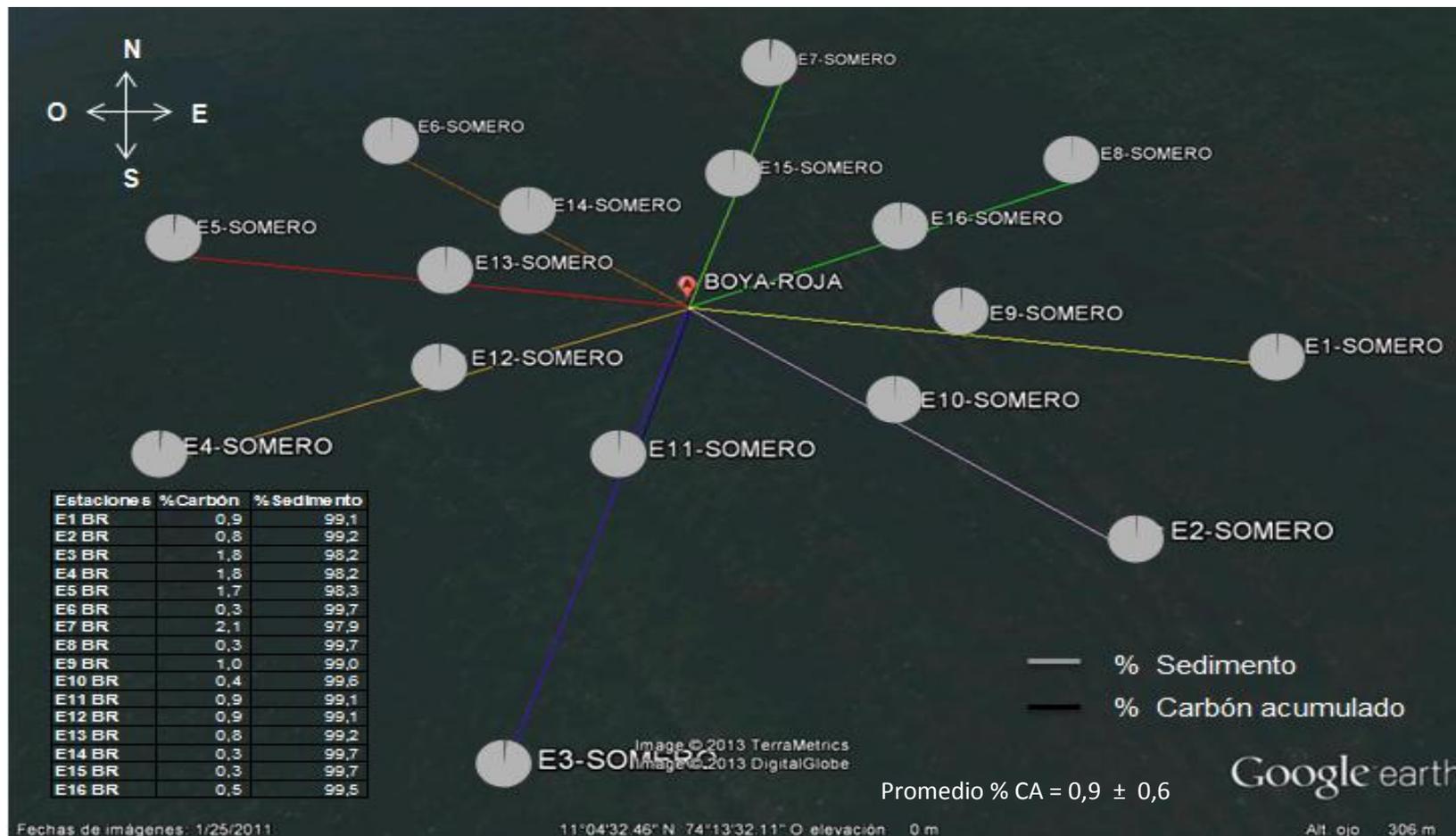


Figura 4.8. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las ocho estaciones de la Boya Roja y su ubicación geográfica.



4.3.3. Presencia de carbón en las Boyas del Canal de Acceso

En cuanto a las Boyas del Canal de Acceso se observó un alto porcentaje de carbón mineral en la Boya 11, con un estimado de $40,00 \pm 27,70 \%$, seguidamente se encontró la estación ubicada en la Boya 5 con un promedio estimado de $28,59 \pm 24,18 \%$, luego aparece la estación localizada en la Boya 1, donde el carbón se encontró constituyendo el $15,75 \pm 17,61 \%$ y finalmente la Boya 17 donde el muestreo reveló que el $14,02 \pm 5,29 \%$ del material sedimentario filtrado (Figura 4.9).

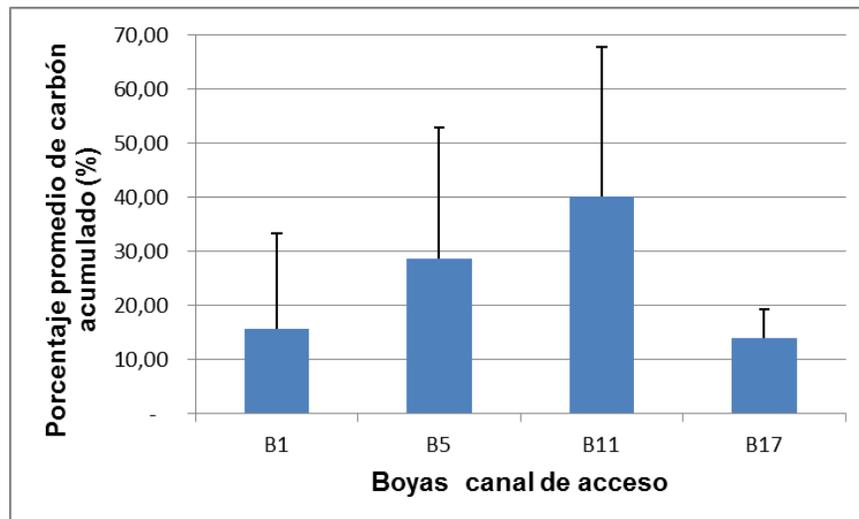


Figura 4.9. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las cuatro Boyas del Canal de Acceso.

Estudios llevados a cabo en el Canal de Acceso para el año 2010, registraron valores de carbón acumulado entre 0,3 a 0,4 % en B5, mientras que para B11 se reportó una proporción de 0,6 % (INVEMAR, 2010). De igual forma, en el año 2011 B5 presentó concentraciones que oscilaron entre 0,05 y 1,0 % y B11 porcentajes de 0,5 a 0,8 % (INVEMAR 2011). Por lo cual el INVEMAR relaciona la concentración de este mineral con la ruta de transporte de las barcazas y la posición de los buques de carga (INVEMAR, 2010). Al cotejar dichos valores con los presentados en este estudio, se corrobora un incremento considerable para dichas boyas, debido a la actividad de cargue y transporte del mineral durante el tiempo comprendido entre el estudio realizado por INVEMAR y el actual, o posiblemente el incremento pudo deberse a la decisión de trasladar la barcaza TS-115 hacia aguas más someras como medida de contingencia ante el evento ocurrido el 13 de enero de 2013 (Figura 4.10).



Figura 4.10. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las Boyas del Canal de Acceso y su ubicación geográfica Google Earth, 2013.

4.3.4. Presencia de carbón en las estaciones de referencia

Los lugares de muestreo correspondientes a los Sectores PRODECO S.A., Bello Horizonte, y Rodadero presentaron valores de porcentaje en peso de carbón de $0,76 \pm 0,60$ %; $0,13 \pm 0,02$ %, y $0,58 \pm 0,65$ % respectivamente (Figura 4.11). Las proporciones del mineral cuantificadas en estos puntos, fueron menores con respecto a las estimadas en la Boya 23, Boyas de Canal de Acceso y Boya Roja, (Figura 4.12).

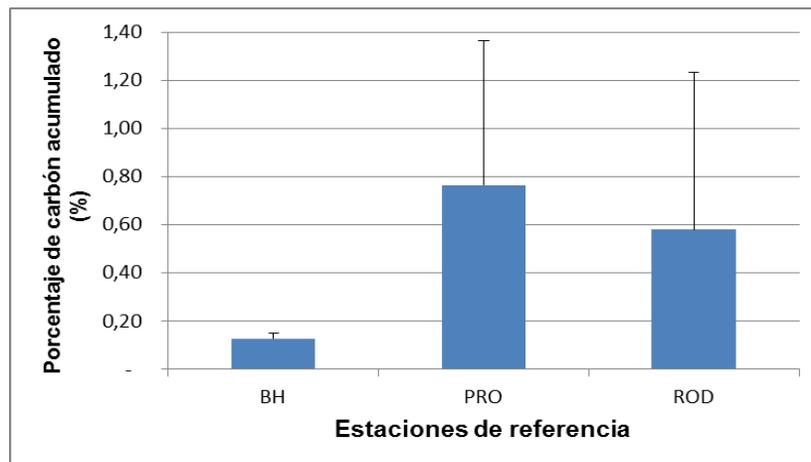


Figura 4.11. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las estaciones de referencia. BH= Bello horizonte, PRO= PRODECO S.A., ROD= Rodadero.

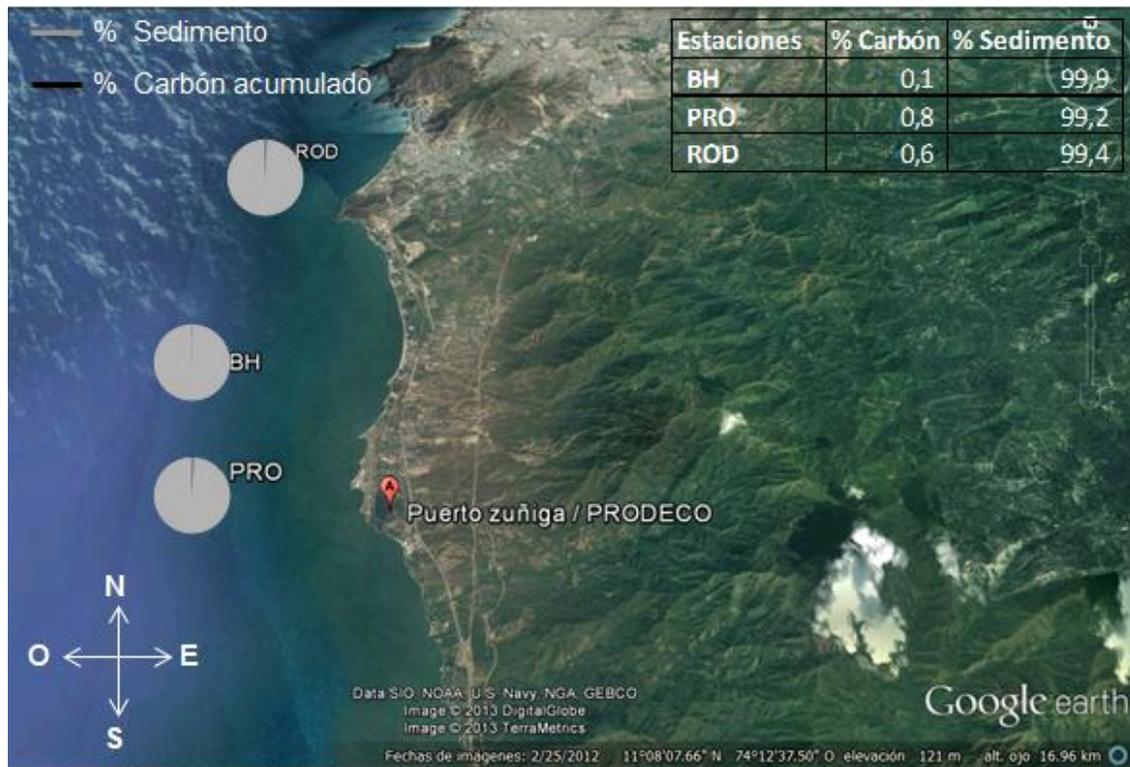


Figura 4.12. Porcentaje promedio de carbón acumulado para las estaciones de referencia y su ubicación geográfica. BH= Bello horizonte, PRO= PRODECO S.A., ROD= Rodadero (Google Earth, 2013).

4.3.5. Consideraciones generales

Hamilton et al. (1979; En: Allen, 1987) en el canal de Bristol, perteneciente al estuario Severn, Gran Bretaña, analizó la composición química de los sedimentos y reportó para el sustrato tipo arena un porcentaje en peso de carbón que no excedió el 0,1 %, mientras que para el limo, se cuantificaron valores entre 1 y 2 %, con excepción a una sola muestra, cuya proporción correspondió al 13 %. Los autores explican los datos obtenidos debido a los procesos naturales, las actividades carboníferas y diversas operaciones industriales aledañas a la zona.

Por otro lado la bahía de Narragansett, región estuarina de la costa de Rhode Island, zona con una alta actividad industrial presentó una concentración de carbón a partir de carbón mineral, coque y vegetal, de 0,04 a 0,17 % en peso seco para un tamaño mayor a 246 μm (Goldberg et al., 1977). Para la Bahía de Chesapeake, ubicada entre Virginia y Maryland, Estados Unidos, los porcentajes de carbón elemental fluctuaron entre 1,29 a 1,80 %, resultados atribuidos a la actividad minera del río Susquehanna aledaño a la zona de muestreo (Goldberg et al., 1978).



En Colombia, se ha determinado la concentración de carbón mineral en los fondos marinos del Golfo de Salamanca y Bahía Portete, registrando porcentajes en peso entre 0,1 y 2,0 %, (INVEMAR, 2011). Específicamente en el área de Ciénaga y Santa Marta, la caracterización mineralógica de los sedimentos estableció que el contenido de carbón no superó el 1,00 %, del cual el 0,02 % correspondió a carbón mineral no quemado, información generada como respuesta a la queja relacionada a los impactos en las zonas costeras por las actividades portuarias (MAVDT, 2011).

Sin embargo, es importante resaltar que estas investigaciones difieren en diseño de muestreo y metodología, pues algunas utilizaron tratamientos como líquidos pesados que facilitan la separación del carbón (bromoformo diluido), el uso de tamices con diferente diámetro de selección, secado de la muestra en hornos y separación con lupa binocular definiendo los porcentajes por campo de visión. Además en ciertos casos se tuvieron en cuenta concentraciones de carbón de mineral, vegetal, coque y otro tipo de minerales presentes en el sedimento (Cuarzo, Anfíboles, Calcita), influyendo en los resultados obtenidos.

Conforme a esto, la máxima concentración de carbón acumulado encontrada en los estudios anteriores fue de 2,0 %, mientras que el presente estudio realizado después del incidente ocurrido el 13 de enero del 2013, reportó promedios de 29,13 % para la Boya 23 y para las Boyas 1, 5, 11 y 17 de 15,75 %, 28,59 %, 40,00 % y 14,02 % respectivamente. A excepción de la Boya Roja, la cual evidenció un porcentaje de 0,92 %, encontrándose en los rangos descritos previamente. Lo anterior evidencia que el vertimiento ocurrido con ocasión del conato de hundimiento de la barcaza TS-115 ocurrida el 13 de enero de 2013 aumentó las concentraciones de carbón acumulado en la Boya 23, en las Boyas del Canal de Acceso y en la Boya Roja.

4.4. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, R. 1993. Estudio sobre algunos efectos del carbón mineral en el medio marino. Tesis de Grado para optar al título de Biólogo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología. Universidad de Antioquia, Medellín. 102 p.
- Ahrens, M y D. Morrisey. 2005. Biological effects of unburnt coal in the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 43: 69-122.
- Allen, J.R.L. 1987. Coal Dust in the Severn Estuary, Southwestern UK. *Marine Pollution Bulletin*. Vol: 18. No 4: 169-174.



- Auld, A.H. y J.R. Schubel. 1978. Effects of suspended sediment on fish eggs and larvae: a laboratory assessment. *Estuarine and Coastal Marine Science* 6: 153–164.
- Campbell, P.M. y R.H. Devlin. 1997. Increased CYP1A1 and ribosomal protein L5 gene expression in a teleost. The response of juvenile Chinook salmon to coal dust exposure. *Aquatic Toxicology*. 38: 1-15.
- Cardona-Forero, T y A. Osorio-Arciniegas. 2001. Evaluación ambiental en el medio marino causado por la manipulación del carbón en el puerto carbonífero de Santa Marta (Magdalena), Caribe colombiano. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, programa de Biología Marina. Bogotá. 117p.
- DRUMMOND, LTD. 2013. Statement by Drummond LTD- Barge accident internal investigation results. (Disponible *on-line*: www.drummond.co.com/barge-accident-internal-investigation-results/). Fecha de consulta: Febrero 26 del 2013.
- DRUMMOND, LTD. 2013. Historia. Página oficial. (Disponible *on-line*: www.drummondco.com). Fecha de consulta: Marzo 7 del 2013.
- El Heraldo. 2008. La mina a cielo abierto más grande del mundo. Noticias sectoriales. (Disponible *on-line*: <http://www.simco.gov.co/Portals/0/NOTICIAS%2029%20-10-2008.pdf>). Fecha de consulta: 26 de Febrero de 2013.
- Franco-Herrera, A., L.M. Grijalba-Bendeck, J. Ibañez-Reyes, y J. Daza-Gómez. 2011. Carbón, clima, playas y peces. El caso de la zona costera del departamento de Magdalena. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 1ª edición. Colombia. 176 p.
- Forman, R., D. Sperling, J. Bissonette, A. Clevenger, C. Cutshall, y V. Dale. 2003. *Road Ecology*. Island Press. London. 81 p.
- Goldberg, E., V. Hodge, M. Koide, J. Griffin, E. Gamble. 1978. A pollution history of Chesapeake Bay. *Geochemica et Cosmochimica Acta*. Vol. 42: 1413-1425.
- Goldberg, E., E. Gamble, J. Griffin y M. Koide. 1977. Pollution history of Narragansett as recorded in its Sediments. *Estuarine and coastal Marine Science*. Vol 5: 549- 561.
- Invemar (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras). 1988. Diagnóstico actual de las comunidades marinas de la Bahía de Portete, análisis de efectos reales por la construcción y operación de las instalaciones portuarias. Instituto de Investigaciones Marinas Punta Betín (Invemar), Santa Marta, Informe final.
- Invemar (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras). 1992. Descripción inicial de unidades de monitoreo de ecosistemas marinos en la Bahía de Portete. Determinación del área de influencia de Puerto Bolívar afuera de la Bahía de Portete. Instituto de Investigaciones Marinas Punta Betín (Invemar), Santa Marta, Informe Técnico.
- INVEMAR (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras). 2001. Impacto del polvillo de carbón en la salud humana, los materiales y ecosistemas marino – costeros. Informe técnico. Santa Marta. 105 p.
- INVEMAR (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras). 2002. Informe ambiental preliminar del hundimiento de la barcaza “Caribe-217” cargada con carbón en el puerto de Santa Marta, Abril 11 del 2002. Informe técnico. Santa Marta. 10 p.
- INVEMAR (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras). 2010. Análisis mineralógico de sedimentos en la zona de fondeo de Puerto Drummond LTD. (Departamento del Magdalena). Informe técnico final. Santa Marta. 34 p.
- INVEMAR (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras). 2011. Análisis mineralógico de sedimentos en la zona de fondeo de Puerto Drummond LTD. (Departamento del Magdalena). Informe técnico final. Santa Marta. 34 p.



- León- López, G. 2009. IX Congreso Latinoamericano Alene. Universidad Sergio Arboleda. Bogotá, Colombia. Septiembre 24 y 25 del 2009. Ponencia: La responsabilidad social de las empresas carboníferas en la ciudad de Santa Marta. 48 p.
- MAVDT. 2011. Auto No.146: Por el cual se pone a disposición una información a un usuario. El suscrito profesional especializado código 2028 grado 17 de la dirección de licencias, permisos y trámites ambientales. Dirección de licencias, permisos y trámites ambientales. República de Colombia. 5 p.
- Newcombe, C y J. Jensen. 1996. Channel Suspended Sediment and Fisheries: A Synthesis for Quantitative Assessment of Risk and Impact. North American Journal of Fisheries Management. No. 4.16: 693-727.
- Newcombe, C.P. y D.D. MacDonald. 1991. Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems. North American Journal of Fisheries Management 11: 72–82.
- Pacheco-Gómez, J. 2011. Determinación de la toxicidad aguda (CL₅₀) del extracto de polvillo de carbón frente a larvas de *Artemia franciscana*. Tesis de grado como requisito parcial para optar al título de Magister en Toxicología. Universidad Nacional de Colombia en convenio con la Universidad de Cartagena. Departamento de Medicina. Maestría en toxicología. Cartagena. 70p.
- UPME. 2005. El carbón colombiano fuente de energía para el mundo. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá, Colombia. Publicaciones UPME. 52 p.
- Viloria de la hoz, J. 1998. La economía del carbón en el Caribe colombiano. Centro de Investigaciones económicas del Caribe colombiano. Banco de la República. Cartagena de Indias. 59 p.
- Wilber, D y Clarke, D. 2001. Biological Effects of Suspended Sediments: A Review of Suspended Sediment Impacts on Fish and Shellfish with Relation to Dredging Activities in Estuaries. North American Journal of Fisheries Management 21: 855-875.

CAPÍTULO 5 .

FITOPLANCTON



Coordinación
ANDRÉS FRANCO HERRERA

ADOLFO SANJUAN MUÑOZ
PAULO TIGREROS
PAOLA MARTÍNEZ
LINA TRIANA
JUAN JOSÉ PELAÉZ OVIEDO

**CONTENIDO**

	Pág.
5.1. INTRODUCCIÓN.....	5-6
5.2. METODOLOGÍA.....	5-7
5.2.1. Fase de campo.....	5-7
5.2.2. Análisis de laboratorio.....	5-9
5.2.2.1. Composición y densidad.....	5-9
5.2.2.2. Fotopigmentos.....	5-9
5.2.3. Análisis estadístico.....	5-11
5.2.3.1. Composición y densidad.....	5-11
5.2.3.2. Fotopigmentos.....	5-12
5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5-12
5.3.1. Composición.....	5-13
5.3.2. Densidad.....	5-17
5.3.3. Medidas de diversidad.....	5-23
5.3.4. Análisis de clasificación.....	5-26
5.3.5. Análisis de ordenación.....	5-28
5.3.6. Fotopigmentos.....	5-30
5.3.6.1. Clorofila a y feofitina a.....	5-30
5.3.6.2. Clorofilas b y c.....	5-33
5.4. BIBLIOGRAFIA.....	5-35



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 5.1. Disposición de las estaciones en la grilla de muestreo alrededor de la Boya B23 y Boya Roja sin discriminar profundidad.	5-8
Figura 5.2. Colecta de muestras cuantitativas para el ensamblaje fitoplanctónico. A. Botella muestreadora vertical, B. Concentrado del material en campo mediante un tamiz de 25 μm	5-8
Figura 5.3. Análisis en laboratorio de las muestras fitoplanctónicas mediante microscopio óptico convencional.	5-9
Figura 5.4. Determinación de fotopigmentos. A. Filtrado de muestras contenidas en frascos ámbar, B. Filtro Whatman con el material filtrado y carbonato de magnesio, C. Extracción con acetona al 90 %, D. Rompimiento celular con homogeneizador de tejidos, E. Centrifugado del extracto acetónico 24 h posteriores al rompimiento celular, F. Lectura espectrofotométrica de los extractos.....	5-10
Figura 5.5. Composición porcentual de la riqueza de especies-taxa por clases para el ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013. (n representa el número de estaciones empleada para determinar los porcentajes).	5-15
Figura 5.6. Perfiles de extinción y profundidad de la capa fótica al 1 % para los muestreos efectuados en el periodo febrero-marzo de 2013.	5-18
Figura 5.7. Densidades del ensamblaje fitoplanctónico por profundidad colectado durante el periodo febrero-marzo del 2013.	5-19
Figura 5.8. Distribución de las densidades del ensamblaje fitoplanctónico a nivel superficial colectado durante el periodo febrero-marzo del 2013 (en negro se resaltan las estaciones trabajadas el 13-14 de febrero, en naranja las del 20 de febrero y en verde las del 01 de marzo).	5-20
Figura 5.9. Distribución de las densidades del ensamblaje fitoplanctónico en fondo colectado durante el periodo febrero-marzo del 2013 (en negro se resaltan las estaciones trabajadas el 13-14 de febrero y en naranja las del 20 de febrero).	5-21
Figura 5.10. Riqueza de especies-taxa (S) y riqueza de Margalef (d) para las muestras del ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 teniendo en cuenta la profundidad (S – superficie; F – fondo).	5-24
Figura 5.11. Uniformidad de Pielou (J') y predominio de Simpson (λ) para las muestras del ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 teniendo en cuenta la profundidad (S – superficie; F – fondo).	5-24
Figura 5.12. Diversidad de Shannon-Wiener (H') para las muestras del ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 teniendo en cuenta la profundidad (S – superficie; F – fondo) (azul claro - estaciones de la Boya B23 y del canal de acceso a nivel superficial, azul oscuro – B23 y del canal de acceso fondo, rojo – Boya Roja, gris claro – estaciones de referencia en superficie, gris oscuro – estaciones de referencia en fondo).	5-25
Figura 5.13. Dendrograma de clasificación cuantitativo mediante el índice de Bray-Curtis para el ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 (S – superficie; F – fondo; tonos azules – estaciones de la Boya B23; tonos verdes – estaciones de las Boyas del canal de acceso; tonos grises – estaciones de referencia; rojo – estaciones Boya Roja).	5-26



- Figura 5.14.** Dendrograma de clasificación cualitativo mediante el índice de Dice para el ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013. (S – superficie; F – fondo; tonos azules – estaciones de la Boya B23; tonos verdes – estaciones de las Boyas del canal de acceso; tonos grises – estaciones de referencia; rojo – estaciones Boya Roja)..... **5-27**
- Figura 5.15.** Análisis de ordenación NMDS para el ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 empleando como factor la profundidad (A), las diferentes boyas y estaciones de referencia (B) y los muestreo (C)..... **5-29**
- Figura 5.16.** Concentración de clorofila **a** (Chl **a**), feofitina **a** y valores promedio (+ desviación estándar) para las muestras colectadas durante el periodo febrero-marzo de 2013 teniendo en cuenta la profundidad (S – superficie; F – fondo). **5-32**
- Figura 5.17.** Concentración de clorofila **b** (Chl **b**) y clorofila **c** (Chl **c**) para las muestras colectadas durante el periodo febrero-marzo de 2013 teniendo en cuenta la profundidad (S – superficie; F – fondo). **5-34**

LISTA DE TABLAS

- | | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 5.1. Profundidades de lance de botella para análisis cuantitativo del fitoplancton durante el periodo febrero-marzo de 2013 (N.A. – no aplica). (B23 – Boya B23; BR – Boya Roja, BI – boyas del canal de acceso). 5-8 | |
| Tabla 5.2. Registros históricos de riqueza y densidad durante condiciones climáticas secas en sectores aledaños al área de estudio y en la Bahía de Cartagena. Para seleccionar los géneros y/o especies más abundantes se empleó como criterio aquellas con abundancias relativas superiores al 10 %. En todos los casos se manejaron valores definidos para los primeros 10 m de la columna de agua. 5-16 | |

LISTA DE ANEXOS

- | | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo 5-1. Curvas de diversidad acumulada mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener para las muestras del componente fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013. 5-39 | |
| Anexo 5-2. Sistemática empleando el nivel taxonómico de género del componente fitoplanctónico identificado durante el periodo febrero-marzo de 2013. ¡Error! Marcador no definido. 5-41 | |
| Anexo 5-3. Iconografía del ensamblaje fitoplanctónico identificado durante el periodo febrero-marzo de 2013 (se excluyen Chaetoceros lacinosus, Chaetoceros sp. 24, Coscinodiscus sp., Fragilaria sp., Neodelphineis pelagica, Odontella sp. 6). 5-42 | |



- Anexo 5-4.** Composición de especies-taxa (presencia-ausencia) para el componente fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 alrededor de la Boya B23, Boyas intermedias (B1, B5, B11, B17), Boya Roja y estaciones de referencia (PRODECO S.A., Bello Horizonte, Rodadero) teniendo en cuenta la profundidad (S - superficie; F - fondo).**5-49**
- Anexo 5-5.** Densidades (células L⁻¹) del ensamblaje fitoplanctónico identificado colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013. Boyas intermedias, superficie (S) y fondo (F).**5-53**
- Anexo 5-6.** Abundancias relativas del ensamblaje fitoplanctónico identificado colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013. En verde se resaltan aquellas especies con abundancia relativas superiores al 10 % para cada estación.**5-81**



5.1. INTRODUCCIÓN

El término fitoplancton, abarca el conjunto de organismos autótrofos de diferentes grupos taxonómicos, con capacidad de movimiento limitada o nula, cuya distribución depende en la mayoría de los casos de las corrientes de agua. Su dominio es el medio acuático pelágico, tanto dulceacuícola como marino, encontrándose en mayor número hacia la zona costera gracias a que en esta el aporte de nutrientes proveniente de sistemas acuáticos continentales o a través de la escorrentía es mayor en relación a sectores oceánicos. Así mismo, se localizan hacia los primeros metros de la columna de agua, a fin de acceder a la luz suficiente para realizar su actividad fotosintética y así sintetizar el carbono orgánico (Reynolds, 2006) del cual se sustenta gran parte de la comunidad marina, tanto pelágica como bentónica (Tigreros y Franco, 2012), constituyéndose de ésta manera en los principales productores primarios del medio.

Dentro de este colectivo, las diatomeas, junto con los dinoflagelados y los haptófitos, dominan las comunidades sobre la plataforma continental, mientras que en aguas oceánicas toman importancia las cianofíceas cuyo interés radica en la capacidad que tienen sus especies de utilizar y fijar nitrógeno gaseoso (N_2) a diferencia de otros organismos del fitoplancton que utilizan solamente formas combinadas de este elemento tales como nitrato, nitrito y amonio. Entre los factores que limitan la producción primaria se citan variables fisicoquímicas como la temperatura, el pH, la salinidad, la luz, la turbulencia, los nutrientes, e incluso, biológicos como el pastoreo (Parsons y Takahashi, 1973; Barnes y Hughes, 1999).

Los estudios que involucran al fitoplancton han resultado ser una herramienta útil en el manejo de áreas afectadas por eventos como el cambio climático, las floraciones algales nocivas, la eutrofización y las especies invasoras, debido a que la composición de especies y la abundancia relativa de diferentes grupos algales, son determinantes en la estructura y función de los ecosistemas acuáticos (Lozano-Duque et al., 2010). Por lo tanto, el monitoreo de la estructura de dicho ensamblaje permite observar como los cambios en las condiciones ambientales se traducen respuestas de la comunidad (See et al., 2005).



Con el objetivo de evaluar la estructura del ensamblaje fitoplanctónico en el sector donde está ubicado puerto Drummond, específicamente alrededor de la Boya B23, el área de traslado de barcazas (boyas del canal de acceso B1, B5, B11, B17) y de la Boya Roja, se evaluaron la composición y densidad a nivel superficial y profundo de la columna de agua. A fin de comparar los resultados obtenidos con muestras procedentes de sectores alejados del foco del derrame, se seleccionaron sitios aledaños como fueron los de PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero.

5.2. METODOLOGÍA

5.2.1. Fase de campo

Los muestreos fueron realizados en cuatro días siendo estos en 13-14 de febrero (muestreo 1), 20 de febrero (muestreo 2) y 01 de marzo (muestreo 3) (Tabla 16), concentrando la toma de muestras alrededor de las Boyas B23 y Boya Roja, donde la disposición de las estaciones se basó en el diseño de grillas en radianes distanciándose del epicentro cada 50 m hasta un máximo de 200 m (Figura 5.1); no obstante no se colectaron muestras en todas las estaciones. Para las boyas del canal de acceso (B1, B5, B11, B17) y estaciones de referencia (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero) se colectaron dos muestras en cada caso, una superficial y otra profunda. Debido a la lejanía con respecto a la línea de costa y por lo tanto mayores profundidades en la Boya B23 y las del canal de acceso, las muestras fueron obtenidas a dos profundidades usando una botella muestreadora tipo Niskin vertical con mensajero y una capacidad de 5 L, en ningún caso superando los 10 m a fin de evitar resuspensión del sedimento, lo que igual se aplicó para las estaciones de referencia. Por su parte las menores profundidades de la Boya Roja solo hicieron posible la colecta a 1 m de profundidad (Tabla 16). Si bien los muestreos se ubicaron dentro de la condición climática seca mayor definida entre los meses de diciembre a abril (Franco, 2005), entre ellas se presentó una diferenciación en la turbidez del agua definida mediante la transparencia Secchi obteniendo mayores valores hacia el 20 de febrero. En cada estación y teniendo en cuenta las particularidades de profundidad ya mencionadas, se realizó un lance de la botella. El agua recolectada fue depositada en un balde y luego concentrada con la ayuda de un tamiz de 25 μm (Figura 5.2); el producto del tamizaje fue depositado en un frasco plástico de 250 mL debidamente rotulado donde a fin de preservar los organismos colectados se agregó una solución de formaldehído al 4 %, en una cantidad igual a la del contenido de la muestra. Un lance adicional fue realizado a fin de cuantificar los fotopigmentos en laboratorio,

tomando un volumen de 1 L en frascos ámbar los cuales fueron almacenados en neveras con hielo para de ésta manera retardar la degradación.

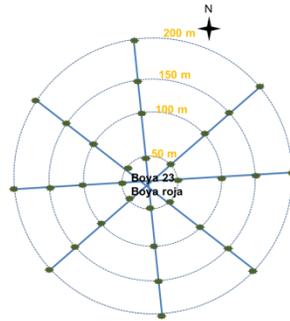


Figura 5.1. Disposición de las estaciones en la grilla de muestreo alrededor de la Boya B23 y Boya Roja sin discriminar profundidad.

Tabla 5.1. Profundidades de lance de botella para análisis cuantitativo del fitoplancton durante el periodo febrero-marzo de 2013 (N.A. – no aplica). (B23 – Boya B23; BR – Boya Roja, BI – boyas del canal de acceso).

Febrero 13 – 14			Febrero 20 f			Marzo 01 f			
ESTACIÓN	PROFUNDIDAD		ESTACIÓN	PROFUNDIDAD		ESTACIÓN	PROFUNDIDAD		
	Somero (cm)	Profundo (m)		Somero (cm)	Profundo (m)		Somero (cm)	Profundo (m)	
B23 E1	50	9	B23 E24	50	10	BS E1	100	N.A.	
B23 E2		B23 E25	BS E2						
B23 E3		B23 E26	BS E7						
B23 E4		B23 E28	BS E8						
B23 E5		B23 E29	BS E9						
B23 E6		B23 E30	BS E10						
B23 E7		BS E3	BS E15						
B23 E8	9	BS E4	100	N.A.	BS E16	50			N.A.
B23 E10	10	BS E5			Estación PRODECO				
B23 E12		BS E6			Estación Bello Horizonte				
B23 E14	BS E11	Estación Rodadero							
B23 E16	BS E12								
B23 E19	9	BS E13							
B23 E22	10	BS E14							
BI B1	4								
BI B5	5								
BI B11	6								
BI B17	9								

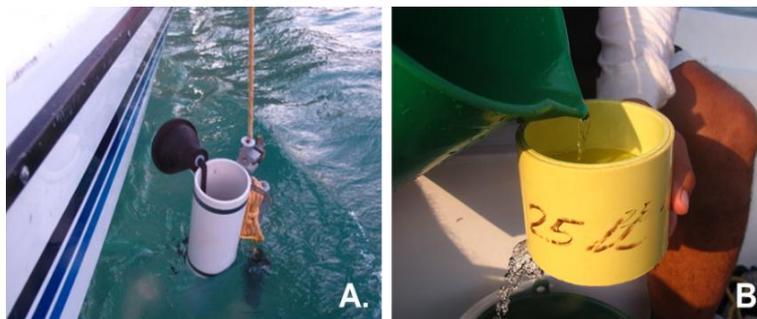


Figura 5.2. Colecta de muestras cuantitativas para el ensamblaje fitoplanctónico. A. Botella muestreadora vertical, B. Concentrado del material en campo mediante un tamiz de 25 µm.

5.2.2. Análisis de laboratorio

5.2.2.1. Composición y densidad

Cada muestra fue medida volumétricamente y se concentró a un volumen final de 80 mL. Posteriormente de cada una se tomaron alícuotas de 0,1 mL, estableciendo el número a observar mediante curvas de diversidad acumulada validadas mediante el índice de Shannon-Wiener (H'). Para la observación de las muestras se contó con microscopios binoculares Nikon Eclipse E200 (Figura 5.3) realizando la cuantificación de las células mediante el barrido de toda la superficie. Las fotografías de los especímenes fueron tomadas en un microscopio triocular Nikon Eclipse E200 con una cámara Nikon Digital sight DS-Fi1, y procesadas mediante el programa Nis-Elements versión 4,0 de Nikon. La identificación se realizó hasta el nivel taxonómico de especie empleando literatura especializada como fueron los trabajos de Vidal y Carbonell (1977), Balech (1988), Round et al. (1990), Tomas (1997), Horner (2002) y Vidal (2010). La sistemática empleada se basó en la página electrónica www.algabase.org (Guiry y Guiry, 2012); sin embargo, en el caso de los dinoflagelados del género *Ceratium* se empleó el nombre propuesto por Gómez et al. (2010) quedando éstos como *Neoceratium*.



Figura 5.3. Análisis en laboratorio de las muestras fitoplanctónicas mediante microscopio óptico convencional.

5.2.2.2. Fotopigmentos

La determinación se fundamentó en el método estándar de extracción con acetona al 90 % empleando filtros Whatman GF/C y descrito en Parsons et al. (1984), efectuando las lecturas de los extractos en un espectrofotómetro UV-Visible Evolution 300 PC (precisión $\pm 0,001$ unidades de absorbancia), contra un blanco de acetona al 90 % teniendo en cuenta efectuar las correcciones por turbidez restando el valor correspondiente a 750 nm (Figura 5.4).

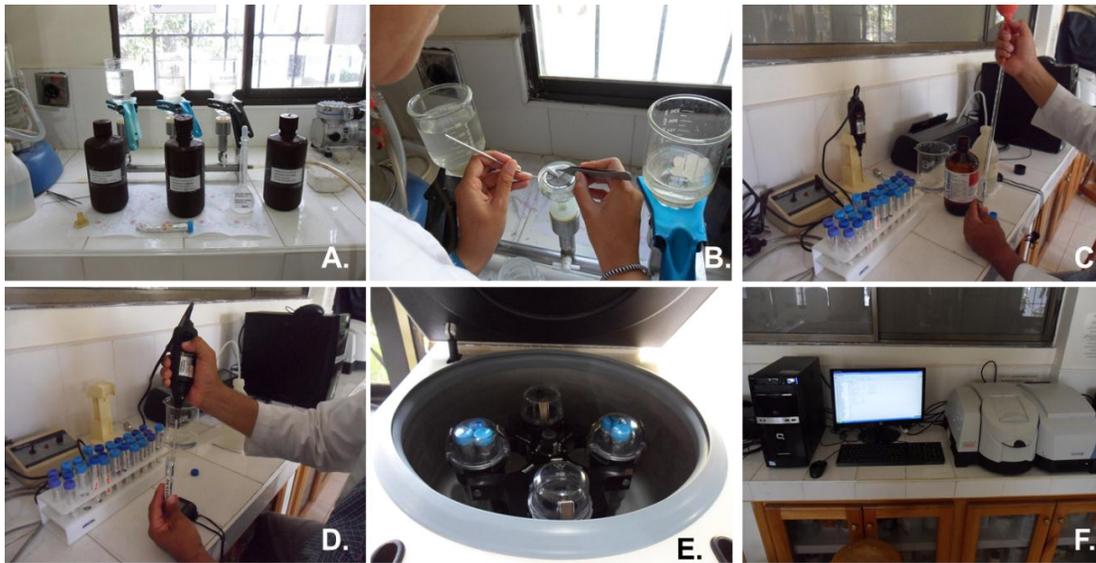


Figura 5.4. Determinación de fotopigmentos. A. Filtrado de muestras contenidas en frascos ámbar, B. Filtro Whatman con el material filtrado y carbonato de magnesio, C. Extracción con acetona al 90 %, D. Rompimiento celular con homogeneizador de tejidos, E. Centrifugado del extracto acetónico 24 h posteriores al rompimiento celular, F. Lectura espectrofotométrica de los extractos.

De ésta manera, en el caso de la clorofila **a** y de la feofitina **a**, se empleó la determinación mediante la lectura de muestras antes y después de agregar una solución ácida, mientras que para las clorofilas **b** y **c** se manejaron los pasos establecidas para el uso de las ecuaciones tricromáticas de Jeffrey y Humphrey (1975), descrita igualmente en Parsons et al. (1984). Las ecuaciones empleadas fueron las siguientes:

Clorofila a y feofitina a según Lorenzen (1967) descrito en Parsons et al. (1984):

$$\text{Chl a (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{26,7 (665_o - 665_a) * v}{V * l}$$

$$\text{Feofitina a (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{26,7 [(1,7 * 665_a) - 665_o] * v}{V * l}$$

Donde 665_o y 665_a son los valores de absorbancias a 665 nm antes y después de agregar solución de HCl 3,7 %. v es el volumen en mL del extracto de acetona. V es el volumen en L del agua de mar filtrada. l es la longitud en cm de la celda empleada en la lectura.



Clorofila b y c (**c1 + c2**) según Jeffrey y Humphrey (1975) descrito en Parsons et al. (1984):

$$\text{Chl b (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{[(21,03 * 647) - (5,43 * 664) - (2,66 * 630)] * v}{V * l}$$

$$\text{Chl c (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{[(24,52 * 630) - (1,67 * 664) - (7,60 * 647)] * v}{V * l}$$

Donde 630, 647 y 664 son los valores de absorbancias a 630, 647 y 664 nm, respectivamente.

En caso de obtención de lecturas negativas para cualquiera de los pigmentos anteriores, se recurrió a la determinación del mínimo de detección reemplazando las absorbancias por el nivel de precisión del equipo empleado ($\pm 0,001$ unidades de absorbancia).

5.2.3. Análisis estadístico

5.2.3.1. Composición y densidad

Los datos de densidad en las estaciones se organizaron teniendo en cuenta la profundidad y se dispusieron en una matriz empleando el programa Microsoft Excel®. A partir de ésta se realizó un análisis descriptivo definiendo presencia o ausencia de las diferentes especies y aquellas de mayor frecuencia de aparición, es decir, que fueran reportadas en la mayoría de estaciones. Las densidades se graficaron para obtener una aproximación de su comportamiento por estación-profundidad y así mismo se representaron espacialmente sobre la grilla de muestreo a fin de visualizar tendencias de mayores y menores valores.

Se determinaron medidas de diversidad que permiten confluir un gran número de variables bióticas (especies-taxa) y datos en un solo valor característico para una comunidad (muestras o estaciones según el caso). Los utilizados fueron: riqueza de Margalef (d), uniformidad de Pielou (J'), predominio de Simpson (λ) y diversidad de Shannon-Wiener (H') (Ludwig y Reynolds, 1988), para lo cual se utilizó el paquete ecológico PRIMER® V5 y empleando el logaritmo neperiano (ln) para su cálculo.

Con el fin de establecer posibles tendencias espaciales, a través, de asociaciones biológicas entre estaciones por sus características estructurales, se llevó a cabo el



análisis de clasificación de manera directa (matriz Q) mediante el índice cuantitativo de Bray Curtis y el índice cualitativo de Dice. Para la elaboración de ambos dendrogramas se usó la técnica del ligamiento promedio de la media aritmética no ponderada -UPGMA - (Crisci y López, 1983), estableciendo como punto central para definir las estaciones que hacen parte de un grupo un valor de 55 % de similaridad (Ramírez, 1999).

La anterior prueba se complementó con un análisis de ordenación NMDS, cuya finalidad es encontrar la estructura subyacente en un conjunto de medidas de proximidad/distancia entre objetos dada por una tabla de distancias (matriz de similaridad) a partir de la cual se construye un mapa que permite situar objetos e interpretar gráficamente las relaciones existentes entre ellos (Guisande et al., 2011). Como criterio o medida de ajuste fue utilizado el stress (Kruskal) el cual consiste en el promedio de las desviaciones entre las distancias finales en la representación gráfica y las distancias o disimilaridades iniciales, normalizado para que tome valores entre 0 y 1, indicando los valores altos un mal ajuste. Para el análisis se empleó el paquete estadístico PRIMER® V5 (Clarke y Warwick, 2001). Previo al NMDS, las densidades fueron transformadas ($\log(x+1)$) con el fin de incrementar la abundancia de las especies poco abundantes, raíz cuadrada para acentuar la importancia de las especies con abundancias medias, raíz cuarta para acentuar la importancia de las especies poco abundantes); sin embargo, el valor más bajo de stress se obtuvo sin aplicar ningún manejo a la matriz original con 0,16, el cual indicó que la gráfica en dos dimensiones aportó información potencialmente útil (Clarke y Warwick, 2001).

5.2.3.2. Fotopigmentos

Las concentraciones de los diferentes pigmentos se organizaron en una matriz empleando el programa Microsoft Excel® teniendo en cuenta la estación y profundidad. A ésta se le aplicó un análisis exploratorio de datos empleando como medida de dispersión el rango. Así mismo se construyeron gráficas que permitieron observar el comportamiento espacial tanto a nivel superficial como en profundidad. Con el fin de establecer el estado fisiológico de la comunidad autótrofa se recurrió a la determinación del Índice de Actividad Fotosintética (IAF), donde valores por encima de 1 son propios de una comunidad fotosintéticamente activa (Margalef, 1991).

5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



En total se trabajaron 70 muestras de las cuales 40 correspondieron a la Boya B23 (20 a nivel superficial y 20 a profundidad), 16 a la Boya Roja a nivel superficial, mientras que en las Boyas B1, B5, B11 y B17, junto con las estaciones PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero se colectaron en cada lugar una muestra superficial y otra profunda. Las curvas de diversidad acumulada construidas para estandarizar el número de alícuotas, junto con un coeficiente de variación entre pares consecutivos de éstas inferior al 10 %, establece que con seis (6) alícuotas se logró la estabilidad en dicho atributo estructural (Anexo 5.1).

5.3.1. Composición

La sistemática de las 163 especies-taxa, que incluye a 13 morfotipos, para las 70 muestras y que se utiliza en los resultados y discusión se presenta en el Anexo 5.2. Por su parte, la iconografía de los organismos identificados se consigna en el Anexo 5.3.

En el caso de la Boya B23 y de las del canal de acceso (B1, B5, B11, B17), el ensamblaje fitoplanctónico a nivel superficial estuvo conformado por 106 especies-taxa, que incluyen a una clorofita y una cianofícea no identificadas, junto con 6 morfotipos. En lo que respecta a las muestras colectadas a nivel profundo, el número de especies-taxa incrementó a 140 que contiene una clorofita y 11 morfotipos (Anexo 5.4). Los organismos identificados se agruparon en 6 phyla de los cuales Ochrophyta, tanto en superficie como en fondo, fue el de mayor aporte seguido de Myzozoa. Dentro del primer phylum se incluye a la clase Bacillariophyceae o comúnmente denominadas diatomeas mientras que en el segundo se incluye a Dinophyceae o también llamados dinoflagelados. El phylum Euglenozoa fue registrado en superficie, mientras que Charophyta con *Cosmarium* sp. lo fue en fondo. Como especies de mayor frecuencia de aparición en superficie se reportaron a las diatomeas *Rhizosolenia* sp. 2 y *Thalassionema nitzschioides* que fueron registradas en la totalidad de las muestras (24 estaciones). En fondo, además de las anteriores se suman las diatomeas *Bacillaria* sp., *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia* sp., *Coscinodiscus radiatus*, *Asterionella glacialis*, *Cerataulina pelagica*, *Leptocylindrus danicus*, *Guinardia flaccida*, *Guinardia striata*, *Rhizosolenia imbricata* y *Rhizosolenia setigera*, igualmente reportadas en las 24 estaciones. En el muestreo realizado por Drummond durante el primer semestre del 2012, de la misma manera se reportaron a *A. glacialis*, *G. flaccida* y *R. setigera* como las de mayor frecuencia de aparición.



Para la Boya Roja se hizo evidente un incremento en la riqueza en relación a la Boya B23 a nivel superficial, totalizando 118 especies-taxa que incluyen a una clorofita junto con 8 morfotipos (Anexo 5.4). Los organismos identificados se agruparon en tres (3) phyla, continuando las diatomeas y los dinoflagelados como los de mayor aporte al número de especies. Las especies que obtuvieron la mayor frecuencia de aparición, siendo registradas en las 16 estaciones, fueron las diatomeas *Pseudo-nitzschia* sp., *A. glacialis*, *R. setigera*, *T. nitzschioides* y el dinoflagelado *Neoceratium furca*.

En las estaciones alejadas del área de influencia directa del derrame, a pesar del menor esfuerzo muestral, continúa el dominio de las diatomeas y dinoflagelados a la composición del ensamblaje fitoplanctónico. Para estas se reportaron 66 (incluyendo dos morfotipos) y 83 (incluyendo 5 morfotipos) especies en superficie y fondo respectivamente (Anexo 5.4).

Como se aprecia en la Tabla 5.2, el número de especies registrado en el sector de puerto Drummond y estaciones de referencia fue mayor al reportado por Ramírez (2008) y Torres (2007) en aguas costeras del departamento del Magdalena y en áreas con problemas reconocidos de contaminación por vertimientos de aguas residuales domésticas, de hidrocarburos y descargas industriales como la Bahía de Cartagena (Cañon et al., 2007). Teniendo en cuenta que las especies de mayor frecuencia aparición para el presente estudio fueron diatomeas y la alta riqueza de especies encontrada, se tienen indicios de que estas aguas aportan condiciones favorables para el desarrollo del ensamblaje fitoplanctónico. Dentro del fitoplancton actual las diatomeas, junto con los dinoflagelados, dominan las comunidades sobre la plataforma continental siendo los principales productores primarios dentro de las clases de talla del nano (2 - 20 μm) y del microfitoplancton (20 - 200 μm). La mayor contribución a la riqueza por parte de ambos grupos, tanto para las muestras de superficie como fondo se presenta en la Figura 5.5.

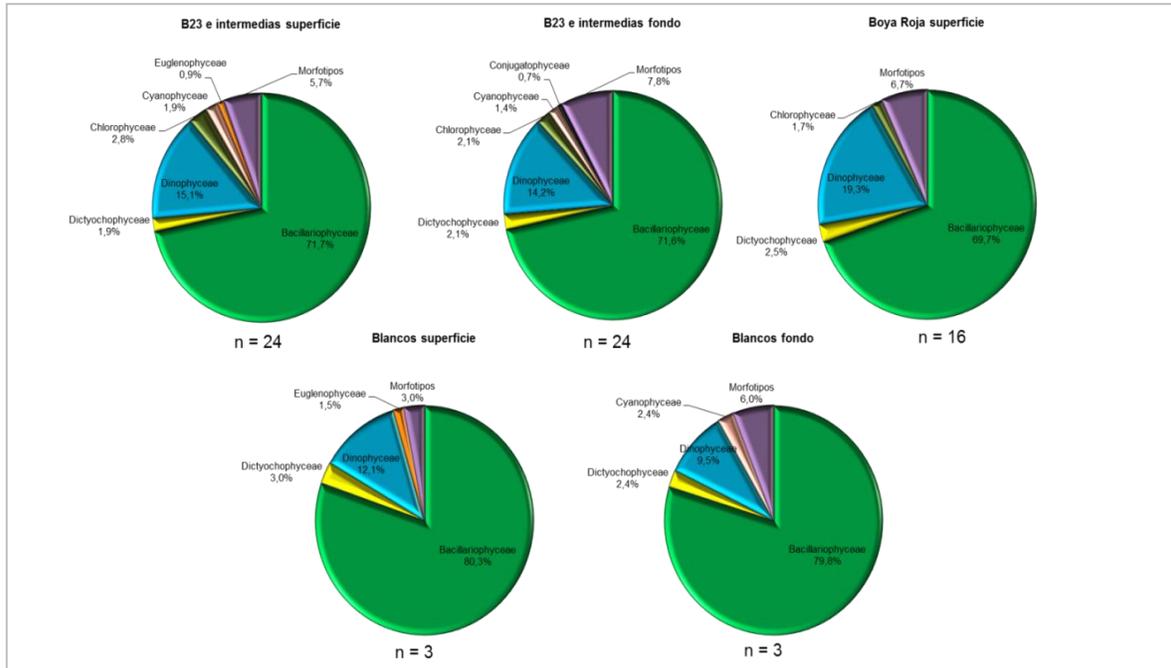


Figura 5.5. Composición porcentual de la riqueza de especies-taxa por clases para el ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013. (n representa el número de estaciones empleada para determinar los porcentajes).

Las diatomeas se caracterizan por no poseer estructuras de locomoción y por tanto son incapaces de tener un desplazamiento independiente de las corrientes (Graham y Wilcox, 2000). Son un componente importante en el fitoplancton marino ya que proporcionan del 20 al 25 % de la productividad primaria neta del sistema (Dawes, 1986), siendo particularmente abundantes en aguas frías y turbulentas como son las zonas de afloramiento donde alcanzan elevadas concentraciones (Cognetti et al., 2001). Dentro de los aspectos fisiológicos se destaca la necesidad de un aporte permanente de ácido silícico como nutriente esencial para formar una estructura llamada frústula que conforma su pared celular; por ello, en la regulación de su crecimiento la disponibilidad de silicio es un factor clave (Dugdale y Wilkerson, 1998). Su crecimiento rápido generalmente asegura que sean las primeras en aparecer en la columna de agua después de un enriquecimiento de nutrientes inorgánicos, en especial nitrato (Jeffrey et al., 1997), apareciendo formas pequeñas, de crecimiento rápido y con formación de cadenas al inicio de los florecimientos, continuando con diatomeas céntricas y así, cuando se agotan los nutrientes esenciales como el sílice, declinan dando lugar a formas flageladas (Jeffrey y Carpenter, 1974; Guillard y Kilham, 1977). Su alta representatividad en el muestreo, con una contribución porcentual a la riqueza de especies mayor al 70 % (Figura 5.5), sería



indicio de que en el área existe un constante aporte del nutriente mediado por la surgencia o por los aportes continentales (ríos, escorrentía o por transporte eólico).

Tabla 5.2. Registros históricos de riqueza y densidad durante condiciones climáticas secas en sectores aledaños al área de estudio y en la Bahía de Cartagena. Para seleccionar los géneros y/o especies más abundantes se empleó como criterio aquellas con abundancias relativas superiores al 10 %. En todos los casos se manejaron valores definidos para los primeros 10 m de la columna de agua.

Sector	Autor	Riqueza (número de especies-taxa)	Rango de densidad (células L ⁻¹)	Géneros y/o especies de mayor densidad
Zona costera del Magdalena	Drummond (2012)	113	---	<i>Asterionella glacialis</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Guinardia fláccida</i> , <i>Chaetoceros</i> , <i>Leptocylindrus</i> , <i>Thalassionema nitzschioides</i>
	Ramírez (2008)	51	---	<i>Chaetoceros</i> , <i>Skeletonema</i>
	Torres (2007)	59	36 - 987	<i>Chaetoceros distans</i> , <i>Chaetoceros lorenzianus</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Coscinodiscus radiatus</i> , <i>Coscinodiscus gigas</i>
	Tigreros (2001)	---	0 - 65	<i>Pseudo-nitzschia</i> , <i>Leptocylindrus</i> , <i>Guinardia</i>
Bahía de Cartagena	Osorio (2010)	122	647 - 269.250	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Pseudo-nitzschia pungens</i> , <i>Chaetoceros curvisetus</i> , <i>Chaetoceros affinis</i> , <i>Pseudo-nitzschia</i> sp. 1
	Suárez (2007)	58	---	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Chaetoceros lorenzianus</i>
	Cañon et al. (2005)	57	---	<i>Bacteriastrum comosum</i> , <i>Pseudo-nitzschia</i> sp. 2, <i>Rhizosolenia setigera</i> , <i>Chaetoceros socialis</i> , <i>Neoceratium hircus</i>
	Presente estudio (2013)	163	5.680 - 126.506	<i>Asterionella glacialis</i>

Los dinoflagelados se encuentran ampliamente distribuidos formando ensamblajes específicos en ambientes marinos tropicales, subtropicales y templados. A diferencia de



las diatomeas, poseen dos flagelos que les confieren mayor movilidad y desplazamiento (Graham y Wilcox, 2000). Se encuentran mejor adaptados a las condiciones ofrecidas por las aguas de tipo oceánico o de poco aporte continental formando la mayor parte de la comunidad en aguas estratificadas, bajo condiciones bajas de luz y pobres en nutrientes (Margalef, 1991; Lalli y Parsons, 1997), razón por la cual sus especies no alcanzaron altas densidades en las muestras en relación a las diatomeas (Anexo 5.5).

5.3.2. Densidad

Las densidades claramente presentaron una diferencia entre las Boyas (B23, Boya Roja y boyas del canal de acceso), la cual fue debida a la escala temporal en la que se realizó la toma de muestras. Si bien ésta se efectuó entre los meses de febrero y marzo correspondientes a la condición climática seca mayor y a pesar de la aparentemente corta escala espacial entre las estaciones, los perfiles de extinción denotan una clara diferenciación entre los tres muestreos (Figura 5.7). Es así como los realizados a nivel superficial para la Boya B23 presentaron una intensidad lumínica mayor el 20 de febrero donde se alcanzó un 60 % a 1 m de profundidad, contra el 40 % registrado entre el 13-14 del mismo mes. Los menores porcentajes se obtuvieron en la Boya Roja con cerca del 20 % para el 20 de febrero y del 10 % el 01 de marzo a la profundidad ya mencionada, lo cual es explicado por la más alta hidrodinámica y turbidez a causa de la menor profundidad de las estaciones. En lo que hace referencia a las estaciones de referencia (PROCEDO S.A., Bello Horizonte y Rodadero), su comportamiento fue similar al registrado en la Boya B23 el 20 de febrero, siendo estos muestreo los únicos en donde la profundidad de la capa fótica, asumida al 1 % de la luz incidente en superficie, alcanzó los 10 m.

Las densidades alrededor de la Boya B23 a nivel superficial para el primer muestreo oscilaron entre 11.040 (B23 E16) a 92.053 (B23 E10) células L^{-1} , superando este último valor por más de 40.000 células L^{-1} a la segunda mayor densidad. En la segunda campaña se obtuvieron densidades más bajas en un rango de 5.680 (B23 E30) a 10.400 (B23 E25) células L^{-1} .

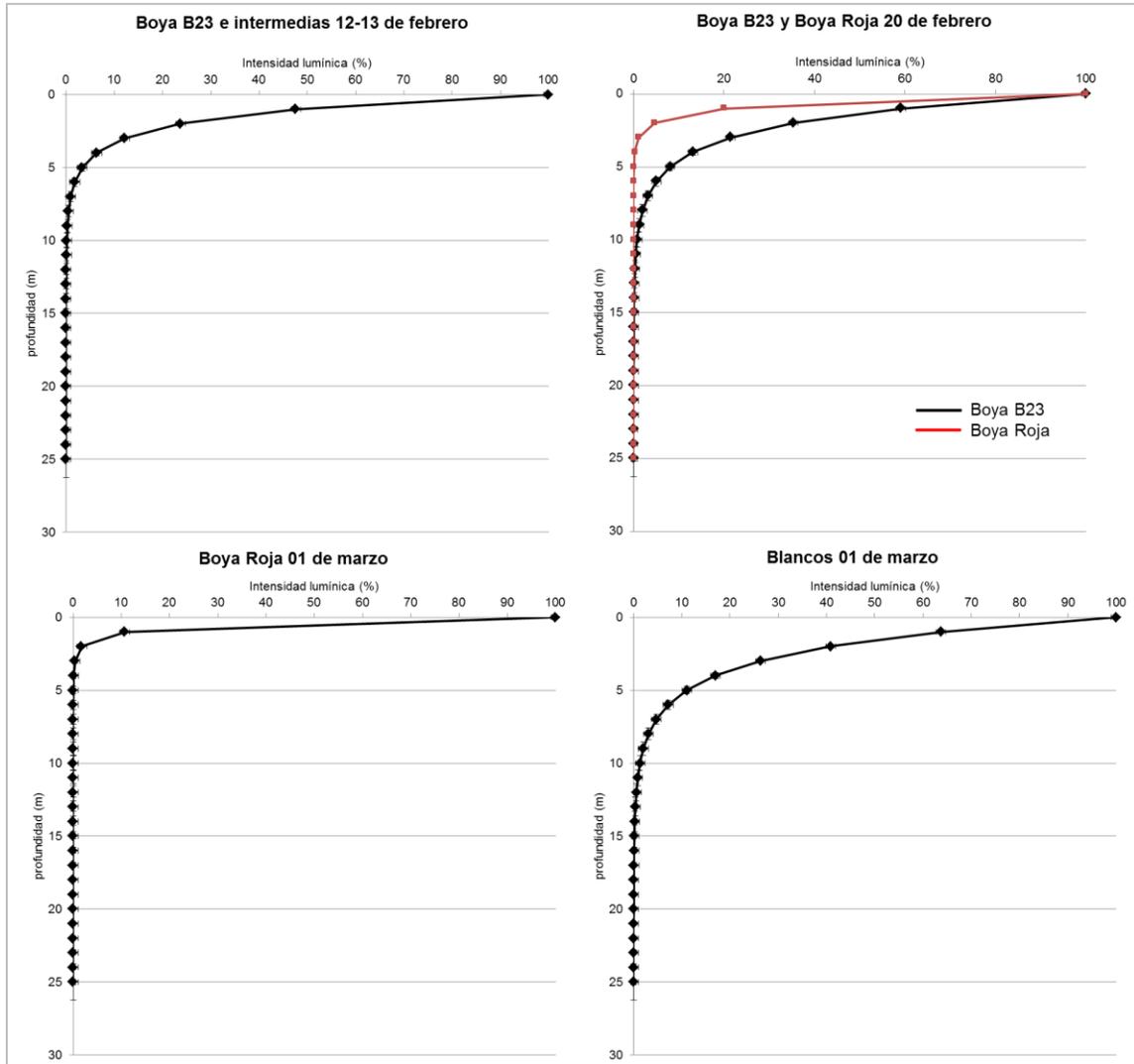


Figura 5.6. Perfiles de extinción y profundidad de la capa fótica al 1 % para los muestreos efectuados en el periodo febrero-marzo de 2013.

En profundidad para ambas campañas las densidades incrementaron exceptuando en las estaciones B23 E2 y B23 E10, comportamiento que de igual manera se registró en las estaciones PRODECO S.A. y Bello Horizonte. En la Boya Roja las densidades fueron más altas en relación a las de la Boya B23 muestreada durante la segunda campaña, obteniendo un rango de 12.133 (B23 E7) a 32.400 (B23 E1) células L^{-1} (Anexo 5.5; Figura 5.8).

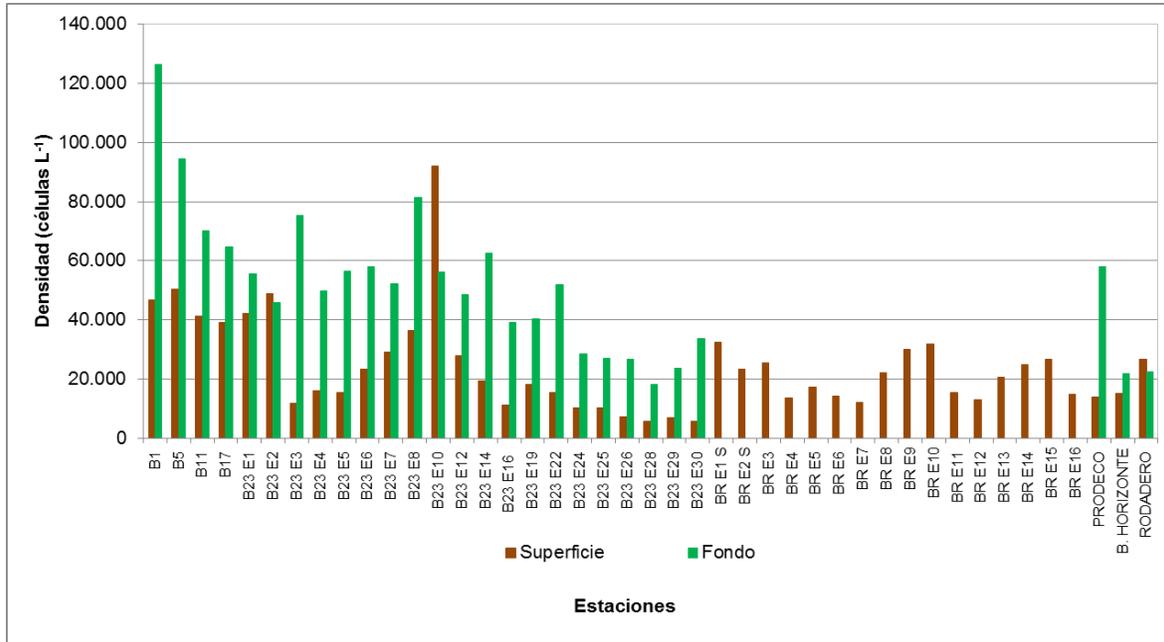


Figura 5.7. Densidades del ensamblaje fitoplanctónico por profundidad colectado durante el periodo febrero-marzo del 2013.

Las densidades promedio (\pm desviación estándar) superficiales alrededor de la Boya B23 para las estaciones E1 – E22, se caracterizaron por su heterogeneidad ($29.068 \pm 21.466,7$) en relación a las Boyas B1, B5, B11 y B17 ($44.380 \pm 5.057,0$), donde los valores fueron más cercanos entre sí. En relación al epicentro, la ubicación de la estación con menor densidad (B23 E16) fue de 100 m hacia el sur mientras que la de mayor (B23 E10) se posicionó 100 m hacia el suroccidente. Exceptuando a la estación B23 E10, las mayores densidades alrededor de la Boya B23 tendieron a ubicarse hacia los 200 m del epicentro hacia el norte, el oriente y hacia los 200 m en el área correspondiente a los cuadrantes nororiental y suroriental.

Para el segundo muestreo ubicado a una distancia máxima de 150 m del epicentro hacia el norte y en el cuadrante nororiental las densidades disminuyeron lo cual se asoció a la variabilidad en la escala temporal del muestreo. Para la Boya Roja se mantuvo la tendencia a diferenciación de las densidades por muestreo contabilizando mayores valores para el 01 de marzo; al comparar estos valores con las de B23 en el rango B23 E24 a B23 E30, se evidenciaron valores más altos en la primera (Figura 5.9).

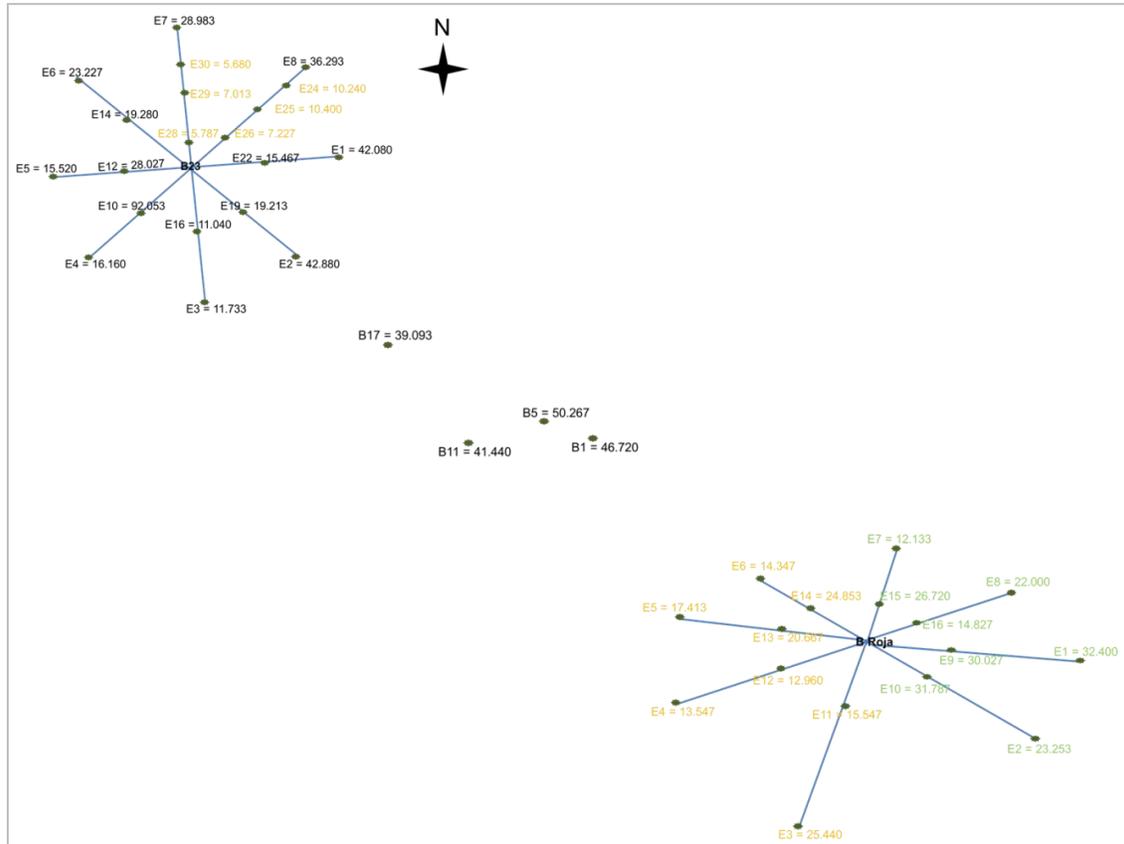


Figura 5.8. Distribución de las densidades del ensamblaje fitoplanctónico a nivel superficial colectado durante el periodo febrero-marzo del 2013 (en negro se resaltan las estaciones trabajadas el 13-14 de febrero, en naranja las del 20 de febrero y en verde las del 01 de marzo).

Como anteriormente se mencionó, las densidades en profundidad fueron mayores a las obtenidas en superficie. Para las estaciones B23 E1 a B23 E22, alrededor de la Boya B23 éstas presentaron menor variabilidad ($55.250 \pm 11.808,1$) a la observada en superficie ($29.068 \pm 21.466,7$), no siendo claro el cuadrante de la grilla donde estas fueron mayores y determinando un rango de 39.147 (B23 E16) a 75.200 (B23 E3) células L^{-1} , con valores mayores a los registrados en profundidad para las Boyas B23 E24 a B23 E30 ($26.218 \pm 5.169,1$), pero menores a los obtenidos en las boyas del canal de acceso a la misma profundidad ($89.020 \pm 28.149,9$). En relación al epicentro, la ubicación de la estación con menor densidad (B23 E16) fue de 100 m hacia el sur mientras que la de mayor (B23 E3) se posicionó 200 m hacia el sur (Figura 5.10).

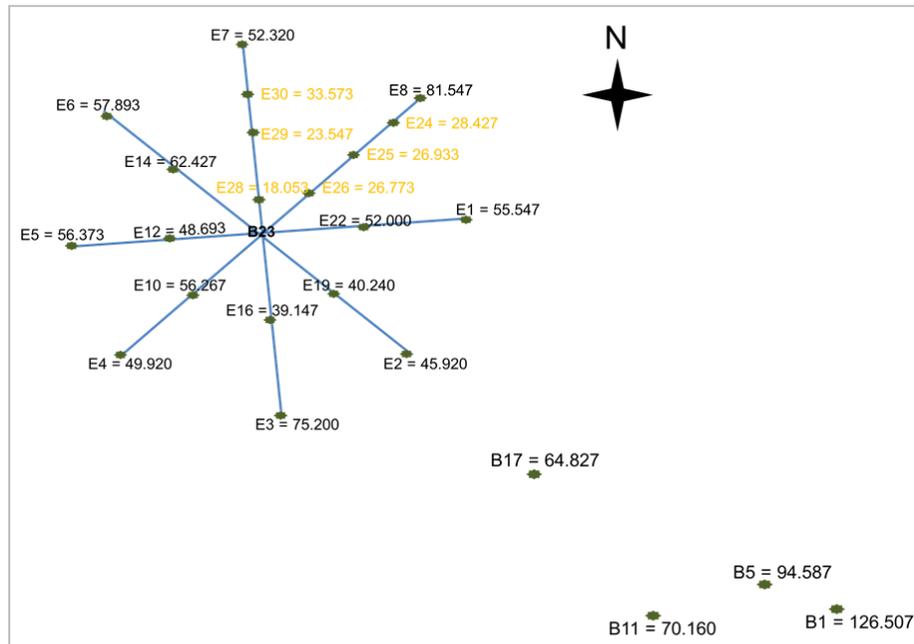


Figura 5.9. Distribución de las densidades del ensamblaje fitoplanctónico en fondo colectado durante el periodo febrero-marzo del 2013 (en negro se resaltan las estaciones trabajadas el 13-14 de febrero y en naranja las del 20 de febrero).

Al igual que sucedió con la riqueza, la densidad en el área de estudio fue mayor a los trabajos efectuados para las aguas costeras del departamento del Magdalena (Tabla 5.2). No obstante, para localidades estuarinas como la Bahía de Cartagena y Bahía de Cispatá, se han registrado densidades de 269.250 células L^{-1} (Osorio, 2010) y hasta más de 5'000.000 células L^{-1} (Vásquez, 2006), respectivamente, aunque en este último estudio la respuesta del ensamblaje fitoplanctónico se condicionó por un efecto del aporte de nutrientes derivado de la actividad camaronera del sector. Como especie más abundante para el área resultó la diatomea *Asterionella glacialis* (sinonimia de *Asterionellopsis japonica*) con una abundancia relativa del 10,63 %. En el Magdalena esta especie ha sido catalogada entre las más abundantes por Drummond LTD. (2012) en el área de cargue de carbón durante la condición climática seca y por Caycedo (1977) en la Bahía de Nenguange en el Parque Nacional Natural Tayrona durante condiciones de lluvia. En cuanto a especies de mayor densidad durante periodo seco se han caracterizado para el área a *Skeletonema costatum* y géneros como *Chaetoceros* y *Pseudo-nitzschia* (Tabla 17); no obstante para el presente estudio *S. costatum* alcanzó tan solo una abundancia relativa del 1,93 %, mientras que *Pseudo-nitzschia* sp. tuvo un 5,51 %. De *Chaetoceros* fueron identificadas 6 especies y 24 morfo-especies siendo la más abundante *Chaetoceros* sp. 3, con una abundancia relativa del 5,97 %; aunque la contribución del



género fue del 35,57 % (Anexo 5.5). *A. glacialis* fue reportada como responsable de florecimientos en aguas de la Bahía de Bengala en el noreste del Océano Índico con densidades entre $6,7 * 10^6$ a $93,2 * 10^6$ células L^{-1} (Subba, 1969) y entre $4,63 * 10^4$ a $3,96 * 10^7$ células L^{-1} contribuyendo al 99,5 % de la densidad de la comunidad (Mishra et al., 2005) lo que se atribuyó a incrementos en el aporte de nutrientes y finalizando al agotarse los nitratos y silicatos. Su ocurrencia parece no haber ocasionado efectos adversos a otras especies pero si cambios en la coloración de las aguas. La máxima abundancia relativa que alcanzó esta especie para el área de estudio se presentó en la estación PRODECO S.A. con valores alrededor del 10 % (Anexo 5.5), representada en una densidad de 1.440 células L^{-1} (Anexo 5.5).

Entre los factores limitantes de la producción primaria se encuentran variables fisicoquímicas como la temperatura, el pH, la salinidad, la luz, la turbulencia, los nutrientes, e incluso biológicos como el pastoreo (Parsons y Takahashi, 1973, Barnes y Hughes, 1999). En cuanto a la intensidad lumínica, la tasa de su aporte puede resultar en un detrimento de la producción fotosintética, descendiendo el proceso a altas intensidades ya que se alcanzan efectos dañinos debido a la acción destructiva de los rayos ultravioleta. Por tal razón, cerca de la superficie, el exceso de luz puede resultar en fotoinhibición, mientras que en aguas profundas la disminución en la intensidad lumínica limita la productividad (Lalli y Parsons, 1997), por lo que el fitoplancton se concentra principalmente en capas intermedias de la columna de agua, explicando de esta manera porque se presentaron mayores densidades en capas a nivel subsuperficial (Figura 5.7).

La densidad del fitoplancton en la columna de agua es un factor estrechamente relacionado con la coloración del agua y el grado de penetración de la intensidad lumínica hacia capas profundas. De esta manera los perfiles de extinción presentados en la Figura 5.6, para la Boya B23 indican que para el muestreo del 20 de febrero se presentaron aguas más claras en donde la densidad fitoplanctónica superficial fue menor en relación a las registradas durante el 13-14 del mismo mes. Por su parte en la Boya Roja, las densidades superficiales mayores se alcanzaron durante el 01 de marzo donde a 1 m de profundidad se registró el 10 % de la luz incidente en superficie contra el 20 % alcanzado el 20 de febrero.



5.3.3. Medidas de diversidad

Para la Boya B23 a nivel superficial se encontraron entre 30 y 52 especies-taxa, en las boyas del canal de acceso entre 44 y 53, y en la Boya Roja entre 31 y 58. En profundidad el comportamiento de este atributo fue similar al observado para la densidad, obteniendo un mayor número de especies-taxa con 51 a 74 para B23 y 53 a 68 en las boyas del canal de acceso. En relación a las estaciones de referencia, a pesar del menor número de estaciones se totalizaron entre 35 a 49 especies-taxa en superficie e incrementando este valor a los 10 m de profundidad en un rango de 46 a 63 (Figura 5.11). En cuanto a la uniformidad y el predominio se hace notorio que el primer atributo supera el valor de 0,6 exceptuando a nivel superficial en la estación B23 E24 (Figura 5.12), debido al alto predominio de la diatomea *T. nitzschioides* que alcanzó una abundancia relativa del 53 % para las 33 especies que se reportaron en ésta, mientras que la máxima abundancia relativa que se alcanzó por parte de las restantes especies en otras estaciones no sobrepasó el 35 % (Anexo 5.6).

La diversidad fue superior a 2,0 nits exceptuando en la estación B23 E24 S, donde se registró la menor uniformidad y mayor predominio. Teniendo en cuenta la profundidad para las estaciones de la Boya B23 y del canal de acceso, se hacen evidentes mayores diversidades hacia las muestras de fondo siendo principalmente generadas por la alta riqueza (Figura 5.10) antes que por la uniformidad ya que ésta exhibió una menor variabilidad entre profundidades (Figura 5.11). En la Boya Roja las diversidades fueron menores en relación a las reportadas para la Boya B23 y del canal de acceso a nivel superficial (Figura 5.12).

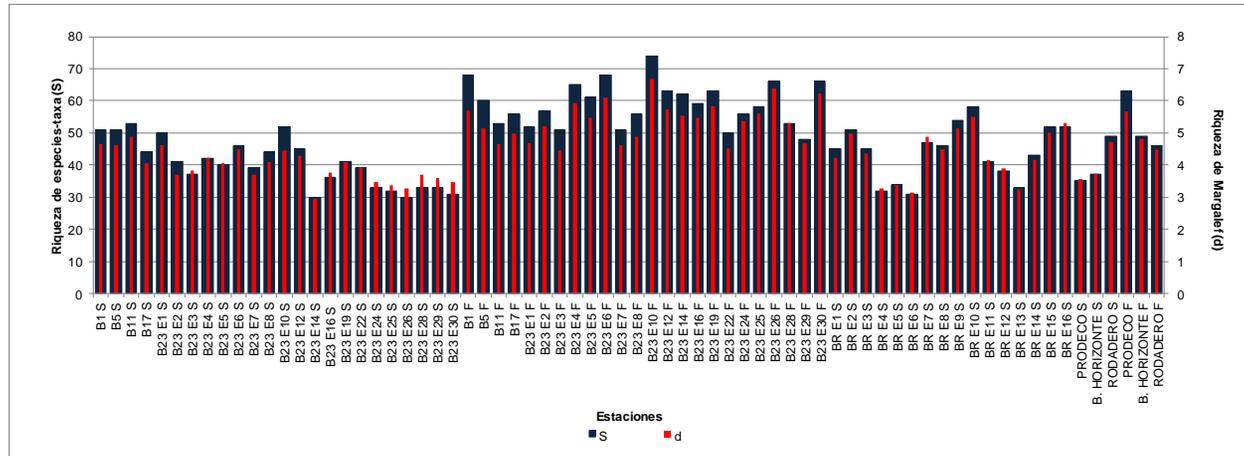


Figura 5.10. Riqueza de especies-taxa (S) y riqueza de Margalef (d) para las muestras del ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 teniendo en cuenta la profundidad (S – superficie; F – fondo).

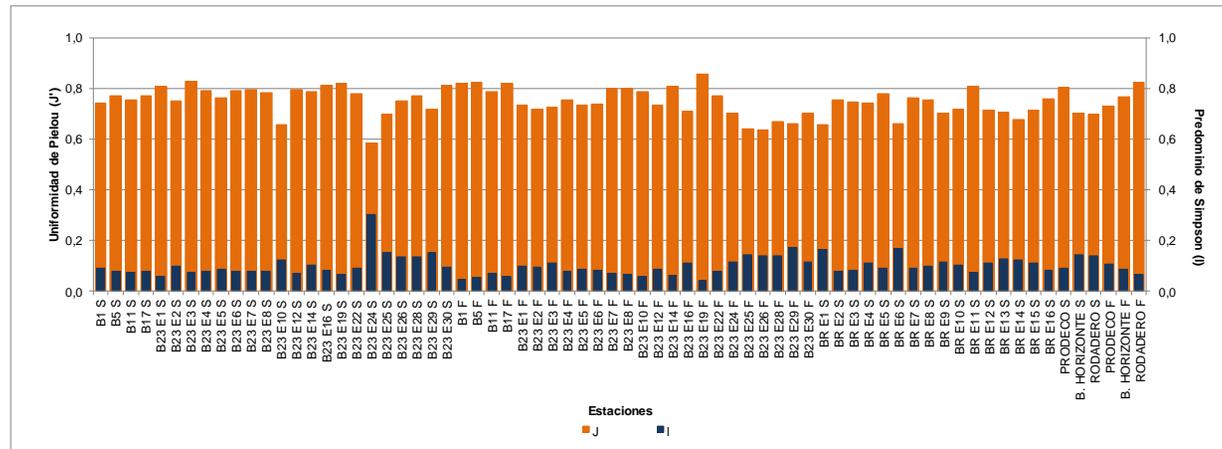


Figura 5.11. Uniformidad de Pielou (J') y predominio de Simpson (λ) para las muestras del ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 teniendo en cuenta la profundidad (S – superficie; F – fondo).

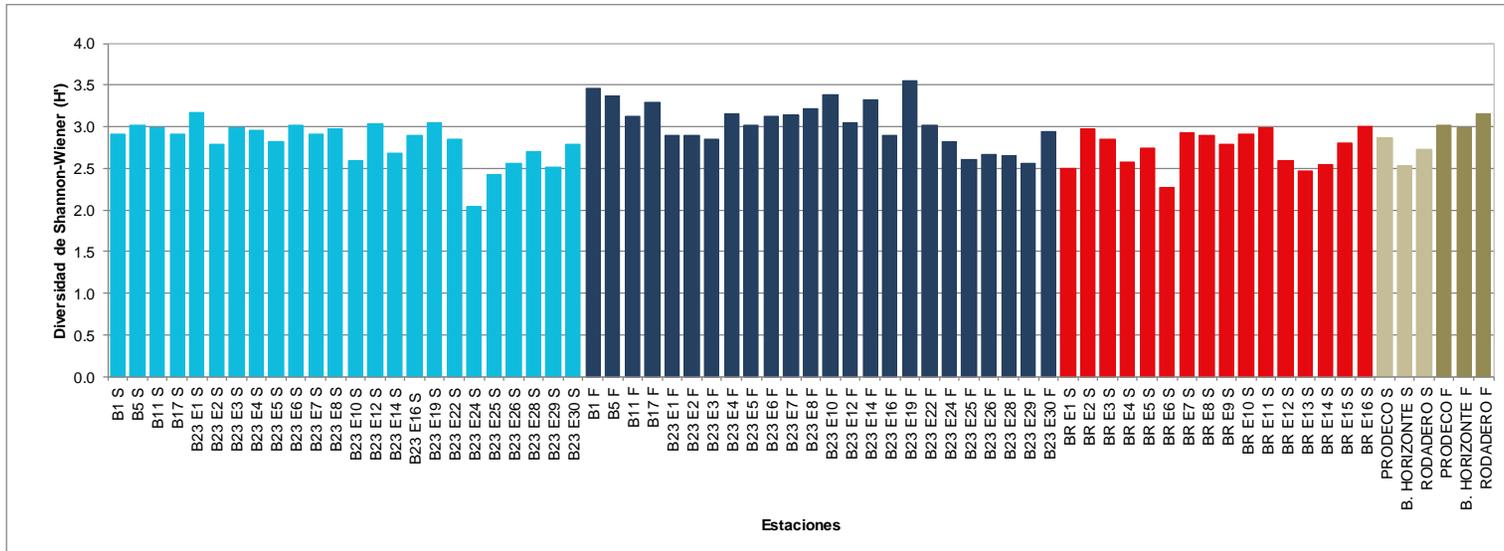


Figura 5.12. Diversidad de Shannon-Wiener (H') para las muestras del ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 teniendo en cuenta la profundidad (S – superficie; F – fondo) (azul claro - estaciones de la Boya B23 y del canal de acceso a nivel superficial, azul oscuro – B23 y del canal de acceso fondo, rojo – Boya Roja, gris claro – estaciones de referencia en superficie, gris oscuro – estaciones de referencia en fondo).



5.3.4. Análisis de clasificación

La disposición de las estaciones en términos cuantitativos (composición y densidades) a un nivel de similaridad de 50 % dejó apreciar un ensamblaje fitoplanctónico heterogéneo. Solo a un nivel cercano a 40 % la conformación de 4 agrupaciones se hace evidente respondiendo éstas tanto al sector como a la profundidad. De ésta manera las estaciones de la Boya B23 y del canal de acceso a nivel superficial se separan de las de fondo, Boya Roja y de los sectores de referencia, siendo estos dos últimos grupos más similares entre sí (Figura 5.14). Este arreglo espacial complementa el análisis realizado a las densidades (Figura 5.10; Figura 5.11) donde las estaciones alrededor de la Boya B23 y las del canal de acceso registraron más altos valores en fondo y las de la Boya Roja presentando valores más bajos en relación a las anteriores.

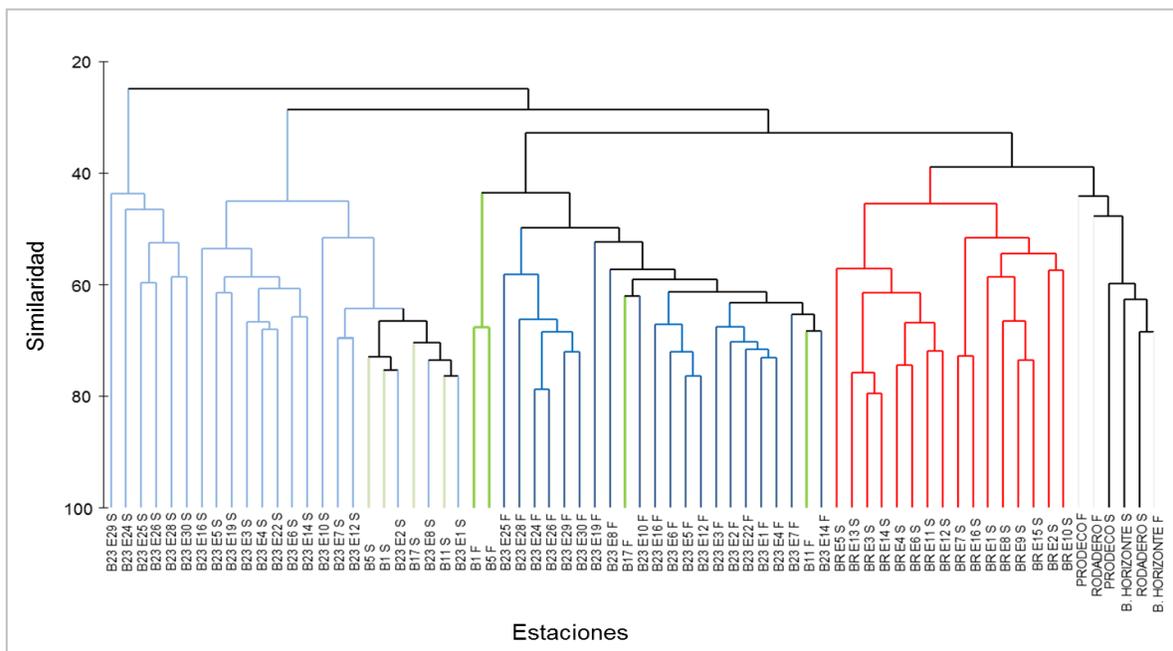


Figura 5.13. Dendrograma de clasificación cuantitativo mediante el índice de Bray-Curtis para el ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 (S – superficie; F – fondo; tonos azules – estaciones de la Boya B23; tonos verdes – estaciones de las Boyas del canal de acceso; tonos grises – estaciones de referencia; rojo – estaciones Boya Roja).

En términos cualitativos (presencia-ausencia de especies-taxa), el ensamblaje fitoplanctónico fue homogéneo con todas las estaciones conformando un solo grupo a un nivel de 50 (Figura 5.14). Si bien ninguna de las 163 especie-taxa fue reportada para todas las estaciones, siendo la de mayor frecuencia de aparición las diatomeas *A. glacialis* y *R. setigera* que se registraron en 69 muestras estaciones, en 40 de éstas (24,5 %) estuvo presente con valores de frecuencia de aparición superiores al 50 % de los



casos, es decir en al menos 35 muestras. El fitoplancton se distribuye de manera muy variable en el espacio ocurriendo parches separados por zonas relativamente estériles, cuya extensión puede ser de hasta 100 km o poco menos de unos decímetros, siendo consecuencia de procesos físicos, reproductivos y referentes a la alimentación (Barnes y Hughes, 1999). La conformación de un solo grupo por parte de las estaciones conlleva a afirmar que si bien se pudieron haber presentado agregaciones por densidad, en términos biológicos se trabajó con un mismo ensamblaje significando que el efecto de la escala espacial no condicionó la composición de especies-taxa.

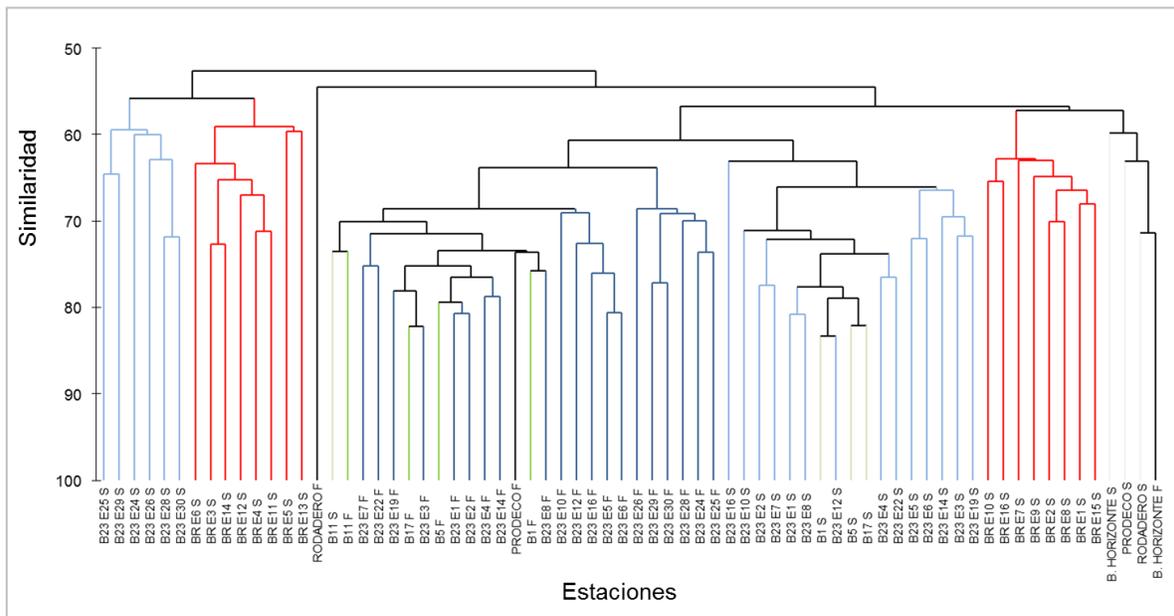


Figura 5.14. Dendrograma de clasificación cualitativo mediante el índice de Dice para el ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013. (S – superficie; F – fondo; tonos azules – estaciones de la Boya B23; tonos verdes – estaciones de las Boyas del canal de acceso; tonos grises – estaciones de referencia; rojo – estaciones Boya Roja).



5.3.5. Análisis de ordenación

Las estaciones claramente respondieron a una segregación en sus densidades la cual fue determinada por los factores profundidad, sector y escala temporal (Figura 5.15). De ésta manera, en la representación gráfica se observa una nube de puntos que albergó a las muestras provenientes de fondo de la Boya B23, Boyas del canal de acceso y PRODECO S.A., mientras que las restantes se dispusieron de manera dispersa. De ésta manera se sustenta las diferencias en densidades expuesta en la Figura 5.11, donde las muestras de fondo albergaron mayores valores. En segundo lugar se tiene el efecto del sector dejando ver como las estaciones de la Boya Roja se congregaron y asemejaron más a las de las estaciones de referencia a diferencia de las estaciones de B23 que se relacionaron más con las de las Boyas del canal de acceso. Finalmente el efecto de la escala temporal, a pesar de lo aparentemente corta que parece, resultó en una ligera segregación que ya se apreciaba en los perfiles de extinción trabajados, con muestras tomadas el 20 de febrero más semejantes a las del 01 de marzo en términos de su densidad.

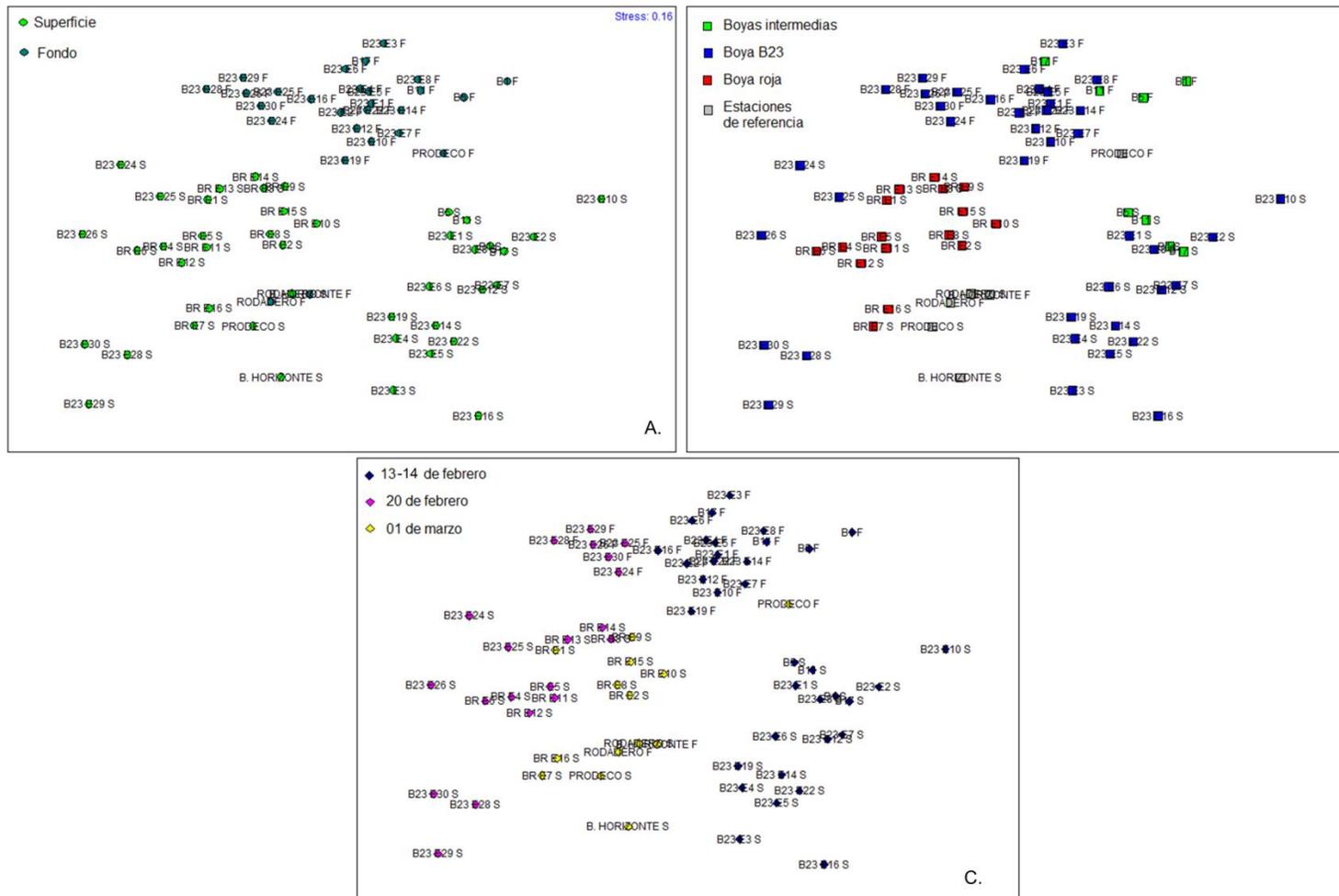


Figura 5.15. Análisis de ordenación NMSD para el ensamblaje fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 empleando como factor la profundidad (A), las diferentes boyas y estaciones de referencia (B) y los muestreo (C).



5.3.6. Fotopigmentos

5.3.6.1. Clorofila a y feofitina a

De las 20 muestras colectadas alrededor de la Boya B23 a nivel superficial en todas se detectó clorofila **a** variando las concentraciones entre 0,33 a 4,81 mg m⁻³, con un valor promedio de 1,56 ± 1,08 mg m⁻³.

Para las muestras de fondo, exceptuando B23 E3 en donde la concentración estuvo por debajo del límite de detección de la técnica empleada (< 0,28 mg m⁻³), se encontraron concentraciones ligeramente superiores en un rango de 0,38 a 4,01 y un valor promedio de 1,73 ± 0,84 mg m⁻³. Este mismo comportamiento fue determinado para las Boyas del canal de acceso, no obstante 2 en superficie y 1 en fondo presentaron concentraciones por debajo del límite de detección destacando que para la Boya B17 en ambas profundidades no fue detectado este fotopigmento. En relación a las concentraciones de las estaciones alrededor de la Boya B23, en las del canal de acceso estos fueron más altos con un promedio en superficie de 2,23 ± 0,00 mg m⁻³ y en fondo de 3,56 ± 0,56 mg m⁻³. En el caso de las estaciones de la Boya Roja, tres no sobrepasaron el mínimo de detección, obteniendo las otras un rango entre 1,60 a 5,34 mg m⁻³ y un valor promedio de 3,03 ± 1,22 mg m⁻³ el cual fue el más alto del muestreo teniendo en cuenta las muestras superficiales. Para el sector de puerto Drummond, estas concentraciones de clorofila **a** tanto en superficie como en fondo resultaron más altas que las determinadas para las tres estaciones de referencia (Figura 5.16).

Para el caso de la feofitina **a**, su concentración por debajo del límite de detección (< 0,19 mg m⁻³) se presentó en un mayor número de estaciones. De esta manera alrededor de la Boya B23 esto aconteció en 11 estaciones de superficie y 5 de fondo. Teniendo en cuenta que los promedios de clorofila **a** fueron superiores a los de feofitina **a**, se define al ensamblaje fitoplanctónico de las aguas superficiales y profundas como fotosintéticamente activo.

En las Boyas del canal de acceso para dos estaciones en superficie y las cuatro de fondo no se superó el límite de detección. A diferencia de lo observado en la Boya B23 los promedios de feofitina **a** en ambas profundidades resultaron más altos a los de la clorofila **a**, indicando un ensamblaje con un estado fisiológico deficiente a pesar de que el



promedio de clorofila **a** fue mayor al reportado en la Boya B23. Por su parte en la Boya Roja en 11 estaciones no se detectó feofitina **a** y al ser las concentraciones de clorofila **a** más altas se define un ensamblaje fitoplanctónico fotosintéticamente activo que cumple adecuadamente su papel de productor primario base de la red trófica marina, tal como ocurrió para las muestras de la Boya B23 para ambas profundidades (Figura 5.16).

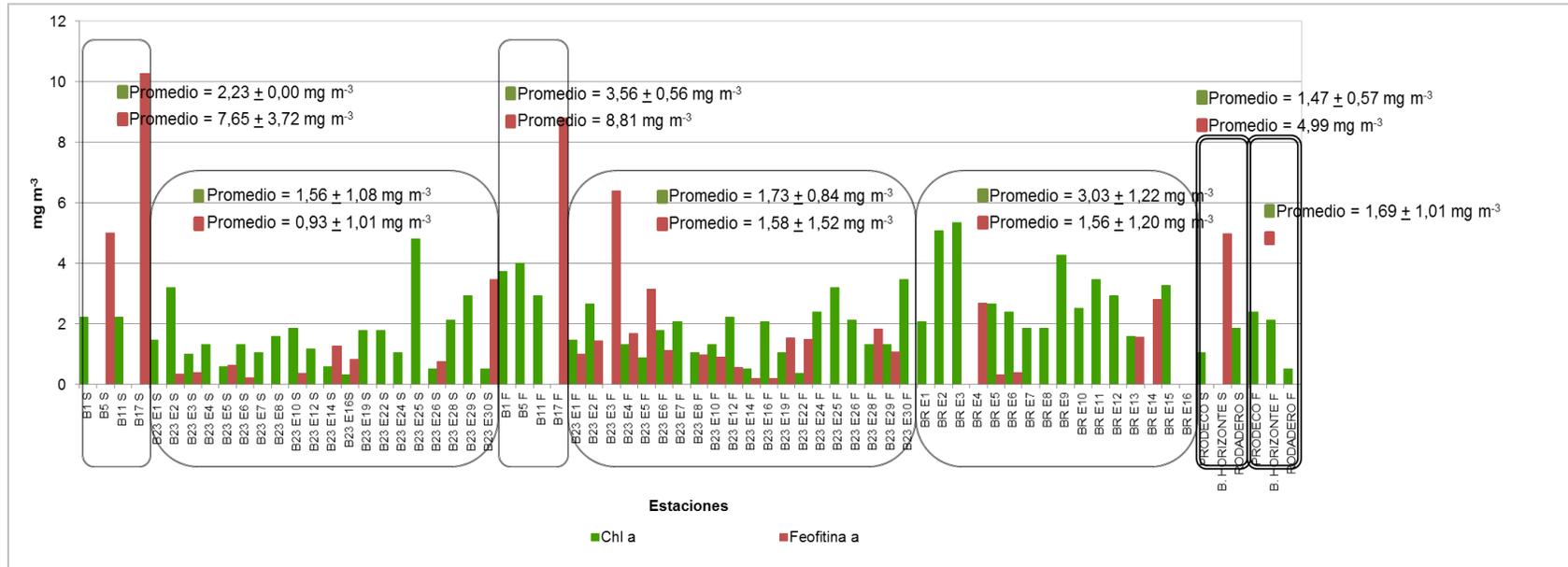


Figura 5.16. Concentración de clorofila a (Chl a), feofitina a y valores promedio (\pm desviación estándar) para las muestras colectadas durante el periodo febrero-marzo de 2013 teniendo en cuenta la profundidad (S – superficie; F – fondo).



5.3.6.2. Clorofilas b y c

El fotopigmento dominante para el fitoplancton marino es la clorofila **a**, pero también están presentes las clorofilas **b** y **c**, y pigmentos accesorios (carotenos, xantofilas y ficobilinas) que pueden estar involucrados en la conversión de materia inorgánica a productos orgánicos aprovechables. Para el presente estudio las concentraciones de clorofila **c**, junto con el número de estaciones en donde se cuantificó, fueron más altas en relación a la clorofila **b** (Figura 5.17). La clorofila **b** es propia de los grupos Chlorophyceae, Prasinophyceae y Euglenophyta, mientras que la **c** es común en Cryptophyta, Bacillariophyceae, Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Chrysophyceae y Raphidiophyceae (Jeffrey et al., 1997), De éstas no fueron registradas en el presente estudio Prasinophyceae, Cryptophyta, Prymnesiophyceae y Raphidiophyceae. No obstante, como se apreció en la Figura 5.5, el aporte a la riqueza de estos grupos, exceptuando Bacillariophyceae y Dinophyceae fue bajo, junto con las densidades que alcanzaron sus especies individuales (Anexo 5.5 y 5.6).

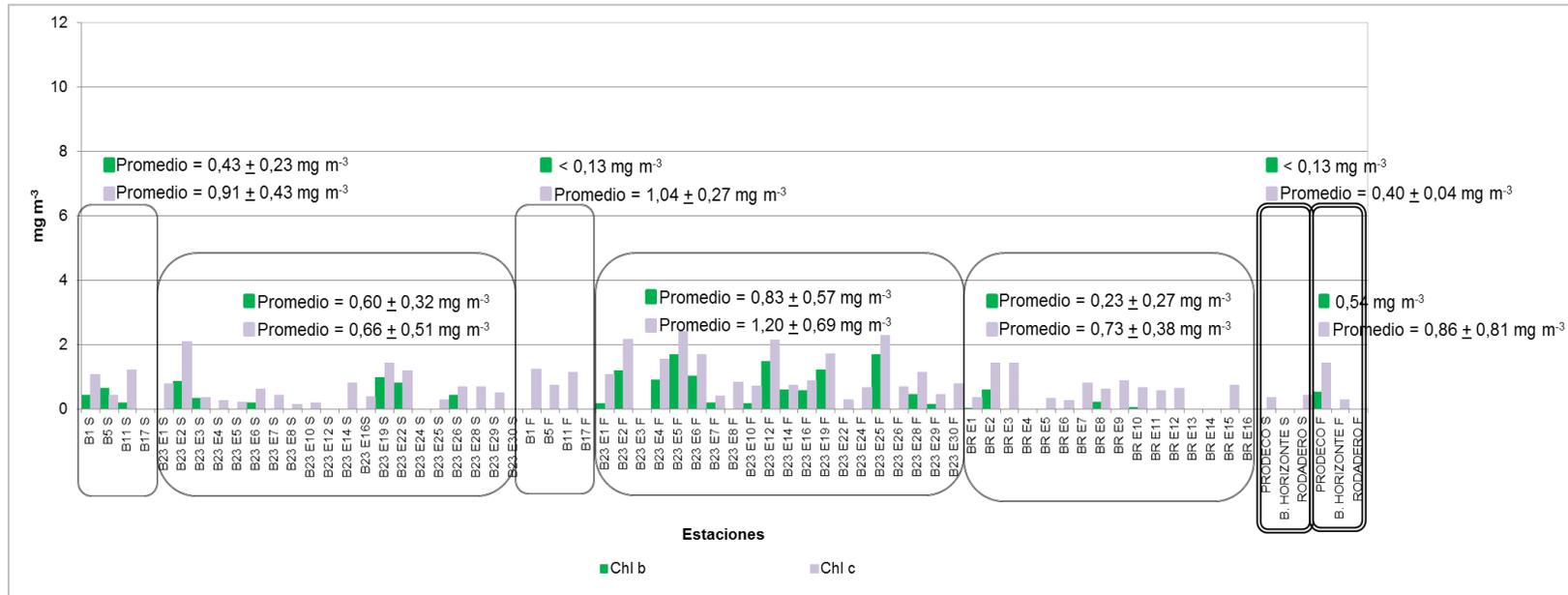


Figura 5.17. Concentración de clorofila b (Chl b) y clorofila c (Chl c) para las muestras colectadas durante el periodo febrero-marzo de 2013 teniendo en cuenta la profundidad (S – superficie; F – fondo).



5.4. BIBLIOGRAFIA

- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía. No. 1. Madrid. 310 p.
- Barnes, R.S.K. y R.N. Hughes. 1999. An introduction to marine ecology. Tercera edición. Blackwell Publishing. Reino Unido. 286 p.
- Cañón, M.L., G. Tous, K. López, R. López y F. Orozco. 2007. Variación espaciotemporal de los componentes fisicoquímico, zooplanctónico y microbiológico en la Bahía de Cartagena. Boletín Científico CIOH, 25: 120-134.
- Cañón, M.L., T. Vanegas, M. Gavilán, L.F. Morris y G. Tous. 2005. Dinámica planctónica, microbiológica y fisicoquímica en cuatro muelles de la bahía de Cartagena y buques de tráfico internacional. Boletín Científico CIOH, 23: 46-59.
- Caycedo, I.E. 1977. Fitoplancton de la Bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona), Mar Caribe Colombia. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas Punta Betín, 9: 17-44.
- Clarke, K. R y R. M. Warwick. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E, Segunda edición, Plymouth. 172 p.
- Cognetti, G., M. Sarà y G. Magazzù. 2001. Biología marina. Editorial Ariel. España. 619 p.
- Crisci, J. y M. López. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Monografía No 26 OEA. Serie Biología. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. EE.UU. 132 p.
- Dawes, C.J. 1986. Botánica marina. Editorial LIMUSA. México. 673 p.
- DRUMMOND LTD. 2012. Monitoreo biológico marino del terminal marítimo Drummond LTD. para los componentes de bentos en doce estaciones de monitoreo y para los componentes de fitoplancton, zooplancton e ictiofauna para siete estaciones de monitoreo. Informe semestral (I y II trimestre de 2012). 27 p.
- Dugdale, R.C. y F.P. Wilkerson. 1998. Silicate regulation of new production in the equatorial Pacific upwelling. Nature. 391: 270 – 273.
- Franco-Herrera, A. 2005. Oceanografía de la Ensenada de Gaira. El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe colombiano. Servigraphic Ltda. Bogotá. 56 p.
- Gómez, F., D. Moreira y P. López-García. 2010. *Neoceratium* gen. nov., a new genus for all marine species currently assigned to *Ceratium* (Dinophyceae). Protist. 161: 35-54.
- Graham, L. y L. Wilcox. 2000. Algae. Editorial Prentice Hall. 640 p.
- Guillard, R.R.L., y P. Kilham. 1977. The ecology of marine planktonic diatoms. 372 – 469. En: WERNER, D. (Ed). The biology of diatoms. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 498 p.
- Guisande, C., A. Vaamonde y A. Barreiro. 2011. Tratamiento de datos con R, Statistica y SPSS. Ediciones Díaz de santos. España, 978 p.
- Horner, R.A. 2002. A Taxonomic guide to some common phytoplankton. Biopress Limited, Dorset Press, Dorchester. Reino Unido. 195 p.
- Jeffrey, S.W., R.F.C. Mantoura y S.W. Wright. (Eds). 1997. Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines to modern methods. SCOR Publishing. Francia. 661 p.
- Jeffrey, S.W. y S.M. Carpenter. 1974. Seasonal succession of phytoplankton at a coastal station off Sydney. Australian Journal of Marine & Freshwater Research. 25: 361 – 369.



- Lalli, C.M. y T. Parsons. 1997. Biological oceanography: an introduction. Butterworth Heinemann. Gran Bretaña. 314 p.
- Lozano-Duque, Y., L.A. Vidal y G.R. Navas. 2010. La comunidad fitoplanctónica en el mar Caribe colombiano. 87-120. En: INVEMAR (Eds.). 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales, Invemar. 20: 458 p.
- Ludwig, J. y J. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. A primer on methods and computing. Ed. John Wiley and Sons. Nueva York. 338 p.
- Margalef, R. 1991. Ecología. Ediciones Omega. Barcelona. 951 p.
- Mishra, S., G. Sahu, A. K. Mohanty, S.K. Singh y R.C. Panigrahy. 2006. Impact of the diatom *Asterionella glacialis* (Castracane) bloom on the water quality and phytoplankton community structure in coastal waters of Gopalpur Sea, Bay of Bengal. Asian Journal of Water, Environment and Pollution. 3(2): 71-77.
- Osorio, J.S. 2010. Dinámica espacio-temporal del fitoplancton en la Bahía de Cartagena y su relación con parámetros fisicoquímicos en un ciclo climático anual. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 98 p.
- Owre, H.B. y M. Foyo. 1967. Copepods of the Florida current. Manuals for the identification of the fauna of the tropical Western Atlantic. Fauna Caribbean: Crustacea, part I: Copepoda. Institute of Marine Science. Miami. 137 p.
- Parsons, T.R., Y. Maita y C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. Toronto. 173 p.
- Parsons, T.R. y M. Takahashi. 1973. Biological oceanography processes. Pergamon Press. Gran Gretaña. 186 p.
- Ramírez, A. 1999. Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Fé de Bogotá. 300 p.
- Ramírez, J. 2008. Dinámica espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica durante eventos de surgencia y no surgencia, en la zona costera del Departamento del Magdalena, Caribe colombiano. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 131 p.
- Reynolds, C. 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press. New York, EE.UU. 535 p.
- Round, F.E., R.M. Crawford y D.G. Mann. 1990. The diatoms, biology and morphology of the genera. Cambridge University Press. Nueva York. 747 p.
- See, J.H., L. Campbell, T.L. Richardson, J.L. Pinckney y R. Shen. 2005. Combining new technologies for determination of phytoplankton community structure in the northern Gulf of Mexico. Journal of Phycology. 41: 305-310.
- Suárez, V. 2007. Biodiversidad del fitoplancton en aguas de lastre de buques de tráfico internacional y en los principales muelles cargueros de la Bahía de Cartagena – Colombia. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 118 p.
- Subba, V. 1969. *Asterionella japonica* bloom and discoloration off Waltair, Bay of Bengal. Limnology and Oceanography., 14(4): 632-634.
- Tigreros, P.C. y A. Franco. 2012. Biodiversidad: ácido un placer conocerlo. Editorial Editadeo. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, 123 p.
- Tigreros, P.C. 2001. Biodiversidad y valoración bioquímica del fitoplancton marino en ambientes costeros mesotróficos y oligotróficos tropicales, Caribe colombiano. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 173 p.

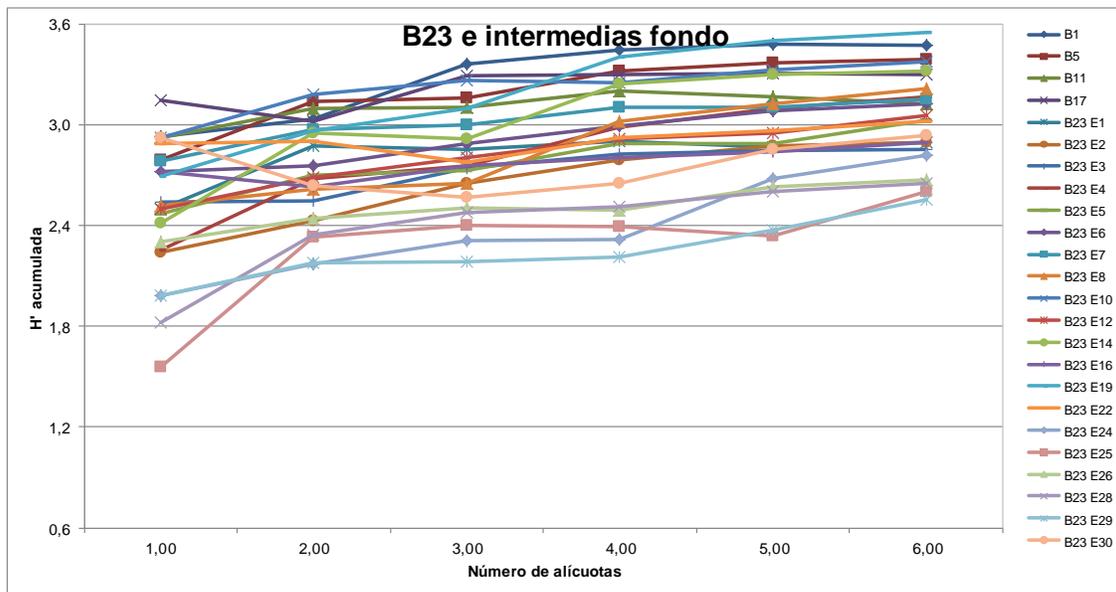
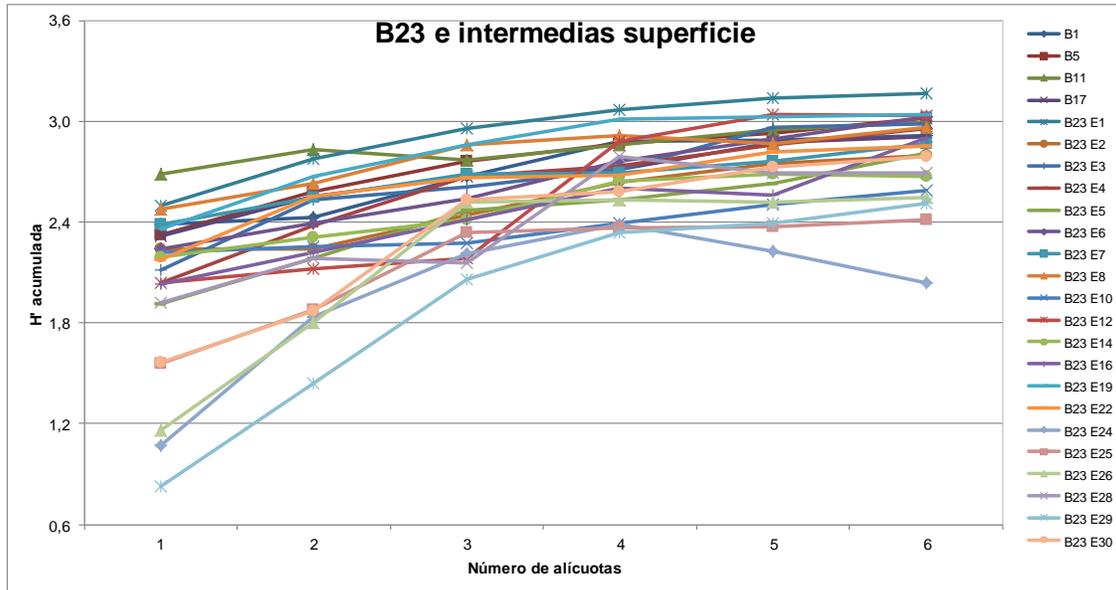


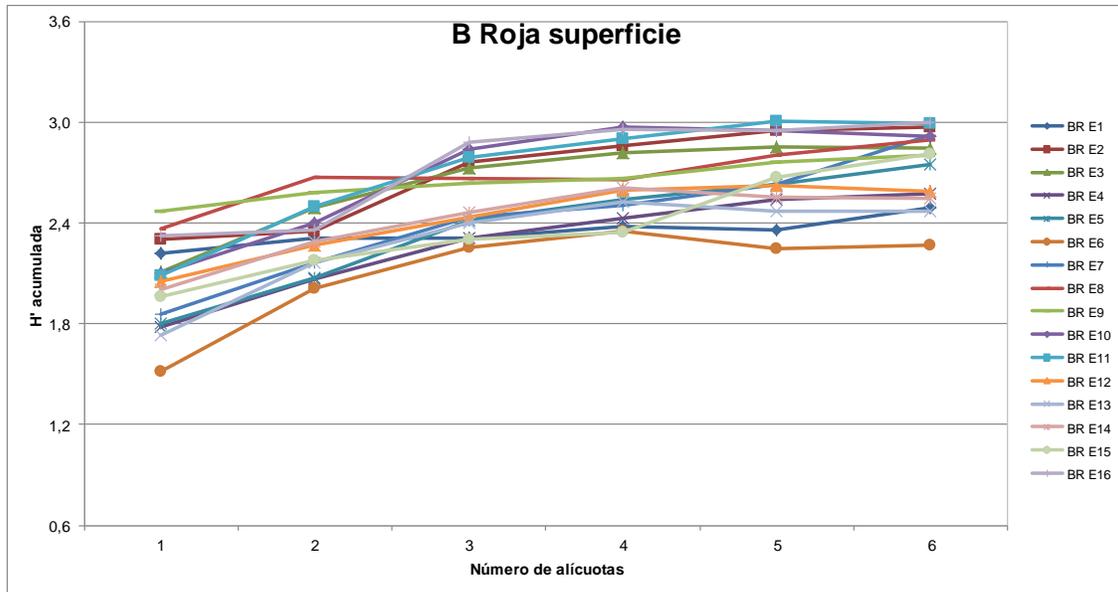
- Tomas, C. 1997. Identifying marine phytoplankton. Academic Press. U.S.A. 858 p.
- Torres, E.A. 2007. La comunidad fitoplanctónica presente en un evento de surgencia, frente a la costa del Departamento del Magdalena, Caribe colombiano, año 2006. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 104 p.
- Vásquez, D. 2006. Dinámica estructural de la comunidad fitoplanctónica en la Bahía de Cispatá, asociada a la industria camaronera local. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 173 p.
- Vidal, L.A. 2010. Manual del fitoplancton hallado en la Ciénaga Grande de Santa Marta y cuerpos de agua aledaños. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia, 384 p.
- Vidal, L.A. y M.C. Carbonell. 1977. Diatomeas y dinoflagelados de la Bahía de Cartagena. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, 360 p.



CAPÍTULO 5 ANEXOS

Anexo 5-1. Curvas de diversidad acumulada mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener para las muestras del componente fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013.





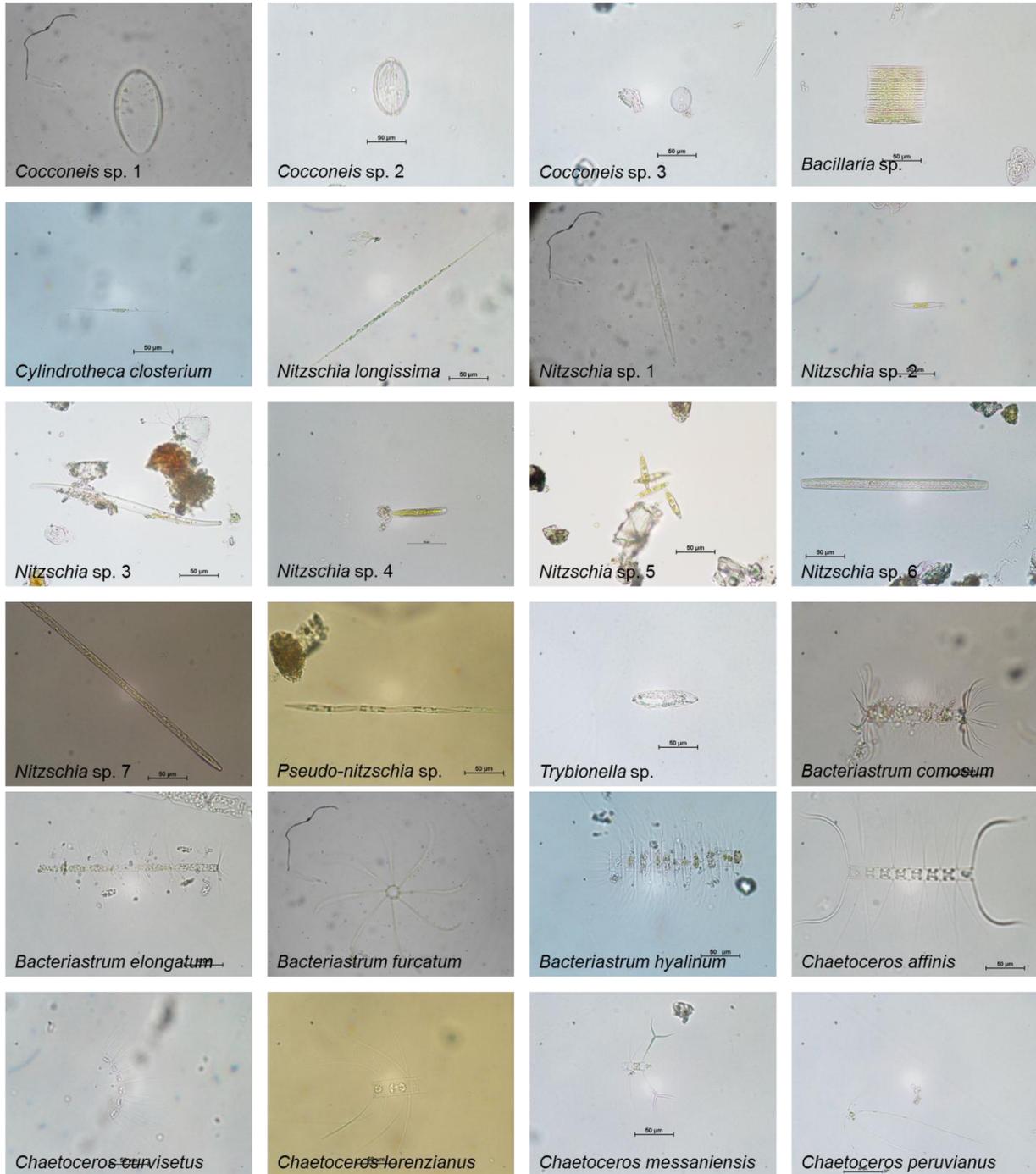


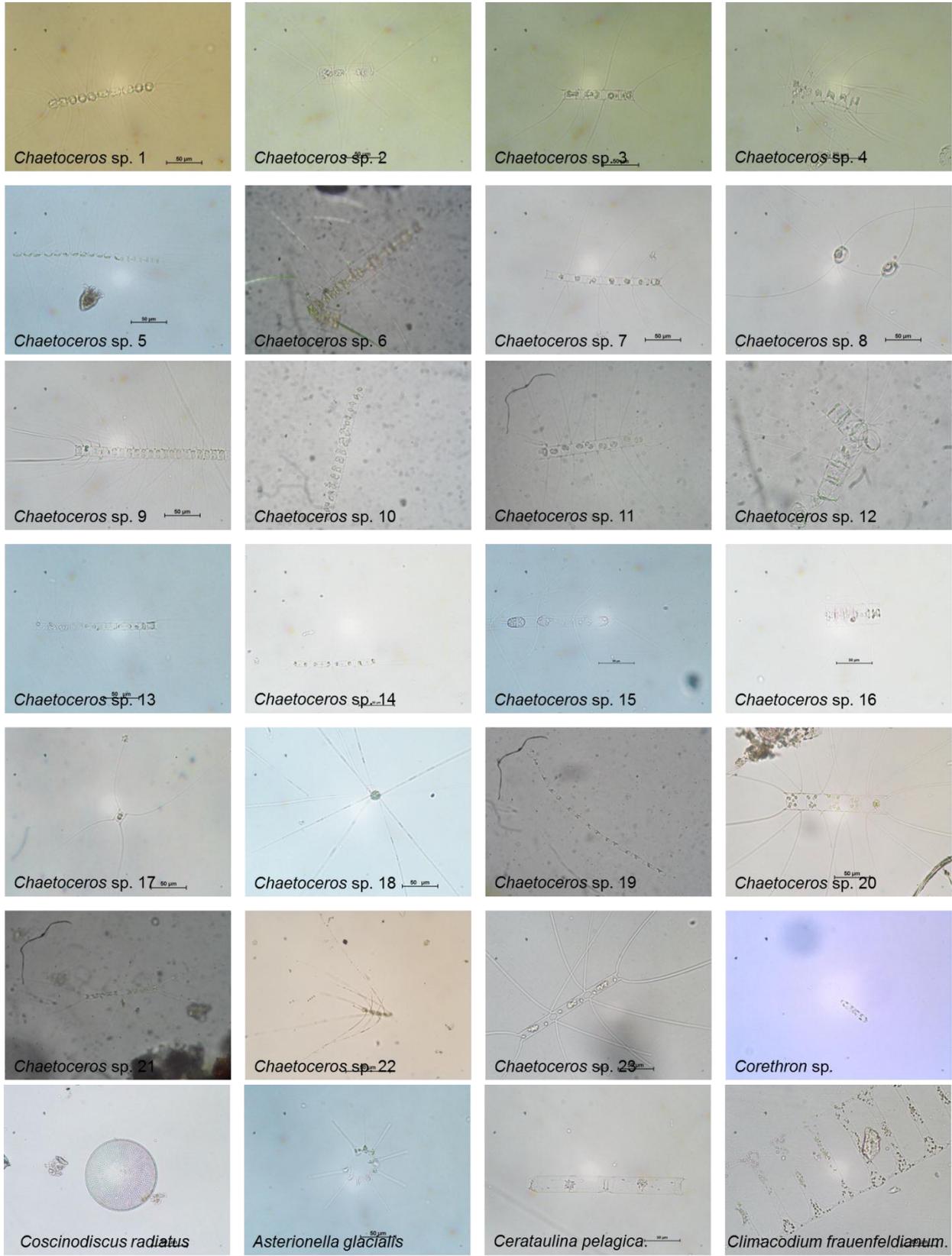
Anexo 5-2. Sistemática empleando el nivel taxonómico de género del componente fitoplanctónico identificado durante el periodo febrero-marzo de 2013.

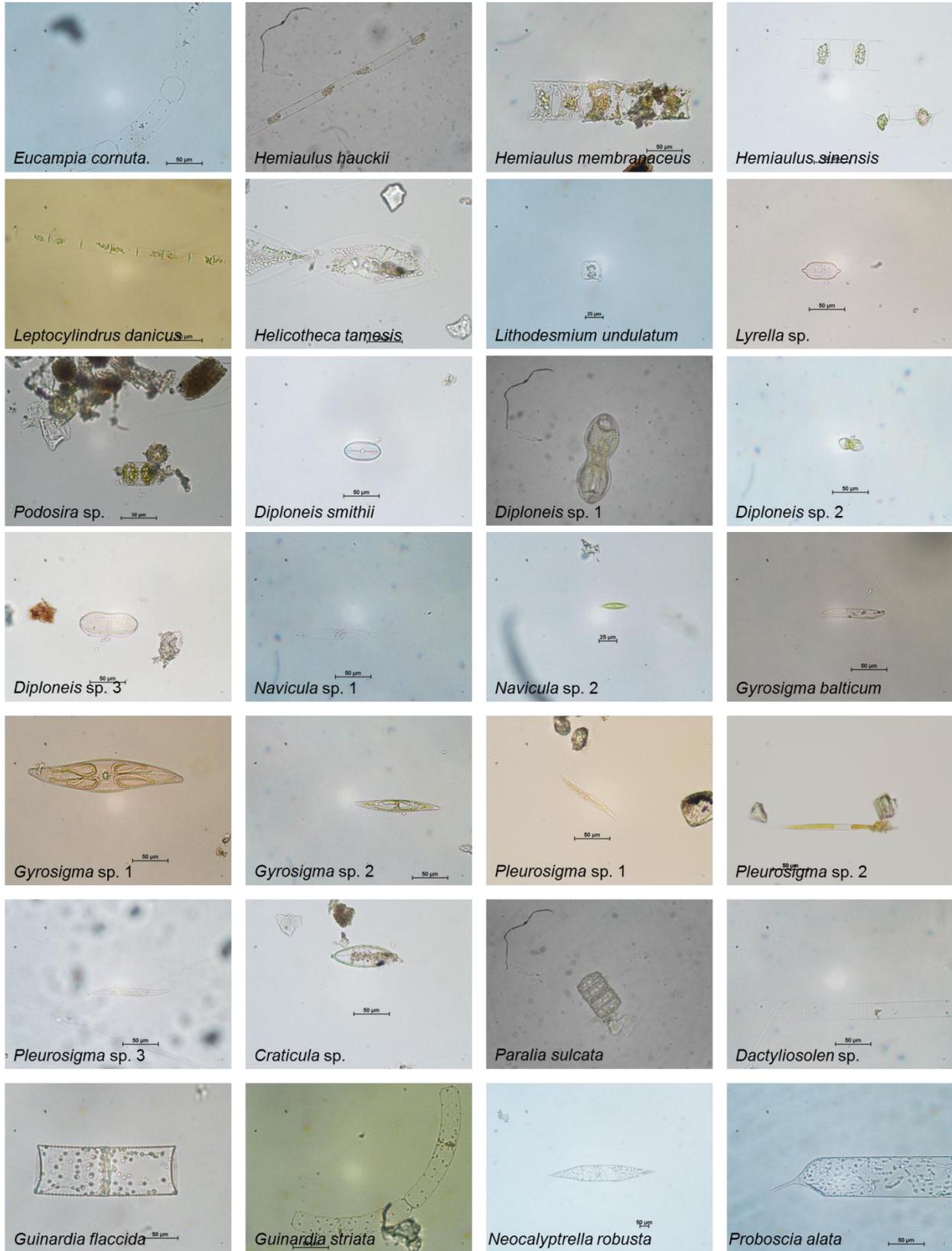
Phylum	Clase	Orden	Familia	Género
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Bacillaria</i>
				<i>Cylindrotheca</i>
				<i>Nitzschia</i>
				<i>Pseudo-nitzschia</i>
				<i>Tryblionella</i>
		Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Bacteriastrium</i> <i>Chaetoceros</i>
		Corethrales	Corethraceae	<i>Coretron</i>
		Coscinodisciales	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i>
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Asterionella</i>
				<i>Fragilaria</i>
		Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Cerataulina</i>
				<i>Climacodium</i>
				<i>Eucampia</i>
				<i>Hemiaulus</i>
		Leptocylindrales	Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus</i>
		Lithodesmiales	Lithodesmiaceae	<i>Helicotheca</i>
				<i>Lithodesmium</i>
		Lyrellales	Lyrellaceae	<i>Lyrella</i>
		Melosirales	Hyalodiscaceae	<i>Podosira</i>
		Naviculales	Diploneidaceae	<i>Diploneis</i>
			Naviculaceae	<i>Navicula</i>
			Pleurosigmaeae	<i>Gyrosigma</i>
				<i>Pleurosigma</i>
		Stauroneidaceae	<i>Craticula</i>	
		Paraliales	Paraliaceae	<i>Paralia</i>
		Rhaphoneidales	Rhaphoneidaceae	<i>Neodelphineis</i>
	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Dactyliosolen</i>	
			<i>Guinardia</i>	
			<i>Neocalyptrella</i>	
			<i>Proboscia</i>	
<i>Pseudosolenia</i> <i>Rhizosolenia</i>				
Surirellales	Entomoneidaceae	<i>Entomoneis</i>		
Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Lioloma</i>		
		<i>Thalassionema</i> <i>Thalassiothrix</i>		
Thalassiosiphysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>		
Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i>		
	Skeletonemaceae	<i>Skeletonema</i>		
Triceratiales	Triceratiaceae	<i>Odontella</i>		
		<i>Triceratium</i>		
Dictyochophyceae	Dictyochales	Dictyochaceae	<i>Dictyochoa</i> <i>Octactis</i>	
		Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis</i>
Myzozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Neoceratium</i>
			Gonyaulacaceae	<i>Gonyaulax</i>
		Pyrophacaceae	<i>Pyrophacus</i>	
			Gymnodiniaceae	<i>Gyrodinium</i>
		Noctilucales	Noctilucaceae	<i>Noctiluca</i>
		Peridinales	Oxytoxaceae	<i>Oxytoxum</i>
			Peridiniaceae	<i>Scrippsiella</i>
			Proto-peridiniaceae	<i>Diplopsalis</i>
				<i>Proto-peridinium</i>
		Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum</i>
			Selenastraceae	<i>Ankistrodesmus</i>
				Clorofita 1
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i>
		Oscillatoriales	Borziaceae	<i>Komvophoron</i>
			Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>
				Cianofita 1
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i>

Anexo 5-3. Iconografía del ensamblaje fitoplanctónico identificado durante el periodo febrero-marzo de 2013 (se excluyen *Chaetoceros lacinosus*, *Chaetoceros* sp. 24, *Coscinodiscus* sp., *Fragilaria* sp., *Neodelphineis pelagica*, *Odontella* sp. 6).

Ochrophyta

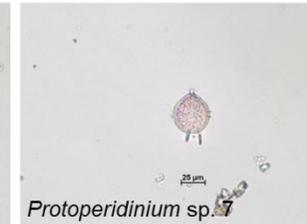
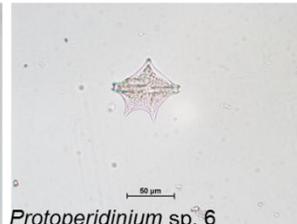
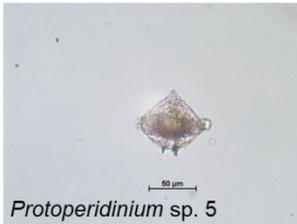
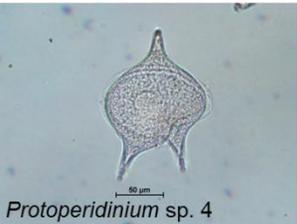
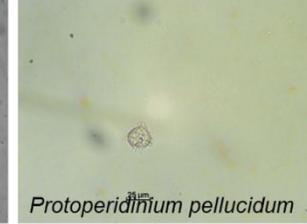
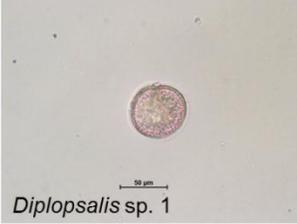
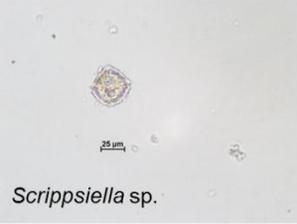
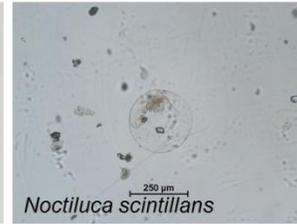
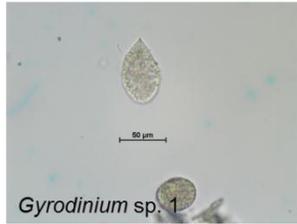
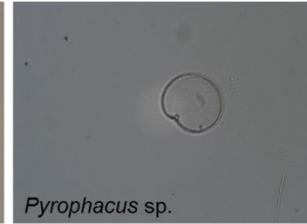
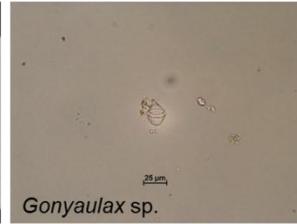
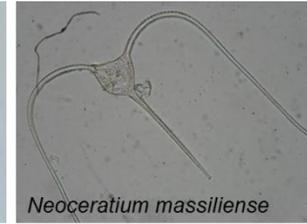
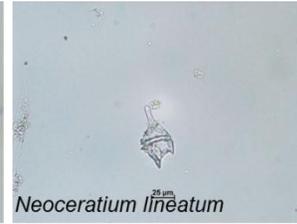
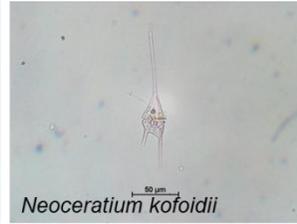
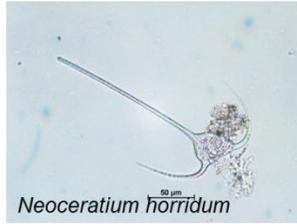
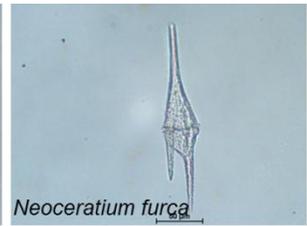
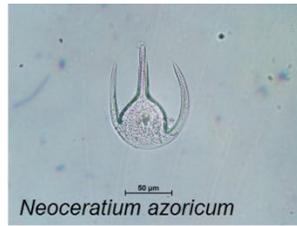
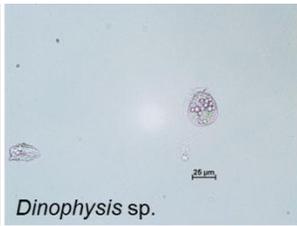
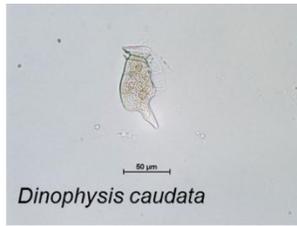




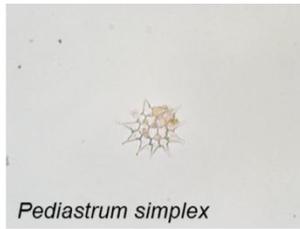




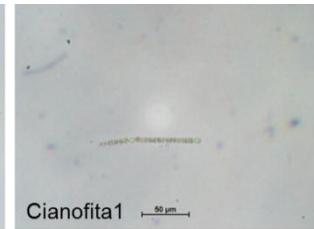
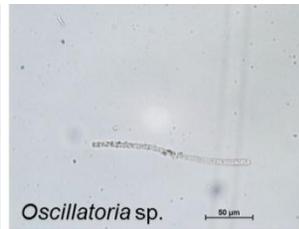
Myzozoa



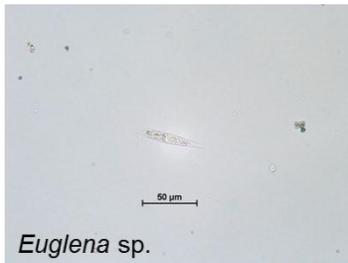
Chlorophyta



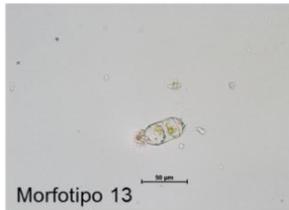
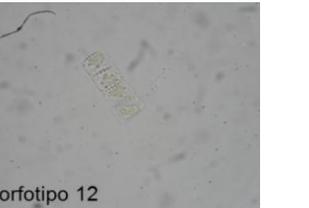
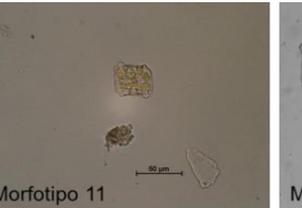
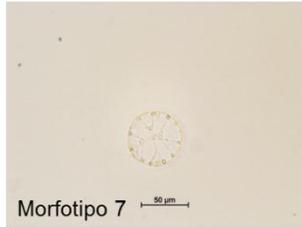
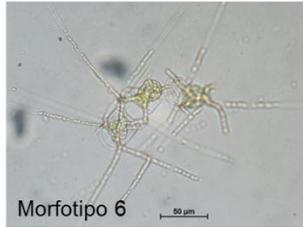
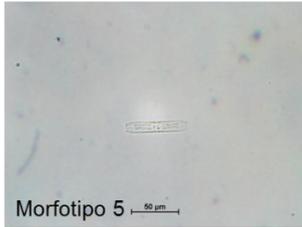
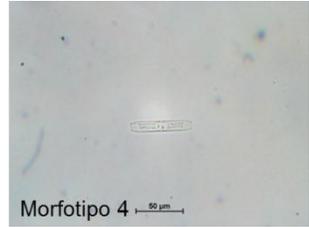
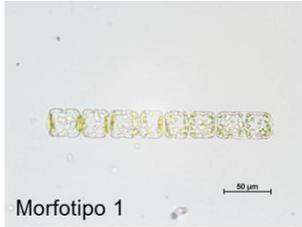
Cyanobacteria



Euglenophyta



Morfotipos





Anexo 5-4. Composición de especies-taxa (presencia-ausencia) para el componente fitoplanctónico colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013 alrededor de la Boya B23, Boyas intermedias (B1, B5, B11, B17), Boya Roja y estaciones de referencia (PRODECO S.A., Bello Horizonte, Rodadero) teniendo en cuenta la profundidad (S - superficie; F - fondo).

Especie-taxa	BI S	B23 S	BI F	B23 F	BR	Referencia S	Referencia F
<i>Cocconeis</i> sp. 1		X		X	X		X
<i>Cocconeis</i> sp. 2				X			X
<i>Cocconeis</i> sp. 3				X			
<i>Bacillaria</i> sp.	X	X	X	X	X		X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia longissima</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia</i> sp. 1		X	X	X	X		
<i>Nitzschia</i> sp. 2		X	X	X	X		
<i>Nitzschia</i> sp. 3		X		X	X		
<i>Nitzschia</i> sp. 4		X		X	X		
<i>Nitzschia</i> sp. 5				X			
<i>Nitzschia</i> sp. 6				X	X		
<i>Nitzschia</i> sp. 7				X	X		X
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tryblionella</i> sp.				X	X		
<i>Bacteriastrium comosum</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Bacteriastrium elongatum</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Bacteriastrium furcatum</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>		X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros affinis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros lacinosus</i>						X	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros messanensis</i>			X	X			X
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	X	X	X	X	X		X
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 4	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 6	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 7	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 8	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 9	X	X	X	X	X		X
<i>Chaetoceros</i> sp. 10	X	X	X	X			
<i>Chaetoceros</i> sp. 11	X	X	X	X	X	X	
<i>Chaetoceros</i> sp. 12	X	X	X	X			
<i>Chaetoceros</i> sp. 13	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 14	X	X	X	X			
<i>Chaetoceros</i> sp. 15	X	X	X	X	X	X	
<i>Chaetoceros</i> sp. 16	X	X	X	X			X
<i>Chaetoceros</i> sp. 17	X	X	X	X	X		X



Especie-taxa	BI S	B23 S	BI F	B23 F	BR	Referencia S	Referencia F
<i>Chaetoceros</i> sp. 18	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 19	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 20	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetoceros</i> sp. 21				X			X
<i>Chaetoceros</i> sp. 22				X			X
<i>Chaetoceros</i> sp. 23					X		
<i>Chaetoceros</i> sp. 24						X	
<i>Corethron</i> sp.				X	X	X	X
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Coscinodiscus</i> sp.	X	X	X	X	X	X	
<i>Asterionella glacialis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Fragilaria</i> sp.		X	X	X			
<i>Cerataulina pelagica</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>							X
<i>Eucampia cornuta</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hemiaulus hauckii</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	X	X	X	X		X	X
<i>Hemiaulus sinensis</i>			X	X	X		X
<i>Leptocylinndrus danicus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Helicotheca tamesis</i>		X	X	X	X		X
<i>Lithodesmium undulatum</i>		X	X	X		X	X
<i>Lyrella</i> sp.				X			
<i>Podosira</i> sp.			X	X	X		
<i>Diploneis smithii</i>				X			
<i>Diploneis</i> sp. 1	X						
<i>Diploneis</i> sp. 2		X					
<i>Diploneis</i> sp. 3				X			
<i>Navicula</i> sp. 1		X		X	X	X	X
<i>Navicula</i> sp. 2				X	X		X
<i>Gyrosigma</i> sp. 1	X	X	X	X	X		X
<i>Gyrosigma</i> sp. 2	X	X	X	X	X		
<i>Gyrosigma balticum</i>				X			
<i>Pleurosigma</i> sp. 1			X	X	X		
<i>Pleurosigma</i> sp. 2				X			
<i>Pleurosigma</i> sp. 3				X	X		
<i>Craticula</i> sp.				X			
<i>Paralia sulcata</i>		X	X	X	X	X	X
<i>Neodelphineis pelagica</i>					X		X
<i>Dactyliosolen</i> sp.		X		X			
<i>Guinardia flaccida</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Guinardia striata</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Neocalyptrella robusta</i>	X	X	X	X	X		
<i>Proboscia alata</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	X	X	X	X	X	X	
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia setigera</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia striata</i>				X	X		X



Especie-taxa	BI S	B23 S	BI F	B23 F	BR	Referencia S	Referencia F
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3		X			X		
<i>Entomoneis alata</i>				X	X		
<i>Lioloma pacificum</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Amphora ostrearia</i>				X	X		
<i>Amphora</i> sp. 1				X			
<i>Amphora</i> sp. 2				X			
<i>Thalassiosira</i> sp.		X		X	X	X	
<i>Skeletonema costatum</i>	X	X	X	X	X		X
<i>Odontella mobiliensis</i>		X	X	X	X		X
<i>Odontella regia</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Odontella</i> sp. 1	X	X	X	X	X		X
<i>Odontella</i> sp. 2			X	X	X	X	
<i>Odontella</i> sp. 3		X		X	X	X	X
<i>Odontella</i> sp. 4		X		X	X		
<i>Odontella</i> sp. 5				X	X		
<i>Odontella</i> sp. 6					X		
<i>Triceratium favus</i>		X					
<i>Dictyocha fibula</i>		X	X	X	X	X	X
<i>Dictyocha</i> sp.				X	X		
<i>Octactis octonaria</i>		X		X	X	X	X
<i>Dinophysis caudata</i>					X		
<i>Dinophysis</i> sp.					X		
<i>Neoceratium azoricum</i>	X	X					
<i>Neoceratium furca</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Neoceratium horridum</i>		X	X	X	X		
<i>Neoceratium kofoidii</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Neoceratium lineatum</i>				X	X		
<i>Neoceratium massiliense</i>	X	X	X	X			
<i>Neoceratium symmetricum</i>			X	X	X		
<i>Neoceratium tripos</i>		X					
<i>Gonyaulax</i> sp.				X	X		
<i>Pyrophacus</i> sp.	X	X		X			
<i>Gyrodinium</i> sp. 1	X	X		X	X		
<i>Gyrodinium</i> sp. 2				X	X		
<i>Noctiluca scintillans</i>				X	X		X
<i>Oxytoxum scolopax</i>				X	X	X	
<i>Scrippsiella</i> sp.					X		
<i>Diplopsalis</i> sp. 1		X	X	X	X		
<i>Diplopsalis</i> sp. 2	X	X	X				
<i>Protoperdinium pellucidum</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Protoperdinium steinii</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Protoperdinium</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X
<i>Protoperdinium</i> sp. 2	X	X	X	X	X		X



Especie-taxa	BI S	B23 S	BI F	B23 F	BR	Referencia S	Referencia F
<i>Protoberidinium</i> sp. 3	X	X		X	X		
<i>Protoberidinium</i> sp. 4	X	X	X	X	X	X	X
<i>Protoberidinium</i> sp. 5					X		
<i>Protoberidinium</i> sp. 6					X	X	
<i>Protoberidinium</i> sp. 7					X		
<i>Cosmarium</i> sp.				X			
<i>Pediastrum simplex</i>		X		X			
<i>Ankistrodesmus</i> sp.		X	X	X	X		
Clorofita 1	X	X	X	X	X		
<i>Merismopedia</i> sp.			X				X
<i>Komvophoron</i> sp.	X	X					X
<i>Oscillatoria</i> sp.				X			
Cianofita 1		X					
<i>Euglena</i> sp.		X				X	
Morfotipo 1	X	X	X	X	X	X	X
Morfotipo 2		X		X	X		X
Morfotipo 3	X	X	X	X	X		
Morfotipo 4		X	X	X	X		
Morfotipo 5		X	X	X			
Morfotipo 6				X			
Morfotipo 7				X	X	X	X
Morfotipo 8				X			
Morfotipo 9				X			
Morfotipo 10				X			
Morfotipo 11		X		X	X		X
Morfotipo 12					X		
Morfotipo 13					X		X
TOTAL	74	105	89	138	118	66	83



Anexo 5-5. Densidades (células L⁻¹) del ensamblaje fitoplanctónico identificado colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013. Boyas intermedias, superficie (S) y fondo (F).

Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Cocconeis</i> sp. 1								
<i>Cocconeis</i> sp. 2								
<i>Cocconeis</i> sp. 3								
<i>Bacillaria</i> sp.	187	107		80	1.920	2.240	3.547	4.827
<i>Cylindrotheca closterium</i>	187	133	80	80	1.867	1.440	213	1.920
<i>Nitzschia longissima</i>	27	27		27	1.040	480	347	800
<i>Nitzschia</i> sp. 1						133	293	240
<i>Nitzschia</i> sp. 2								53
<i>Nitzschia</i> sp. 3								
<i>Nitzschia</i> sp. 4								
<i>Nitzschia</i> sp. 5								
<i>Nitzschia</i> sp. 6								
<i>Nitzschia</i> sp. 7								
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	2.080	1.147	533	480	2.080	1.093	720	1.920
<i>Tryblionella</i> sp.								
<i>Bacteriastrum comosum</i>			267				800	
<i>Bacteriastrum elongatum</i>		773			400		1.067	
<i>Bacteriastrum furcatum</i>			240		1.813	400	1.067	80
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>					1.387	373		
<i>Chaetoceros affinis</i>	6.000	5.040	3.920	2.853	10.347	9.787	2.987	800
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	187		240	427		133	320	
<i>Chaetoceros laciniosus</i>								
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	1.280	1.493	1.760	187	2.827	933	1.520	2.133
<i>Chaetoceros messanensis</i>							640	
<i>Chaetoceros peruvianus</i>			27		1.387	53		
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	3.920	2.853	3.760	1.920	2.480	1.147		
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	2.933	1.013	1.280	1.573	1.387	1.333		
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	9.413	9.733	3.893	5.493	11.333	3.627	3.760	880
<i>Chaetoceros</i> sp. 4	827	187	133	987		3.067		



Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	4.080	2.907	4.293	4.960	8.480	3.627	3.013	1.227
<i>Chaetoceros</i> sp. 6	133				1.067			
<i>Chaetoceros</i> sp. 7	2.667	1.547	533	2.027	3.333	2.773	1.227	1.440
<i>Chaetoceros</i> sp. 8	107	160	320	53	880		427	80
<i>Chaetoceros</i> sp. 9	2.187	3.760	2.320	4.747	1.520	1.653		
<i>Chaetoceros</i> sp. 10	827	1.067	400	587	1.333	2.000		2.853
<i>Chaetoceros</i> sp. 11		1.413	1.467	1.093	1.253		160	
<i>Chaetoceros</i> sp. 12	133	747	80		1.733	133		
<i>Chaetoceros</i> sp. 13	293	400	1.973	1.227	6.533	1.760	427	2.373
<i>Chaetoceros</i> sp. 14	453				2.560	1.733	240	267
<i>Chaetoceros</i> sp. 15	453	1.253	320	507	2.853		187	
<i>Chaetoceros</i> sp. 16	293	133		213	107			1.147
<i>Chaetoceros</i> sp. 17	27		27		133	107		427
<i>Chaetoceros</i> sp. 18		27	80	80	27		160	5.600
<i>Chaetoceros</i> sp. 19	373	80			1.467	2.640		
<i>Chaetoceros</i> sp. 20	480	187	293	107	1.333	2.213	2.107	
<i>Chaetoceros</i> sp. 21								
<i>Chaetoceros</i> sp. 22								
<i>Chaetoceros</i> sp. 23								
<i>Chaetoceros</i> sp. 24								
<i>Corethron</i> sp.								
<i>Coscinodiscus radiatus</i>				27	27	720	80	853
<i>Coscinodiscus</i> sp.	160		80		160	773	427	853
<i>Asterionella glacialis</i>	320	2.667	320	80	10.160	7.867	10.667	7.733
<i>Fragilaria</i> sp.					160			
<i>Cerataulina pelagica</i>	80	400	107	53	2.053	1.173	960	853
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>								
<i>Eucampia cornuta</i>			27				347	373
<i>Hemiaulus hauckii</i>	267	240	107		2.720	1.227	987	720
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	320	133	133	347	1.200	53	533	427
<i>Hemiaulus sinensis</i>					773			
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1.120	3.493	5.280	3.227	9.040	10.933	8.373	4.827



Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Helicotheca tamesis</i>					453	133		
<i>Lithodesmium undulatum</i>							347	
<i>Lyrella</i> sp.								
<i>Podosira</i> sp.						160		
<i>Diploneis smithii</i>								
<i>Diploneis</i> sp. 1			27					
<i>Diploneis</i> sp. 2								
<i>Diploneis</i> sp. 3								
<i>Navicula</i> sp. 1								
<i>Navicula</i> sp. 2								
<i>Gyrosigma</i> sp. 1	27		27			240		373
<i>Gyrosigma</i> sp. 2		27				27		
<i>Gyrosigma balticum</i>								
<i>Pleurosigma</i> sp. 1						27		160
<i>Pleurosigma</i> sp. 2								
<i>Pleurosigma</i> sp. 3								
<i>Craticula</i> sp.								
<i>Paralia sulcata</i>					53		427	
<i>Neodelphineis pelagica</i>								
<i>Dactyliosolen</i> sp.								
<i>Guinardia flaccida</i>	240	320	320	53	400	1.173	107	2.480
<i>Guinardia striata</i>	960	880	1.147	480	2.640	5.360	5.120	2.507
<i>Neocalyptrella robusta</i>		27	27	27	213	53	160	267
<i>Proboscia alata</i>	53		293	133		80	693	
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	213	133	213	53	1.253	1.413	133	160
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	107	267	53		347	373	507	213
<i>Rhizosolenia setigera</i>	160	160	293	613	1.787	1.253	1.040	720
<i>Rhizosolenia striata</i>								
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1	27	213	53	453	587	640	880	427
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2	107	53	507	27	853	1.440	560	427
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3								
<i>Entomoneis alata</i>								



Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Lioloma pacificum</i>	107	27	373	80	107	933	1.067	613
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1.733	2.373	3.387	1.573	9.947	6.107	8.240	6.613
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	293	27	53	613	1.253	133	347	160
<i>Amphora ostrearia</i>								
<i>Amphora</i> sp. 1								
<i>Amphora</i> sp. 2								
<i>Thalassiosira</i> sp.								
<i>Skeletonema costatum</i>		1.307				3.947		560
<i>Odontella mobiliensis</i>					693	560	27	480
<i>Odontella regia</i>		160	27	27	640	187	560	400
<i>Odontella</i> sp. 1			53		533		53	
<i>Odontella</i> sp. 2							213	
<i>Odontella</i> sp. 3								
<i>Odontella</i> sp. 4								
<i>Odontella</i> sp. 5								
<i>Odontella</i> sp. 6								
<i>Triceratium favus</i>								
<i>Dictyocha fibula</i>					373	133		213
<i>Dictyocha</i> sp.								
<i>Octactis octonaria</i>								
<i>Dinophysis caudata</i>								
<i>Dinophysis</i> sp.								
<i>Neoceratium azoricum</i>			27					
<i>Neoceratium furca</i>	133	293			187	213	1.813	667
<i>Neoceratium horridum</i>								107
<i>Neoceratium kofoidii</i>			53					320
<i>Neoceratium lineatum</i>								
<i>Neoceratium massiliense</i>			53		27	27		
<i>Neoceratium symmetricum</i>							53	
<i>Neoceratium tripos</i>								
<i>Gonyaulax</i> sp.								
<i>Pyrophacus</i> sp.				27				



Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Gyrodinium</i> sp. 1	27							
<i>Gyrodinium</i> sp. 2								
<i>Noctiluca scintillans</i>								
<i>Oxytoxum scolopax</i>								
<i>Scrippsiella</i> sp.								
<i>Diplopsalis</i> sp. 1								107
<i>Diplopsalis</i> sp. 2	27	27			27			
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	347	80		27	880	560	27	160
<i>Protoperidinium steinii</i>		133	27		27			107
<i>Protoperidinium</i> sp. 1	27					400		80
<i>Protoperidinium</i> sp. 2	53	107		53				107
<i>Protoperidinium</i> sp. 3	53							
<i>Protoperidinium</i> sp. 4		27			53	187		80
<i>Protoperidinium</i> sp. 5								
<i>Protoperidinium</i> sp. 6								
<i>Protoperidinium</i> sp. 7								
<i>Cosmarium</i> sp.								
<i>Pediastrum simplex</i>								
<i>Ankistrodesmus</i> sp.					53			80
Clorofita 1		27			213			
<i>Merismopedia</i> sp.					27			
<i>Komvophoron</i> sp.				1.333				
<i>Oscillatoria</i> sp.								
Cianofita 1								
<i>Euglena</i> sp.								
Morfotipo 1	213	480	80	80	1.307	1.120	133	427
Morfotipo 2								
Morfotipo 3			53		347		53	
Morfotipo 4					27			
Morfotipo 5					27	80		107
Morfotipo 6								
Morfotipo 7								



Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
Morfotipo 8								
Morfotipo 9								
Morfotipo 10								
Morfotipo 11								
Morfotipo 12								
Morfotipo 13								
TOTAL	46.720	50.267	41.440	39.093	126.507	94.587	70.160	64.827

Boya B23 superficie

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Cocconeis</i> sp. 1									27											
<i>Cocconeis</i> sp. 2																				
<i>Cocconeis</i> sp. 3																				
<i>Bacillaria</i> sp.	107	27	267		53		160	80		133	187		293	267	293	400	133	133	293	427
<i>Cylindrotheca closterium</i>	107	80	27	53			46	427		213				27	133	400	400		187	27
<i>Nitzschia longissima</i>		27	27			27			80	27			27			133	267	27	187	213
<i>Nitzschia</i> sp. 1	27															27			80	
<i>Nitzschia</i> sp. 2			27														133			
<i>Nitzschia</i> sp. 3																		27		
<i>Nitzschia</i> sp. 4																	107			
<i>Nitzschia</i> sp. 5																				
<i>Nitzschia</i> sp. 6																				
<i>Nitzschia</i> sp. 7																				
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	427	1.067	133	320			1.211	613	880	187			160	53	320	880	613	293	240	53
<i>Tryblionella</i> sp.																				
<i>Bacteriastrum comosum</i>							23													
<i>Bacteriastrum elongatum</i>															213					
<i>Bacteriastrum furcatum</i>	53			53	27				27				27							



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	213	320			907	453		293	187		27	240	1.307							
<i>Chaetoceros affinis</i>	3.467	5.120	1.120	1.653	1.173	1.947	3.360	5.707	5.973	2.293	2.720	960	2.453	2.373						
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	480	560	160		1.307	267			240									133		
<i>Chaetoceros laciniosus</i>																				
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	1.760	1.307	587	480	107	640	480	1.040	1.573	1.867	560	347	453	533	133			160	80	160
<i>Chaetoceros messanensis</i>																				
<i>Chaetoceros peruvianus</i>				27								27				213				
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	2.987	5.547	1.360	2.773	720	347	2.834	1.973	15.173	4.213	2.293	1.413	533	1.227		160		213		133
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	1.760	853	80	480	187	507	594	1.173	3.093	880	960	453	267	133				160		
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	4.427	10.053	880	907	1.573	2.133	2.880	4.293	23.440	2.507	587	587	1.573	1.227			267			
<i>Chaetoceros</i> sp. 4		720					937	400	293					160						
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	3.867	6.347	1.867	1.707	2.933	4.347	4.709	3.653	8.907	3.040	4.080	1.973	720	2.880				267		
<i>Chaetoceros</i> sp. 6	2.533	640	267	587		320	411	160	1.253		1.307		373							
<i>Chaetoceros</i> sp. 7	1.493	2.373	187	53	827	240	1.806	3.333	2.533	1.387		587	640	320						
<i>Chaetoceros</i> sp. 8	533	373	107	133	27	27	480	373	613	53	107	27		80		53	213	27	27	107
<i>Chaetoceros</i> sp. 9	1.813	640	400	1.440	960	1.627	1.783	2.080	9.627	2.240	880	213	1.493	1.440						
<i>Chaetoceros</i> sp. 10	107	2.240			427	907	526	427	1.173	160										
<i>Chaetoceros</i> sp. 11	1.920		667	320		507		267	1.387	720		240	667							240
<i>Chaetoceros</i> sp. 12		320					526	213		107										
<i>Chaetoceros</i> sp. 13	1.093	1.173				720	1.326	1.920	533	453	453	480		587						
<i>Chaetoceros</i> sp. 14		347		107				731		107	507			187						
<i>Chaetoceros</i> sp. 15	293	453						69	213	2.453	373		80	240						
<i>Chaetoceros</i> sp. 16		107				587	571													
<i>Chaetoceros</i> sp. 17		27						23		27										
<i>Chaetoceros</i> sp. 18		27				160		160												
<i>Chaetoceros</i> sp. 19	347	480				187				773										
<i>Chaetoceros</i> sp. 20	640	133	160	400	160	480		293	2.160	133			1.573	240		213				



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Chaetoceros</i> sp. 21																				
<i>Chaetoceros</i> sp. 22																				
<i>Chaetoceros</i> sp. 23																				
<i>Chaetoceros</i> sp. 24																				
<i>Corethron</i> sp.																				
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	160	53					23			80		27		27	27	27	107	27	80	53
<i>Coscinodiscus</i> sp.	53		27			53		27	27	80		27			80		53	53		80
<i>Asterionella glacialis</i>	1.173	107	347	560	240	853	229	693	213	560	720		587	507	533	3.013	1.760	293	480	880
<i>Fragilaria</i> sp.												107								
<i>Cerataulina pelagica</i>	373	347		27	27	27	91	187	507	53		133		507	27		160			27
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>																				
<i>Eucampia cornuta</i>		80							107											
<i>Hemiaulus hauckii</i>			53	320	27	160				160		187	213	160	267	53				
<i>Hemiaulus membranaceus</i>				27	213	133	91			320	187	880	107	80	213					
<i>Hemiaulus sinensis</i>																				
<i>Leptocylindrus danicus</i>	3.307	3.360	427	400	1.440	2.240	1.189	2.400	3.973	1.493	1.147		1.307	187	1.093	800	53	640	427	320
<i>Helicotheca tamesis</i>																	107			53
<i>Lithodesmium undulatum</i>								27	107		27				27		27	53		
<i>Lyrella</i> sp.																				
<i>Podosira</i> sp.																				
<i>Diploneis smithii</i>																				
<i>Diploneis</i> sp. 1																				
<i>Diploneis</i> sp. 2												27								
<i>Diploneis</i> sp. 3																				
<i>Navicula</i> sp. 1					27							27								
<i>Navicula</i> sp. 2																				
<i>Gyrosigma</i> sp. 1								27								27	53	27		27
<i>Gyrosigma</i> sp. 2															27				27	



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Gyrosigma balticum</i>																				
<i>Pleurosigma</i> sp. 1																				
<i>Pleurosigma</i> sp. 2																				
<i>Pleurosigma</i> sp. 3																				
<i>Craticula</i> sp.																				
<i>Paralia sulcata</i>					53											107				
<i>Neodelphineis pelagica</i>																				
<i>Dactyliosolen</i> sp.									27											
<i>Guinardia flaccida</i>	133		53	267		80	274	133	27	640	53	80	160	53	27	27		53	27	
<i>Guinardia striata</i>	1.787	400	400	720	133	480	320	933	720	400	293	133	400	587	320	533		160	373	267
<i>Neocalyptrella robusta</i>					27	27			27											
<i>Proboscia alata</i>	107				107	133		187	80			293	107					80		
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	293	587	53	107	107	293	114	160	160	320	27	27	27	27	27			80	27	53
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	187		27	107	133	107		53		213	80	27	507	160	53	27			53	80
<i>Rhizosolenia setigera</i>	187	160	133	80	53		114	240	427	133	213	53	53	133	107	267	27	107	27	160
<i>Rhizosolenia striata</i>																				
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1	160	480	107	107	27	240	206	187	160	187	240	27	27	53	53	107	27	53	133	27
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2	320		160	107	320	320	206	107	27	187	267	213	80	80			27		27	
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3													53							
<i>Entomoneis alata</i>																				
<i>Lioloma pacificum</i>	27	80	213	27		107		320	187		427	240		80	133		53	80		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1.680	933	640	1.093	880	1.147	503	747	2.373	347	1.093	640	1.227	560	5.440	2.240	1.680	1.867	1.040	1.147
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	800			53	27	27		587	133	160	133		27		80		53		347	
<i>Amphora ostrearia</i>																				
<i>Amphora</i> sp. 1																				
<i>Amphora</i> sp. 2																				



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Thalassiosira</i> sp.															27	53		27	27	
<i>Skeletonema costatum</i>		773		240																
<i>Odontella mobiliensis</i>	27				27	53								27						27
<i>Odontella regia</i>	80	27						27	27						53					
<i>Odontella</i> sp. 1	53		80		27	27							80	53		27				
<i>Odontella</i> sp. 2																				
<i>Odontella</i> sp. 3																27			53	
<i>Odontella</i> sp. 4															53	27				
<i>Odontella</i> sp. 5																				
<i>Odontella</i> sp. 6																				
<i>Triceratium favus</i>			27																	
<i>Dictyocha fibula</i>	80															27		27	53	53
<i>Dictyocha</i> sp.																				
<i>Octactis octonaria</i>																		27		27
<i>Dinophysis caudata</i>																				
<i>Dinophysis</i> sp.																				
<i>Neoceratium azoricum</i>					27									27						
<i>Neoceratium furca</i>	80		27	27		53		27	213	27	107		53	27	80	27	107	53	27	53
<i>Neoceratium horridum</i>						107									53					
<i>Neoceratium kofoidii</i>																	27		27	
<i>Neoceratium lineatum</i>																				
<i>Neoceratium massiliense</i>													27							
<i>Neoceratium symmetricum</i>																				
<i>Neoceratium tripos</i>						27			27							27				
<i>Gonyaulax</i> sp.																				
<i>Pyrophacus</i> sp.			27																	



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Gyrodinium</i> sp. 1					27					27	27						27			
<i>Gyrodinium</i> sp. 2																				
<i>Noctiluca scintillans</i>																				
<i>Oxytoxum scolopax</i>																				
<i>Scrippsiella</i> sp.																				
<i>Diplopsalis</i> sp. 1							23								27					
<i>Diplopsalis</i> sp. 2				27				27		27										
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	320			107	80		23	53	80	107	53	27	80	80	133	213	53	80	133	187
<i>Protoperidinium steinii</i>	53			27	27	27			133	53		160	53	53					27	
<i>Protoperidinium</i> sp. 1				27		27	23		80			53	240	27	107	107	107	107	53	53
<i>Protoperidinium</i> sp. 2			80						53		27		80		53		80	27		133
<i>Protoperidinium</i> sp. 3					53	27							80				80		27	
<i>Protoperidinium</i> sp. 4	53			27	27					107									53	
<i>Protoperidinium</i> sp. 5																				
<i>Protoperidinium</i> sp. 6																				
<i>Protoperidinium</i> sp. 7																				
<i>Cosmarium</i> sp.																				
<i>Pediastrum simplex</i>	27												53							
<i>Ankistrodesmus</i> sp.									27											
Clorofita 1	53			27		27	23									27				27
<i>Merismopedia</i> sp.																				
<i>Komvophoron</i> sp.																				2.320
<i>Oscillatoria</i> sp.																				
Cianofita 1			533																	



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Euglena</i> sp.																			27	
Morfotipo 1	53	133		133			46	53	347	53						133	427	347		560
Morfotipo 2									27											
Morfotipo 3				27								27								27
Morfotipo 4										27										
Morfotipo 5													27							
Morfotipo 6																				
Morfotipo 7																				
Morfotipo 8																				
Morfotipo 9																				
Morfotipo 10																				
Morfotipo 11															27			80	27	
Morfotipo 12																				
Morfotipo 13																				
TOTAL	42.080	48.880	11.733	16.160	15.520	23.227	28.983	36.293	92.053	28.027	19.280	11.040	18.213	15.467	10.240	10.400	7.227	5.787	7.013	5.680

Boya B23 fondo

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Cocconeis</i> sp. 1						27												27		213
<i>Cocconeis</i> sp. 2														80			27			27
<i>Cocconeis</i> sp. 3										27										
<i>Bacillaria</i> sp.	12.853	8.053	14.080	7.733	5.280	6.480	2.160	13.733	3.627	2.427	5.573	6.747	2.320	6.667	6.133	2.747	5.973	4.773	8.293	9.387
<i>Cylindrotheca closterium</i>	640	880	560	587	880	507	347	640	747	667	1.360	133	347	667	347	187	560	347	987	427
<i>Nitzschia longissima</i>	560	267	347	373	53		187	1.733	133	53	427	27	453	320	107	53	160	80	373	240
<i>Nitzschia</i> sp. 1	133	80	293	80	27		80	720	107		133		267	320	133	53			240	187
<i>Nitzschia</i> sp. 2				53					80	27					27					107
<i>Nitzschia</i> sp. 3					27	80			27		27	107			53		53	27		80
<i>Nitzschia</i> sp. 4	213	27								27							27	80		
<i>Nitzschia</i> sp. 5	80			107										27						
<i>Nitzschia</i> sp. 6									80											



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Nitzschia</i> sp. 7									27											
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	1.920	2.533	2.640	667	1.120	1.280	747	4.027	4.187	1.893	960	1.360	2.267	3.013	1.467	347	1.653	187	240	2.800
<i>Tryblionella</i> sp.																	27		53	
<i>Bacteriastrum</i> <i>comosum</i>						27			747	453		400	1.520							
<i>Bacteriastrum</i> <i>elongatum</i>		240		1.013		160	133	400	373		1.013		1.013	80	773		133			
<i>Bacteriastrum</i> <i>furcatum</i>	560	53	640	213	1.947	1.573			27		640		53	53	107		27	53		
<i>Bacteriastrum</i> <i>hyalinum</i>	827		480	587	2.693	2.853	240	80	347	2.693	853	1.227		320	800	293		160		
<i>Chaetoceros</i> <i>affinis</i>	3.147	1.547	3.067	2.720	2.213	667	2.267	1.893	2.853	1.387	2.267	453	1.253	2.427	80	507	27	373		107
<i>Chaetoceros</i> <i>curvisetus</i>	133	80		267	213	400	1.520	587	1.733			107				240	133	80		80
<i>Chaetoceros</i> <i>lacinosus</i>																				
<i>Chaetoceros</i> <i>lorenzianus</i>	613	267			853	720		4.053		987	1.387	1.360	240		400	240	587	133		480
<i>Chaetoceros</i> <i>messanensis</i>									187				187							
<i>Chaetoceros</i> <i>peruvianus</i>	80	27	107	27	80	80		213	27		1.093	53			53			373	80	507
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	720			293	907	800	1.173		560	693	693	133				160	80	213	427	240
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	347	667			160	640		560	533		187	53		133		187	293			
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	1.467	2.160	2.080	1.920	987	453	2.667	2.187	827	1.067	2.933	213	2.267	4.000	933	107	533		453	320
<i>Chaetoceros</i> sp. 4				133	373	187		1.627	613			160	53							
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	1.547	613	1.387	880	1.040	400	1.760	3.440	1.093	827	2.107	427	1.840	880	427				240	1.173
<i>Chaetoceros</i> sp. 6					667	747			1.227	293		160			293					267
<i>Chaetoceros</i> sp. 7	1.573	880	1.067	640		187	1.573	1.707	507		373		720	1.360		213				
<i>Chaetoceros</i> sp. 8		240	320	293	507	1.653		160	347	133	27	267	133	133	160	27			27	133
<i>Chaetoceros</i> sp. 9					1.947	213	507	613		2.907	1.467	213		1.173			107			
<i>Chaetoceros</i> sp. 10		187		267				1.973	693											
<i>Chaetoceros</i> sp. 11				80		667		2.480	453											



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Chaetoceros</i> sp. 12		107							133					453						
<i>Chaetoceros</i> sp. 13	293	107		1.520	80		507	1.013	1.653	160	1.893		613		347		107	107	320	613
<i>Chaetoceros</i> sp. 14						80			1.253	800										
<i>Chaetoceros</i> sp. 15					107	160	320	293	53											
<i>Chaetoceros</i> sp. 16			107	933																
<i>Chaetoceros</i> sp. 17	267	27	240	187	27	27	240		240	27		53	240	53			53			
<i>Chaetoceros</i> sp. 18				80	160	27			160	427	27	27				27				
<i>Chaetoceros</i> sp. 19							1.333													
<i>Chaetoceros</i> sp. 20	3.707		960		960	1.280		1.787	507	187				1.787		133	80			
<i>Chaetoceros</i> sp. 21											720	240	987							
<i>Chaetoceros</i> sp. 22		373																		
<i>Chaetoceros</i> sp. 23																				
<i>Chaetoceros</i> sp. 24																				
<i>Corethron</i> sp.						53				27					80	27				
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	293	400	613	373	373	133	187	853	240	640	347	347	347	1.013	267	213	507	107	107	240
<i>Coscinodiscus</i> sp.	107	400	373	107	267		267	960	80	53	400	160	133	427	240	53	373	160	187	53
<i>Asterionella glacialis</i>	8.027	6.080	17.787	8.720	12.427	10.347	7.467	6.080	5.173	11.227	9.440	9.440	3.893	9.280	4.587	6.400	4.107	3.600	4.320	4.107
<i>Fragilaria</i> sp.												427								
<i>Cerataulina pelagica</i>	667	427	880	320	400	773	907	320	560	613	853	960	213	80	80	80	213	27	133	320
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>																				
<i>Eucampia cornuta</i>			693	53	107	187		213				213	613	240				27		
<i>Hemiaulus hauckii</i>	453	373	613	667	107	1.120	320		640	213	1.093	507	1.520	373					53	240
<i>Hemiaulus membranaceus</i>			507	53			373	773	187	160	213		213	427			133			
<i>Hemiaulus sinensis</i>	347	107	107	107		133		373			720		400						187	480
<i>Leptocylindrus danicus</i>	2.213	6.213	3.787	1.813	1.920	2.347	4.907	3.227	6.880	3.253	6.800	3.387	2.053	1.733	1.387	3.840	293	747	1.120	320
<i>Helicotheca tamesis</i>	213	53		267	80	160		773		53	133	80			80	133	160	187	213	160
<i>Lithodesmium undulatum</i>			187		107	187	373			27		133			80	240	160	320	160	133
<i>Lyrella</i> sp.															27			27		



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Podosira</i> sp.																	80			
<i>Diploneis smithii</i>					27										27					
<i>Diploneis</i> sp. 1																				
<i>Diploneis</i> sp. 2																				
<i>Diploneis</i> sp. 3																	27			
<i>Navicula</i> sp. 1				27					27		27							53	53	27
<i>Navicula</i> sp. 2			53	53					80		53					53	27		80	80
<i>Gyrosigma</i> sp. 1	53	187	107	213	27	107	107	507	240	53	133	27	320	107	160	53	53	80	160	507
<i>Gyrosigma</i> sp. 2		53		27					293		107	27	53		27		53	27	53	107
<i>Gyrosigma balticum</i>				27		27			27	27										
<i>Pleurosigma</i> sp. 1		27		107	53	27	667	107	133		213			293	27		27		160	107
<i>Pleurosigma</i> sp. 2					27	53	133	133	53		107	53	53	107			27			80
<i>Pleurosigma</i> sp. 3					53	53			107	27							27	107		80
<i>Craticula</i> sp.																				27
<i>Paralia sulcata</i>	133	853	267	1.120	347	320	107	293		827	187	560	507	293	533	640	373	320	160	1.493
<i>Neodelphineis pelagica</i>																				
<i>Dactyliosolen</i> sp.						27										80				
<i>Guinardia flaccida</i>	80	320	1.120	427	293	453	347	1.040	320	347	853	347	1.573	693	160	160	107	213	240	373
<i>Guinardia striata</i>	1.440	1.333	2.533	1.280	987	1.813	1.520	4.533	2.827	800	1.573	613	1.360	2.960	480	53	747	533	907	960
<i>Neocalyptrella robusta</i>	53	27	1.440	27	53	240	160		293	80	907		187	347			27		27	27
<i>Proboscia alata</i>				1.013	213	320	107		480	347	933	640	267	240	107	53	53		160	240
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	507	267	453	827	987	400	373	187	80	1.707	400	133	267	27	53	320	27			53
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	240	213	400	933	4.373	2.693	453	160	187	1.760	1.573	720	933	80	213	53	27	240	160	320
<i>Rhizosolenia setigera</i>	800	667	1.467	427	400	667	1.173	1.013	800	613	267	400	453	640	267	160	187	27	480	293
<i>Rhizosolenia striata</i>												27								
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1	107	293	560	880	667	293	373	613	240	347	560	133	400	533	320	107	80	53	213	53
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2	293	133	1.093	213	27	1.040	267	213	53	427	453	133	160	347	107	107		53		53
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3																				



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Entomoneis alata</i>															27	107	27			
<i>Lioloma pacificum</i>	1.760	400	720	1.333	1.840	640	373	1.707	1.067	187	933	933	347	1.787	213	133		53	80	133
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	5.040	6.000	7.120	5.333	5.920	9.040	8.107	9.520	6.027	5.280	4.080	2.907	2.267	4.667	4.880	6.213	6.320	2.827	1.467	3.173
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	107	267	1.787	53	267	453	907		400	613	1.440	293	1.680	560	80	293	133	53		187
<i>Amphora ostrearia</i>											27								53	27
<i>Amphora</i> sp. 1				27																
<i>Amphora</i> sp. 2												27								
<i>Thalassiosira</i> sp.															133	213	187	27	240	160
<i>Skeletonema costatum</i>						720			880			933	160							
<i>Odontella mobiliensis</i>	160	107	160	400	80	53			107	107	293	133			240	160	160	160	160	240
<i>Odontella regia</i>	133	133	213	133	53	240		27	107	27	53		27	53	27	27	53	80	27	133
<i>Odontella</i> sp. 1	107			133		53	107	27		27			27	240	240	453	240	240	27	53
<i>Odontella</i> sp. 2									27			27								
<i>Odontella</i> sp. 3									160								53	27		
<i>Odontella</i> sp. 4															53	27	27	80		53
<i>Odontella</i> sp. 5																	53			80
<i>Odontella</i> sp. 6																				
<i>Triceratium favus</i>																				
<i>Dictyocha fibula</i>	107		80			133		53				187	27	53	27		27	53	27	133
<i>Dictyocha</i> sp.															27					
<i>Octactis octonaria</i>									53		53		27		53	27	27	80		80
<i>Dinophysis caudata</i>																				
<i>Dinophysis</i> sp.																				
<i>Neoceratium azoricum</i>																				
<i>Neoceratium furca</i>	27	27	53	80	240	80		107		293	27	107	213	293	240	213	507	27	160	347
<i>Neoceratium horridum</i>		27	53		27					107			133	53						
<i>Neoceratium kofoidii</i>	53		53	107				133		27			480	107						
<i>Neoceratium lineatum</i>															27	53				



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Neoceratium massiliense</i>		27			27					27			80							
<i>Neoceratium symmetricum</i>													80			53				
<i>Neoceratium tripos</i>																				
<i>Gonyaulax</i> sp.									27									53		27
<i>Pyrophacus</i> sp.							3.413											187		
<i>Gyrodinium</i> sp. 1									27											
<i>Gyrodinium</i> sp. 2																	27			
<i>Noctiluca scintillans</i>					27	27				27	80	27	80			27				27
<i>Oxytoxum scolopax</i>																	27			
<i>Scrippsiella</i> sp.																				
<i>Diplopsalis</i> sp. 1													480			27				
<i>Diplopsalis</i> sp. 2																				
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	240	427	827	293			107	480	133	27	347		480		160	107	53	53		80
<i>Protoperidinium steinii</i>	27	160	133	53			107	53	27	27	107		293			27		27		
<i>Protoperidinium</i> sp. 1	53	27	213	133						27			133			107	27		27	27
<i>Protoperidinium</i> sp. 2		53	213				27	27			133		27							
<i>Protoperidinium</i> sp. 3																			27	
<i>Protoperidinium</i> sp. 4		133	160					240			133	27	400			80				
<i>Protoperidinium</i> sp. 5																				
<i>Protoperidinium</i> sp. 6																				
<i>Protoperidinium</i> sp. 7																				
<i>Cosmarium</i> sp.							320	53												
<i>Pediastrum simplex</i>									53								27			
<i>Ankistrodesmus</i> sp.												27								
Clorofita 1						27			560	27		27				80	53	53		27
<i>Merismopedia</i> sp.																				
<i>Komvophoron</i> sp.																				
<i>Oscillatoria</i> sp.					27															



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
Cianofita 1																				
<i>Euglena</i> sp.																				
Morfotipo 1		107		53	213	27	320	933	453	27	160		53		53	133	187		133	213
Morfotipo 2				53						27										
Morfotipo 3						27	53			27	53							53		
Morfotipo 4													53							
Morfotipo 5								27											27	
Morfotipo 6		187				27														
Morfotipo 7	27				27											27				
Morfotipo 8												107								
Morfotipo 9																	27			
Morfotipo 10																			27	
Morfotipo 11																				53
Morfotipo 12																				
Morfotipo 13																				
TOTAL	55.547	45.920	75.200	49.920	56.373	57.893	52.320	81.547	56.267	48.693	62.427	39.147	40.240	52.000	28.427	26.933	26.773	18.053	23.547	33.573

Boya Roja

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Cocconeis</i> sp. 1										27						
<i>Cocconeis</i> sp. 2																
<i>Cocconeis</i> sp. 3																
<i>Bacillaria</i> sp.			107											53		53
<i>Cylindrotheca closterium</i>	187	427	267		213	240	160	427	800	373	107	27	187	213	373	187
<i>Nitzschia longissima</i>	133	107	400	187		213	53	267	240	400	133		240		293	133
<i>Nitzschia</i> sp. 1			80			27	27		53		27	27	53		80	
<i>Nitzschia</i> sp. 2	53								27							
<i>Nitzschia</i> sp. 3					160											
<i>Nitzschia</i> sp. 4		27													27	
<i>Nitzschia</i> sp. 5																
<i>Nitzschia</i> sp. 6									27	27					27	
<i>Nitzschia</i> sp. 7								27								



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	4747	2960	1.867	1.467	3.067	2.613	1520	4107	4347	1547	1.627	2.160	1.840	1.840	3227	2427
<i>Tryblionella</i> sp.					160		27		27							
<i>Bacteriastrium comosum</i>	1067								107							
<i>Bacteriastrium elongatum</i>										320					293	
<i>Bacteriastrium furcatum</i>		27							160	27					107	
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	293	213						213		293					507	
<i>Chaetoceros affinis</i>		453						80	133						960	
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	453	773	80		160		720	507	453	907	187			107	507	
<i>Chaetoceros laciniosus</i>																
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	107		53		80	80			213	507				107	480	187
<i>Chaetoceros messanensis</i>																
<i>Chaetoceros peruvianus</i>					27					80			27		80	27
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	160		373		400		187				427	480	107	427	587	
<i>Chaetoceros</i> sp. 2									320	933	160		427			
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	320	187	613	320	213	267	347	933	880	720	240		187	880	800	320
<i>Chaetoceros</i> sp. 4								853			320				133	107
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	480	187	1.040		320		267	1760	1707	1787		453	1.493	1.040	827	293
<i>Chaetoceros</i> sp. 6	640		80	187		133	213	507	213	773	773	773	267		667	747
<i>Chaetoceros</i> sp. 7										133						80
<i>Chaetoceros</i> sp. 8	107			27	80	53			27	53					53	
<i>Chaetoceros</i> sp. 9	613	2000						480	320				267			400
<i>Chaetoceros</i> sp. 10																
<i>Chaetoceros</i> sp. 11	107	640					160	640		240						187
<i>Chaetoceros</i> sp. 12																
<i>Chaetoceros</i> sp. 13			1.147						187							
<i>Chaetoceros</i> sp. 14																
<i>Chaetoceros</i> sp. 15							133		107							
<i>Chaetoceros</i> sp. 16																
<i>Chaetoceros</i> sp. 17								107								27
<i>Chaetoceros</i> sp. 18		27					27								27	
<i>Chaetoceros</i> sp. 19					320						427		107	80		587
<i>Chaetoceros</i> sp. 20	187	1253					160	320	800	453					480	267



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Chaetoceros</i> sp. 21																
<i>Chaetoceros</i> sp. 22																
<i>Chaetoceros</i> sp. 23										293						
<i>Chaetoceros</i> sp. 24																
<i>Corethron</i> sp.								27		27						
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	53		27	27	27	27	27	53		53	133	27		80		27
<i>Coscinodiscus</i> sp.		27	187			27					107	27	27	133		
<i>Asterionella glacialis</i>	3040	1707	3.173	827	1.093	293	1013	4427	7600	2560	1.680	800	3.520	2.960	6160	1413
<i>Fragilaria</i> sp.																
<i>Cerataulina pelagica</i>	187	213	160	160		187	160	187	133	800	133	53		240	240	133
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>																
<i>Eucampia cornuta</i>										80						
<i>Hemiaulus hauckii</i>	53	373	27				53	107	107	53				80		
<i>Hemiaulus membranaceus</i>																
<i>Hemiaulus sinensis</i>									80							
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1520	3627	3.067	1.227	1.600	880	1280		480	6533	1.547	1.440	1.147	3.653	827	1093
<i>Helicotheca tamesis</i>	107		27	27		80	160	187	80	27					133	187
<i>Lithodesmium undulatum</i>																
<i>Lyrella</i> sp.																
<i>Podosira</i> sp.				53												
<i>Diploneis smithii</i>																
<i>Diploneis</i> sp. 1																
<i>Diploneis</i> sp. 2																
<i>Diploneis</i> sp. 3																
<i>Navicula</i> sp. 1		27								80		27				
<i>Navicula</i> sp. 2										27	80					
<i>Gyrosigma</i> sp. 1			27							53						
<i>Gyrosigma</i> sp. 2										53						
<i>Gyrosigma balticum</i>																
<i>Pleurosigma</i> sp. 1									27							27
<i>Pleurosigma</i> sp. 2																



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Pleurosigma</i> sp. 3			27													
<i>Craticula</i> sp.																
<i>Paralia sulcata</i>	53	107						53	213		53	80	53		133	
<i>Neodelphineis pelagica</i>	133															
<i>Dactyliosolen</i> sp.																
<i>Guinardia flaccida</i>	293	107	373	240	640	187	107	53	107	187	133	160	373	400		27
<i>Guinardia striata</i>	480	160	1.147	720	1.307	507		373	613	427	427	53	320	480	160	240
<i>Neocalyptrella robusta</i>						27			27							27
<i>Proboscia alata</i>				53	80	53	80			107	107	53		27		
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	133	80	107	53	80	27	53	187	27	27	187		107	107	53	53
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	27	213	187				27			27	187	80		27	80	27
<i>Rhizosolenia setigera</i>	267	160	667	320	480	347	80	267	347	667	320	480	240	160	560	160
<i>Rhizosolenia striata</i>		27														
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1		160	160	27		27	27	133	293	53	27	27	27	80	133	
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2			27	53	27		27			133	53	80	27			53
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3						27			27	27						27
<i>Entomoneis alata</i>		27	27								27					
<i>Lioloma pacificum</i>	133	320	27			27	27	107		373	53			53	133	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2373	2213	3.280	2.587	2.720	2.240	800	1493	1227	1867	2.213	2.533	3.573	5.227	880	747
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	107	320	187	27	320	53		347	560	160	80	107		107	53	107
<i>Amphora ostrearia</i>														27		
<i>Amphora</i> sp. 1																
<i>Amphora</i> sp. 2																
<i>Thalassiosira</i> sp.	80	80	133	80	53	27			187		80	53	80	107		
<i>Skeletonema costatum</i>	11173	2213	1.493	587	80		2427	480	3787	6053			453		4853	2427
<i>Odontella mobiliensis</i>	187	53	27				27	27				27			27	
<i>Odontella regia</i>					27		53									
<i>Odontella</i> sp. 1		80			107	133		27		27				53	53	53
<i>Odontella</i> sp. 2		27					53							53		27
<i>Odontella</i> sp. 3							27	53	160	53					27	27
<i>Odontella</i> sp. 4		27							53			53	27		27	



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Odontella</i> sp. 5							160				53			53		
<i>Odontella</i> sp. 6															27	
<i>Triceratium favus</i>																
<i>Dictyocha fibula</i>	27	27							27			27			27	27
<i>Dictyocha</i> sp.							27									
<i>Octactis octonaria</i>										53						27
<i>Dinophysis caudata</i>	53													27		
<i>Dinophysis</i> sp.												27			27	
<i>Neoceratium azoricum</i>																
<i>Neoceratium furca</i>	1520	507	907	1.253	960	960	640	1093	1733	453	1.360	560	880	1.093	880	853
<i>Neoceratium horridum</i>		27												27	27	
<i>Neoceratium kofoidii</i>		133	27	27				320	347	53	27			27	27	53
<i>Neoceratium lineatum</i>																27
<i>Neoceratium massiliense</i>																
<i>Neoceratium symmetricum</i>						27										
<i>Neoceratium tripos</i>																
<i>Gonyaulax</i> sp.			80	53	27	53						27				
<i>Pyrophacus</i> sp.																
<i>Gyrodinium</i> sp. 1			27	53			53	53	53	27		27				
<i>Gyrodinium</i> sp. 2													27			
<i>Noctiluca scintillans</i>		187	27		53			27	27				27	53		53
<i>Oxytoxum scolopax</i>	27						27									27
<i>Scrippsiella</i> sp.									27							27
<i>Diplopsalis</i> sp. 1								80				27	27			
<i>Diplopsalis</i> sp. 2																
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	80	187	267	187			53	107	240	240	373	133	80	213	267	187
<i>Protoperidinium steinii</i>	480	107	53	133	53		187	53	27	107	107	27		80	160	320
<i>Protoperidinium</i> sp. 1		27	27	53			213	187	27	80	53	53		27		
<i>Protoperidinium</i> sp. 2	27	80					27	27	107	107		27				27
<i>Protoperidinium</i> sp. 3														27		
<i>Protoperidinium</i> sp. 4				27							27					53
<i>Protoperidinium</i> sp. 5											27					



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Protoperidinium</i> sp. 6		27							27							
<i>Protoperidinium</i> sp. 7	80						80	107		27					27	107
<i>Cosmarium</i> sp.																
<i>Pediastrum simplex</i>																
<i>Ankistrodesmus</i> sp.					1.413											
Clorofita 1		27	27		27								27	80	53	27
<i>Merismopedia</i> sp.																
<i>Komvophoron</i> sp.																
<i>Oscillatoria</i> sp.																
Cianofita 1																
<i>Euglena</i> sp.																
Morfotipo 1		53	3.333	2.480		4.507	107		107	187	933	1.733	4.427	4.187	80	53
Morfotipo 2		240					27	80						53		
Morfotipo 3				27	1.040						533	187				
Morfotipo 4										27						
Morfotipo 5																
Morfotipo 6																
Morfotipo 7	27						27					27			27	53
Morfotipo 8																
Morfotipo 9																
Morfotipo 10																
Morfotipo 11	27														27	
Morfotipo 12														107		
Morfotipo 13								53								
TOTAL	32.400	23.253	25.440	13.547	17.413	14.347	12.133	22.000	30.027	31.787	15.547	12.960	20.667	24.853	26.720	14.827



Estaciones de referencia, superficie (S) y fondo (F)

Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F	Abundancia relativa incluyendo todas las boyas y profundidades
<i>Cocconeis</i> sp. 1						133	0,02
<i>Cocconeis</i> sp. 2						27	0,01
<i>Cocconeis</i> sp. 3							0,001
<i>Bacillaria</i> sp.				640		267	6,31
<i>Cylindrotheca closterium</i>		107	213	453	160	667	1,06
<i>Nitzschia longissima</i>	373	27	213	373	133	400	0,58
<i>Nitzschia</i> sp. 1							0,17
<i>Nitzschia</i> sp. 2							0,02
<i>Nitzschia</i> sp. 3							0,03
<i>Nitzschia</i> sp. 4							0,02
<i>Nitzschia</i> sp. 5							0,01
<i>Nitzschia</i> sp. 6							0,01
<i>Nitzschia</i> sp. 7					27		0,003
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	2.853	4.747	8.667	15.280	4.373	2.960	5,51
<i>Tryblionella</i> sp.							0,01
<i>Bacteriastrum comosum</i>	427	107	267	613	293		0,29
<i>Bacteriastrum elongatum</i>			187	347	107	80	0,38
<i>Bacteriastrum furcatum</i>	27		107	27		533	0,45
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	213	907	613	1.067	267	80	1,03
<i>Chaetoceros affinis</i>	427		160	400		613	4,75
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	480	960	1.813	4240	2.027	347	1,03
<i>Chaetoceros laciniatus</i>	160						0,01
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	1.760	1.280	880	1.440	1.387		1,88
<i>Chaetoceros messanensis</i>				80			0,05
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	80	107	80	133	427	27	0,23
<i>Chaetoceros</i> sp. 1				1.173	480		2,98
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	133			773	133	133	1,15
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	373		773	2.187	560		5,97
<i>Chaetoceros</i> sp. 4		160		640		293	0,55



Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F	Abundancia relativa incluyendo todas las boyas y profundidades
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	213	480		613	693	747	4,90
<i>Chaetoceros</i> sp. 6		400		373		453	0,82
<i>Chaetoceros</i> sp. 7			267	373	53		1,78
<i>Chaetoceros</i> sp. 8	320		213	240	293	160	0,48
<i>Chaetoceros</i> sp. 9				1.253	1.147	80	2,42
<i>Chaetoceros</i> sp. 10							0,75
<i>Chaetoceros</i> sp. 11		293					0,76
<i>Chaetoceros</i> sp. 12							0,19
<i>Chaetoceros</i> sp. 13	107			187			1,44
<i>Chaetoceros</i> sp. 14							0,39
<i>Chaetoceros</i> sp. 15			53				0,45
<i>Chaetoceros</i> sp. 16				933			0,21
<i>Chaetoceros</i> sp. 17					27		0,11
<i>Chaetoceros</i> sp. 18	107	53	133	293	53		0,33
<i>Chaetoceros</i> sp. 19			107		160		0,39
<i>Chaetoceros</i> sp. 20	400	507	2.213	747	347	1.067	1,40
<i>Chaetoceros</i> sp. 21				107	133		0,09
<i>Chaetoceros</i> sp. 22				213	53		0,03
<i>Chaetoceros</i> sp. 23							0,01
<i>Chaetoceros</i> sp. 24		27					0,001
<i>Corethron</i> sp.		53				27	0,01
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	107		27	133		533	0,47
<i>Coscinodiscus</i> sp.	27						0,35
<i>Asterionella glacialis</i>	1.440	240	1.680	2.613	1.600	773	10,63
<i>Fragilaria</i> sp.							0,03
<i>Cerataulina pelagica</i>	907	480	853	1.893	1.227	747	1,08
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>				240			0,01
<i>Eucampia cornuta</i>			80	187			0,15
<i>Hemiaulus hauckii</i>			107	507		667	0,76
<i>Hemiaulus membranaceus</i>			187	133	80	107	0,37



Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F	Abundancia relativa incluyendo todas las boyas y profundidades
<i>Hemiaulus sinensis</i>				133		133	0,17
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1.173	2.320	2.933	8.533	2.693	1.973	7,47
<i>Helicotheca tamesis</i>				133	133	27	0,20
<i>Lithodesmium undulatum</i>	53		107		560		0,14
<i>Lyrella</i> sp.							0,002
<i>Podosira</i> sp.							0,01
<i>Diploneis smithii</i>							0,002
<i>Diploneis</i> sp. 1							0,001
<i>Diploneis</i> sp. 2							0,001
<i>Diploneis</i> sp. 3							0,001
<i>Navicula</i> sp. 1		27				80	0,02
<i>Navicula</i> sp. 2				27			0,03
<i>Gyrosigma</i> sp. 1				80			0,17
<i>Gyrosigma</i> sp. 2							0,04
<i>Gyrosigma balticum</i>							0,004
<i>Pleurosigma</i> sp. 1							0,09
<i>Pleurosigma</i> sp. 2							0,03
<i>Pleurosigma</i> sp. 3							0,02
<i>Craticula</i> sp.							0,001
<i>Paralia sulcata</i>	80			133	53		0,46
<i>Neodelphineis pelagica</i>						373	0,02
<i>Dactyliosolen</i> sp.							0,01
<i>Guinardia flaccida</i>	160	80	293	533	240	187	0,89
<i>Guinardia striata</i>	640	693	827	1.813	560	1.653	2,95
<i>Neocalyptrella robusta</i>							0,20
<i>Proboscia alata</i>		27	107	160	27		0,35
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	80	133					0,61
<i>Rhizosolenia imbricata</i>			53	240		267	0,86
<i>Rhizosolenia setigera</i>	133	27	240	587	133	293	1,11
<i>Rhizosolenia striata</i>						53	0,004



Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F	Abundancia relativa incluyendo todas las boyas y profundidades
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1	53	27	133	213	80	160	0,60
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2		107		53			0,51
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3							0,01
<i>Entomoneis alata</i>							0,01
<i>Lioloma pacificum</i>	53	293	187	613	107		0,93
<i>Thalassionema nitzschioides</i>			293	533	347	773	8,76
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>		240	160	53			0,74
<i>Amphora ostrearia</i>							0,01
<i>Amphora</i> sp. 1							0,001
<i>Amphora</i> sp. 2							0,001
<i>Thalassiosira</i> sp.			53				0,09
<i>Skeletonema costatum</i>				1.013			1,93
<i>Odontella mobiliensis</i>					27		0,21
<i>Odontella regia</i>		27		213			0,17
<i>Odontella</i> sp. 1				187	53		0,15
<i>Odontella</i> sp. 2	27						0,02
<i>Odontella</i> sp. 3			27		27		0,03
<i>Odontella</i> sp. 4							0,02
<i>Odontella</i> sp. 5							0,02
<i>Odontella</i> sp. 6							0,001
<i>Triceratium favus</i>							0,001
<i>Dictyocha fibula</i>	80	27	133	80	53	27	0,10
<i>Dictyocha</i> sp.							0,002
<i>Octactis octonaria</i>		53	213		53		0,04
<i>Dinophysis caudata</i>							0,003
<i>Dinophysis</i> sp.							0,002
<i>Neoceratium azoricum</i>							0,003
<i>Neoceratium furca</i>	267	27	187	27	107	160	0,98
<i>Neoceratium horridum</i>							0,03
<i>Neoceratium kofoidii</i>	187	53	160	160	27	53	0,13



Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F	Abundancia relativa incluyendo todas las boyas y profundidades
<i>Neoceratium lineatum</i>							0,004
<i>Neoceratium massiliense</i>							0,01
<i>Neoceratium symmetricum</i>							0,01
<i>Neoceratium tripos</i>							0,003
<i>Gonyaulax</i> sp.							0,01
<i>Pyrophacus</i> sp.							0,15
<i>Gyrodinium</i> sp. 1							0,02
<i>Gyrodinium</i> sp. 2							0,002
<i>Noctiluca scintillans</i>					27		0,03
<i>Oxytoxum scolopax</i>			27				0,01
<i>Scrippsiella</i> sp.							0,002
<i>Diplopsalis</i> sp. 1							0,03
<i>Diplopsalis</i> sp. 2							0,01
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	53		213	53		107	0,45
<i>Protoperidinium steinii</i>		27	80	107			0,17
<i>Protoperidinium</i> sp. 1			27	80			0,13
<i>Protoperidinium</i> sp. 2				27			0,07
<i>Protoperidinium</i> sp. 3							0,02
<i>Protoperidinium</i> sp. 4			27		27		0,08
<i>Protoperidinium</i> sp. 5							0,001
<i>Protoperidinium</i> sp. 6		27					0,003
<i>Protoperidinium</i> sp. 7							0,02
<i>Cosmarium</i> sp.							0,02
<i>Pediastrum simplex</i>							0,01
<i>Ankistrodesmus</i> sp.							0,07
Clorofita 1							0,06
<i>Merismopedia</i> sp.						107	0,01
<i>Komvophoron</i> sp.						3.200	0,28
<i>Oscillatoria</i> sp.							0,001
Cianofita 1							0,02



Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F	Abundancia relativa incluyendo todas las boyas y profundidades
<i>Euglena</i> sp.			27				0,002
Morfotipo 1		27	240	1013	133	293	1,37
Morfotipo 2					107		0,03
Morfotipo 3							0,10
Morfotipo 4							0,01
Morfotipo 5							0,01
Morfotipo 6							0,01
Morfotipo 7			27	320	133		0,03
Morfotipo 8							0,004
Morfotipo 9							0,001
Morfotipo 10							0,001
Morfotipo 11						453	0,03
Morfotipo 12							0,004
Morfotipo 13						27	0,003
TOTAL	13.973	15.173	26.667	58.027	21.947	22.320	100

Anexo 5-6. Abundancias relativas del ensamblaje fitoplanctónico identificado colectado durante el periodo febrero-marzo de 2013. En verde se resaltan aquellas especies con abundancia relativas superiores al 10 % para cada estación.

Boyas intermedias, superficie (S) y fondo (F)

Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Cocconeis</i> sp. 1								
<i>Cocconeis</i> sp. 2								
<i>Cocconeis</i> sp. 3								
<i>Bacillaria</i> sp.	0,40	0,21		0,20	1,52	2,37	5,06	7,45
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,40	0,27	0,19	0,20	1,48	1,52	0,30	2,96
<i>Nitzschia longissima</i>	0,06	0,05		0,07	0,82	0,51	0,49	1,23
<i>Nitzschia</i> sp. 1						0,14	0,42	0,37
<i>Nitzschia</i> sp. 2								0,08
<i>Nitzschia</i> sp. 3								
<i>Nitzschia</i> sp. 4								



Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Nitzschia</i> sp. 5								
<i>Nitzschia</i> sp. 6								
<i>Nitzschia</i> sp. 7								
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	4,45	2,28	1,29	1,23	1,64	1,16	1,03	2,96
<i>Tryblionella</i> sp.								
<i>Bacteriastrium comosum</i>			0,64				1,14	
<i>Bacteriastrium elongatum</i>		1,54			0,32		1,52	
<i>Bacteriastrium furcatum</i>			0,58		1,43	0,42	1,52	0,12
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>					1,10	0,39		
<i>Chaetoceros affinis</i>	12,84	10,03	9,46	7,30	8,18	10,35	4,26	1,23
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	0,40		0,58	1,09		0,14	0,46	
<i>Chaetoceros lacinosus</i>								
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	2,74	2,97	4,25	0,48	2,23	0,99	2,17	3,29
<i>Chaetoceros messanensis</i>							0,91	
<i>Chaetoceros peruvianus</i>			0,06		1,10	0,06		
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	8,39	5,68	9,07	4,91	1,96	1,21		
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	6,28	2,02	3,09	4,02	1,10	1,41		
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	20,15	19,36	9,40	14,05	8,96	3,83	5,36	1,36
<i>Chaetoceros</i> sp. 4	1,77	0,37	0,32	2,52		3,24		
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	8,73	5,78	10,36	12,69	6,70	3,83	4,29	1,89
<i>Chaetoceros</i> sp. 6	0,29				0,84			
<i>Chaetoceros</i> sp. 7	5,71	3,08	1,29	5,18	2,63	2,93	1,75	2,22
<i>Chaetoceros</i> sp. 8	0,23	0,32	0,77	0,14	0,70		0,61	0,12
<i>Chaetoceros</i> sp. 9	4,68	7,48	5,60	12,14	1,20	1,75		
<i>Chaetoceros</i> sp. 10	1,77	2,12	0,97	1,50	1,05	2,11		4,40
<i>Chaetoceros</i> sp. 11		2,81	3,54	2,80	0,99		0,23	
<i>Chaetoceros</i> sp. 12	0,29	1,49	0,19		1,37	0,14		
<i>Chaetoceros</i> sp. 13	0,63	0,80	4,76	3,14	5,16	1,86	0,61	3,66
<i>Chaetoceros</i> sp. 14	0,97				2,02	1,83	0,34	0,41
<i>Chaetoceros</i> sp. 15	0,97	2,49	0,77	1,30	2,26		0,27	
<i>Chaetoceros</i> sp. 16	0,63	0,27		0,55	0,08			1,77
<i>Chaetoceros</i> sp. 17	0,06		0,06		0,11	0,11		0,66



Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Chaetoceros</i> sp. 18		0,05	0,19	0,20	0,02		0,23	8,64
<i>Chaetoceros</i> sp. 19	0,80	0,16			1,16	2,79		
<i>Chaetoceros</i> sp. 20	1,03	0,37	0,71	0,27	1,05	2,34	3,00	
<i>Chaetoceros</i> sp. 21								
<i>Chaetoceros</i> sp. 22								
<i>Chaetoceros</i> sp. 23								
<i>Chaetoceros</i> sp. 24								
<i>Corethron</i> sp.								
<i>Coscinodiscus radiatus</i>				0,07	0,02	0,76	0,11	1,32
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0,34		0,19		0,13	0,82	0,61	1,32
<i>Asterionella glacialis</i>	0,68	5,31	0,77	0,20	8,03	8,32	15,20	11,93
<i>Fragilaria</i> sp.					0,13			
<i>Cerataulina pelagica</i>	0,17	0,80	0,26	0,14	1,62	1,24	1,37	1,32
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>								
<i>Eucampia cornuta</i>			0,06				0,49	0,58
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,57	0,48	0,26		2,15	1,30	1,41	1,11
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	0,68	0,27	0,32	0,89	0,95	0,06	0,76	0,66
<i>Hemiaulus sinensis</i>					0,61			
<i>Leptocylindrus danicus</i>	2,40	6,95	12,74	8,25	7,15	11,56	11,93	7,45
<i>Helicotheca tamesis</i>					0,36	0,14		
<i>Lithodesmium undulatum</i>							0,49	
<i>Lyrella</i> sp.								
<i>Podosira</i> sp.						0,17		
<i>Diploneis smithii</i>								
<i>Diploneis</i> sp. 1			0,06					
<i>Diploneis</i> sp. 2								
<i>Diploneis</i> sp. 3								
<i>Navicula</i> sp. 1								
<i>Navicula</i> sp. 2								
<i>Gyrosigma</i> sp. 1	0,06		0,06			0,25		0,58
<i>Gyrosigma</i> sp. 2		0,05				0,03		
<i>Gyrosigma balticum</i>								



Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Pleurosigma</i> sp. 1						0,03		0,25
<i>Pleurosigma</i> sp. 2								
<i>Pleurosigma</i> sp. 3								
<i>Craticula</i> sp.								
<i>Paralia sulcata</i>					0,04		0,61	
<i>Neodelphineis pelagica</i>								
<i>Dactyliosolen</i> sp.								
<i>Guinardia flaccida</i>	0,51	0,64	0,77	0,14	0,32	1,24	0,15	3,83
<i>Guinardia striata</i>	2,05	1,75	2,77	1,23	2,09	5,67	7,30	3,87
<i>Neocalyptrella robusta</i>		0,05	0,06	0,07	0,17	0,06	0,23	0,41
<i>Proboscia alata</i>	0,11		0,71	0,34		0,08	0,99	
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0,46	0,27	0,51	0,14	0,99	1,49	0,19	0,25
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0,23	0,53	0,13		0,27	0,39	0,72	0,33
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,34	0,32	0,71	1,57	1,41	1,33	1,48	1,11
<i>Rhizosolenia striata</i>								
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1	0,06	0,42	0,13	1,16	0,46	0,68	1,25	0,66
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2	0,23	0,11	1,22	0,07	0,67	1,52	0,80	0,66
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3								
<i>Entomoneis alata</i>								
<i>Lioloma pacificum</i>	0,23	0,05	0,90	0,20	0,08	0,99	1,52	0,95
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	3,71	4,72	8,17	4,02	7,86	6,46	11,74	10,20
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	0,63	0,05	0,13	1,57	0,99	0,14	0,49	0,25
<i>Amphora ostrearia</i>								
<i>Amphora</i> sp. 1								
<i>Amphora</i> sp. 2								
<i>Thalassiosira</i> sp.								
<i>Skeletonema costatum</i>		2,60				4,17		0,86
<i>Odontella mobiliensis</i>					0,55	0,59	0,04	0,74
<i>Odontella regia</i>		0,32	0,06	0,07	0,51	0,20	0,80	0,62
<i>Odontella</i> sp. 1			0,13		0,42		0,08	
<i>Odontella</i> sp. 2							0,30	
<i>Odontella</i> sp. 3								



Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Odontella</i> sp. 4								
<i>Odontella</i> sp. 5								
<i>Odontella</i> sp. 6								
<i>Triceratium favus</i>								
<i>Dictyocha fibula</i>					0,30	0,14		0,33
<i>Dictyocha</i> sp.								
<i>Octactis octonaria</i>								
<i>Dinophysis caudata</i>								
<i>Dinophysis</i> sp.								
<i>Neoceratium azoricum</i>			0,06					
<i>Neoceratium furca</i>	0,29	0,58			0,15	0,23	2,58	1,03
<i>Neoceratium horridum</i>								0,16
<i>Neoceratium kofoidii</i>			0,13					0,49
<i>Neoceratium lineatum</i>								
<i>Neoceratium massiliense</i>			0,13		0,02	0,03		
<i>Neoceratium symetricum</i>							0,08	
<i>Neoceratium tripos</i>								
<i>Gonyaulax</i> sp.								
<i>Pyrophacus</i> sp.				0,07				
<i>Gyrodinium</i> sp. 1	0,06							
<i>Gyrodinium</i> sp. 2								
<i>Noctiluca scintillans</i>								
<i>Oxytoxum scolopax</i>								
<i>Scrippsiella</i> sp.								
<i>Diplopsalis</i> sp. 1								0,16
<i>Diplopsalis</i> sp. 2	0,06	0,05			0,02			
<i>Protoperdinium pellucidum</i>	0,74	0,16		0,07	0,70	0,59	0,04	0,25
<i>Protoperdinium steinii</i>		0,27	0,06		0,02			0,16
<i>Protoperdinium</i> sp. 1	0,06					0,42		0,12
<i>Protoperdinium</i> sp. 2	0,11	0,21		0,14				0,16
<i>Protoperdinium</i> sp. 3	0,11							
<i>Protoperdinium</i> sp. 4		0,05			0,04	0,20		0,12



Especie	B1 S	B5 S	B11 S	B17 S	B1 F	B5 F	B11 F	B17 F
<i>Protoberidinium</i> sp. 5								
<i>Protoberidinium</i> sp. 6								
<i>Protoberidinium</i> sp. 7								
<i>Cosmarium</i> sp.								
<i>Pediastrum simplex</i>								
<i>Ankistrodesmus</i> sp.					0,04			0,12
Clorofita 1		0,05			0,17			
<i>Merismopedia</i> sp.					0,02			
<i>Komvophoron</i> sp.				3,41				
<i>Oscillatoria</i> sp.								
Cianofita 1								
<i>Euglena</i> sp.								
Morfotipo 1	0,46	0,95	0,19	0,20	1,03	1,18	0,19	0,66
Morfotipo 2								
Morfotipo 3			0,13		0,27		0,08	
Morfotipo 4					0,02			
Morfotipo 5					0,02	0,08		0,16
Morfotipo 6								
Morfotipo 7								
Morfotipo 8								
Morfotipo 9								
Morfotipo 10								
Morfotipo 11								
Morfotipo 12								
Morfotipo 13								
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Boya B23 superficie

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Cocconeis</i> sp. 1									0,03											
<i>Cocconeis</i> sp. 2																				
<i>Cocconeis</i> sp. 3																				



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Bacillaria</i> sp.	0,25	0,05	2,27		0,34		0,55	0,22		0,48	0,97		1,61	1,72	2,86	3,85	1,85	2,30	4,18	7,51
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,25	0,16	0,23	0,33			0,16	1,18		0,76				0,17	1,30	3,85	5,54		2,66	0,47
<i>Nitzschia longissima</i>		0,05	0,23			0,11			0,09	0,10			0,15			1,28	3,69	0,46	2,66	3,76
<i>Nitzschia</i> sp. 1	0,06															0,26			1,14	
<i>Nitzschia</i> sp. 2			0,23														1,85			
<i>Nitzschia</i> sp. 3																		0,46		
<i>Nitzschia</i> sp. 4																	1,48			
<i>Nitzschia</i> sp. 5																				
<i>Nitzschia</i> sp. 6																				
<i>Nitzschia</i> sp. 7																				
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	1,01	2,18	1,14	1,98			4,18	1,69	0,96	0,67			0,88	0,34	3,13	8,46	8,49	5,07	3,42	0,94
<i>Tryblionella</i> sp.																				
<i>Bacteriastrum comosum</i>							0,08													
<i>Bacteriastrum elongatum</i>															2,08					
<i>Bacteriastrum furcatum</i>	0,13			0,33	0,17				0,03				0,15							
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	0,51	0,65			5,84	1,95		0,81	0,20		0,14	2,17	7,17							
<i>Chaetoceros affinis</i>	8,24	10,47	9,55	10,23	7,56	8,38	11,59	15,72	6,49	8,18	14,11	8,70	13,47	15,34						
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	1,14	1,15	1,36		8,42	1,15			0,26									2,30		
<i>Chaetoceros lacinosus</i>																				
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	4,18	2,67	5,00	2,97	0,69	2,76	1,66	2,87	1,71	6,66	2,90	3,14	2,49	3,45	1,30			2,76	1,14	2,82
<i>Chaetoceros messanensis</i>																				
<i>Chaetoceros peruvianus</i>				0,17								0,24				2,05				
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	7,10	11,35	11,59	17,16	4,64	1,49	9,78	5,44	16,48	15,03	11,89	12,80	2,93	7,93		1,54		3,69		2,35



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	4,18	1,75	0,68	2,97	1,20	2,18	2,05	3,23	3,36	3,14	4,98	4,11	1,46	0,86				2,76		
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	10,52	20,57	7,50	5,61	10,14	9,18	9,94	11,83	25,46	8,94	3,04	5,31	8,64	7,93			3,69			
<i>Chaetoceros</i> sp. 4		1,47					3,23	1,10	0,32					1,03						
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	9,19	12,98	15,91	10,56	18,90	18,71	16,25	10,07	9,68	10,85	21,16	17,87	3,95	18,62				4,61		
<i>Chaetoceros</i> sp. 6	6,02	1,31	2,27	3,63		1,38	1,42	0,44	1,36		6,78		2,05							
<i>Chaetoceros</i> sp. 7	3,55	4,86	1,59	0,33	5,33	1,03	6,23	9,18	2,75	4,95		5,31	3,51	2,07						
<i>Chaetoceros</i> sp. 8	1,27	0,76	0,91	0,83	0,17	0,11	1,66	1,03	0,67	0,19	0,55	0,24		0,52		0,51	2,95	0,46	0,38	1,88
<i>Chaetoceros</i> sp. 9	4,31	1,31	3,41	8,91	6,19	7,00	6,15	5,73	10,46	7,99	4,56	1,93	8,20	9,31						
<i>Chaetoceros</i> sp. 10	0,25	4,58			2,75	3,90	1,81	1,18	1,27	0,57										
<i>Chaetoceros</i> sp. 11	4,56		5,68	1,98		2,18		0,73	1,51	2,57		2,17	3,66							4,23
<i>Chaetoceros</i> sp. 12		0,65					1,81	0,59		0,38										
<i>Chaetoceros</i> sp. 13	2,60	2,40				3,10	4,57	5,29	0,58	1,62	2,35	4,35		3,79						
<i>Chaetoceros</i> sp. 14		0,71		0,66			2,52		0,12	1,81				1,21						
<i>Chaetoceros</i> sp. 15	0,70	0,93					0,24	0,59	2,67	1,33		0,72		1,55						
<i>Chaetoceros</i> sp. 16		0,22				2,53	1,97													
<i>Chaetoceros</i> sp. 17		0,05					0,08		0,03											
<i>Chaetoceros</i> sp. 18		0,05				0,69		0,44												
<i>Chaetoceros</i> sp. 19	0,82	0,98				0,80				2,76										
<i>Chaetoceros</i> sp. 20	1,52	0,27	1,36	2,48	1,03	2,07		0,81	2,35	0,48			8,64	1,55		2,05				
<i>Chaetoceros</i> sp. 21																				
<i>Chaetoceros</i> sp. 22																				
<i>Chaetoceros</i> sp. 263																				
<i>Chaetoceros</i> sp. 24																				
<i>Corethron</i> sp.																				
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0,38	0,11					0,08			0,29		0,24		0,17	0,26	0,26	1,48	0,46	1,14	0,94
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0,13		0,23			0,23		0,07	0,03	0,29		0,24			0,78		0,74	0,92		1,41
<i>Asterionella glacialis</i>	2,79	0,22	2,95	3,47	1,55	3,67	0,79	1,91	0,23	2,00	3,73		3,22	3,28	5,21	28,97	24,35	5,07	6,84	15,49
<i>Fragilaria</i> sp.												0,97								
<i>Cerataulina pelagica</i>	0,89	0,71		0,17	0,17	0,11	0,32	0,51	0,55	0,19		1,21		3,28	0,26		2,21			0,47
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>																				



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Eucampia cornuta</i>		0,16							0,12											
<i>Hemiaulus hauckii</i>			0,45	1,98	0,17	0,69				0,57		1,69	1,17	1,03	2,60	0,51				
<i>Hemiaulus membranaceus</i>				0,17	1,37	0,57	0,32			1,14	0,97	7,97	0,59	0,52	2,08					
<i>Hemiaulus sinensis</i>																				
<i>Leptocylindrus danicus</i>	7,86	6,87	3,64	2,48	9,28	9,64	4,10	6,61	4,32	5,33	5,95		7,17	1,21	10,68	7,69	0,74	11,06	6,08	5,63
<i>Helicotheca tamesis</i>																	1,48			0,94
<i>Lithodesmium undulatum</i>								0,07	0,12		0,14				0,26		0,37	0,92		
<i>Lyrella</i> sp.																				
<i>Podosira</i> sp.																				
<i>Diploneis smithii</i>																				
<i>Diploneis</i> sp. 1																				
<i>Diploneis</i> sp. 2												0,24								
<i>Diploneis</i> sp. 3																				
<i>Navicula</i> sp. 1					0,17							0,24								
<i>Navicula</i> sp. 2																				
<i>Gyrosigma</i> sp. 1								0,07								0,26	0,74	0,46		0,47
<i>Gyrosigma</i> sp. 2															0,26				0,38	
<i>Gyrosigma balticum</i>																				
<i>Pleurosigma</i> sp. 1																				
<i>Pleurosigma</i> sp. 2																				
<i>Pleurosigma</i> sp. 3																				
<i>Cratichia</i> sp.																				
<i>Paralia sulcata</i>					0,34											1,03				
<i>Neodelphineis pelagica</i>																				
<i>Dactyliosolen</i> sp.									0,03											
<i>Guinardia flaccida</i>	0,32		0,45	1,65		0,34	0,95	0,37	0,03	2,28	0,28	0,72	0,88	0,34	0,26	0,26		0,92	0,38	
<i>Guinardia striata</i>	4,25	0,82	3,41	4,46	0,86	2,07	1,10	2,57	0,78	1,43	1,52	1,21	2,20	3,79	3,13	5,13		2,76	5,32	4,69
<i>Neocalyptrella robusta</i>					0,17	0,11			0,03											



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Proboscia alata</i>	0,25				0,69	0,57		0,51	0,09			2,66	0,59					1,38		
<i>Pseudosolenia calcaravis</i>	0,70	1,20	0,45	0,66	0,69	1,26	0,39	0,44	0,17	1,14	0,14	0,24	0,15	0,17	0,26			1,38	0,38	0,94
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0,44		0,23	0,66	0,86	0,46		0,15		0,76	0,41	0,24	2,78	1,03	0,52	0,26			0,76	1,41
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,44	0,33	1,14	0,50	0,34		0,39	0,66	0,46	0,48	1,11	0,48	0,29	0,86	1,04	2,56	0,37	1,84	0,38	2,82
<i>Rhizosolenia striata</i>																				
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1	0,38	0,98	0,91	0,66	0,17	1,03	0,71	0,51	0,17	0,67	1,24	0,24	0,15	0,34	0,52	1,03	0,37	0,92	1,90	0,47
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2	0,76		1,36	0,66	2,06	1,38	0,71	0,29	0,03	0,67	1,38	1,93	0,44	0,52			0,37		0,38	
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3													0,29							
<i>Entomoneis alata</i>																				
<i>Lioloma pacificum</i>	0,06	0,16	1,82	0,17		0,46		0,88	0,20		2,21	2,17		0,52	1,30		0,74	1,38		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	3,99	1,91	5,45	6,77	5,67	4,94	1,74	2,06	2,58	1,24	5,67	5,80	6,73	3,62	53,13	21,54	23,25	32,26	14,83	20,19
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	1,90			0,33	0,17	0,11		1,62	0,14	0,57	0,69		0,15		0,78		0,74		4,94	
<i>Amphora ostrearia</i>																				
<i>Amphora</i> sp. 1																				
<i>Amphora</i> sp. 2																				
<i>Thalassiosira</i> sp.															0,26	0,51		0,46	0,38	
<i>Skeletonema costatum</i>		1,58		1,49																
<i>Odontella mobiliensis</i>	0,06				0,17	0,23								0,17						0,47
<i>Odontella regia</i>	0,19	0,05						0,07	0,03						0,52					
<i>Odontella</i> sp. 1	0,13		0,68		0,17	0,11							0,44	0,34		0,26				
<i>Odontella</i> sp. 2																				
<i>Odontella</i> sp. 3																0,26			0,76	
<i>Odontella</i> sp. 4															0,52	0,26				
<i>Odontella</i> sp. 5																				
<i>Odontella</i> sp. 6																				
<i>Triceratium favus</i>			0,23																	
<i>Dictyocha fibula</i>	0,19															0,26		0,46	0,76	0,94
<i>Dictyocha</i> sp.																				



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Octactis octonaria</i>																		0,46		0,47
<i>Dinophysis caudata</i>																				
<i>Dinophysis</i> sp.																				
<i>Neoceratium azoricum</i>					0,17									0,17						
<i>Neoceratium furca</i>	0,19		0,23	0,17		0,23		0,07	0,23	0,10	0,55		0,29	0,17	0,78	0,26	1,48	0,92	0,38	0,94
<i>Neoceratium horridum</i>						0,46									0,52					
<i>Neoceratium kofoidii</i>																	0,37		0,38	
<i>Neoceratium lineatum</i>																				
<i>Neoceratium masiliense</i>													0,15							
<i>Neoceratium symmetricum</i>																				
<i>Neoceratium tripos</i>						0,11			0,03							0,26				
<i>Gonyaulax</i> sp.																				
<i>Pyrophacus</i> sp.			0,23																	
<i>Gyrodinium</i> sp. 1					0,17					0,10	0,14						0,37			
<i>Gyrodinium</i> sp. 2																				
<i>Noctiluca scintillans</i>																				
<i>Oxytoxum scolopax</i>																				
<i>Scrippsiella</i> sp.																				
<i>Diplopsalis</i> sp. 1							0,08								0,26					
<i>Diplopsalis</i> sp. 2				0,17				0,07		0,10										
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	0,76			0,66	0,52		0,08	0,15	0,09	0,38	0,28	0,24	0,44	0,52	1,30	2,05	0,74	1,38	1,90	3,29
<i>Protoperidinium steinii</i>	0,13			0,17	0,17	0,11			0,14	0,19		1,45	0,29	0,34					0,38	
<i>Protoperidinium</i> sp. 1				0,17		0,11	0,08		0,09			0,48	1,32	0,17	1,04	1,03	1,48	1,84	0,76	0,94
<i>Protoperidinium</i> sp. 2			0,68						0,06		0,14		0,44		0,52		1,11	0,46		2,35
<i>Protoperidinium</i> sp. 3					0,34	0,11							0,44				1,11		0,38	
<i>Protoperidinium</i> sp. 4	0,13			0,17	0,17					0,38										0,76
<i>Protoperidinium</i> sp. 5																				



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Protoperdinium</i> sp. 6																				
<i>Protoperdinium</i> sp. 7																				
<i>Cosmarium</i> sp.																				
<i>Pediastrum simplex</i>	0,06												0,29							
<i>Ankistrodesmus</i> sp.									0,03											
Clorofita 1	0,13			0,17		0,11	0,08									0,26				0,47
<i>Merismopedia</i> sp.																				
<i>Komvophoron</i> sp.																			33,08	
<i>Oscillatoria</i> sp.																				
Cianofita 1			4,55																	
<i>Euglena</i> sp.																			0,38	
Morfotipo 1	0,13	0,27		0,83			0,16	0,15	0,38	0,19						1,28	5,90	5,99		9,86
Morfotipo 2									0,03											
Morfotipo 3				0,17											0,24					0,47
Morfotipo 4										0,10										
Morfotipo 5													0,15							
Morfotipo 6																				
Morfotipo 7																				
Morfotipo 8																				
Morfotipo 9																				
Morfotipo 10																				
Morfotipo 11															0,26			1,38	0,38	
Morfotipo 12																				
Morfotipo 13																				
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00



Boya B23 fondo

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Cocconeis</i> sp. 1						0,05												0,15		0,64
<i>Cocconeis</i> sp. 2														0,15			0,10			0,08
<i>Cocconeis</i> sp. 3										0,05										
<i>Bacillaria</i> sp.	23,14	17,54	18,72	15,49	9,37	11,19	4,13	16,84	6,45	4,98	8,93	17,23	5,77	12,82	21,58	10,20	22,31	26,44	35,22	27,96
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1,15	1,92	0,74	1,18	1,56	0,88	0,66	0,78	1,33	1,37	2,18	0,34	0,86	1,28	1,22	0,69	2,09	1,92	4,19	1,27
<i>Nitzschia longissima</i>	1,01	0,58	0,46	0,75	0,09		0,36	2,13	0,24	0,11	0,68	0,07	1,13	0,62	0,38	0,20	0,60	0,44	1,59	0,71
<i>Nitzschia</i> sp. 1	0,24	0,17	0,39	0,16	0,05		0,15	0,88	0,19		0,21		0,66	0,62	0,47	0,20			1,02	0,56
<i>Nitzschia</i> sp. 2				0,11					0,14	0,05					0,09					0,32
<i>Nitzschia</i> sp. 3					0,05	0,14			0,05		0,04	0,27			0,19		0,20	0,15		0,24
<i>Nitzschia</i> sp. 4	0,38	0,06								0,05							0,10	0,44		
<i>Nitzschia</i> sp. 5	0,14			0,21										0,05						
<i>Nitzschia</i> sp. 6									0,14											
<i>Nitzschia</i> sp. 7									0,05											
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	3,46	5,52	3,51	1,34	1,99	2,21	1,43	4,94	7,44	3,89	1,54	3,47	5,63	5,79	5,16	1,29	6,18	1,03	1,02	8,34
<i>Tryblionella</i> sp.																	0,10		0,23	
<i>Bacteriastrum comosum</i>						0,05			1,33	0,93		1,02	3,78							
<i>Bacteriastrum elongatum</i>		0,52		2,03		0,28	0,25	0,49	0,66		1,62		2,52	0,15	2,72		0,50			
<i>Bacteriastrum furcatum</i>	1,01	0,12	0,85	0,43	3,45	2,72			0,05		1,03		0,13	0,10	0,38		0,10	0,30		
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	1,49		0,64	1,18	4,78	4,93	0,46	0,10	0,62	5,53	1,37	3,13		0,62	2,81	1,09		0,89		
<i>Chaetoceros affinis</i>	5,66	3,37	4,08	5,45	3,93	1,15	4,33	2,32	5,07	2,85	3,63	1,16	3,11	4,67	0,28	1,88	0,10	2,07		0,32
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	0,24	0,17		0,53	0,38	0,69	2,91	0,72	3,08			0,27				0,89	0,50	0,44		0,24
<i>Chaetoceros lacinosus</i>																				
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	1,10	0,58			1,51	1,24		4,97		2,03	2,22	3,47	0,60		1,41	0,89	2,19	0,74		1,43
<i>Chaetoceros</i>									0,33				0,46							



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>messanensis</i>																				
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	0,14	0,06	0,14	0,05	0,14	0,14		0,26	0,05		1,75	0,14			0,19			2,07	0,34	1,51
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	1,30			0,59	1,61	1,38	2,24		1,00	1,42	1,11	0,34				0,59	0,30	1,18	1,81	0,71
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	0,62	1,45			0,28	1,11		0,69	0,95		0,30	0,14		0,26		0,69	1,10			
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	2,64	4,70	2,77	3,85	1,75	0,78	5,10	2,68	1,47	2,19	4,70	0,54	5,63	7,69	3,28	0,40	1,99		1,93	0,95
<i>Chaetoceros</i> sp. 4				0,27	0,66	0,32		1,99	1,09			0,41	0,13							
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	2,78	1,34	1,84	1,76	1,84	0,69	3,36	4,22	1,94	1,70	3,37	1,09	4,57	1,69	1,50				1,02	3,49
<i>Chaetoceros</i> sp. 6					1,18	1,29			2,18	0,60		0,41			1,03					0,79
<i>Chaetoceros</i> sp. 7	2,83	1,92	1,42	1,28		0,32	3,01	2,09	0,90		0,60		1,79	2,62		0,79				
<i>Chaetoceros</i> sp. 8		0,52	0,43	0,59	0,90	2,86		0,20	0,62	0,27	0,04	0,68	0,33	0,26	0,56	0,10			0,11	0,40
<i>Chaetoceros</i> sp. 9					3,45	0,37	0,97	0,75		5,97	2,35	0,54		2,26			0,40			
<i>Chaetoceros</i> sp. 10		0,41		0,53				2,42	1,23											
<i>Chaetoceros</i> sp. 11				0,16		1,15		3,04	0,81											
<i>Chaetoceros</i> sp. 12		0,23							0,24					0,87						
<i>Chaetoceros</i> sp. 13	0,53	0,23		3,04	0,14		0,97	1,24	2,94	0,33	3,03		1,52		1,22		0,40	0,59	1,36	1,83
<i>Chaetoceros</i> sp. 14						0,14			2,23	1,64										
<i>Chaetoceros</i> sp. 15					0,19	0,28	0,61	0,36	0,09											
<i>Chaetoceros</i> sp. 16			0,14	1,87																
<i>Chaetoceros</i> sp. 17	0,48	0,06	0,32	0,37	0,05	0,05	0,46		0,43	0,05		0,14	0,60	0,10			0,20			
<i>Chaetoceros</i> sp. 18				0,16	0,28	0,05			0,28	0,88	0,04	0,07				0,10				
<i>Chaetoceros</i> sp. 19							2,55													
<i>Chaetoceros</i> sp. 22	6,67		1,28		1,70	2,21		2,19	0,90	0,38				3,44		0,50	0,30			
<i>Chaetoceros</i> sp. 21											1,15	0,61	2,45							
<i>Chaetoceros</i> sp. 22		0,81																		
<i>Chaetoceros</i> sp. 23																				
<i>Chaetoceros</i> sp. 24																				
<i>Corethron</i> sp.						0,09				0,05					0,28	0,10				
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0,53	0,87	0,82	0,75	0,66	0,23	0,36	1,05	0,43	1,31	0,56	0,89	0,86	1,95	0,94	0,79	1,89	0,59	0,45	0,71
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0,19	0,87	0,50	0,21	0,47		0,51	1,18	0,14	0,11	0,64	0,41	0,33	0,82	0,84	0,20	1,39	0,89	0,79	0,16
<i>Asterionella glacialis</i>	14,45	13,24	23,65	17,47	22,04	17,87	14,27	7,46	9,19	23,06	15,12	24,11	9,68	17,85	16,14	23,76	15,34	19,94	18,35	12,23



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Fragilaria</i> sp.												1,09								
<i>Cerataulina pelagica</i>	1,20	0,93	1,17	0,64	0,71	1,34	1,73	0,39	1,00	1,26	1,37	2,45	0,53	0,15	0,28	0,30	0,80	0,15	0,57	0,95
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>																				
<i>Eucampia cornuta</i>			0,92	0,11	0,19	0,32		0,26				0,54	1,52	0,46				0,15		
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,82	0,81	0,82	1,34	0,19	1,93	0,61		1,14	0,44	1,75	1,29	3,78	0,72					0,23	0,71
<i>Hemiaulus membranaceus</i>			0,67	0,11			0,71	0,95	0,33	0,33	0,34		0,53	0,82			0,50			
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0,62	0,23	0,14	0,21		0,23		0,46			1,15		0,99						0,79	1,43
<i>Leptocylindrus danicus</i>	3,98	13,53	5,04	3,63	3,41	4,05	9,38	3,96	12,23	6,68	10,89	8,65	5,10	3,33	4,88	14,26	1,10	4,14	4,76	0,95
<i>Helicotheca tamesis</i>	0,38	0,12		0,53	0,14	0,28		0,95		0,11	0,21	0,20			0,28	0,50	0,60	1,03	0,91	0,48
<i>Lithodesmium undulatum</i>			0,25		0,19	0,32	0,71			0,05		0,34			0,28	0,89	0,60	1,77	0,68	0,40
<i>Lyrella</i> sp.															0,09			0,15		
<i>Podosira</i> sp.																	0,30			
<i>Diploneis smithii</i>					0,05										0,09					
<i>Diploneis</i> sp. 1																				
<i>Diploneis</i> sp. 2																				
<i>Diploneis</i> sp. 3																	0,10			
<i>Navicula</i> sp. 1				0,05					0,05		0,04							0,30	0,23	0,08
<i>Navicula</i> sp. 2			0,07	0,11					0,14		0,09					0,20	0,10		0,34	0,24
<i>Gyrosigma</i> sp. 1	0,10	0,41	0,14	0,43	0,05	0,18	0,20	0,62	0,43	0,11	0,21	0,07	0,80	0,21	0,56	0,20	0,20	0,44	0,68	1,51
<i>Gyrosigma</i> sp. 2		0,12		0,05					0,52		0,17	0,07	0,13		0,09		0,20	0,15	0,23	0,32
<i>Gyrosigma balticum</i>				0,05		0,05			0,05	0,05										
<i>Pleurosigma</i> sp. 1		0,06		0,21	0,09	0,05	1,27	0,13	0,24		0,34			0,56	0,09		0,10		0,68	0,32
<i>Pleurosigma</i> sp. 2					0,05	0,09	0,25	0,16	0,09		0,17	0,14	0,13	0,21			0,10			0,24
<i>Pleurosigma</i> sp. 3					0,09	0,09			0,19	0,05							0,10	0,59		0,24
<i>Craticula</i> sp.																				0,08
<i>Paralia sulcata</i>	0,24	1,86	0,35	2,24	0,61	0,55	0,20	0,36		1,70	0,30	1,43	1,26	0,56	1,88	2,38	1,39	1,77	0,68	4,45
<i>Neodelphineis pelagica</i>																				
<i>Dactyliosolen</i> sp.						0,05										0,30				



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Guinardia fláccida</i>	0,14	0,70	1,49	0,85	0,52	0,78	0,66	1,28	0,57	0,71	1,37	0,89	3,91	1,33	0,56	0,59	0,40	1,18	1,02	1,11
<i>Guinardia striata</i>	2,59	2,90	3,37	2,56	1,75	3,13	2,91	5,56	5,02	1,64	2,52	1,57	3,38	5,69	1,69	0,20	2,79	2,95	3,85	2,86
<i>Neocalyptrella robusta</i>	0,10	0,06	1,91	0,05	0,09	0,41	0,31		0,52	0,16	1,45		0,46	0,67			0,10		0,11	0,08
<i>Proboscía alata</i>				2,03	0,38	0,55	0,20		0,85	0,71	1,50	1,63	0,66	0,46	0,38	0,20	0,20		0,68	0,71
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0,91	0,58	0,60	1,66	1,75	0,69	0,71	0,23	0,14	3,50	0,64	0,34	0,66	0,05	0,19	1,19	0,10			0,16
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0,43	0,46	0,53	1,87	7,76	4,65	0,87	0,20	0,33	3,61	2,52	1,84	2,32	0,15	0,75	0,20	0,10	1,33	0,68	0,95
<i>Rhizosolenia setigera</i>	1,44	1,45	1,95	0,85	0,71	1,15	2,24	1,24	1,42	1,26	0,43	1,02	1,13	1,23	0,94	0,59	0,70	0,15	2,04	0,87
<i>Rhizosolenia striata</i>												0,07								
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1	0,19	0,64	0,74	1,76	1,18	0,51	0,71	0,75	0,43	0,71	0,90	0,34	0,99	1,03	1,13	0,40	0,30	0,30	0,91	0,16
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2	0,53	0,29	1,45	0,43	0,05	1,80	0,51	0,26	0,09	0,88	0,73	0,34	0,40	0,67	0,38	0,40		0,30		0,16
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3																				
<i>Entomoneis alata</i>															0,09	0,40	0,10			
<i>Lioloma pacificum</i>	3,17	0,87	0,96	2,67	3,26	1,11	0,71	2,09	1,90	0,38	1,50	2,38	0,86	3,44	0,75	0,50		0,30	0,34	0,40
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	9,07	13,07	9,47	10,68	10,50	15,61	15,49	11,67	10,71	10,84	6,54	7,43	5,63	8,97	17,17	23,07	23,61	15,66	6,23	9,45
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	0,19	0,58	2,38	0,11	0,47	0,78	1,73		0,71	1,26	2,31	0,75	4,17	1,08	0,28	1,09	0,50	0,30		0,56
<i>Amphora ostrearia</i>											0,04								0,23	0,08
<i>Amphora</i> sp. 1				0,05																
<i>Amphora</i> sp. 2												0,07								
<i>Thalassiosira</i> sp.															0,47	0,79	0,70	0,15	1,02	0,48
<i>Skeletonema costatum</i>						1,24			1,56			2,38	0,40							
<i>Odontella mobiliensis</i>	0,29	0,23	0,21	0,80	0,14	0,09			0,19	0,22	0,47	0,34			0,84	0,59	0,60	0,89	0,68	0,71
<i>Odontella regia</i>	0,24	0,29	0,28	0,27	0,09	0,41		0,03	0,19	0,05	0,09		0,07	0,10	0,09	0,10	0,20	0,44	0,11	0,40
<i>Odontella</i> sp. 1	0,19			0,27		0,09	0,20	0,03		0,05			0,07	0,46	0,84	1,68	0,90	1,33	0,11	0,16
<i>Odontella</i> sp. 2									0,05			0,07								
<i>Odontella</i> sp. 3									0,28								0,20	0,15		
<i>Odontella</i> sp. 4															0,19	0,10	0,10	0,44		0,16
<i>Odontella</i> sp. 5																	0,20			0,24



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Odontella</i> sp. 6																				
<i>Triceratium favus</i>																				
<i>Dictyocha fibula</i>	0,19		0,11			0,23		0,07				0,48	0,07	0,10	0,09		0,10	0,30	0,11	0,40
<i>Dictyocha</i> sp.															0,09					
<i>Octactis octonaria</i>									0,09		0,09		0,07		0,19	0,10	0,10	0,44		0,24
<i>Dinophysis caudata</i>																				
<i>Dinophysis</i> sp.																				
<i>Neoceratium azoricum</i>																				
<i>Neoceratium furca</i>	0,05	0,06	0,07	0,16	0,43	0,14		0,13		0,60	0,04	0,27	0,53	0,56	0,84	0,79	1,89	0,15	0,68	1,03
<i>Neoceratium horridum</i>		0,06	0,07		0,05					0,22			0,33	0,10						
<i>Neoceratium kofoidii</i>	0,10		0,07	0,21				0,25		0,05			1,19	0,21						
<i>Neoceratium lineatum</i>															0,09	0,20				
<i>Neoceratium massiliense</i>		0,06			0,05					0,05			0,20							
<i>Neoceratium symmetricum</i>													0,20			0,20				
<i>Neoceratium tripos</i>																				
<i>Gonyaulax</i> sp.									0,05									0,30		0,08
<i>Pyrophacus</i> sp.								6,52										1,03		
<i>Gyrodinium</i> sp. 1									0,05											
<i>Gyrodinium</i> sp. 2																	0,10			
<i>Noctiluca scintillans</i>					0,05	0,05				0,05	0,13	0,07	0,20			0,10				0,08
<i>Oxytoxum scolopax</i>																	0,10			
<i>Scrippsiella</i> sp.																				
<i>Diplopsalis</i> sp. 1													1,19			0,10				
<i>Diplopsalis</i> sp. 2																				
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	0,43	0,93	1,10	0,59			0,20	0,59	0,24	0,05	0,56		1,19		0,56	0,40	0,20	0,30		0,24
<i>Protoperidinium steinii</i>	0,05	0,35	0,18	0,11			0,20	0,07	0,05	0,05	0,17		0,73			0,10		0,15		
<i>Protoperidinium</i> sp. 1	0,10	0,06	0,28	0,27						0,05			0,33			0,40	0,10		0,11	0,08



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E10	E12	E14	E16	E19	E22	E24	E25	E26	E28	E29	E30
<i>Protoberidinium</i> sp. 2		0,12	0,28				0,05	0,03			0,21		0,07							
<i>Protoberidinium</i> sp. 3																			0,11	
<i>Protoberidinium</i> sp. 4		0,29	0,21					0,29			0,21	0,07	0,99			0,30				
<i>Protoberidinium</i> sp. 5																				
<i>Protoberidinium</i> sp. 6																				
<i>Protoberidinium</i> sp. 7																				
<i>Cosmarium</i> sp.							0,61	0,07												
<i>Pediastrum simplex</i>									0,09								0,10			
<i>Ankistrodesmus</i> sp.												0,07								
Clorofita 1						0,05			1,00	0,05		0,07				0,30	0,20	0,30		0,08
<i>Merismopedia</i> sp.																				
<i>Komvophoron</i> sp.																				
<i>Oscillatoria</i> sp.					0,05															
Cianofita 1																				
<i>Euglena</i> sp.																				
Morfotipo 1		0,23		0,11	0,38	0,05	0,61	1,14	0,81	0,05	0,26		0,13		0,19	0,50	0,70		0,57	0,64
Morfotipo 2				0,11						0,05										
Morfotipo 3						0,05	0,10			0,05	0,09							0,30		
Morfotipo 4													0,13							
Morfotipo 5								0,03											0,11	
Morfotipo 6		0,41				0,05														
Morfotipo 7	0,05				0,05											0,10				
Morfotipo 8												0,27								
Morfotipo 9																	0,10			
Morfotipo 10																			0,11	
Morfotipo 11																				0,16
Morfotipo 12																				
Morfotipo 13																				
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Boya Roja

Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Cocconeis</i> sp. 1										0,08						



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Cocconeis</i> sp. 2																
<i>Cocconeis</i> sp. 3																
<i>Bacillaria</i> sp.			0,42											0,21		0,36
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,58	1,83	1,05		1,23	1,67	1,32	1,94	2,66	1,17	0,69	0,21	0,90	0,86	1,40	1,26
<i>Nitzschia longissima</i>	0,41	0,46	1,57	1,38		1,49	0,44	1,21	0,80	1,26	0,86		1,16		1,10	0,90
<i>Nitzschia</i> sp. 1			0,31			0,19	0,22		0,18		0,17	0,21	0,26		0,30	
<i>Nitzschia</i> sp. 2	0,16								0,09							
<i>Nitzschia</i> sp. 3					0,92											
<i>Nitzschia</i> sp. 4		0,11													0,10	
<i>Nitzschia</i> sp. 5																
<i>Nitzschia</i> sp. 6									0,09	0,08					0,10	
<i>Nitzschia</i> sp. 7								0,12								
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	14,65	12,73	7,34	10,83	17,61	18,22	12,53	18,67	14,48	4,87	10,46	16,67	8,90	7,40	12,08	16,37
<i>Tryblionella</i> sp.					0,92		0,22		0,09							
<i>Bacteriastrium comosum</i>	3,29								0,36							
<i>Bacteriastrium elongatum</i>										1,01					1,10	
<i>Bacteriastrium furcatum</i>		0,11							0,53	0,08					0,40	
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	0,91	0,92						0,97		0,92					1,90	
<i>Chaetoceros affinis</i>		1,95						0,36	0,44						3,59	
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	1,40	3,33	0,31		0,92		5,93	2,30	1,51	2,85	1,20			0,43	1,90	
<i>Chaetoceros lacinosus</i>																
<i>Chaetoceros lorentianus</i>	0,33		0,21		0,46	0,56			0,71	1,59				0,43	1,80	1,26
<i>Chaetoceros messanensis</i>																
<i>Chaetoceros peruvianus</i>					0,15					0,25			0,13		0,30	0,18
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	0,49		1,47		2,30		1,54				2,74	3,70	0,52	1,72	2,20	
<i>Chaetoceros</i> sp. 2									1,07	2,94	1,03		2,06			
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	0,99	0,80	2,41	2,36	1,23	1,86	2,86	4,24	2,93	2,27	1,54		0,90	3,54	2,99	2,16
<i>Chaetoceros</i> sp. 4								3,88			2,06				0,50	0,72
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	1,48	0,80	4,09		1,84		2,20	8,00	5,68	5,62		3,50	7,23	4,18	3,09	1,98
<i>Chaetoceros</i> sp. 6	1,98		0,31	1,38		0,93	1,76	2,30	0,71	2,43	4,97	5,97	1,29		2,50	5,04
<i>Chaetoceros</i> sp. 7										0,42						0,54
<i>Chaetoceros</i> sp. 8	0,33			0,20	0,46	0,37			0,09	0,17					0,20	



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Chaetoceros</i> sp. 9	1,89	8,60						2,18	1,07				1,29			2,70
<i>Chaetoceros</i> sp. 10																
<i>Chaetoceros</i> sp. 11	0,33	2,75					1,32	2,91		0,76						1,26
<i>Chaetoceros</i> sp. 12																
<i>Chaetoceros</i> sp. 13			4,51						0,62							
<i>Chaetoceros</i> sp. 14																
<i>Chaetoceros</i> sp. 15							1,10		0,36							
<i>Chaetoceros</i> sp. 16																
<i>Chaetoceros</i> sp. 17								0,48								0,18
<i>Chaetoceros</i> sp. 18		0,11					0,22								0,10	
<i>Chaetoceros</i> sp. 19					1,84						2,74		0,52	0,32		3,96
<i>Chaetoceros</i> sp. 20	0,58	5,39					1,32	1,45	2,66	1,43					1,80	1,80
<i>Chaetoceros</i> sp. 21																
<i>Chaetoceros</i> sp. 22																
<i>Chaetoceros</i> sp. 23										0,92						
<i>Chaetoceros</i> sp. 24																
<i>Corethron</i> sp.								0,12		0,08						
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0,16		0,10	0,20	0,15	0,19	0,22	0,24		0,17	0,86	0,21		0,32		0,18
<i>Coscinodiscus</i> sp.		0,11	0,73			0,19					0,69	0,21	0,13	0,54		
<i>Asterionella glacialis</i>	9,38	7,34	12,47	6,10	6,28	2,04	8,35	20,12	25,31	8,05	10,81	6,17	17,03	11,91	23,05	9,53
<i>Fragilaria</i> sp.																
<i>Cerataulina pelagica</i>	0,58	0,92	0,63	1,18		1,30	1,32	0,85	0,44	2,52	0,86	0,41		0,97	0,90	0,90
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>																
<i>Eucampia cornuta</i>										0,25						
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,16	1,61	0,10				0,44	0,48	0,36	0,17				0,32		
<i>Hemiaulus membranaceus</i>																
<i>Hemiaulus sinensis</i>									0,27							
<i>Leptocylindrus danicus</i>	4,69	15,60	12,05	9,06	9,19	6,13	10,55		1,60	20,55	9,95	11,11	5,55	14,70	3,09	7,37
<i>Helicotheca tamesis</i>	0,33		0,10	0,20		0,56	1,32	0,85	0,27	0,08					0,50	1,26
<i>Lithodesmium undulatum</i>																
<i>Lyrella</i> sp.																



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Podosira</i> sp.				0,39												
<i>Diploneis smithii</i>																
<i>Diploneis</i> sp. 1																
<i>Diploneis</i> sp. 2																
<i>Diploneis</i> sp. 3																
<i>Navicula</i> sp. 1		0,11								0,25		0,21				
<i>Navicula</i> sp. 2										0,08	0,51					
<i>Gyrosigma</i> sp. 1			0,10							0,17						
<i>Gyrosigma</i> sp. 2										0,17						
<i>Gyrosigma balticum</i>																
<i>Pleurosigma</i> sp. 1									0,09							0,18
<i>Pleurosigma</i> sp. 2																
<i>Pleurosigma</i> sp. 3			0,10													
<i>Craticula</i> sp.																
<i>Paralia sulcata</i>	0,16	0,46						0,24	0,71		0,34	0,62	0,26		0,50	
<i>Neodelphineis pelagica</i>	0,41															
<i>Dactyliosolen</i> sp.																
<i>Guinardia flaccida</i>	0,91	0,46	1,47	1,77	3,68	1,30	0,88	0,24	0,36	0,59	0,86	1,23	1,81	1,61		0,18
<i>Guinardia striata</i>	1,48	0,69	4,51	5,31	7,50	3,53		1,70	2,04	1,34	2,74	0,41	1,55	1,93	0,60	1,62
<i>Neocalyptrella robusta</i>						0,19			0,09							0,18
<i>Proboscia alata</i>				0,39	0,46	0,37	0,66			0,34	0,69	0,41		0,11		
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0,41	0,34	0,42	0,39	0,46	0,19	0,44	0,85	0,09	0,08	1,20		0,52	0,43	0,20	0,36
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0,08	0,92	0,73				0,22			0,08	1,20	0,62		0,11	0,30	0,18
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,82	0,69	2,62	2,36	2,76	2,42	0,66	1,21	1,15	2,10	2,06	3,70	1,16	0,64	2,10	1,08
<i>Rhizosolenia striata</i>		0,11														
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1		0,69	0,63	0,20		0,19	0,22	0,61	0,98	0,17	0,17	0,21	0,13	0,32	0,50	
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2			0,10	0,39	0,15		0,22			0,42	0,34	0,62	0,13			0,36
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3						0,19			0,09	0,08						0,18
<i>Entomoneis alata</i>		0,11	0,10								0,17					
<i>Lioloma pacificum</i>	0,41	1,38	0,10			0,19	0,22	0,48		1,17	0,34			0,21	0,50	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	7,33	9,52	12,89	19,09	15,62	15,61	6,59	6,79	4,09	5,87	14,24	19,55	17,29	21,03	3,29	5,04



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	0,33	1,38	0,73	0,20	1,84	0,37		1,58	1,87	0,50	0,51	0,82		0,43	0,20	0,72
<i>Amphora ostrearía</i>														0,11		
<i>Amphora</i> sp. 1																
<i>Amphora</i> sp. 2																
<i>Thalassiosira</i> sp.	0,25	0,34	0,52	0,59	0,31	0,19			0,62		0,51	0,41	0,39	0,43		
<i>Skeletonema costatum</i>	34,49	9,52	5,87	4,33	0,46		20,00	2,18	12,61	19,04			2,19		18,16	16,37
<i>Odontella mobiliensis</i>	0,58	0,23	0,10				0,22	0,12				0,21			0,10	
<i>Odontella regia</i>					0,15		0,44									
<i>Odontella</i> sp. 1		0,34			0,61	0,93		0,12		0,08				0,21	0,20	0,36
<i>Odontella</i> sp. 2		0,11					0,44							0,21		0,18
<i>Odontella</i> sp. 3							0,22	0,24	0,53	0,17					0,10	0,18
<i>Odontella</i> sp. 4		0,11							0,18			0,41	0,13		0,10	
<i>Odontella</i> sp. 5							1,32				0,34			0,21		
<i>Odontella</i> sp. 6															0,10	
<i>Triceratium favus</i>																
<i>Dictyocha fibula</i>	0,08	0,11							0,09			0,21			0,10	0,18
<i>Dictyocha</i> sp.							0,22									
<i>Octactis octonaria</i>										0,17						0,18
<i>Dinophysis caudata</i>	0,16													0,11		
<i>Dinophysis</i> sp.												0,21			0,10	
<i>Neoceratium azoricum</i>																
<i>Neoceratium furca</i>	4,69	2,18	3,56	9,25	5,51	6,69	5,27	4,97	5,77	1,43	8,75	4,32	4,26	4,40	3,29	5,76
<i>Neoceratium horridum</i>		0,11												0,11	0,10	
<i>Neoceratium kofoidii</i>		0,57	0,10	0,20				1,45	1,15	0,17	0,17			0,11	0,10	0,36
<i>Neoceratium lineatum</i>																0,18
<i>Neoceratium massiliense</i>																
<i>Neoceratium symmetricum</i>						0,19										
<i>Neoceratium tripos</i>																
<i>Gonyaulax</i> sp.			0,31	0,39	0,15	0,37						0,21				
<i>Pyrophacus</i> sp.																
<i>Gyrodinium</i> sp. 1			0,10	0,39			0,44	0,24	0,18	0,08		0,21				
<i>Gyrodinium</i> sp. 2													0,13			



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
<i>Noctiluca scintillans</i>		0,80	0,10		0,31			0,12	0,09				0,13	0,21		0,36
<i>Oxytoxum scolopax</i>	0,08						0,22									0,18
<i>Scrippsiella</i> sp.									0,09							0,18
<i>Diplopsalis</i> sp. 1								0,36				0,21	0,13			
<i>Diplopsalis</i> sp. 2																
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	0,25	0,80	1,05	1,38			0,44	0,48	0,80	0,76	2,40	1,03	0,39	0,86	1,00	1,26
<i>Protoperidinium steinii</i>	1,48	0,46	0,21	0,98	0,31		1,54	0,24	0,09	0,34	0,69	0,21		0,32	0,60	2,16
<i>Protoperidinium</i> sp. 1		0,11	0,10	0,39			1,76	0,85	0,09	0,25	0,34	0,41		0,11		
<i>Protoperidinium</i> sp. 2	0,08	0,34					0,22	0,12	0,36	0,34		0,21				0,18
<i>Protoperidinium</i> sp. 3														0,11		
<i>Protoperidinium</i> sp. 4				0,20							0,17					0,36
<i>Protoperidinium</i> sp. 5											0,17					
<i>Protoperidinium</i> sp. 6		0,11							0,09							
<i>Protoperidinium</i> sp. 7	0,25						0,66	0,48		0,08					0,10	0,72
<i>Cosmarium</i> sp.																
<i>Pediastrum simplex</i>																
<i>Ankistrodesmus</i> sp.					8,12											
Clorofita 1		0,11	0,10		0,15								0,13	0,32	0,20	0,18
<i>Merismopedia</i> sp.																
<i>Komvophoron</i> sp.																
<i>Oscillatoria</i> sp.																
Cianofita 1																
<i>Euglena</i> sp.																
Morfotipo 1		0,23	13,10	18,31		31,41	0,88		0,36	0,59	6,00	13,37	21,42	16,85	0,30	0,36
Morfotipo 2		1,03					0,22	0,36						0,21		
Morfotipo 3				0,20	5,97						3,43	1,44				
Morfotipo 4										0,08						
Morfotipo 5																
Morfotipo 6																
Morfotipo 7	0,08						0,22					0,21			0,10	0,36
Morfotipo 8																
Morfotipo 9																



Especie	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
Morfotipo 10																
Morfotipo 11	0,08														0,10	
Morfotipo 12														0,43		
Morfotipo 13								0,24								
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Estaciones de referencia, superficie (S) y fondo (F)

Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F
<i>Cocconeis</i> sp. 1						0,60
<i>Cocconeis</i> sp. 2						0,12
<i>Cocconeis</i> sp. 3						
<i>Bacillaria</i> sp.				1,10		1,19
<i>Cylindrotheca closterium</i>		0,70	0,80	0,78	0,73	2,99
<i>Nitzschia longissima</i>	2,67	0,18	0,80	0,64	0,61	1,79
<i>Nitzschia</i> sp. 1						
<i>Nitzschia</i> sp. 2						
<i>Nitzschia</i> sp. 3						
<i>Nitzschia</i> sp. 4						
<i>Nitzschia</i> sp. 5						
<i>Nitzschia</i> sp. 6						
<i>Nitzschia</i> sp. 7					0,12	
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	20,42	31,28	32,50	26,33	19,93	13,26
<i>Tryblionella</i> sp.						
<i>Bacteriastrium comosum</i>	3,05	0,70	1,00	1,06	1,34	
<i>Bacteriastrium elongatum</i>			0,70	0,60	0,49	0,36
<i>Bacteriastrium furcatum</i>	0,19		0,40	0,05		2,39
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	1,53	5,98	2,30	1,84	1,22	0,36
<i>Chaetoceros affinis</i>	3,05		0,60	0,69		2,75
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	3,44	6,33	6,80	7,31	9,23	1,55
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	1,15					
<i>Chaetoceros lorentzianus</i>	12,60	8,44	3,30	2,48	6,32	
<i>Chaetoceros messanensis</i>				0,14		



Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	0,57	0,70	0,30	0,23	1,94	0,12
<i>Chaetoceros</i> sp. 1				2,02	2,19	
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	0,95			1,33	0,61	0,60
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	2,67		2,90	3,77	2,55	
<i>Chaetoceros</i> sp. 4		1,05		1,10		1,31
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	1,53	3,16		1,06	3,16	3,35
<i>Chaetoceros</i> sp. 6		2,64		0,64		2,03
<i>Chaetoceros</i> sp. 7			1,00	0,64	0,24	
<i>Chaetoceros</i> sp. 8	2,29		0,80	0,41	1,34	0,72
<i>Chaetoceros</i> sp. 9				2,16	5,22	0,36
<i>Chaetoceros</i> sp. 10						
<i>Chaetoceros</i> sp. 11		1,93				
<i>Chaetoceros</i> sp. 12						
<i>Chaetoceros</i> sp. 13	0,76			0,32		
<i>Chaetoceros</i> sp. 14						
<i>Chaetoceros</i> sp. 15			0,20			
<i>Chaetoceros</i> sp. 16				1,61		
<i>Chaetoceros</i> sp. 17					0,12	
<i>Chaetoceros</i> sp. 18	0,76	0,35	0,50	0,51	0,24	
<i>Chaetoceros</i> sp. 19			0,40		0,73	
<i>Chaetoceros</i> sp. 20	2,86	3,34	8,30	1,29	1,58	4,78
<i>Chaetoceros</i> sp. 21				0,18	0,61	
<i>Chaetoceros</i> sp. 22				0,37	0,24	
<i>Chaetoceros</i> sp. 23						
<i>Chaetoceros</i> sp. 24		0,18				
<i>Corethron</i> sp.		0,35				0,12
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0,76		0,10	0,23		2,39
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0,19					
<i>Asterionella glacialis</i>	10,31	1,58	6,30	4,50	7,29	3,46
<i>Fragilaria</i> sp.						
<i>Cerataulina pelagica</i>	6,49	3,16	3,20	3,26	5,59	3,35
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>				0,41		



Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F
<i>Eucampia cornuta</i>			0,30	0,32		
<i>Hemiaulus hauckii</i>			0,40	0,87		2,99
<i>Hemiaulus membranaceus</i>			0,70	0,23	0,36	0,48
<i>Hemiaulus sinensis</i>				0,23		0,60
<i>Leptocylindrus danicus</i>	8,40	15,29	11,00	14,71	12,27	8,84
<i>Helicotheca tamesis</i>				0,23	0,61	0,12
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0,38		0,40		2,55	
<i>Lyrella</i> sp.						
<i>Podosira</i> sp.						
<i>Diploneis smithii</i>						
<i>Diploneis</i> sp. 1						
<i>Diploneis</i> sp. 2						
<i>Diploneis</i> sp. 3						
<i>Navicula</i> sp. 1		0,18				0,36
<i>Navicula</i> sp. 2				0,05		
<i>Gyrosigma</i> sp. 1				0,14		
<i>Gyrosigma</i> sp. 2						
<i>Gyrosigma balticum</i>						
<i>Pleurosigma</i> sp. 1						
<i>Pleurosigma</i> sp. 2						
<i>Pleurosigma</i> sp. 3						
<i>Craticula</i> sp.						
<i>Paralia sulcata</i>	0,57			0,23	0,24	
<i>Neodelphineis pelagica</i>						1,67
<i>Dactyliosolen</i> sp.						
<i>Guinardia fláccida</i>	1,15	0,53	1,10	0,92	1,09	0,84
<i>Guinardia striata</i>	4,58	4,57	3,10	3,13	2,55	7,41
<i>Neocalyptrella robusta</i>						
<i>Proboscia alata</i>		0,18	0,40	0,28	0,12	
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0,57	0,88				
<i>Rhizosolenia imbricata</i>			0,20	0,41		1,19
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,95	0,18	0,90	1,01	0,61	1,31



Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F
<i>Rhizosolenia striata</i>						0,24
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1	0,38	0,18	0,50	0,37	0,36	0,72
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2		0,70		0,09		
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3						
<i>Entomoneis alata</i>						
<i>Lioloma pacificum</i>	0,38	1,93	0,70	1,06	0,49	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>			1,10	0,92	1,58	3,46
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>		1,58	0,60	0,09		
<i>Amphora ostrearia</i>						
<i>Amphora</i> sp. 1						
<i>Amphora</i> sp. 2						
<i>Thalassiosira</i> sp.			0,20			
<i>Skeletonema costatum</i>				1,75		
<i>Odontella mobiliensis</i>					0,12	
<i>Odontella regia</i>		0,18		0,37		
<i>Odontella</i> sp. 1				0,32	0,24	
<i>Odontella</i> sp. 2	0,19					
<i>Odontella</i> sp. 3			0,10		0,12	
<i>Odontella</i> sp. 4						
<i>Odontella</i> sp. 5						
<i>Odontella</i> sp. 6						
<i>Triceratium favus</i>						
<i>Dictyocha fibula</i>	0,57	0,18	0,50	0,14	0,24	0,12
<i>Dictyocha</i> sp.						
<i>Octactis octonaria</i>		0,35	0,80		0,24	
<i>Dinophysis caudata</i>						
<i>Dinophysis</i> sp.						
<i>Neoceratium azoricum</i>						
<i>Neoceratium furca</i>	1,91	0,18	0,70	0,05	0,49	0,72
<i>Neoceratium horridum</i>						
<i>Neoceratium kofoidii</i>	1,34	0,35	0,60	0,28	0,12	0,24
<i>Neoceratium lineatum</i>						



Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F
<i>Neoceratium massiliense</i>						
<i>Neoceratium symmetricum</i>						
<i>Neoceratium tripos</i>						
<i>Gonyaulax</i> sp.						
<i>Pyrophacus</i> sp.						
<i>Gyrodinium</i> sp. 1						
<i>Gyrodinium</i> sp. 2						
<i>Noctiluca scintillans</i>					0,12	
<i>Oxytoxum scolopax</i>			0,10			
<i>Scrippsiella</i> sp.						
<i>Diplopsalis</i> sp. 1						
<i>Diplopsalis</i> sp. 2						
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	0,38		0,80	0,09		0,48
<i>Protoperidinium steinii</i>		0,18	0,30	0,18		
<i>Protoperidinium</i> sp. 1			0,10	0,14		
<i>Protoperidinium</i> sp. 2				0,05		
<i>Protoperidinium</i> sp. 3						
<i>Protoperidinium</i> sp. 4			0,10		0,12	
<i>Protoperidinium</i> sp. 5						
<i>Protoperidinium</i> sp. 6		0,18				
<i>Protoperidinium</i> sp. 7						
<i>Cosmarium</i> sp.						
<i>Pediastrum simplex</i>						
<i>Ankistrodesmus</i> sp.						
Clorofita 1						
<i>Merismopedia</i> sp.						0,48
<i>Komvophoron</i> sp.						14,34
<i>Oscillatoria</i> sp.						
Cianofita 1						
<i>Euglena</i> sp.			0,10			
Morfotipo 1		0,18	0,90	1,75	0,61	1,31
Morfotipo 2					0,49	



Especie	PRODECO S	B. Horizonte S	Rodadero S	PRODECO F	B. Horizonte F	Rodadero F
Morfotipo 3						
Morfotipo 4						
Morfotipo 5						
Morfotipo 6						
Morfotipo 7			0,10	0,55	0,61	
Morfotipo 8						
Morfotipo 9						
Morfotipo 10						
Morfotipo 11						2,03
Morfotipo 12						
Morfotipo 13						0,12
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

CAPÍTULO 6

ZOOPLANCTON



Coordinación
ANDRÉS FRANCO HERRERA

CRISTINA CEDEÑO
ANDREA OSORIO ARCINIEGAS

**CONTENIDO**

	Pág.
6.1. INTRODUCCIÓN	6-5
6.2. METODOLOGÍA	6-7
6.2.1. Fase de campo.....	6-7
6.2.2. Fase de laboratorio.....	6-8
6.2.3. Análisis estadístico	6-9
6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6-10
6.2.4. Composición.....	6-10
6.2.5. Densidad	6-13
6.2.6. Atributos ecológicos	6-19
6.2.7. Análisis de clasificación	6-21
6.4. BIBLIOGRAFÍA	6-23
ANEXOX	6-26



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 6.1. Montaje de la red de zooplancton con flujometreo (a). Arrastre superficial horizontal (b). Lavado del colector (c). Traspaso de los zoopláncteres concentrados a frascos plásticos (d).....	6-8
Figura 6.2. Equipos ópticos utilizados para el conteo y la identificación del zooplancton. Microscopio óptico convencional (a) y Estereoscopio (b).....	6-9
Figura 6.3. Composición porcentual de las clases taxonómicas registradas para el componente de zooplancton, a partir del número de familias.	6-10
Figura 6.4. Número de familias reportadas para la Boya 23 (B23), Boya Roja (BR), boyas en el canal de acceso (B) y los sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero.	6-12
Figura 6.5. Iconografía de algunas de las familias/morfotipos más representativas de la comunidad zooplanctónica de acuerdo a su frecuencia de aparición.	6-12
Figura 6.6. Densidades obtenidas en las estaciones de la Boya 23 (B23), en las boyas del canal de acceso (B), en la Boya Roja (BR) y en los sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).	6-14
Figura 6.7. Distribución espacial y valores de densidad de las estaciones muestreadas en la Boya 23, la Boya Roja y las boyas en el canal de acceso.	6-17
Figura 6.8 Distribución de las densidades por familias en las diferentes estaciones de la Boya 23, Boya, Roja, boyas en el canal de acceso y sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y Rodadero (ROD). 6-18	6-18
Figura 6.9. Comportamiento del número de familias/morfotipos y la riqueza de Margalef de la comunidad zooplanctónica en las estaciones de la Boya 23 (B23), Boya Roja (BR), boyas del canal de acceso (B) y los sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).	6-19
Figura 6.10. Comportamiento de la diversidad, uniformidad y predominio de la comunidad zooplanctónica en las estaciones de la Boya 23 (B23), Boya Roja (BR), boyas del canal de acceso (B) y los sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).....	6-21
Figura 6.11. Dendrograma obtenido a partir del índice de Bray-Curtis para la comunidad zooplanctónica recolectada en la Boya 23 (B23: líneas moradas) y Roja (BR: líneas Rojas), las boyas del canal de acceso (B: líneas azules) y los sectores (líneas negras) de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).	6-22
Figura 6.12. Análisis de ordenación NMDS para la comunidad zooplanctónica recolectada en la Boya 23 (B23) y Roja (BR), las boyas del canal de acceso (B) y los sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).	6-22
Figura 6.13. Dendrograma obtenido a partir del índice de Dice para la comunidad zooplanctónica recolectada en la Boya 23 (B23: líneas moradas) y Roja (BR: líneas Rojas), las boyas del canal de acceso (B: líneas azules) y los sectores (líneas negras) de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD). 6-23	6-23



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 6.1. Información sobre los puntos y fechas de muestreo del componente zooplanctónico.	6-7
Tabla 6.2. Comparación de la composición obtenida en el Sector Drummond. con otros estudios realizados en áreas costeras del Caribe colombiano, durante la época seca.....	6-12
Tabla 6.3. Comparación de la densidad obtenida en el Sector Drummond. con otros estudios realizados en áreas costeras del Caribe colombiano, durante la época seca.....	6-16

Anexos

	Pág.
Anexo 6.1. Curvas de diversidad acumulada correspondientes a las estaciones de las boyas en el canal de acceso, sectores, boya 23 y boya roja.....	6-26
Anexo 6.2. Iconografía de los zoopláncteres identificados para las boyas 23 y roja, las boyas del canal de acceso y en los sectores de Bello Horizonte, Prodeco y el Rodadero.	6-27
Anexo 6.3. Densidad (Ind.m ⁻³) de la comunidad zooplanctónica registrada entre las estaciones 1 – 10 ubicadas en el área circundante a la boya 23 (B23).....	6-29
Anexo 6.4. Abundancia relativa de las familias/morfotipos registradas en las estaciones 1 – 10 ubicadas en el área circundante a la boya 23 (B23).....	6-31
Anexo 6.5. Densidad (Ind.m ⁻³) de la comunidad zooplanctónica registrada entre las estaciones 12 – 30 ubicadas en el área circundante a la boya 23.....	6-33
Anexo 6.6. Abundancia relativa de las familias/morfotipos registradas entre las estaciones 12 – 30 ubicadas en el área circundante a la boya 23.....	6-36
Anexo 6.7. Densidad (Ind.m ⁻³) de la comunidad zooplanctónica registrada en las boyas B1, B5, B7 y B11 ubicadas en el canal de acceso.....	6-38
Anexo 6.8. Abundancia relativa de las familias/morfotipos registradas en las boyas B1, B5, B7 y B11 ubicadas en el canal de acceso.....	6-40
Anexo 6.9. Densidad (Ind.m ⁻³) de la comunidad zooplanctónica registrada en las estaciones ubicadas en el área circundante a la Boya Roja (BR).....	6-42
Anexo 6.10. Abundancia relativa de las familias/morfotipos registradas en las estaciones ubicadas en el área circundante a la Boya Roja (BR).....	6-45
Anexo 6.11. Densidad (Ind.m ⁻³) de la comunidad zooplanctónica registrada en las estaciones de los sectores Bello Horizonte (BH), Prodeco (PRO) y Rodadero (ROD).....	6-47
Anexo 6.12. Abundancia relativa de las familias/morfotipos registradas entre las estaciones en las estaciones de los sectores Bello Horizonte (BH), Prodeco (PRO) y Rodadero (ROD).....	6-49



6.1. INTRODUCCIÓN

La comunidad de organismos heterótrofos, que se hallan suspendidos en la columna de agua y cuyo desplazamiento se encuentra modulado principalmente por las corrientes, se define como zooplancton (Boltovskoy, 1981; Margalef, 1972). Estos individuos generalmente microscópicos, son considerados de gran importancia para el mantenimiento y estabilidad de los ecosistemas acuáticos, debido a que conforman el segundo eslabón en la red trófica y permite la transformación y transferencia de la energía de los productos sintetizados por el fitoplancton a niveles superiores. No obstante, los zoopláncteres pueden cumplir otras funciones como ser hospedaderos intermedios, bioindicadores hidrológicos, pesqueros, entre otras (Wickstead, 1965; Margalef, 1972; Boltovskoy, 1981; Gasca y Suárez-Morales, 1996; Cifuentes et al., 1997).

La estructura de esta comunidad, en términos de composición y densidad puede presentar cambios espaciales y temporales, asociados con las condiciones fisicoquímicas y biológicas del área en la cual habitan, (Wickstead, 1965; Boltovskoy, 1981; Gasca y Suárez-Morales, 1996). Entre los factores que más influyen al zooplancton son la salinidad, la temperatura, los nutrientes, la profundidad y el tipo de sustrato (Alldredge y King, 1977; Sale et al., 1978; Lewis y Boers, 1991) y desde el ámbito biológico sobresalen los periodos reproductivos (Moore y Sander, 1976), las concentraciones de fitoplancton (Lewis y Boers, 1991) y el grado de depredación por parte de los peces o invertebrados planctívoros (Heidelberg et al., 2004).

Entre el zooplancton se encuentran representantes de casi todos los grupos animales, los cuales se pueden clasificar en función de su tamaño, afinidad ecológica y distribución. Sin embargo, una de las categorizaciones más relevantes es la que se basa en su historia de vida, dividiéndolos en: 1) holoplanctónicos que se caracterizan por cumplir todo su ciclo biológico en el plancton, en el cual se resaltan Copepoda por su abundancia y diversidad (Wickstead, 1965; Boltovskoy, 1981; Gasca y Suárez-Morales, 1996) y 2) meroplanctónicos que incluyen aquellos organismos que solamente en etapas tempranas de su ciclo de vida forman parte del plancton y al crecer adquieren hábitos bentónicos o pasan a formar parte del necton. Entre estos se encuentran las larvas trocófora y veliger de poliquetos y moluscos bentónicos respectivamente, nauplios, zoeas, mysis y filosomas



de los crustáceos, larvas bippinarias de equinodermos y los huevos, larvas y juveniles de peces (Gasca y Suárez-Morales, 1996).

Para el departamento del Magdalena, se han realizado varios estudios de zooplancton que han tenido por objetivo analizar su estructura comunitaria en diferentes ambientes (costero, marino) y épocas climáticas. Vanegas (2002) evaluó la estructura del mesozooplancton en el Parque Tayrona y el Golfo de Salamanca en la época de lluvias de 1999 y seca de 2000. Se presentaron diferencias entre ambas épocas climáticas, siendo la época de lluvias la que evidenció un mayor número de órdenes (27), principalmente en el Parque Tayrona, que es un sector protegido y de gran biodiversidad. De acuerdo a los grupos más representativos, el orden Calanoida lo fue para ambas épocas además de Cyclopoida (seca) y Decapoda (lluvias).

Por otro lado, Cepeda (2007) estudió la comunidad zooplanctónica en el sistema de surgencia de la Ensenada de Gaira, entre los meses de julio y septiembre de 2006, la cual estuvo conformada por 14 órdenes, entre los cuales Calanoida, Poecilostomatoida, Cyclopida, Appendicularia y Chaetognatha fueron constantes durante todo el muestreo.

Lopez-Ceron (2007) en su estudio en la región de Santa Marta, establece la presencia de 8 phyla, con 43 familias durante la época seca y 18 en lluvias, entre las cuales Calanidae, Oikopleuridae, Eucalanidae, Cirripedia y Penaeidae, fueron las de mayor abundancia.

Bernal y Zea (2000) realizaron una evaluación del zooplancton en el sector costero del Golfo de Salamanca. Para la época seca describieron una comunidad homogénea conformada por organismos grandes y de hábitos oceánicos. Por el contrario, para la época de lluvias fue más heterénea su composición sobresaliendo especies de aguas costeras y neríticas. En general para el Golfo Temoridae fue la familia más representativa.

El presente capítulo tiene como objetivo evaluar la composición y abundancia del zooplancton asociado a aguas adyacentes a Puerto Drummond, y establecer si se presenta alguna variación de la comunidad en mención un mes después del conato de hundimiento de la barcaza TS-115, con los registros históricos para esta zona costera.



6.2. METODOLOGÍA

6.2.1. Fase de campo

El diseño de muestreo para el componente zooplanctónico siguió la metodología de radianes descrita el componente fitoplanctónico, en el cual se cubre una grilla de 43 estaciones que fueron muestreadas el 13, 14 y 20 de febrero y 1 de marzo del año en curso (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Información sobre los puntos y fechas de muestreo del componente zooplanctónico.

Zona	No. Estaciones	Fecha muestreo
Boya 23	20	13-14 Feb/2013
Boya Roja	16	20 feb-01 Mar/2013
Canal de acceso	4	13-14 Feb/2013
Puntos control	3	01 mar/2013

Con el objetivo de evaluar la comunidad zooplanctónica en términos de composición y densidad, en cada estación por un tiempo aproximado de 3,5 min, se llevó a cabo un arrastre superficial con una red con 250 μm de tamaño de poro, a la cual se le instaló en la boca un flujómetro previamente calibrado, para calcular el volumen filtrado por la red, a partir del método propuesto por Boltovskoy (1981). Las muestras recolectadas se concentraron en un frasco plástico con capacidad nominal de 100 mL y se fijaron con formaldehído diluido al 4 %, preparado previamente con agua de mar filtrada (Boltovskoy, 1981; Figura 6.1). Posteriormente, se almacenaron y trasladaron en neveras de fibra de vidrio, para su análisis en laboratorio.

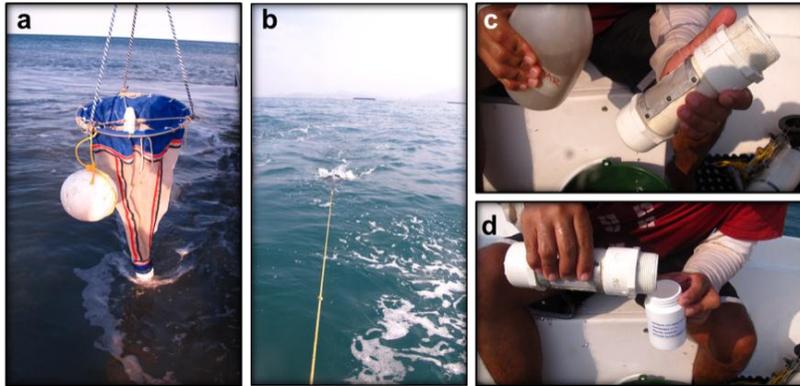


Figura 6.1. Montaje de la red de zooplancton con flujometreo (a). Arrastre superficial horizontal (b). Lavado del colector (c). Traspaso de los zoopláncteres concentrados a frascos plásticos (d).

6.2.2. Fase de laboratorio

Se realizó la cuantificación de los zoopláncteres, a partir de la observación estereoscópicas de alícuotas dispuestas en una placa Bogorov de 5 mL (Figura 6.2). El número mínimo de éstas se determinó por medio de curvas de diversidad acumulada, validadas mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') (Ludwig y Reynolds, 1988), ya descrito en el caso del componente fitoplanctónico.

El proceso de identificación taxonómica se realizó hasta el nivel de familia, para lo cual se empleó un microscopio óptico (Figura 6.2) y bibliografía específica como los trabajos de Cook (1964), Deboyd y Smith (1977) y Boltovskoy (1981) para grupos en general. En el caso específico de copépodos se siguió a Owre y Foyo (1967), Campos y Suárez-Morales (1996) y Boxshall y Halsey (2004) y las larvas de decápodos con Trégouboff y Rose (1957) y Medellín (2005).

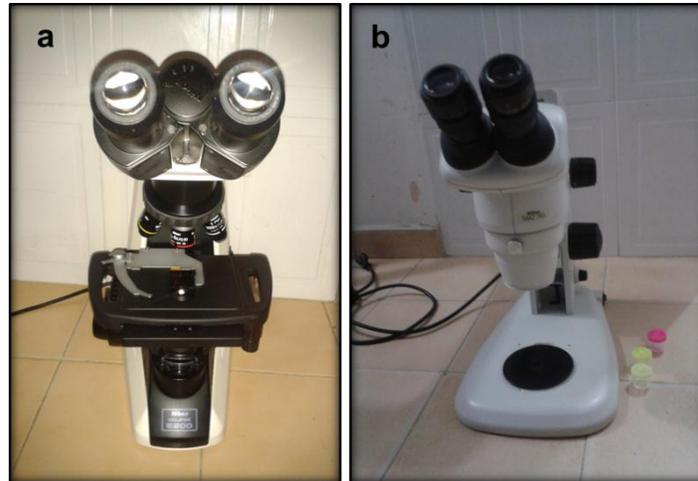


Figura 6.2. Equipos ópticos utilizados para el conteo y la identificación del zooplancton. Microscopio óptico convencional (a) y Estereoscopio (b).

6.2.3. Análisis estadístico

A partir de la construcción de matrices primarias de densidad (Ind.m^{-3}), abundancia relativa y representaciones gráficas como histogramas y pasteles elaborados en la plataforma de Microsoft Excel®, se llevó a cabo un análisis descriptivo de la comunidad zooplanctónica recolectada en el área de interés, en el cual se determinaron grupos taxonómicos representativos y estadísticos descriptivos (e.g. valores máximos, mínimos; Field et al., 1982).

La estructura de la comunidad se caracterizó por medio de la diversidad, riqueza, uniformidad y predominio, atributos ecológicos los cuales permiten evaluar el grado de complejidad de la comunidad y estimar variaciones espaciales y temporales. Estos se calcularon a partir de los índices de Shannon-Wiener, Margalef, Pielou y Simpson, respectivamente (Ludwig y Reynolds, 1988).

Con el fin de establecer posibles asociaciones biológicas entre estaciones por sus características estructurales, se llevó a cabo el análisis de clasificación mediante el índice cuantitativo de Bray Curtis y el índice cualitativo de Dice. Para la elaboración de ambos dendrogramas se usó la técnica del ligamiento promedio de la media aritmética no ponderada -UPGMA - (Ludwig y Reynolds, 1988). Los análisis fueron complementados con un escalamiento no métrico multidimensional – NMDS.

6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.2.4. Composición

De acuerdo a las curvas de diversidad acumulada validada mediante el índice de Shannon y Wiener, la comunidad zooplanctónica del presente estudio, se pudo evaluar a partir de la observación de seis alícuotas por estación con un volumen de 5 mL cada una (Anexo 6.1).

En total, se identificaron 40 familias y 10 morfotipos, distribuidos taxonómicamente en 9 phyla, 10 clases y 16 órdenes. Entre la categoría de clase, Maxillopoda (35,29 %: 18 familias/morfotipos) y Malacostraca (29,41: 15 familias/morfotipos) fueron las más representativas, principalmente por el aporte de copépodos y larvas de decápodos, respectivamente (Figura 6.3; Anexo 6.2). El predominio de Maxillopoda, ha sido descrito también por Vanegas (2002) para el Parque Tayrona y el Golfo de Salamanca, Cepeda (2007) y López-Cerón (2007) en la Ensenada de Gaira, Bernal y Zea (2000) y Gutiérrez-Salcedo (2011) para el Golfo de Salamanca, autores que en general concluyen una comunidad zooplanctónica soportada principalmente por copépodos con una amplia distribución en ambientes oceánicos-costeros, cuyas variaciones en composición están sujetas a las condiciones climáticas prevalentes en el momento del muestreo y aspectos particulares del área como topografía o presencia de ríos (Boltovskoy, 1999; Campos y Suárez-Morales, 1994).

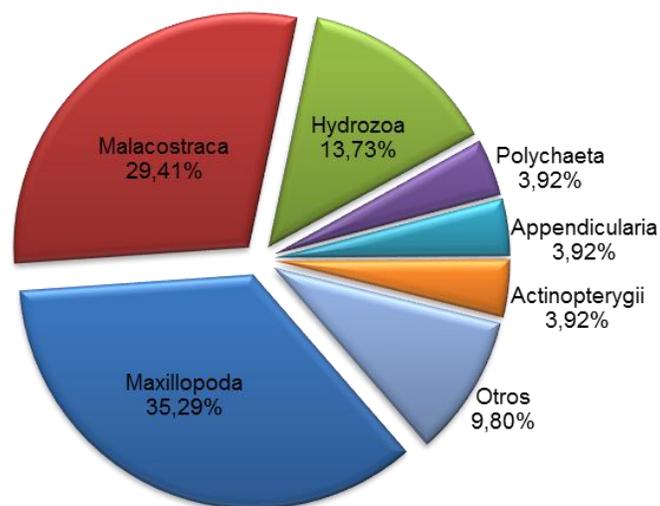


Figura 6.3. Composición porcentual de las clases taxonómicas registradas para el componente de zooplancton, a partir del número de familias.



Entre las áreas muestreadas, los mayores valores del número de familias se obtuvieron en la Boya 23 (40) (sitio del incidente) y la Boya Roja (39). Posteriormente, se encuentran las estaciones ubicadas en el canal de acceso que alcanzaron un total de 30 y finalmente en los muestreos realizados en los sectores del Rodadero, PRODECO S.A. y Bello Horizonte entre los que se reportaron 25 y 26 familias/morfotipos (Figura 6.4). Estas variaciones podrían asociarse con eventos propios del área (e.g. mezcla con aguas continentales procedentes de los ríos Toribio y Córdoba y la Ciénaga Grande de Santa Marta), que pueden provocar cambios en las condiciones fisicoquímicas y consecuentemente en la comunidad plantónica existente (Boltovskoy, 1981; Campos y Suárez-Morales, 1996).

La composición descrita para el presente trabajo es similar a lo reportado por otros autores que han llevado a cabo trabajos en zonas costeras y neríticas del Magdalena para la época seca (Tabla 6.2), lo cual puede indicar el establecimiento de una comunidad zooplanctónica típica del Caribe colombiano, soportada principalmente por el grupo de los copépodos calanoideos.

En cuanto al número de taxa, considerando que la mayoría de los estudios de zooplancton en zonas adyacentes al área de interés, trabajan hasta el nivel taxonómico de orden, con base en este se realizará la comparación de riqueza, la cual se encuentra entre el intervalo descrito por George et al. (1980) para la bahía de Cartagena, León-Cerón (2004) para las estaciones muestreadas fuera de la CGSA, Cepeda (2007) en la Ensenada de Gaira y Vanegas (2002) en el Golfo de Salamanca y el Parque Tayrona, entre los cuales predominan Calanoidea y Poecilostomatoida (Tabla 6.2).

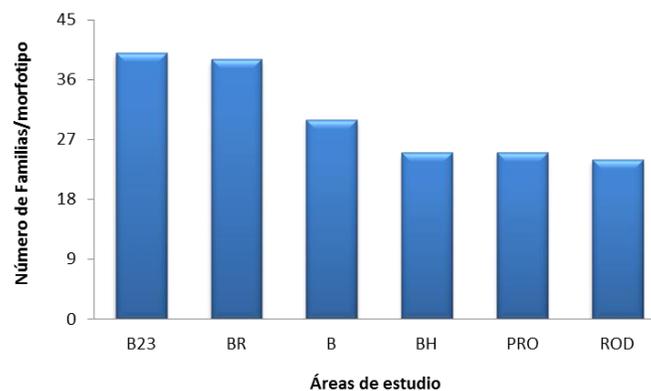


Figura 6.4. Número de familias reportadas para la Boya 23 (B23), Boya Roja (BR), boyas en el canal de acceso (B) y los sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero.

Tabla 6.2. Comparación de la composición obtenida en el Sector Drummond. con otros estudios realizados en áreas costeras del Caribe colombiano, durante la época seca.

Autor	Área	Número de ordenes	Grupos representativos
George et al. (1980)	Bahía de Cartagena	-	Copépodos (Paracalanidae, Temoridae)
León-Cerón (2004)(*)	Ciénaga Grande de Santa Marta	9	Copépodos (Acartiidae)
Cepeda, (2007)	Ensenada de Gaira	19	Copépodos calanoideos
Vanegas (2007)	Golfo de Salamanca y Tayrona	19	Copépodos calanoideos
Presente estudio	Santa Marta, Sector Drummond.	16	Copépodos (Temoridae)

(*) Solo se consideraron las estaciones que se encontraban fuera de la CGSM.

De acuerdo a la frecuencia de aparición, las familias Temoridae y Oikopleuridae ambas registradas para la Gran Cuenca del Caribe y en consecuencia para el Caribe colombiano (Owre y Foyo, 1969; Campos y Suárez-Morales, 1994; Martínez, 2007; Medellín y Navas, 2010), fueron las más representativas del muestreo en general (Figura 6.5).

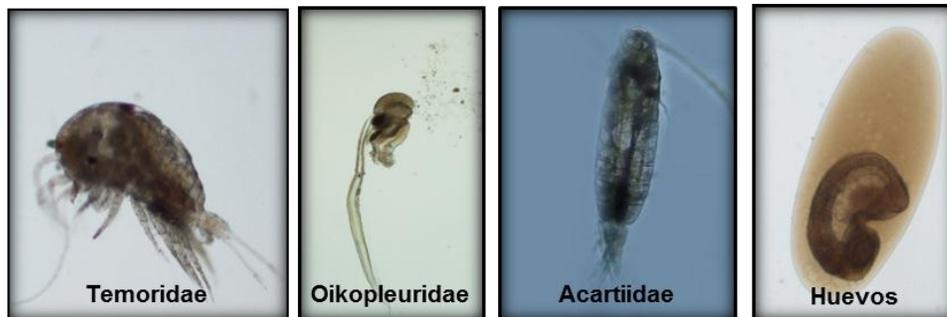


Figura 6.5. Iconografía de algunas de las familias/morfotipos más representativas de la comunidad zooplanctónica de acuerdo a su frecuencia de aparición.

Los temóridos, copépodos pastoreadores, son considerados uno de los integrantes más abundantes del zooplankton de aguas tropicales costeras, estuarinas y salobres, con tendencias a formar agregaciones. (Boxshall y Halsey, 2004; Hernández-Trujillo, 2004).



Por otro lado, Oikopleuridae al igual que los copépodos, es uno de los grupos más comunes en el zooplancton y tienen una amplia distribución en los océanos. Se les considera uno de los principales grupos que movilizan la producción microbiana hacia niveles superiores en las redes tróficas marinas, debido a que son los mayores consumidores del fitoplancton pequeño, bacterias y materia orgánica suspendida en la columna de agua (Flodd et al., 1992; Capitanio y Esnal, 1997; Gorsky y Fenauz, 1998).

Además de estas familias, en las estaciones de la Boya 23 también fue frecuente el registro de huevos de peces (Anexo 6.3, Anexo 6.4, Anexo 6.5, Anexo 6.6), lo cual se atribuye a la presencia de poblaciones de peces que ofrecen en la zona caladeros importantes de pesca artesanal como Don Jaca (Rueda et al., 2010).

Para las boyas muestreadas en el canal de acceso (B1, B5, B11 y B17), se destacan adicionalmente las familias Majidae, que tiene una fase meroplanctónica en estadios de zoea y megalopa (Medellín, 2005) y Sagittidae o gusanos flecha (Anexo 6.7, Anexo 6.8), que se describen como uno de los principales depredadores de copépodos, larvas de peces y, algunas veces, de organismos de su misma clase (Alvariño, 1965; Michel y Foyo, 1976).

En la Boya Roja se registró a la familia Acartiidae (Anexo 6.9, Anexo 6.10), típica de aguas costeras, con un amplio rango de tolerancia a los cambios de salinidad, temperatura y concentración de nutrientes e omnívora (Belmonte y Potenza, 2001).

Finalmente, para las estaciones ubicadas en Bello Horizonte, PRODECO S.A. y El Rodadero, se registraron 18 familias en común, entre copépodos, larváceos y larvas de decápodos (Anexo 6.11, Anexo 6.12).

6.2.5. Densidad

La densidad de la comunidad zooplanctónica entre los diferentes puntos osciló entre 38,22 – 3.779,91 Ind.m⁻³ (Figura 6.6). En la Boya 23 se observaron los mayores valores de este atributo, cuyo intervalo de variabilidad fue entre 251,77 (B23-28) – 3.779,91 (B23-26) Ind.m⁻³ (

Anexo 6.3, Anexo 6.5) En cuanto al diseño de muestreo, las estaciones con las mayores densidades se ubicaron en dirección nororiental de la boya (Figura 6.7).

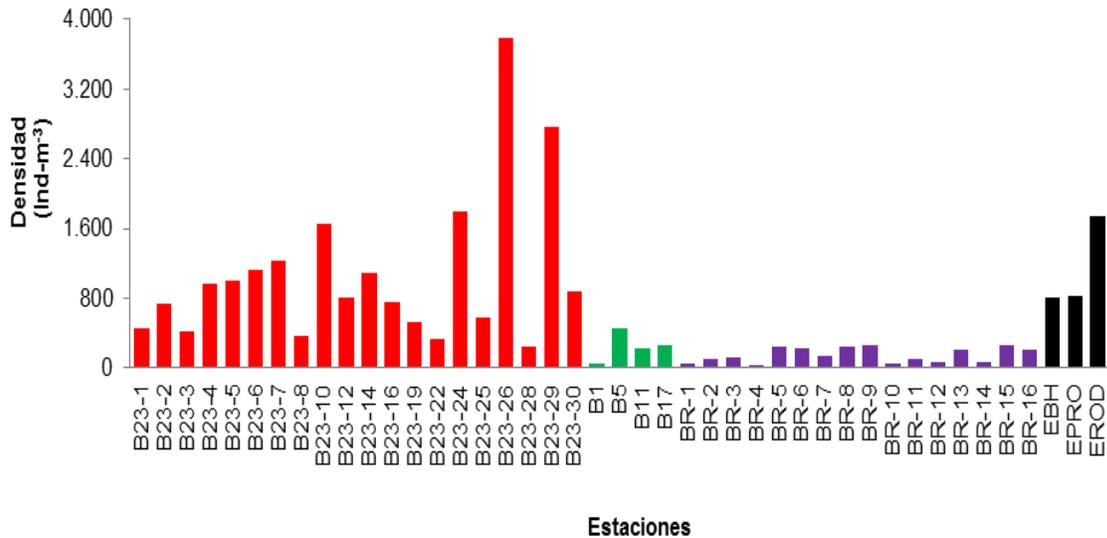


Figura 6.6. Densidades obtenidas en las estaciones de la Boya 23 (B23), en las boyas del canal de acceso (B), en la Boya Roja (BR) y en los sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).

Las familias Temoridae y Oikopleuridae fueron las que más contribuyeron en las estaciones de la Boya 23 (Figura 6.7). La primera familia en mención, alcanzó sus mayores densidades en las estaciones B23-26 (2.801,37 Ind.m-3: 87,80 %) y B23-24 (1.582,08 Ind.m-3:74,11 %) con abundancias relativas superiores al 70 %. Por otro lado Oikopleuridae, fue más representativa en las estaciones B23-7 (843,90 Ind. m-3: 68,38 %), B23-10 (1.001,42 Ind. m-3: 60,41 %) y B23-29 (1.677,06 Ind. m-3: 60,60 % (Figura 6.7; Anexo 6.4; Anexo 6.6)

En las boyas del canal de acceso la densidad osciló entre 74,77 (B1) – 499,27 (B5) Ind. m-3 (Figura 6.6), siendo Oikopleuridae la familia más importante por sus altos valores principalmente en las estaciones B5 y B11, en las cuales registro densidades superiores a 200 Ind.m-3, lo cual corresponde a abundancias relativas mayores al 55 % (Figura 6.7; Anexo 6.7; Anexo 6.8).

En la Boya Roja, las densidades fluctuaron entre 38,22 (BR-4) y 272,00 (BR-15) Ind.m-3 (Anexo 19), valores menores en comparación con lo registrado en la Boya 23, en donde la



intensidad de muestreo fue similar, permitiendo este cotejo (Figura 6.6). Esta disminución se puede relacionar con cercanía de la Boya Roja a la costa, donde se presenta una mayor dinámica por los continuos procesos de erosión y sedimentación provocados por hechos naturales o de origen antropológico (Codignotto, 1997; Zazo et al., 1988; Rodríguez y Beltrán, 2012), que dificultan el rápido asentamiento y mantenimiento de la comunidad zooplanctónica (Boltovskoy, 1981).

En consideración con la distribución espacial de las estaciones en la Boya Roja, las ubicadas hacia el noroeste y noreste, presentaron las mayores densidades (Figura 6.7). En esta boya las familias/morfotipos más representativas de acuerdo a su densidad, fueron Oikopleuridae y nauplios de cirripedios (Figura 6.8). Oikopleuridae obtuvo los mayores registros de densidad en BR-5, BR-15, BR-6, BR-13 y BR-16 con valores entre 188, 87 Ind.m-3– 134,87 Ind.m-3 (Anexo 6.9), los cuales cubren abundancias relativas superiores al 70 % (Anexo 6.10). Por otro lado, los cirripedios fueron abundantes en las estaciones BR-1 (18,81 Ind.m-3: 36,31 %) y BR-11 (26,61 Ind.m-3: 25,92 %). De estos organismos, se ha evidenciado su capacidad de responder de manera oportunista a cambios de corta escala, rápidos y ambientalmente adversos, a partir de la reducción en el gasto energético de la producción y mejorar por lo tanto el proceso de colonización (Hines, 1978; Hernández et al, 2010). Este aspecto ecológico da soporte a la mención de la alta dinámica presente en las zonas costeras.

Finalmente para las estaciones en los sectores de Bello Horizonte, PRODECO S.A. y el Rodadero las densidades oscilaron entre 804,28 y 1.738,23 Ind-m-3 (Figura 6.6; Anexo 6.12), siendo las familias Paracalanidae y Corycaeidae las más representativas en términos de densidad, además de Temoridae particularmente para el sector del Rodadero (Figura 6.8). Los integrantes de Paracalanidae, son de pequeñas dimensiones (1 mm), exclusivamente marinos y se presentan en aguas costeras y oceánicas concentrándose principalmente en zonas próximas a la superficie. Tienen una amplia distribución en aguas tropicales y templadas y pueden en algunas temporadas ser dominantes en la comunidad zooplanctónica (Boltovskoy, 1981; Campos y Suárez, 1994; Boxshall y Halsey, 2004). Corycaeidae, está conformado por copépodos poecilostomatoideos epipelágicos, abundantes en aguas costeras y neríticas (Boxshall y Halsey, 2004).

En comparación con otros estudios realizados en áreas costeras de Santa Marta y Cartagena para la época seca, la densidad obtenida en el presente estudio fue mayor lo



cual se puede atribuir a la presencia de las boyas, que pueden ser un buen sustrato para el establecimiento de varias comunidades hidrobiológicas, entre estas el zooplancton (Tabla 6.3).

Tabla 6.3. Comparación de la densidad obtenida en el Sector Drummond. con otros estudios realizados en áreas costeras del Caribe colombiano, durante la época seca.

Autor	Área	Densidades (Ind. m-3)	
		Mín	Máx
George et al. (1980)	Bahía de Cartagena	85,00	1.233,00
León (2004) (*)	Ciénaga Grande de Santa Marta	305,40	400,30
Cepeda (2007)	Ensenada de Gaira	23,17	1.743,48
Vanegas (2007)	Golfo de Salamanca y Tayrona	9,00	3.775.00
Presente estudio	Santa Marta, Sector Drummond.	38,22	3.779,91

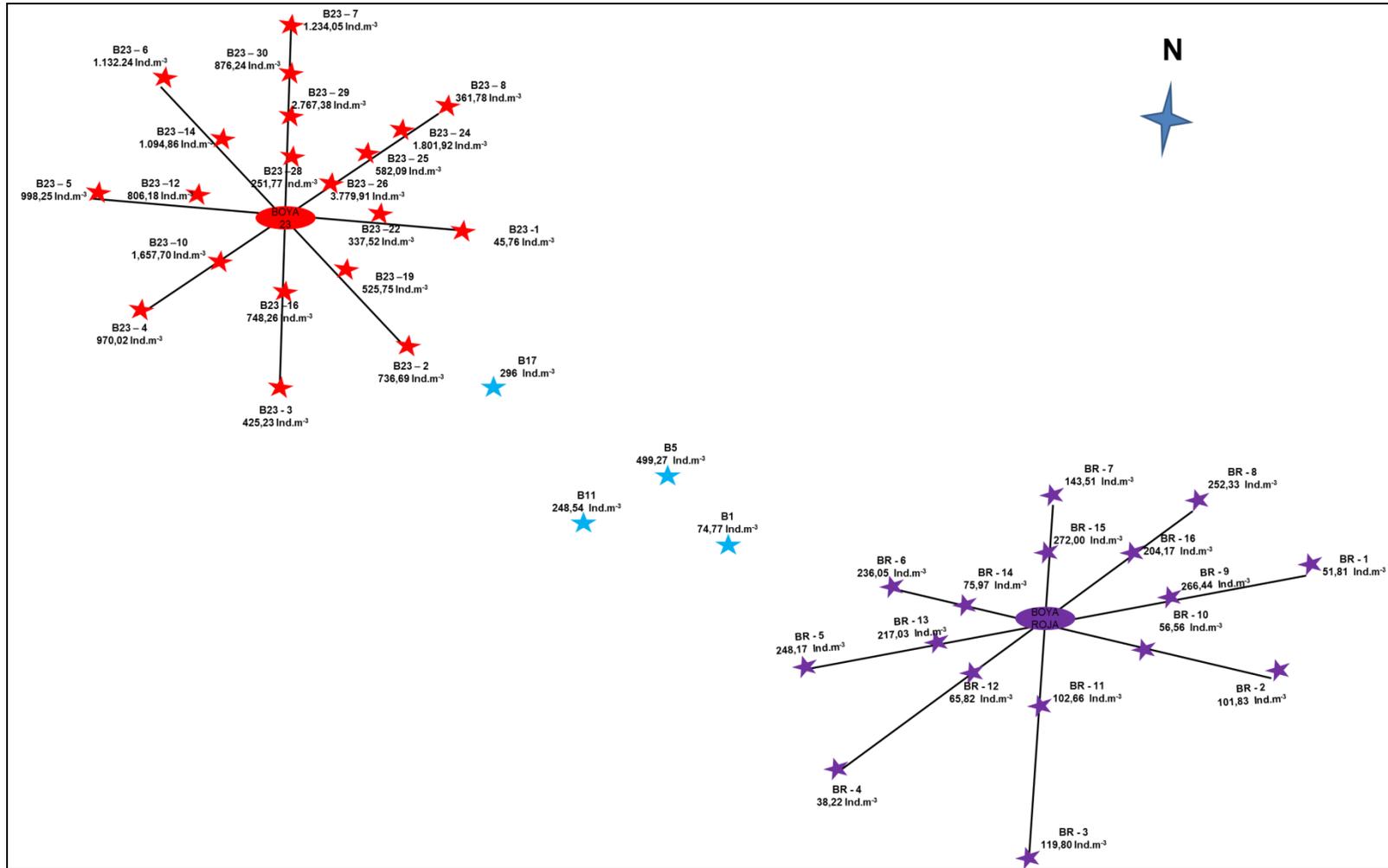


Figura 6.7. Distribución espacial y valores de densidad de las estaciones muestreadas en la Boya 23, la Boya Roja y las boyas en el canal de acceso.

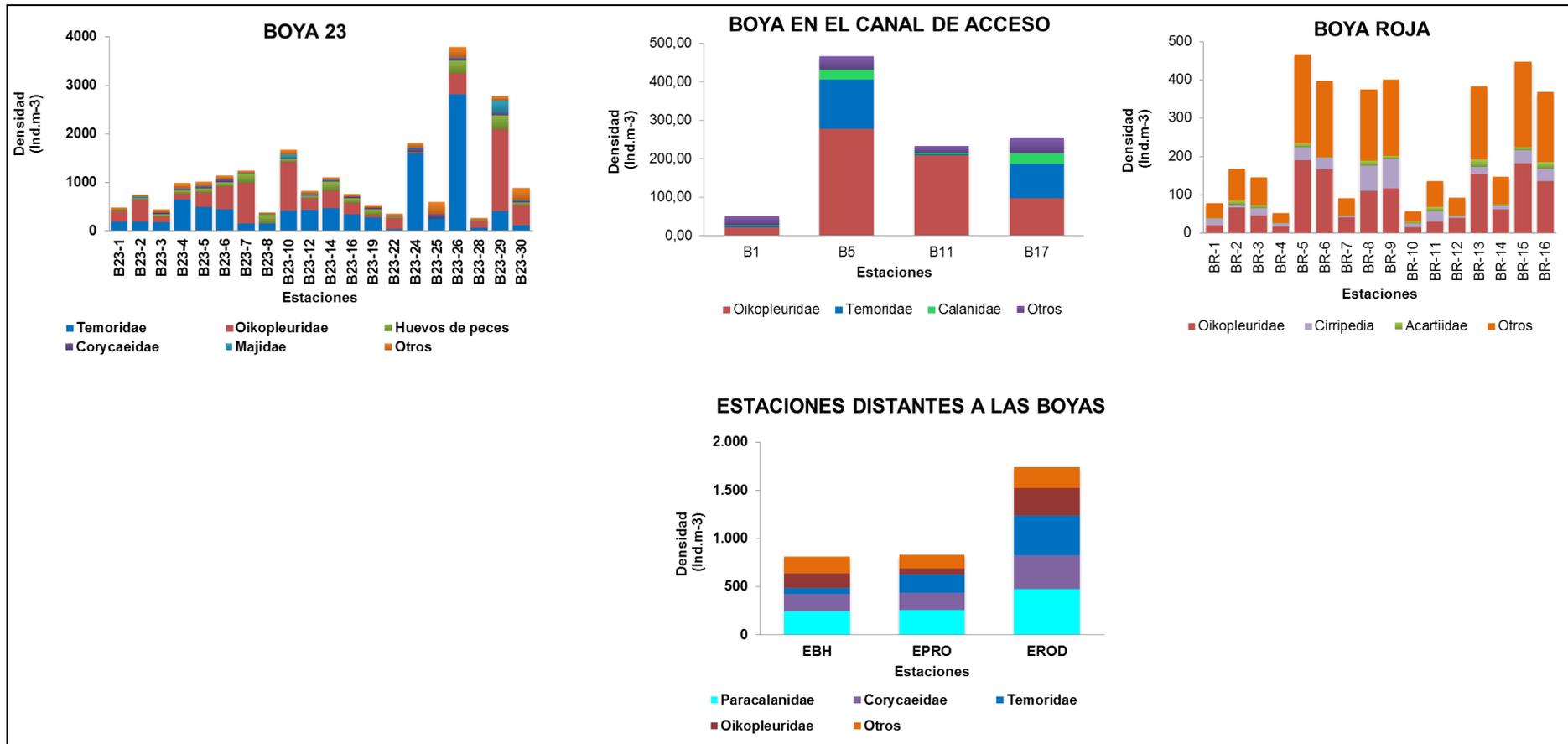


Figura 6.8 Distribución de las densidades por familias en las diferentes estaciones de la Boya 23, Boya, Roja, boyas en el canal de acceso y sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y Rodadero (ROD).

6.2.6. Atributos ecológicos

Entre las áreas evaluadas, todos los atributos ecológicos a excepción del predominio, mantuvieron un mismo comportamiento, registrando los mayores valores entre estaciones de las Boyas Roja y la número 23, en las cuales se tuvo un mayor esfuerzo de muestreo. Las boyas del canal de acceso presentaron valores intermedios y las estaciones ubicadas en los sectores Bello Horizonte, PRODECO S.A. y el Rodadero, a pesar de no tener un alto número de muestras presentaron altos valores de familias/morfotipos, riqueza de Margalef, diversidad, uniformidad y las más bajas estimaciones de predominio.

6.2.6.1. Número de familias/morfotipos y riqueza de Margalef

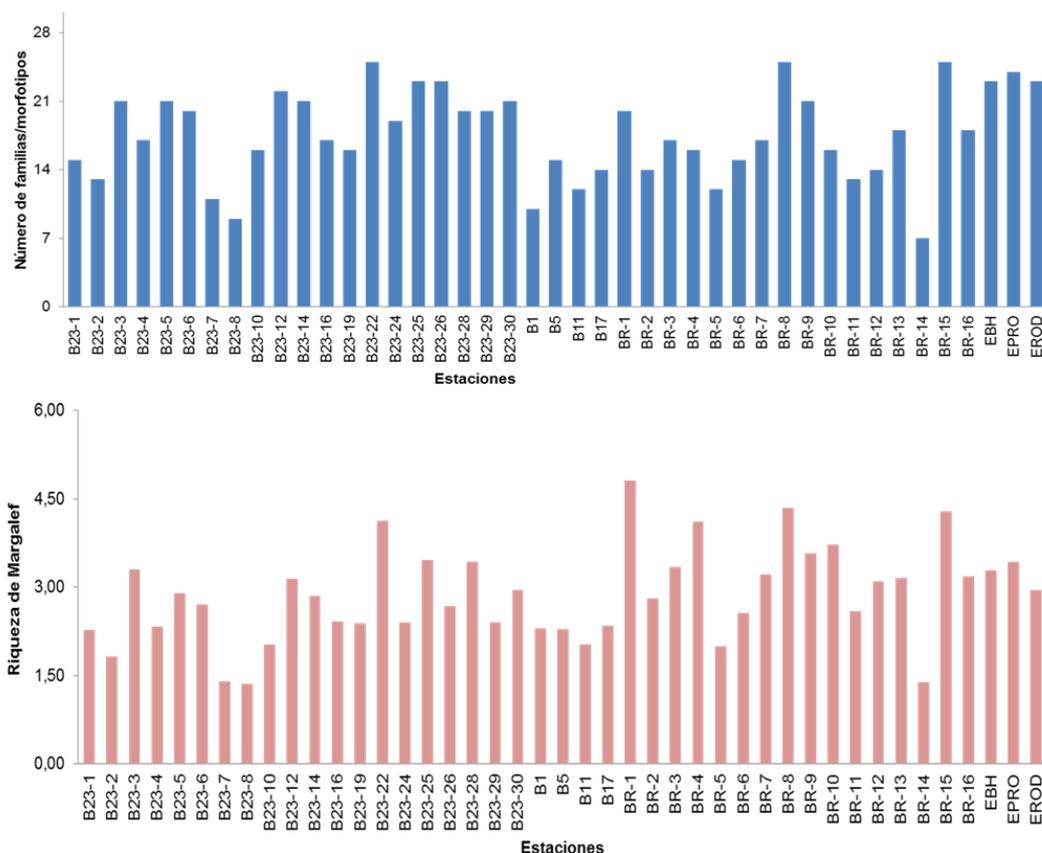


Figura 6.9. Comportamiento del número de familias/morfotipos y la riqueza de Margalef de la comunidad zooplanctónica en las estaciones de la Boya 23 (B23), Boya Roja (BR), boyas del canal de acceso (B) y los sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).

El mayor número de familias/morfotipos se observó entre estaciones de las Boyas 23, oscilando este atributo entre 9 (B23-8) – 25 (B23-22) y la Boya Roja con 7 (BR-11) y



25 (BR-8 y BR-15). Con valores intermedios se ubican las muestras de los sectores de Bello Horizonte (23), PRODECO S.A. (24) y el Rodadero (23) como las boyas del canal de acceso (B1: 10 – B5:15) (Figura 6.9). Esta variabilidad puede asociarse con las diferentes actividades que se llevan a cabo en estas zonas, que alteran la dinámica del agua y consecuente el comportamiento y la estructura de la comunidad zooplanctónica adyacente (Boltovskoy, 1981).

De acuerdo a la riqueza de Margalef, los mayores cálculos se mantuvieron principalmente en estaciones de la Boya Roja (BR-14: 1,39 – BR-1: 4,81) y le sigue con valores aproximados la Boya 23 (B23-8: 1,36 – B23-25:4,12). Las demás estaciones presentaron valores intermedios.

6.2.6.2. Diversidad, uniformidad y predominio

Gran parte de los mayores valores de diversidad se concentraron en las estaciones de la Boya Roja (BR-5: 0,36 - BR-11:0,75) y la Boya 23 (B23-24:0,22 – B23-25: 0,61). Entre las boyas ubicadas en el canal de acceso se observó el mayor y menor valor de este atributo en el muestreo en general con 0,78 (B1) - 0,21 (B11). Las estaciones de los sectores de Bello Horizonte, PRODECO S.A. y el Rodadero presentaron valores altos (0,60 -0,63). La uniformidad tuvo el mismo comportamiento (Figura 6.10).

De acuerdo al predominio, los mayores cálculos se obtuvieron en estaciones de la Boya 23, lo cual se atribuye a las altas abundancias de la familia Temoridae, que fue superior al 70 % en las estaciones B23-24 y B23-26. En el caso de las estaciones B11 y BR-14 se atribuye a la familia Oikopleuridae. Las estaciones de los sectores Bello Horizonte, PRODECO S.A. y el Rodadero presentaron los menores valores de predominio (0,19 -0,20) (Figura 6.10).

En el área total de estudio en la cual rigen las mismas condiciones climáticas y oceanográficas y presentan aspectos geomorfológicos similares, la comunidad zooplanctónica evidenció una alta dinámica en las diferentes boyas y sectores, lo que influyó en la variabilidad de los atributos ecológicos. De acuerdo a la definición del zooplancton como una comunidad errante cuyo desplazamiento es mediado por las corrientes, este comportamiento es común y más aún en sectores donde colindan múltiples actividades (e.g. pesca, desplazamientos de flotas mercantes, turismo, presencia de boyas). No obstante, es necesario realizar más estudios de esta

comunidad que permitan establecer cambios a escala espacial y temporalmente y consecuentemente el porqué de estos.

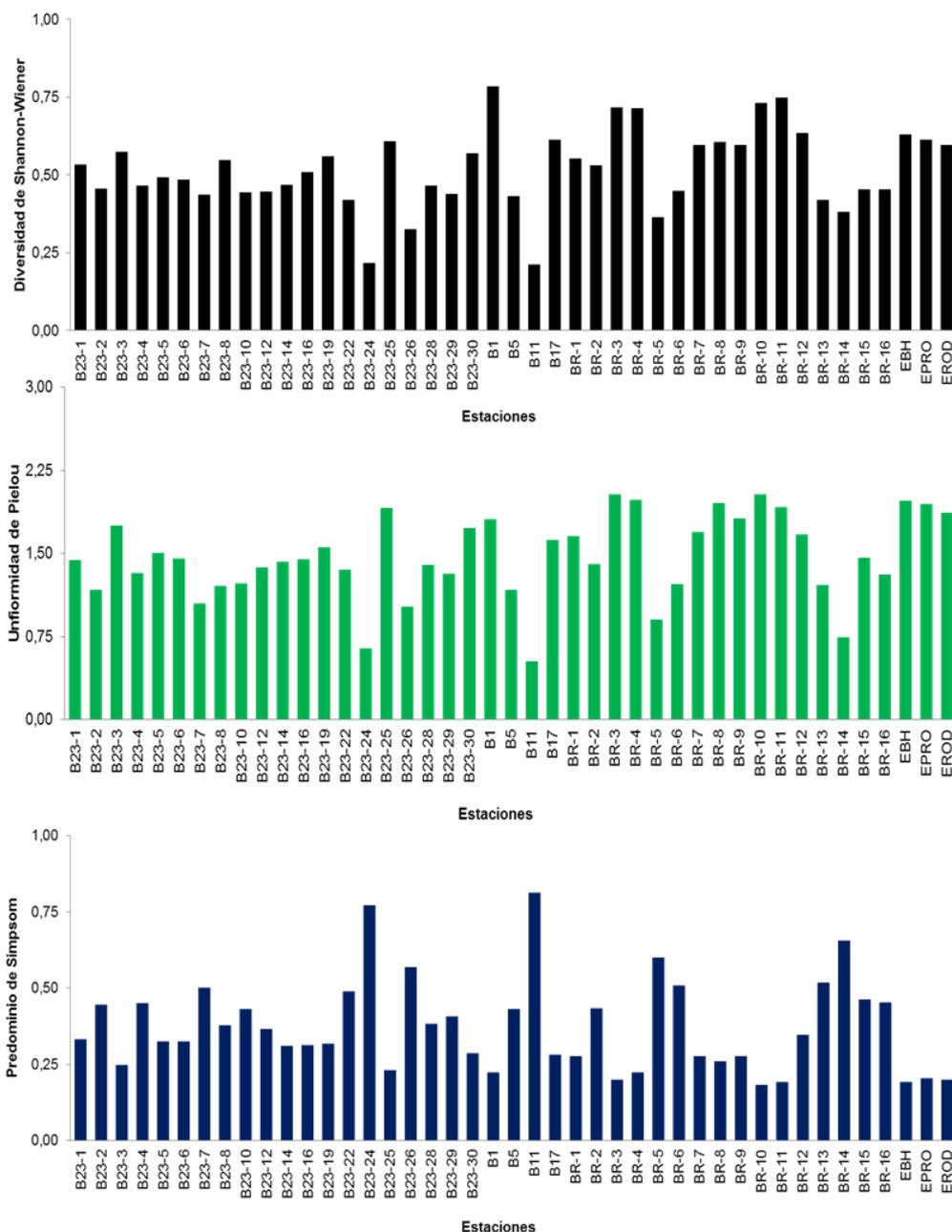


Figura 6.10. Comportamiento de la diversidad, uniformidad y predominio de la comunidad zooplanctónica en las estaciones de la Boya 23 (B23), Boya Roja (BR), boyas del canal de acceso (B) y los sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).

6.2.7. Análisis de clasificación

De acuerdo al análisis de clasificación basado en el índice de Bray-Curtis, la comunidad zooplanctónica exhibe una tendencia de agregación espacial, formando asociaciones de acuerdo a los sitios de muestreo, evidentes en un corte de similaridad del 20 % (Figura 6.11, Figura 6.12). En general se separan las estaciones de las

Boyas 23 y la Roja, que numéricamente fueron superiores a las tomadas en las otras zonas.

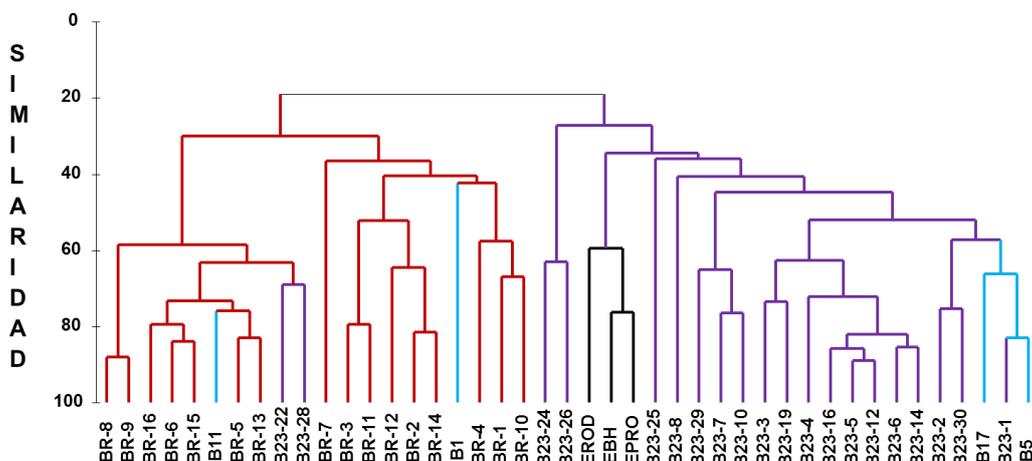


Figura 6.11. Dendrograma obtenido a partir del índice de Bray-Curtis para la comunidad zooplanctónica recolectada en la Boya 23 (B23: líneas moradas) y Roja (BR: líneas Rojas), las boyas del canal de acceso (B: líneas azules) y los sectores (líneas negras) de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).

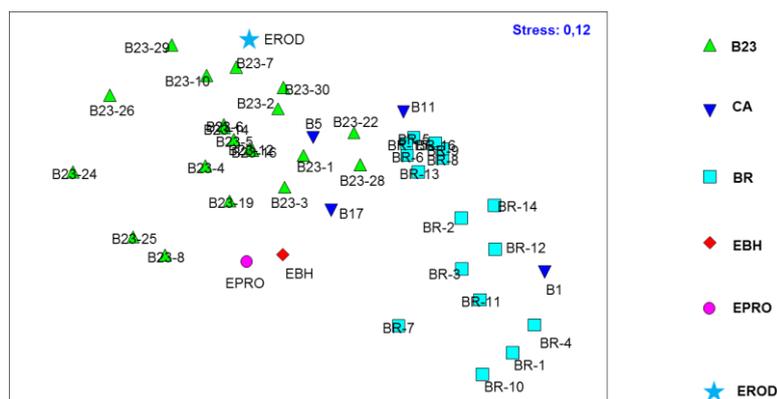


Figura 6.12. Análisis de ordenación NMDS para la comunidad zooplanctónica recolectada en la Boya 23 (B23) y Roja (BR), las boyas del canal de acceso (B) y los sectores de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).

En cuanto al índice de Dice, que considera para el análisis presencia o ausencia de familias/morfortipos, se observa la misma tendencia de asociación de las estaciones por zonas de muestreo, con la única diferencia de que estas agrupaciones se observan con un corte de similaridad del 50 % (Figura 6.13).

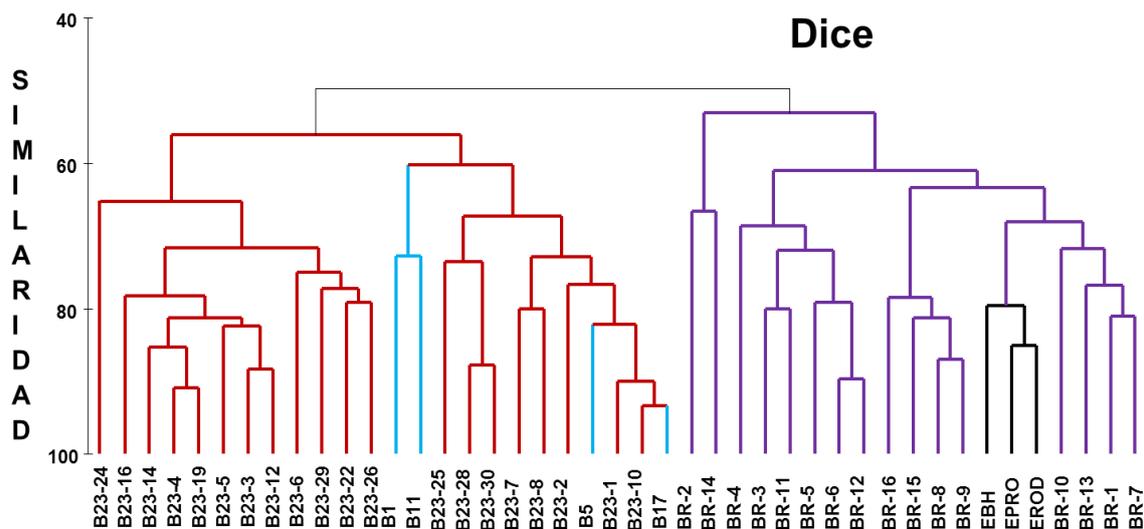


Figura 6.13. Dendrograma obtenido a partir del índice de Dice para la comunidad zooplanctónica recolectada en la Boya 23 (B23: líneas moradas) y Roja (BR: líneas Rojas), las boyas del canal de acceso (B: líneas azules) y los sectores (líneas negras) de Bello Horizonte (BH), PRODECO S.A. (PRO) y el Rodadero (ROD).

De acuerdo a estos análisis, se pueden diferenciar dos zonas según el zooplancton adyacente, cuyas variaciones en la estructura comunitaria en términos de composición y densidad, se pueden relacionar con las características del área donde se ubican las boyas. La Boya Roja ubicada aproximadamente a 1 km de la costa, se encuentra influenciada por la alta dinámica en la geomorfología de la costa por procesos de erosión y sedimentación que generan constantes cambios en el agua circundante, reduciendo así la estabilidad y sobre todo mantenimiento de la comunidad zooplanctónica existente. Un escenario opuesto se puede observar en la Boya 23, ya que se halla a una mayor distancia de la línea costera, confiriendo un mejor lugar para el mantenimiento del zooplancton.

6.4. BIBLIOGRAFÍA

- Allredge, A.L. y J.M. King. 1977. Distribution, abundance and substrate preferences of demersal reef zooplankton at Lizard Island lagoon, Great Barrier Reef. *Marine Biology*. 41: 317-333.
- Alvariño, A. 1965. Chaetognaths. *Annual Review Oceanography and Marine Biology*. 3:115-194.
- Belmonte, G. y D. Potenza. 2001. Biogeography of the family Acartiidae (Calanoida) in the Ponto-Mediterranean Province. *Hydrobiologia* 453/454: 171-176.
- Bernal, A. S. Zea. 2000. Variaciones nictimerales en la comunidad de zooplancton de la bahía de Santa Marta, mar Caribe colombiano. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín*, 22: 5-20.
- Boltovskoy, D (Ed.). 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. *Publicación Especial del INIDEP*. Mar del Plata – Argentina. 936 p.
- Boxshall, G.A. y S.H. Halsey. 2004. An introduction to copepod diversity: Part I-II. The Ray Society, London. 966 p.



- Campos, A. y E. Suárez-Morales. 1994. Copépodos pelágicos del golfo de México y mar Caribe. I Biología y Sistemática. Centro de investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). México. 353 pp.
- Capitanio, F.L. y G.B. Esnal. 1997. Appendicularian distribution in the Rio de Plata estuary and adjacent neritic areas. *Nerítica*, 11: 37-48.
- Cepeda, A. 2007. Comunidad zooplanctónica en el sistema de surgencia de la Ensenada de Gaira, Santa Marta, Caribe colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias Marinas. Programa de Biología Marina. Santa Marta D.T.C.H., 66 p.
- Cifuentes L.J.L., P. TORRES y M.M. FRÍAS. 1997. El océano y sus recursos, V: El plancton. Segunda edición. Fondo de Cultura Económica. México. 298 p.
- Codignotto, J.O. 1997. Geomorfología y dinámica costera. El Mar argentino y sus recursos pesqueros. 1: 89-105.
- Cook, H. 1964. A generic key to the protozoan mysis and postlarvalstafes of the litoral of the northwestern gulf of Mexico. Contribution No. 189, Bureau of Commercial Fishery Biological Laboratory, Galveston, Tex. Fish. Bull. NOAA., 65(2): 437 – 447.
- Deboyd, L. y A. Smith. 1977. Guide to marine zooplankton and marine invertebrate larvae. Editorial Kendall/Hunt. EE.UU. 161 p.
- Field, J, K. Clark y R. Warwick. 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution pattern. *Marine Ecology Progress Series*. Ser., 8: 37-52.
- Flood, P., D. Deibel y C. Morris. 1992. Filtration of colloidal melanin from sea water by pelagic tunicates. *Nature* 355: 630-632.
- Gasca, R. y E. Suárez-Morales (eds). 1996. Introducción al estudio del zooplancton marino. El colegio de la Frontera Sur Ecosur/ CONACYT. México. 711 p.
- George, J. F., F. Hawkins y A. Pinzon. 1980. Estudio ecológico del área de influencia de ECOPETROL sobre la Bahía de Cartagena-Una evaluación de los sitios de más posible impacto. Ministerio de Minas y Energía. 30 p.
- Gorsky, G. y R. Fenaux. 1998. The role of Appendicularia in marine food webs. En: Bone Q (ed). *The biology of pelagic tunicates*. Oxford University Press, Oxford. 161-170 p.
- Gutierrez-Salcedo, J. 2011. Estructura vertical del zooplancton oceánico del mar Caribe colombiano. Tesis para optar al título de Magíster en Ciencias Biología – Línea Biología Marina. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Centro de estudios en ciencias del mar (CECIMAR). Santa Marta, D.T.C.H., 124p.
- Heidelberg, K.B., K.P. Sebens y J.E. Purcell. 2004. Composition and sources of near reef zooplankton on a Jamaican foreereef along with implications for coral feeding. *Coral Reefs*. 23: 263-276.
- Hernández-Trujillo, S., G. Esqueda-Escárcega, J. Reyes y R. Pacheco. 2010 Variación de la abundancia del zooplancton en Bahía Magdalena, B.c.S. México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 81:913-920.
- Hines A.H. 1978. Reproduction in three species of intertidal barnacles from central California. *Bulletin Biology*. 154:262-281.
- Lewis, J. B. y J.J. Boers. 1991. Patchiness and composition of coral reef demersal zooplankton. *Journal of Plankton Research*. 13(6): 1273-1289.
- López-Ceron, D. 2009. Aspectos preliminares de la comunidad zooplanctónica durante pulsos de surgencia / no surgencia costera en la región de santa marta, Caribe colombiano. Tesis para optar por el título de Biólogo Marino Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina, Santa Marta, D.T.C.H., 175p.
- Ludwig, J. y J. Reynolds. 1998. *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. New York. John Wiley & sons. 337 p.
- Margalef, R.G. 1972. *Ecología marina*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Editorial DOSSAT, S.A. España, Madrid. 711 p.
- Martinez, M.P. 2007. Composición y abundancia del zooplancton marino de las islas de Providencia y Santa Catalina (Caribe colombiano) durante la época climática lluviosa (Octubre-Noviembre de 2005). Tesis de pregrado en Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 119 p.
- Medellín, M,D,J. 2005. Composición y distribución de larvas de crustáceos decápodos en estado zoea en el área nororiental del mar Caribe colombiano. Trabajo de pregrado en Biología Marina.

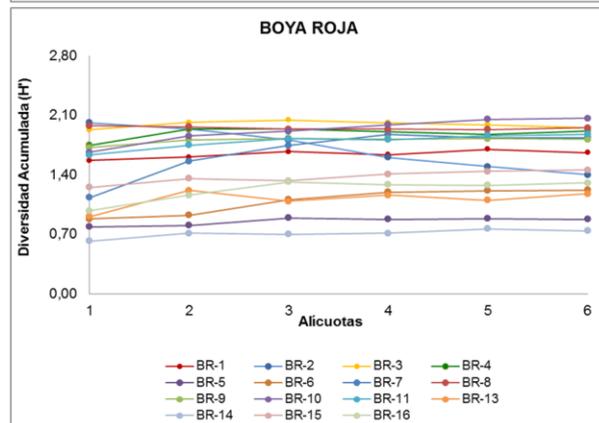
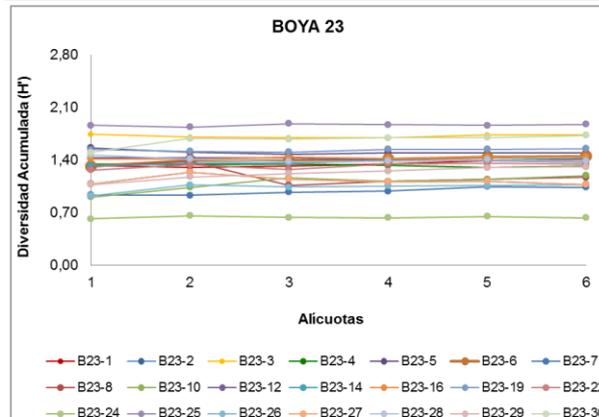
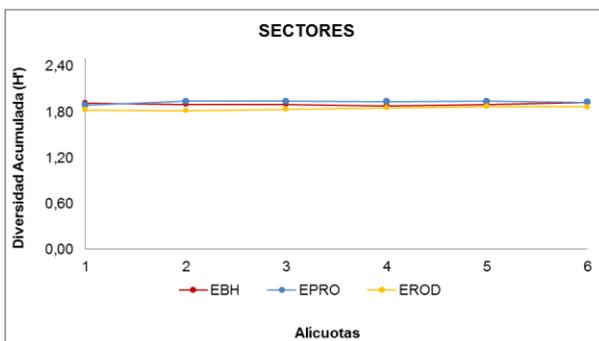
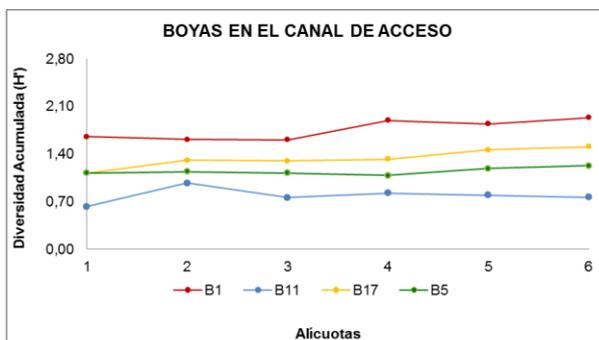


- Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería de Biología Marina. Santa Marta. 77 p.
- Medellin, M.J. y NAVAS, S.G.R. 2010. Listado taxonómico de copépodos (Arthropoda: Crustacea) del mar Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 39(2): 265-306.
- Michel, H.B. y M. FOYO. 1976. Caribbeanzooplankton. Part I - Siphonophora, Heteropoda, Copepoda, Euphausiacea, Chaetognathaand Salpidae. Office of Nav. Res. Dept. of Navy, U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C. 549 p.
- Moore, E. y F. Sander. 1976. Quantitative and qualitative aspects of zooplankton and breeding of copepods at two Caribbean coral reef stations. Estuarine and Coastal Marine Science. 4: 489-607.
- Owre, H.B. y M. Foyo. 1967. Copepods of the Florida current. Manuals for the identification of the fauna of the tropical Western Atlantic. Fauna Caribbean: Crustacea, part I: Copepoda. Institute of Marine Science.Miami. 137 p.
- Rodríguez, P.P. y H. Beltrán. 2012. Estudio de los procesos de Erosión-sedimentación playa el Espino Republica de el Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador. 73 p.
- Rueda, M. D. Marmol, E. Viloría, O. Doncel, F. Rico-Mejía, L. García y A. Giron. 2010. Identificación, ubicación y extensión de caladeros de pesca artesanal e industrial en el territorio marino-costero de Colombia. INVEMAR, INCODER, AGENCIA NACIONAL DE HICRODARBUROS-ANH. Santa Marta. 135 p.
- Sale, F.P., P.S. Mc William y D.T. Anderson. 1978. Faunal relationships among the near-reef zooplankton at three locations on Heron Reef, Great Barrier Reef and seasonal changes in this fauna. Marine Biology, 49: 133-145.
- Trégouboff, G. y M. Rose. 1957. Manual de planctologieMéditerranéenne. Illustrations. Centre National de la RechercheScientifique. 128 p.
- Vanegas, T. 2002. Riqueza de órdenes y dinámica del mesozooplancton marino enambientes costeros del Golfo de Salamanca y el Parque Tayrona, Caribe colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Bióloga Marina. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Faculta de Biología Marina, Santa Marta, 109 p.
- Wickstead, H.J. 1965. An introduction to the study of tropical plankton.Hutchinson Tropical Monographs.London, 160 p.
- Zazo, C.C., D.J.Dabrioy J.L. Goy. 1988. Geomorfología litoral y significación de las variaciones del nivel del mar.In Perspectivas en geomorfología.



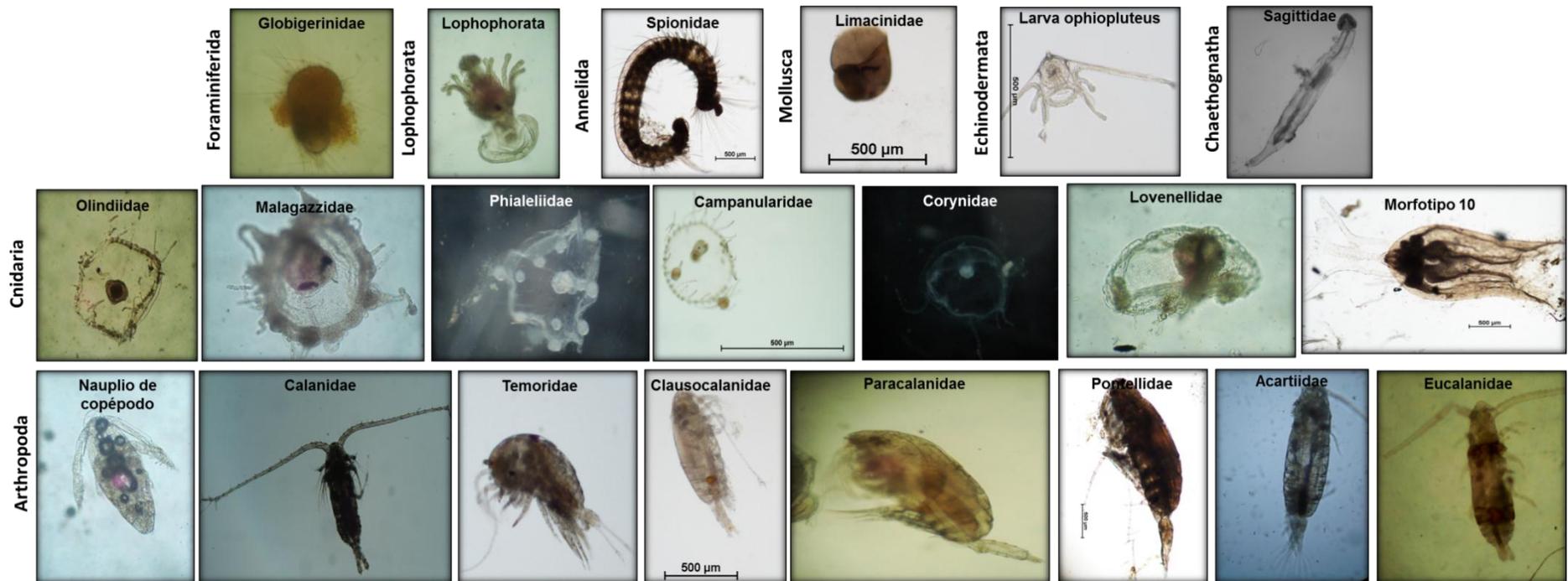
ANEXOS

Anexo 6.1. Curvas de diversidad acumulada correspondientes a las estaciones de las boyas en el canal de acceso, sectores, boya 23 y boya roja.





Anexo 6.2. Iconografía de los zoopláncteres identificados para las boyas 23 y roja, las boyas del canal de acceso y en los sectores de Bello Horizonte, Prodeco y el Rodadero.





Arthropoda



Arthropoda

Chodata


Anexo 6.3. Densidad (Ind.m⁻³) de la comunidad zooplanctónica registrada entre las estaciones 1 – 10 ubicadas en el área circundante a la boya 23 (B23).

FAMILIA/MORFOTIPO	B23-1	B23-2	B23-3	B23-4	B23-5	B23-6	B23-7	B23-8	B23-10
Globigerinidae	0,51		0,39		1,20		3,13		
Larva Lophophorata									
Metatrochophora									
Spionidae					1,20				
Olindiidae			0,77		1,20				
Malagazziidae			0,39			5,08			
Phialellidae				0,97		1,27			
Lovenellidae									
Campanulariidae	2,03	3,68							6,30
Corynidae									
Cnidaria morfotipo 1									
Limacinidae	3,04	0,74	8,48	12,12	5,99	12,07			5,04
Nauplio copépodos			0,39						1,26
Calanidae	29,43	13,25				0,64	21,91	22,54	23,93
Temoridae	171,49	174,42	165,38	633,10	479,66	434,60	134,57	139,57	410,65
Clausocalanidae			19,28	53,32	25,15	19,70			
Paracalanidae			1,93		1,20	1,27			
Acartiidae			0,39	0,48	1,20	5,08			
Pontellidae			2,70	9,21	2,99	6,35			
Eucalanidae	0,51		3,08	4,85	2,99	2,54		0,40	2,52
Lucicutiidae									
Centropagidae			0,77	1,94	0,60				
Corycaeidae	7,10		39,32	32,48	34,73	61,63	2,09	3,16	7,56
Oncaeidae									



FAMILIA/MORFOTIPO	B23-1	B23-2	B23-3	B23-4	B23-5	B23-6	B23-7	B23-8	B23-10
Sapphirinidae									
Oithonidae						1,27			
Euterpinidae			0,77	0,48	0,60	6,99			
Nauplio cirripedio			0,39						
Larva cipris									
Podonidae	1,01	5,15	1,93	0,97	2,40	3,81	4,17	0,40	6,30
Luciferidae	9,13	14,72		3,88	5,39	1,27	18,78		21,41
Majidae	10,15	30,17	3,47	12,12	20,96		16,69	12,26	76,84
Albuneidae	0,51	2,94					1,04		2,52
Sergestidae	3,04	0,74	4,24	8,73	4,79	5,72			27,71
Porcellanidae					0,60				
Alpheidae									
Pinnotheridae									
Penaeidae									
Raninidae									
Xanthidae									
Callianassidae									
Portunidae									
Calliopiidae									
Eusinidae									
Euphausiidae									
Oikopleuridae	202,44	457,02	112,57	111,50	289,83	461,29	843,90	7,91	1001,42
Larva tadpole									
Huevos de peces	19,79	31,65	51,27	74,17	89,22	94,67	184,64	170,80	57,94
Larvas de peces		0,74							1,26



FAMILIA/MORFOTIPO	B23-1	B23-2	B23-3	B23-4	B23-5	B23-6	B23-7	B23-8	B23-10
Sagittidae	5,58		7,32	9,70	26,35	5,08	3,13	4,74	5,04
Larva ophiopluteus		1,47				1,91			
Total	465,76	736,69	425,23	970,02	998,25	1.132,24	1.234,05	361,78	1.657,70

Anexo 6.4. Abundancia relativa de las familias/morfotipos registradas en las estaciones 1 – 10 ubicadas en el área circundante a la boya 23 (B23).

FAMILIA/MORFOTIPO	B23 E1	B23 E2	B23 E3	B23 E4	B23 E5	B23 E6	B23 E7	B23 E8	B23 E10
Globigerinidae	0,11		0,09		0,12		0,25		
Larva Lophophorata									
Metatrochophora									
Spionidae					0,12				
Olindiidae			0,18		0,12				
Malagazziidae			0,09			0,45			
Phialellidae				0,10		0,11			
Lovenellidae									
Campanulariidae	0,44	0,50							0,38
Corynidae									
Cnidaria morfotipo 1									
Limacinidae	0,65	0,10	1,99	1,25	0,60	1,07			0,30
Nauplio copépodos			0,09						0,08
Calanidae	6,32	1,80				0,06	1,78	6,23	1,44
Temoridae	36,82	23,68	38,89	65,27	48,05	38,38	10,90	38,58	24,77
Clausocalanidae			4,53	5,50	2,52	1,74			
Paracalanidae			0,45		0,12	0,11			
Acartiidae			0,09	0,05	0,12	0,45			
Pontellidae			0,63	0,95	0,30	0,56			



FAMILIA/MORFOTIPO	B23 E1	B23 E2	B23 E3	B23 E4	B23 E5	B23 E6	B23 E7	B23 E8	B23 E10
Eucalanidae	0,11		0,72	0,50	0,30	0,22		0,11	0,15
Lucicutiidae									
Centropagidae			0,18	0,20	0,06				
Corycaeidae	1,52		9,25	3,35	3,48	5,44	0,17	0,87	0,46
Oncaeidae									
Sapphirinidae									
Oithonidae						0,11			
Euterpinidae			0,18	0,05	0,06	0,62			
Nauplio cirripedio			0,09						
Larva cipris									
Podonidae	0,22	0,70	0,45	0,10	0,24	0,34	0,34	0,11	0,38
Luciferidae	1,96	2,00		0,40	0,54	0,11	1,52		1,29
Majidae	2,18	4,10	0,82	1,25	2,10		1,35	3,39	4,64
Albuneidae	0,11	0,40					0,08		0,15
Sergestidae	0,65	0,10	1,00	0,90	0,48	0,51			1,67
Porcellanidae					0,06				
Alpheidae									
Pinnotheridae									
Penaeidae									
Raninidae									
Xanthidae									
Callianassidae									
Portunidae									
Calliopiidae									
Eusinidae									
Euphausiidae									
Oikopleuridae	43,46	62,04	26,47	11,49	29,03	40,74	68,38	2,19	60,41



FAMILIA/MORFOTIPO	B23 E1	B23 E2	B23 E3	B23 E4	B23 E5	B23 E6	B23 E7	B23 E8	B23 E10
Larva tadpole									
Huevos de peces	4,25	4,30	12,06	7,65	8,94	8,36	14,96	47,21	3,50
Larvas de peces		0,10							0,08
Sagittidae	1,20		1,72	1,00	2,64	0,45	0,25	1,31	0,30
Larva ophiopluteus		0,20				0,17			
Total	100,00								

Anexo 6.5. Densidad (Ind.m⁻³) de la comunidad zooplanctónica registrada entre las estaciones 12 – 30 ubicadas en el área circundante a la boya 23.

FAMILIA/MORFOTIPO	B23-12	B23-14	B23-16	B23-19	B23-22	B23-24	B23-25	B23-26	B23-28	B23-29	B23-30
Globigerinidae			0,46								
Larva Lophophorata											
Metatrochophora											
Spionidae		0,54			0,44			4,90		1,39	4,70
Olindiidae	0,50										
Malagazziidae	0,50	2,16	0,46		1,76	1,44		0,98			
Phialellidae		0,54	0,46					6,86		1,39	
Lovenellidae											
Campanulariidae						0,48	0,53				1,88
Corynidae	0,50						1,05				
Cnidaria morfotipo 1											
Limacinidae	6,05	5,94	3,69	7,27	4,41	28,80	7,37	35,30	0,22	11,10	6,58
Nauplio copépodos	0,45	0,54			0,44		1,58		0,22		0,94
Calanidae							1,05		0,22		4,70



FAMILIA/MORFOTIPO	B23-12	B23-14	B23-16	B23-19	B23-22	B23-24	B23-25	B23-26	B23-28	B23-29	B23-30
Temoridae	419,29	459,74	334,21	264,17	26,00	1582,08	239,99	2801,37	45,56	395,34	101,54
Clausocalanidae	18,14	19,97	26,31	20,24	10,13	5,28	12,63	8,82	3,78	16,65	2,82
Paracalanidae	1,51				0,44	22,08		57,85		19,42	
Acartiidae	0,50	2,70		0,52	0,88		0,53			2,77	
Pontellidae	4,03	0,54	0,92	0,52	0,88	10,56		6,86	0,22		0,94
Eucalanidae	1,51	1,62	0,46	4,15	0,44		1,05	2,94	0,22	1,39	
Lucicutiidae											
Centropagidae	0,50	1,08		1,04	3,53						
Corycaeidae	24,69	25,36	30,47	32,70	11,90	63,84	77,36	51,97	3,11	58,26	31,97
Oncaeidae					0,44		0,53				
Sapphirinidae					0,44						0,94
Oithonidae					3,08		2,11	1,96		1,39	
Euterpinidae		0,54	0,92		6,17			3,92	0,22	1,39	1,88
Nauplio cirripedio	0,45		0,46	0,52	1,32	0,48		6,86		1,39	
Larva cipris											
Podonidae	0,50	3,24	4,62	2,59	0,44		20,53	0,98	3,11		4,70
Luciferidae	1,51	0,54		5,19		0,48	1,05		19,78	6,94	156,07
Majidae	9,58	11,33	6,00	5,71	2,20	31,68	2,63	15,69	0,89	246,91	18,80
Albuneidae	0,50	0,54			0,44	7,68		1,96	0,22	2,77	6,58
Sergestidae	4,03	5,94	2,31	1,04	1,32	0,96	7,37			9,71	
Porcellanidae									0,22		
Alpheidae						0,96					
Pinnotheridae						0,96					
Penaeidae											
Raninidae											



FAMILIA/MORFOTIPO	B23-12	B23-14	B23-16	B23-19	B23-22	B23-24	B23-25	B23-26	B23-28	B23-29	B23-30
Xanthidae											
Callianassidae											
Portunidae											
Calliopiidae								2,48			
Eusinidae								1,44			
Euphausiidae						9,12	32,63	51,97	1,11	5,55	36,67
Oikopleuridae	239,88	348,04	227,11	54,49	232,66	17,28	3,16	433,39	145,78	1677,06	424,02
Larva tadpole							102,63				
Huevos de peces	52,91	195,87	100,63	114,70	23,35	16,32	3,16	264,74	20,67	292,69	46,07
Larvas de peces							5,79		0,22		0,94
Sagittidae	18,65	8,09	8,77	10,90	3,53	1,44	7,89	5,88	0,22		0,94
Larva ophiopluteus					0,88		49,47	10,79	5,78	13,87	22,56
Total	806,18	1.094,86	748,26	525,75	337,52	1.801,92	582,09	3.779,91	251,77	2.767,38	876,24



Anexo 6.6. Abundancia relativa de las familias/morfotipos registradas entre las estaciones 12 – 30 ubicadas en el área circundante a la boya 23.

FAMILIA/MORFOTIPO	B23 E12	B23 E14	B23 E16	B23 E19	B23 E22	B23 E24	B23 E25	B23 E26	B23 E28	B23 E29	B23 E30
Globigerinidae			0,06								
Larva Lophophorata											
Metatrochophora											
Spionidae		0,05			0,13			0,13		0,05	0,54
Olindiidae	0,06										
Malagazziidae	0,06	0,20	0,06		0,52	0,08		0,03			
Phialellidae		0,05	0,06					0,18		0,05	
Lovenellidae											
Campanulariidae						0,03	0,09				0,21
Corynidae	0,06						0,18				
Cnidaria morfotipo 1											
Limacinidae	0,75	0,54	0,49	1,38	1,31	1,60	1,27	0,93	0,09	0,40	0,75
Nauplio copépodos	0,06	0,05			0,13		0,27		0,09		0,11
Calanidae							0,18		0,09		0,54
Temoridae	52,01	41,99	44,66	50,25	7,70	87,80	41,23	74,11	18,10	14,29	11,59
Clausocalanidae	2,25	1,82	3,52	3,85	3,00	0,29	2,17	0,23	1,50	0,60	0,32
Paracalanidae	0,19				0,13	1,23		1,53		0,70	
Acartiidae	0,06	0,25		0,10	0,26		0,09			0,10	
Pontellidae	0,50	0,05	0,12	0,10	0,26	0,59		0,18	0,09		0,11
Eucalanidae	0,19	0,15	0,06	0,79	0,13		0,18	0,08	0,09	0,05	
Lucicutiidae											
Centropagidae	0,06	0,10		0,20	1,05						
Corycaeidae	3,06	2,32	4,07	6,22	3,53	3,54	13,29	1,37	1,24	2,11	3,65
Oncaeidae					0,13		0,09				
Sapphirinidae					0,13						0,11
Oithonidae					0,91		0,36	0,05		0,05	



FAMILIA/MORFOTIPO	B23 E12	B23 E14	B23 E16	B23 E19	B23 E22	B23 E24	B23 E25	B23 E26	B23 E28	B23 E29	B23 E30
Euterpinidae		0,05	0,12		1,83			0,10	0,09	0,05	0,21
Nauplio cirripedio	0,06		0,06	0,10	0,39	0,03		0,18		0,05	
Larva cipris											
Podonidae	0,06	0,30	0,62	0,49	0,13		3,53	0,03	1,24		0,54
Luciferidae	0,19	0,05		0,99		0,03	0,18		7,86	0,25	17,81
Majidae	1,19	1,03	0,80	1,09	0,65	1,76	0,45	0,42	0,35	8,92	2,15
Albuneidae	0,06	0,05			0,13	0,43		0,05	0,09	0,10	0,75
Sergestidae	0,50	0,54	0,31	0,20	0,39	0,05	1,27			0,35	
Porcellanidae									0,09		
Alpheidae						0,05					
Pinnotheridae						0,05					
Penaeidae											
Raninidae											
Xanthidae											
Callianassidae											
Portunidae											
Calliopiidae								0,07			
Eusiniidae								0,04			
Euphausiidae						0,51	5,61	1,37	0,44	0,20	4,18
Oikopleuridae	29,76	31,79	30,35	10,36	68,93	0,96	0,54	11,47	57,90	60,60	48,39
Larva tadpole							17,63				
Huevos de peces	6,56	17,89	13,45	21,82	6,92	0,91	0,54	7,00	8,21	10,58	5,26
Larvas de peces							0,99		0,09		0,11
Sagittidae	2,31	0,74	1,17	2,07	1,05	0,08	1,36	0,16	0,09		0,11
Larva ophiopluteus					0,26		8,50	0,29	2,30	0,50	2,57
Total	100,00										



Anexo 6.7. Densidad (Ind.m⁻³) de la comunidad zooplanctónica registrada en las boyas B1, B5, B7 y B11 ubicadas en el canal de acceso.

FAMILIA/MORFOTIPO	B1	B5	B11	B17
Globigerinidae				
Larva Lophophorata				
Metatrochophora		0,55		
Spionidae		0,55		
Olindiidae				
Malagazziidae				
Phialellidae				
Lovenellidae				
Campanulariidae	2,71	3,85	1,43	
Corynidae				
Cnidaria morfotipo 1			2,86	
Limacinidae		2,20	0,72	8,86
Nauplio copépodos	4,65	1,10	7,16	2,13
Calanidae	2,32	26,94	3,58	26,92
Temoridae	3,49	128,11	2,15	90,68
Clausocalanidae				
Paracalanidae				
Acartiidae				
Pontellidae				
Eucalanidae				2,48
Lucicutiidae				



FAMILIA/MORFOTIPO	B1	B5	B11	B17
Centropagidae				
Corycaeidae		1,10		4,96
Oncaeidae				
Sapphirinidae				
Oithonidae				
Euterpinidae				
Nauplio cirripedio				
Larva cipris				
Podonidae		1,10		0,71
Luciferidae	0,39	4,40		2,13
Majidae	1,55	10,45	0,72	5,67
Albuneidae		1,10		1,42
Sergestidae			2,15	1,06
Porcellanidae				
Alpheidae				
Pinnotheridae				
Penaeidae				
Raninidae				
Xanthidae				
Callianassidae				
Portunidae				
Calliopiidae				



FAMILIA/MORFOTIPO	B1	B5	B11	B17
Eusinidae				
Euphausiidae				
Oikopleuridae	20,14	276,02	208,41	95,64
Larva tadpole	8,91		0,72	
Huevos de peces		1,10	0,72	8,50
Larvas de peces	0,39			
Sagittidae	5,81	6,60	0,72	3,90
Larva ophiopluteus				
Total	50,36	465,17	231,34	255,06

Anexo 6.8. Abundancia relativa de las familias/morfotipos registradas en las boyas B1, B5, B7 y B11 ubicadas en el canal de acceso.

FAMILIA/MORFOTIPO	B1	B5	B11	B17
Globigerinidae				
Larva Lophophorata				
Metatrochophora		0,12		
Spionidae		0,12		
Olindiidae				
Malagazziidae				
Phialellidae				
Lovenellidae				
Campanulariidae	5,38	0,83	0,62	
Corynidae				
Cnidaria morfotipo 1			1,24	
Limacinidae		0,47	0,31	3,47



FAMILIA/MORFOTIPO	B1	B5	B11	B17
Nauplio copépodos	9,23	0,24	3,10	0,84
Calanidae	4,61	5,79	1,55	10,55
Temoridae	6,93	27,54	0,93	35,55
Clausocalanidae				
Paracalanidae				
Acartiidae				
Pontellidae				
Eucalanidae				0,97
Lucicutidae				
Centropagidae				
Corycaeidae		0,24		1,94
Oncaeidae				
Sapphirinidae				
Oithonidae				
Euterpinidae				
Nauplio cirripedio				
Larva cipris				
Podonidae		0,24		0,28
Luciferidae	0,77	0,95		0,84
Majidae	3,08	2,25	0,31	2,22
Albuneidae		0,24		0,56
Sergestidae			0,93	0,42
Porcellanidae				
Alpheidae				
Pinnotheridae				
Penaeidae				
Raninidae				



FAMILIA/MORFOTIPO	B1	B5	B11	B17
Xanthidae				
Callianassidae				
Portunidae				
Calliopiidae				
Eusinidae				
Euphausiidae				
Oikopleuridae	39,99	59,34	90,09	37,50
Larva tadpole	17,69		0,31	
Huevos de peces		0,24	0,31	3,33
Larvas de peces	0,77			
Sagittidae	11,54	1,42	0,31	1,53
Larva ophiopluteus				
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Anexo 6.9. Densidad (Ind.m⁻³) de la comunidad zooplanctónica registrada en las estaciones ubicadas en el área circundante a la Boya Roja (BR).

FAMILIA/MORFOTIPO	BR-1	BR-2	BR-3	BR-4	BR-5	BR-6	BR-7	BR-8	BR-9	BR-10	BR-11	BR-12	BR-13	BR-14	BR-15	BR-16
Globigerinidae																
Larva Lophophorata			2,87												0,53	
Metatrochophora																
Spionidae	0,25		4,29		1,15	2,59	1,06	2,16	6,41		3,80	2,44	5,38		3,16	1,87
Olindiidae																
Malagazziidae					0,58											
Phialellidae																
Lovenellidae																



FAMILIA/MORFOTIPO	BR-1	BR-2	BR-3	BR-4	BR-5	BR-6	BR-7	BR-8	BR-9	BR-10	BR-11	BR-12	BR-13	BR-14	BR-15	BR-16
Campanulariidae	0,50	0,64	9,12	1,33	4,03	2,59	1,59	7,33	11,90		5,23	1,95	4,18	0,49	3,68	2,34
Corynidae																
Cnidaria morfotipo 1																
Limacnidae	1,09	0,64			0,58	0,52		0,43	1,83	0,55						
Nauplio copépodos								6,47	0,92							
Calanidae								1,29	2,29						2,10	1,40
Temoridae	0,08	3,20	1,61	0,44	1,15	4,66	15,95	3,02	2,75	1,10	0,95	0,49	1,20	0,99	4,74	0,47
Clausocalanidae		0,64						4,31	4,12						6,31	1,40
Paracalanidae	7,10	1,28					61,13			15,92			1,20		0,53	
Acartiidae	1,67	12,17	8,05	2,67	9,79	2,07	1,59	11,65	7,78	4,39	11,41	1,95	19,73	2,96	7,89	17,30
Pontellidae	0,25	1,28		0,44		11,91	0,53	4,75	5,95	3,84		3,41	0,60		3,68	2,81
Eucalanidae	0,50						6,91	6,04	6,41	0,55	0,95		0,60		4,21	
Lucicutiidae	0,08															
Centropagidae															2,10	
Corycaeidae							0,53		0,92	1,10			0,60		1,05	1,40
Oncaeidae								3,88	1,83						2,63	0,94
Sapphirinidae																
Oithonidae	0,92	1,28	1,61	0,89		0,52	1,06	1,29	4,58	0,55	1,90		0,60		1,58	0,47
Euterpinidae	0,08			0,44			2,13	0,86		0,55					1,05	2,81
Nauplio cirripedio	18,81		17,70	6,67	33,97	4,66	3,19	1,29		9,33	26,61	1,95	17,34		0,53	
Larva cipris		5,76	1,07	0,89		25,36		65,57	75,99			3,90		9,37	32,62	32,26
Podonidae				0,44												
Luciferidae				0,89				0,43								
Majidae	0,67	4,48	6,97	0,44	3,45	5,69		4,31	0,92	1,65	3,33	6,34	2,39		1,05	1,87
Albuneidae																



FAMILIA/MORFOTIPO	BR-1	BR-2	BR-3	BR-4	BR-5	BR-6	BR-7	BR-8	BR-9	BR-10	BR-11	BR-12	BR-13	BR-14	BR-15	BR-16
Sergestidae	0,08		1,07	0,89			0,53				0,48	0,49				
Porcellanidae																
Alpheidae			0,54							0,55			0,60			
Pinnotheridae	0,17		1,07					3,45	0,92						1,05	
Penaeidae													1,20		0,53	
Raninidae			0,54					0,43			1,43					
Xanthidae	0,08						0,53									
Callianassidae										0,55						
Portunidae							1,06						3,59			
Calliopiidae																0,47
Eusinidae																
Euphausiidae	0,17		0,54	0,89		0,52	0,53	3,02				0,49	0,60			
Oikopleuridae	18,14	65,34	45,05	15,57	188,87	165,64	39,87	108,28	115,82	14,28	28,93	37,53	153,64	60,68	181,51	134,18
Larva tadpole	0,92		1,07		1,15	0,52	5,32	6,47	7,32	1,10	1,01	0,49	1,19		5,26	3,74
Huevos de peces								0,43	0,46						0,53	0,94
Larvas de peces		0,64														
Sagittidae	0,25	3,20	16,63	4,89	2,30	7,25		3,88	5,95	0,55	16,63	2,44	2,39	0,99	2,10	0,47
Larva ophiopluteus		1,28		0,44	1,15	1,55		1,29	1,37			1,95		0,49	1,58	
Total	51,81	101,83	119,80	38,22	248,17	236,05	143,51	252,33	266,44	56,56	102,66	65,82	217,03	75,97	272,00	207,14



Anexo 6.10. Abundancia relativa de las familias/morfotipos registradas en las estaciones ubicadas en el área circundante a la Boya Roja (BR).

FAMILIA	BR-1	BR-2	BR-3	BR-4	BR-5	BR-6	BR-7	BR-8	BR-9	BR-10	BR-11	BR-12	BR-13	BR-14	BR-15	BR-16
Globigerinidae																
Larva Lophophorata			2,40												0,19	
Metatrochophora																
Spionidae	0,48		3,58		0,46	1,10	0,74	0,86	2,41		3,70	3,71	2,48		1,16	0,90
Olindiidae																
Malagazziidae					0,23											
Phialellidae																
Lovenellidae																
Campanulariidae	0,97	0,63	7,61	3,48	1,62	1,10	1,11	2,90	4,47		5,09	2,96	1,93	0,64	1,35	1,13
Corynidae																
Cnidaria morfotipo 1																
Limacinidae	2,10	0,63			0,23	0,22		0,17	0,69	0,97						
Nauplio copépodos								2,56	0,35							
Calanidae								0,51	0,86						0,77	0,68
Temoridae	0,15	3,14	1,34	1,15	0,46	1,97	11,11	1,20	1,03	1,94	0,93	0,74	0,55	1,30	1,74	0,23
Clausocalanidae		0,63						1,71	1,55						2,32	0,68
Paracalanidae	13,70	1,26					42,60			28,15			0,55		0,19	
Acartiidae	3,22	11,95	6,72	6,99	3,94	0,88	1,11	4,62	2,92	7,76	11,11	2,96	9,09	3,90	2,90	8,35
Pontellidae	0,48	1,26		1,15		5,05	0,37	1,88	2,23	6,79		5,18	0,28		1,35	1,36
Eucalanidae	0,97						4,81	2,39	2,41	0,97	0,93		0,28		1,55	
Lucicutiidae	0,15															
Centropagidae															0,77	
Corycaeidae							0,37		0,35	1,94		0,28		0,39	0,68	
Oncaeidae								1,54	0,69					0,97	0,45	
Sapphirinidae																
Oithonidae	1,78	1,26	1,34	2,33		0,22	0,74	0,51	1,72	0,97	1,85		0,28		0,58	0,23



Euterpinidae	0,15			1,15			1,48	0,34		0,97					0,39	1,36
Nauplio cirripedio	36,31		14,77	17,45	13,69	1,97	2,22	0,51		16,50	25,92	2,96	7,99		0,19	
Larva cipris		5,66	0,89	2,33		10,74		25,99	28,52			5,93		12,33	11,99	15,57
Podonidae				1,15												
Luciferidae				2,33				0,17								
Majidae	1,29	4,40	5,82	1,15	1,39	2,41		1,71	0,35	2,92	3,24	9,63	1,10		0,39	0,90
Albuneidae																
Sergestidae	0,15		0,89	2,33			0,37				0,47	0,74				
Porcellanidae																
Alpheidae			0,45							0,97			0,28			
Pinnotheridae	0,33		0,89					1,37	0,35						0,39	
Penaeidae													0,55		0,19	
Raninidae			0,45					0,17			1,39					
Xanthidae	0,15						0,37									
Callianassidae										0,97						
Portunidae							0,74						1,65			
Calliopiidae																0,23
Eusinidae																
Euphausiidae	0,33		0,45	2,33		0,22	0,37	1,20				0,74	0,28			
Oikopleuridae	35,01	64,17	37,60	40,74	76,11	70,17	27,78	42,91	43,47	25,25	28,18	57,02	70,79	79,87	66,73	64,78
Larva tadpole	1,78		0,89		0,46	0,22	3,71	2,56	2,75	1,94	0,98	0,74	0,55		1,93	1,81
Huevos de peces								0,17	0,17						0,19	0,45
Larvas de peces		0,63														
Sagittidae	0,48	3,14	13,88	12,79	0,93	3,07		1,54	2,23	0,97	16,20	3,71	1,10	1,30	0,77	0,23
Larva ophiopluteus		1,26		1,15	0,46	0,66		0,51	0,51			2,96		0,64	0,58	
Total	100,00															



Anexo 6.11. Densidad (Ind.m⁻³) de la comunidad zooplanctónica registrada en las estaciones de los sectores Bello Horizonte (BH), Prodeco (PRO) y Rodadero (ROD).

FAMILIA	EBH	EPRO	EROD
Globigerinidae			
Larva Lophophorata			
Metatrochophora			
Spionidae	9,22	3,67	4,08
Olindiidae			
Malagazziidae			
Phialellidae			
Lovenellidae		1,38	
Campanulariidae		1,38	1,63
Corynidae			
Cnidaria morfotipo 1			
Limacinidae			7,35
Nauplio copépodos	11,86	0,92	7,35
Calanidae			
Temoridae	61,26	190,64	415,77
Clausocalanidae			
Paracalanidae	238,45	252,65	466,42
Acartiidae	7,90	11,02	8,17
Pontellidae	4,61	10,11	45,74
Eucalanidae	79,04	18,37	47,38
Lucicutiidae			0,82
Centropagidae			
Corycaeidae	180,48	179,15	352,06



FAMILIA	EBH	EPRO	EROD
Oncaeidae			0,82
Sapphirinidae			
Oithonidae	3,95	4,13	19,60
Euterpinidae	1,98	1,84	4,90
Nauplio cirripedio		5,97	12,25
Larva cipris	13,17	9,65	22,87
Podonidae	0,66		
Luciferidae	6,59	19,29	17,97
Majidae	1,98	10,57	0,82
Albuneidae	0,66		
Sergestidae	5,27	7,81	4,08
Porcellanidae		0,92	
Alpheidae	0,66	0,46	7,35
Pinnotheridae	4,61		
Penaeidae			
Raninidae			
Xanthidae	0,66	0,92	
Callianassidae			
Portunidae	1,32		
Calliopiidae			
Eusinidae			
Euphausiidae		1,38	
Oikopleuridae	153,48	65,69	288,35
Larva tadpole			
Huevos de peces	9,22	2,76	0,82



FAMILIA	EBH	EPRO	EROD
Larvas de peces			
Sagittidae	7,25	22,97	1,63
Larva ophiopluteus			
Total	804,28	823,65	1738,23

Anexo 6.12. Abundancia relativa de las familias/morfotipos registradas entre las estaciones en las estaciones de los sectores Bello Horizonte (BH), Prodeco (PRO) y Rodadero (ROD).

FAMILIA	EBH	EPRO	EROD
Globigerinidae			
Larva Lophophorata			
Metatrochophora			
Spionidae	1,15	0,45	0,23
Olindiidae			
Malagazziidae			
Phialellidae			
Lovenellidae		0,17	
Campanulariidae		0,17	0,09
Corynidae			
Cnidaria morfotipo 1			
Limacinidae			0,42
Nauplio copépodos	1,47	0,11	0,42
Calanidae			
Temoridae	7,62	23,15	23,92
Clausocalanidae			
Paracalanidae	29,65	30,67	26,83



Acartiidae	0,98	1,34	0,47
Pontellidae	0,57	1,23	2,63
Eucalanidae	9,83	2,23	2,73
Lucicutiidae			0,05
Centropagidae			
Corycaeidae	22,44	21,75	20,25
Oncaeidae			0,05
Sapphirinidae			
Oithonidae	0,49	0,50	1,13
Euterpinidae	0,25	0,22	0,28
Nauplio cirripedio		0,72	0,70
Larva cipris	1,64	1,17	1,32
Podonidae	0,08		
Luciferidae	0,82	2,34	1,03
Majidae	0,25	1,28	0,05
Albuneidae	0,08		
Sergestidae	0,66	0,95	0,23
Porcellanidae		0,11	
Alpheidae	0,08	0,06	0,42
Pinnotheridae	0,57		
Penaeidae			
Raninidae			
Xanthidae	0,08	0,11	
Callianassidae			
Portunidae	0,16		
Calliopiidae			
Eusinidae			
Euphausiidae		0,17	



Oikopleuridae	19,08	7,98	16,59
Larva tadpole			
Huevos de peces	1,15	0,34	0,05
Larvas de peces			
Sagittidae	0,90	2,79	0,09
Larva ophiopluteus			
Total	100,00	100,00	100,00

CAPÍTULO 7 .

COMUNIDAD BENTÓNICA



Coordinación
ORLANDO PEDRO LECOMPTE

LINA TRIANA
HUMBERTO GÓMEZ
PEDRO RICARDO DUEÑAS
MARIANA MUÑOZ MALDONADO
DIEGO QUIROGA



CONTENIDO

	Pag.
7.1. INTRODUCCIÓN.....	7-5
7.2. METODOLOGÍA	7-6
7.2.1. Fase de campo.....	7-6
7.2.2. Identificación de organismos	7-8
7.2.3. Análisis Estadístico.....	7-9
7.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7-11
7.3.1. Composición y Abundancia.....	7-11
7.3.2. Índices de Diversidad	7-16
7.3.3. Análisis de Clasificación y Ordenación	7-18
7.4. BIBLIOGRAFÍA.....	7-20
ANEXOS	7-23



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 7.1. Radianes alrededor de la Boya 23 para la obtención de muestras en el área de anclaje del Puerto de Drummond. Tomado de Google Earth, 2013.	7-6
Figura 7.2. Radianes alrededor de la Boya Roja para la obtención de muestras en el en el área de anclaje del Puerto de Drummond. Tomado de Google Earth, 2013.	7-7
Figura 7.3. Metodología de muestreo de infauna A. draga con sedimento, B. muestra tamizada, C. fijación con formalina al 4 % y rosa de bengala como agente de tinción, D. muestras recolectadas.	7-8
Figura 7.4. Análisis de laboratorio A. muestra tamizada en 250 μ m, B. estereoscopio usado en el análisis de cada muestra, C. Identificación y conteo de organismos.....	7-9
Figura 7.5. Composición porcentual de las diferentes taxa encontrados en el total de estaciones analizadas. 7-12	
Figura 7.6. Algunas familias/taxa representativas del muestreo realizado en las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23), canal de acceso (B1, B5, B11 y B17), Boya Roja (BR) y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero). Poliquetos: A. Spionidae, B. Magelonidae, C. Lumbrineridae y D. Glyceridae; Crustáceos: E. Amphipoda morfotipo 1 y F. Amphipoda morfotipo 2; Bivalvos: G. Corbulidae y H. Tellinidae y I. Nemertea.	7-13
Figura 7.7. Densidades (ind 0,1/m ²) de las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23) en color azul, canal de acceso (B1, B5, B11 y B17) en color verde, Boya Roja (BR) en color rojo y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero) en color naranja.....	7-14
Figura 7.8. Dendrograma de clasificación cuantitativo mediante el índice de Bray-Curtis para el muestreo realizado en las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23) color azul, Canal de acceso (B1, B5, B11 y B17) color verde, Boya Roja (BR) color rojo y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero) color naranja.	7-18
Figura 7.9. Dendrograma de clasificación cualitativo mediante el índice de Dice para el muestreo realizado en las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23) color azul, canal de acceso (B1, B5, B11 y B17) color verde, Boya Roja (BR) color rojo y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero) en color naranja.	7-19
Figura 7.10. Análisis de ordenación NMDS para el muestreo realizado en las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23) color azul, canal de acceso (B1, B5, B11 y B17) color verde, Boya Roja (BR) color rojo y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero) color naranja.....	7-19



LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 7.1. Índices de diversidad para el muestreo realizado en las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23), Canal de acceso (B1, B5, B11 y B17), Boya Roja (BR) y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero).....	7-17
--	-------------

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo 7.1. Sistemática encontrada en el muestreo realizado en los cuatro sectores Boya 23, Canal de acceso, Boya Roja y estaciones escogidas como blanco.....	7-23
Anexo 7.2. Densidades (ind/0,1 m ²) encontradas en el muestreo realizado en los cuatro sectores Boya 23, boyas del canal de acceso, Boya Roja y estaciones blanco.....	7-25
Anexo 7.3. Abundancias relativas de cada sector muestreado en el Área de anclaje de Puerto Drummond. Y las estaciones escogidas como blanco.....	7-29
Anexo 7.4. Registros históricos de densidad en el área de estudio.....	7-33



7.1. INTRODUCCIÓN

Según Vegas (1971), el sustrato bentónico siempre presenta organismos sobre o dentro de él. En el caso de los organismos de la infauna presentan la posibilidad de ser excavadores y taladradores. Mientras los primeros prefieren el sustrato blando (arena, lodo, limo) los segundos perforan rocas o madera.

Los excavadores se hunden en el sustrato, gracias al movimiento del pie en gasterópodos de las clases Bivalva y Scaphopoda; o de sus patas como es el caso de crustáceos de los géneros *Callianassa* y *Emerita*, entre otros. Para los poliquetos el movimiento ondulante del cuerpo les favorece la penetración en el sustrato.

Entre las posibilidades de alimentación de estos organismos, encontramos limnívoros, que se alimentan de cieno y extraen de él la microflora y microfauna. También los que se alimentan de partículas en suspensión, gracias a sifones que conectan con el exterior como los bivalvos. Otros organismos consumen la película que cubre el sustrato y que a su vez es rica en microorganismos y detritos orgánicos. Finalmente están los depredadores como poliquetos y gasterópodos que atacan a otros anélidos y moluscos (Vegas, 1971).

La importancia del estudio de la comunidad bentónica radica en que la mayoría de phyla está presente en este ambiente, además se encuentra en un área reducida y son buenos indicadores de la historia del sector (Muñoz, 2006). Estos organismos se caracterizan por presentar poca movilidad y sus ciclos de vida son relativamente cortos convirtiéndose en una comunidad muy estable que evidencia claramente las perturbaciones de su entorno (Rincón, 2009). De igual manera presentan una amplia diversidad de tamaños, formas de vida y de alimentación lo que se manifiesta en una alta respuesta al estrés permitiendo la observación de variaciones temporales (Guzmán-Alvis et al., 2001; Caro, 2009).

El establecimiento de la comunidad infaunal está relacionado principalmente al tipo de sustrato en el cual se encuentran, el tamaño de grano, el contenido de materia orgánica y el espacio intersticial son algunas de las características fundamentales para su establecimiento las cuales se rigen directamente por la profundidad del sector (Muñoz, 2006). Los poliquetos constituyen el taxa más representativo de estas comunidades no solo por su riqueza sino también por el número de organismos encontrados y sus asociaciones con otros individuos, sus características morfológicas les atribuyen amplias

capacidades de respuesta ante diferentes condiciones en el sustrato donde se encuentran (Hernández et al., 2001).

7.2. METODOLOGÍA

7.2.1. Fase de campo

Durante los días 13,14 y 20 de febrero y marzo 1 del presente año, se llevó a cabo el muestreo de la fauna asociada a los fondos blandos en el área de influencia de Puerto Drummond. Se tomaron un total de 47 muestras del fondo distribuidas de la siguiente manera: 24 alrededor de la Boya 23, cuatro a lo largo del canal de acceso y 16 alrededor de la Boya Roja, más tres de blanco. Para la toma de muestra se dispuso la metodología de radianes, la cual consiste en trazar líneas radiales, a partir de un punto central para tener una mejor cobertura del área (Figura 7.1). Las muestras se tomaron en estaciones previamente determinadas a lo largo de los radianes, teniendo en cuenta los eventos que ocurrieron el día del derrame (13 de enero). Es por esto, que el énfasis en el muestreo se hizo alrededor de la Boya 23 donde ocurrió el incidente. Las estaciones del canal de acceso corresponden a la zona por la cual se remolcó la barcaza y finalmente, las estaciones alrededor de la Boya Roja (Figura 7.2) donde se detuvo definitivamente.



Figura 7.1. Radianes alrededor de la Boya 23 para la obtención de muestras en el área de anclaje del Puerto de Drummond. Tomado de Google Earth, 2013.



Figura 7.2. Radianes alrededor de la Boya Roja para la obtención de muestras en el en el área de anclaje del Puerto de Drummond. Tomado de Google Earth, 2013.

La obtención de las muestras de material biológico fue realizada por medio de una draga Van Veen con una cobertura de área de $0,06 \text{ m}^2$ por lo cual se realizaron dos lances con el fin de alcanzar la mínima área de muestreo ($0,1 \text{ m}^2$) (Eleftheriou y McIntyre. Eds. 2005). Las muestras para el análisis de la infauna se pasaron por un tamiz con un ojo de malla de $0,5 \text{ mm}$, la muestra atrapada por el tamiz fue almacenada en bolsas plásticas rotuladas con el número de estación, y tipo de muestra. Posteriormente fueron fijados con formalina al 4 % con previa adición de rosa de bengala, el cual fija y da color a los organismos vivos al momento de la extracción para facilitar su posterior separación en laboratorio (Figura 7.3).



Figura 7.3. Metodología de muestreo de infauna A. draga con sedimento, B. muestra tamizada, C. fijación con formalina al 4 % y rosa de bengala como agente de tinción, D. muestras recolectadas.

7.2.2. Identificación de organismos

Inicialmente se tamizaron las muestras con un tamiz de ojo de malla de 250 μm , seguidamente se colocó sobre una bandeja plana toda la muestra para llevar a cabo la separación de los organismos. Esta se realizó por grupos mayores y los individuos fueron depositados en frascos rotulados con alcohol etílico al 70 %; la preservación se realizó con el fin de evitar el deterioro de los organismos. Posteriormente, se procedió a la identificación de los grupos taxonómicos presentes mediante observación en estereoscopio óptico Nikon SMZ 745T y claves taxonómicas específicas para cada grupo (Figura 7.4). **Poliquetos:** Fauchald (1977), Salazar-Vallejo et al. (1988), Greed y Fredrik (2001), Rouse y Pleijel (2001), León-González et al. (2009). **Ofiuros:** Benavides-Serrato (2011), **Moluscos:** Díaz- Merlano y Puyana (1994), Pointier y Lamy, (1998), Dance, (2002) Lindner, (2002), Yidi y Sarmiento, (2010).

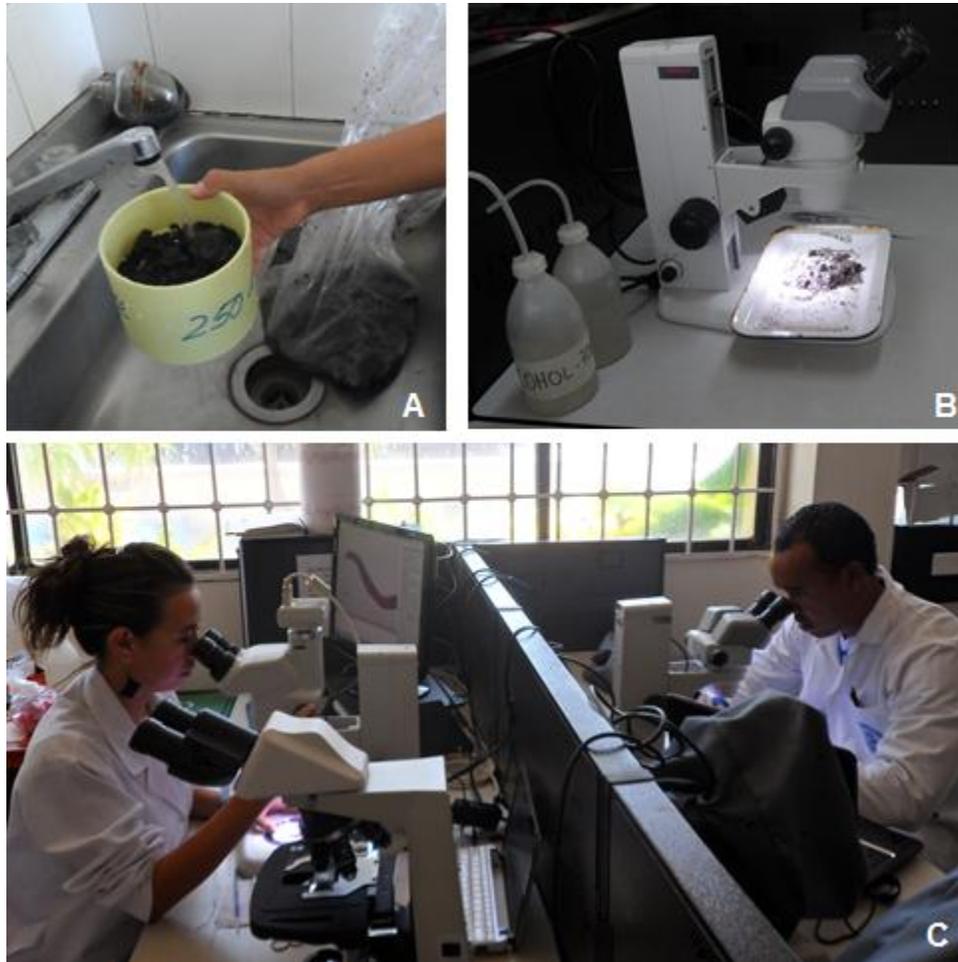


Figura 7.4. Análisis de laboratorio A. muestra tamizada en 250 μm , B. estereoscopio usado en el análisis de cada muestra, C. Identificación y conteo de organismos.

7.2.3. Análisis Estadístico

A partir de los resultados de abundancia de las familias (taxa) constituyentes de la comunidad bentónica se procedió a determinar las medidas de diversidad que permiten confluir un gran número de variables bióticas (especies) y datos en un solo valor característico para una comunidad (Magurran, 1998; Moreno, 2001). Los índices utilizados fueron:

- Riqueza específica

Indica la cantidad de familias o morfotipos taxonómicos que se encuentran en una determinada estación (Clarke y Warwick, 1994).

$$S = \text{Total de familias/taxa encontrados en cada estación.}$$

- Número de individuos



Indica el número total de individuos encontrados en cada estación.

$N = \text{Total de individuos encontrados en cada estación.}$

- Riqueza de Margalef

$$d = \frac{S - 1}{\text{Log}(N)}$$

- Diversidad de Shannon–Wiener

Esta es una de las medidas de diversidad más populares porque incorpora riqueza de especies y uniformidad de una manera proporcional, por lo cual ha sido usado en una variedad de estudios tanto terrestres como acuáticos (Ramírez, 1999). Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra y mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988). Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988; Ramírez, 1999; Moreno, 2001).

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \text{Ln} \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Donde n_i es la cantidad de individuos de la especie i .

- Uniformidad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor está entre cero y 0,1, de forma que 0,1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988; Ramírez 1999).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde H'_{max} (diversidad máxima) = $\text{Ln}(S)$.

- Predominio de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie, está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Moreno, 2001).



$$\lambda = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Seguido a esto se realizó un análisis de clasificación empleando el índice de Bray-Curtis para el análisis cuantitativo y cualitativo, usando la técnica de ligamiento promedio, conjuntamente se realizó un análisis de ordenación NMDS para este proceso se utilizó el programa estadístico PRIMER 5.

7.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.3.1. Composición y Abundancia

Para el componente de infauna se analizaron un total de 47 muestras correspondientes a 24 estaciones de la Boya 23, 4 en el canal de acceso (B1, B5, B11 y B17), 16 puntos establecidos en la Boya Roja y 3 estaciones blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero). En total se encontraron 59 familias (taxa) donde el phylum Annelida (clase Polychaeta) fue el más representativo con 29 familias, seguido por los moluscos con 13 y crustáceos con 10 (Anexo 7.1).

La clase Polychaeta aportó el mayor porcentaje entre los individuos encontrados durante todo el estudio con el 65 % (1.127 ind), seguido por el subphylum Crustacea y el phylum Mollusca con el 14 % (237 ind) y el 13 % (220 ind) respectivamente (Figura 7.5).

En el área de estudio, el componente infaunal mostro dominancia de tres grupos taxonómicos, Polychaeta, Crustacea y Mollusca en donde los primeros fueron los más abundantes con 1.127 individuos representados por 29 familias, de las cuales Spionidae reunió 267 individuos, seguida por Magelonidae con 204 y Lumbrineridae con 121 entre los más representativos. Los crustáceos mostraron la segunda mayor abundancia con 232 individuos reunidos en 10 familias, de las cuales los Anfípodos morfotipo 1 estaban representados por 162 individuos y Anfípodos morfotipo 2 con 58. El tercer grupo fueron los moluscos cuya abundancia mostró 220 organismos representados por las familias Corbulidae con 105 individuos, Tellinidae con 37 y Mactridae con 21 (Figura 7.6).

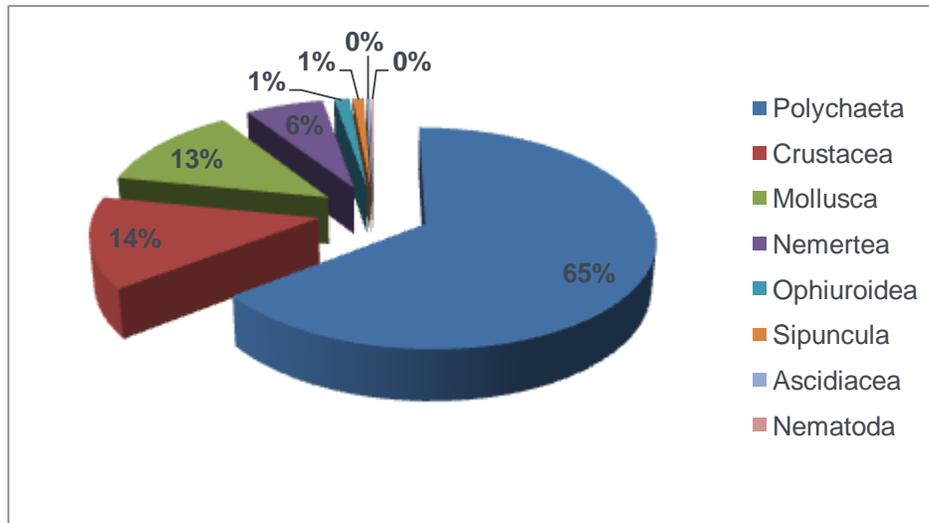


Figura 7.5. Composición porcentual de las diferentes taxa encontrados en el total de estaciones analizadas.

En cuanto a la composición de cada uno de los sectores muestreados, la Boya 23 presento un total de 45 familias (taxa) entre las cuales el mayor aporte lo mostraron los poliquetos con 19, seguido por los moluscos con 12 y crustáceos con 8 familias/taxa. En el sector del canal de acceso se presentaron un total de 28 (taxa) siendo los anélidos fueron los más representativos (17 familias), finalmente en las muestras de la Boya Roja fueron identificadas un total de 45 familias (taxa) y nuevamente aquí los gusanos poliquetos aportaron la mayor cantidad con 23, seguidos de los moluscos y los crustáceos con nueve y siete taxas respectivamente; por último las estaciones de blanco contaron con el menor número de familias (22) y los poliquetos obtuvieron el mayor número con 15, sin embargo en este sector los taxa de crustáceos superaron el número de moluscos encontrados.

Al analizar la abundancia relativa de los tres sectores se encontró que en el sector de la Boya 23 se encontró un total de 563 organismos en un área de 2,4 m² (23,46 ind/0,1 m²) donde la familia Spionidae (Annelida, Polychaeta) fue el mayor representante con un 15,45 % del total de la abundancia relativa seguido por los nemertinos con 11,19 %; el sector del canal de acceso donde se presentaron 146 individuos en un área de 0,4 m² (36,50 ind/0,1 m²) y los anfípodos morfotipo 1 obtuvieron la mayor abundancia relativa con el 22,60 %, mientras que los gusanos magelónidos aportaron el 13,70 % del total de estas muestras; por último, la Boya Roja fue el sector donde se encontraron más organismos con 983 individuos en un área de 1,6 m² (61,44 ind/0,1 m²) y los gusanos de las familias Spionidae y Magelonidae aportaron la mayor abundancia con 16,28 % y 15,56 %

respectivamente. Para las estaciones escogidas como blanco se reportó un total de 53 ind/0,3 m² y los gusanos lumbrinéricos fueron los más representativos con 16,98% seguidos por los glicéridos y espiónidos que alcanzaron el 11,32 % en ambos casos (Figura 7.6, Anexo 7.3).



Figura 7.6. Algunas familias/taxa representativas del muestreo realizado en las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23), canal de acceso (B1, B5, B11 y B17), Boya Roja (BR) y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero). Poliquetos: A. Spionidae, B. Magelonidae, C. Lumbrineridae y D. Glyceridae; Crustáceos: E. Amphipoda morfofoto 1 y F. Amphipoda morfofoto 2; Bivalvos: G. Corbulidae y H. Tellinidae y I. Nemertea.

Al observar todas las estaciones analizadas en el estudio se encontró que la estación B23 E4 presentó la menor densidad con solo 2 ind/0,1 m² mientras que BR E14 obtuvo el mayor número de organismos con 163 ind/0,1 m² (Figura 7.7), para otros estudios realizados en esta misma área la menor densidad de individuos se observó en el segundo semestre del año 2012 donde se reportaron entre 30 y 169 ind/0,125 m² mientras que el

año 2011 en su tercer trimestre reporto un mayor densidad con un rango entre 170 y 597 ind/0,125 m² (Anexo 7.4).

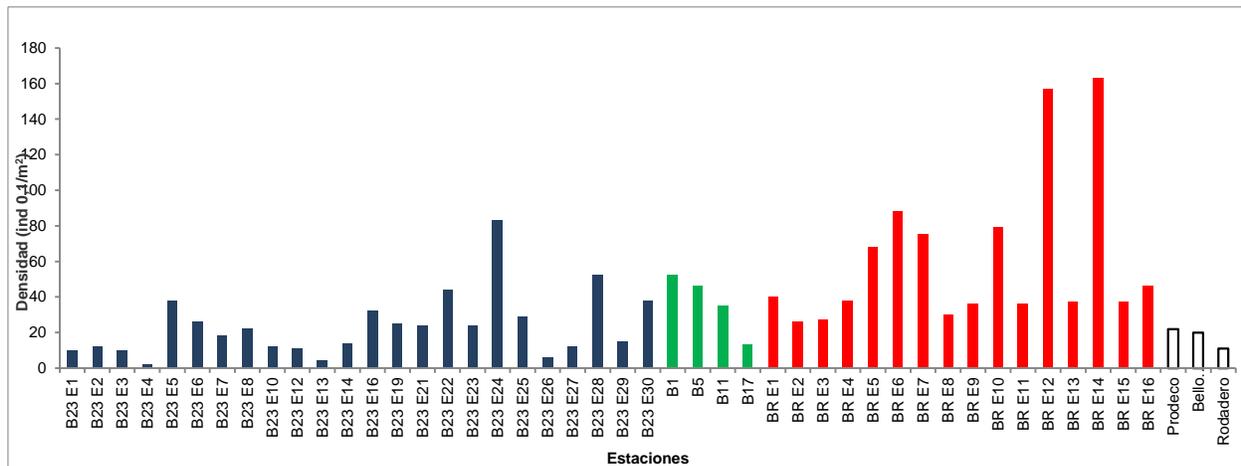


Figura 7.7. Densidades (ind 0,1/m²) de las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23) en color azul, canal de acceso (B1, B5, B11 y B17) en color verde, Boya Roja (BR) en color rojo y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero) en color naranja.

En cuanto a los poliquetos, estos presentaron las mayores abundancias en las muestras procedentes de la Boya Roja, con 122 y 103 poliquetos en las estaciones BR E14 y BR E12 respectivamente, 26 moluscos en las estaciones BR E10, 22 en la BR E12 y 21 en la BR E14. Para los crustáceos las mayores abundancias se presentaron en el canal de acceso, en donde la estación B5 reunió 23 organismos y la B11 10 (Anexo 7.2).

Estas diferencias en las abundancias entre cada sector de la Boya Roja y las del canal de acceso, pueden originarse por la menor profundidad en Boya Roja, con un sustrato menos lodoso y probablemente con mayor velocidad en la corriente, mientras que en el canal de acceso hay mayor profundidad, menor velocidad de la corriente y abundancia de lodo. Esta última condición puede favorecer a los moluscos que filtran materia orgánica en suspensión como los bivalvos.

Considerando la riqueza y abundancia de poliquetos encontrada, es de reconocer que son muy importantes para el estudio ecológico del bentos marino porque son los representantes de la fauna que responden rápidamente al cambio o perturbación ambiental. Según Salazar-Vallejo et al., (1988) los poliquetos son el grupo más abundante en algunos medios contaminados. Reish (1957) encontró que algunas familias de poliquetos en particular son indicadores de contaminación por materia orgánica pues alcanza grandes poblaciones en ambientes afectados. Igualmente han sido consideradas



como familias colonizadoras u oportunistas por el rápido arribo a zonas perturbadas o defaunadas (Grassle & Grassle, 1976).

El presente estudio reporta un rango entre 2 y 163 ind/ 0,1m² el cual se encuentra por debajo de lo reportado para este sector en esta misma época climática; Puerto Drummond en 2009 obtuvo el menor rango de abundancia (44 y 232 ind/ 0,125m²) en el primer trimestre del año; lo que indica una alta disminución en la densidad, sin embargo cabe aclarar que para el estudio realizado el segundo semestre del año 2012 la densidad estuvo entre 30 y 169 ind/ 0,125m² no muy lejos de la reportada en este estudio (Drummond., 2012). Según Córdoba (1997) la comunidad infaunal presente en el sector de Pozos Colorados no presenta grandes variaciones de acuerdo a la época, no solo en cuanto a riqueza y diversidad sino también respecto a su abundancia.

La menor abundancia reportada en las muestras de la Boya 23 podría deberse a la profundidad que presentan estas estaciones la cual es mayor a las de la Boya Roja sumándole a esto el hecho de que estas últimas presentan un tipo de sedimento grueso que permite la heterogeneidad de los hábitat y el aumento en la riqueza y diversidad (Parsons et al.,1984).

Córdoba (1997) reporto dos géneros de poliquetos (Lumbrineridae: *Lumbrineris* y Spionidae: *Prionospio*) con altas abundancias; lo que coincide con el presente estudio. Tanto lumbrinéridos como espiónidos podrían ser considerados depositívoros ya que al encontrarse en hábitats de sustratos blandos su predominancia aumenta según disminuye el tamaño de partícula que se encuentre en la zona. Algunos autores afirman que la distribución de los poliquetos de fondos blandos y de la infauna en general se relaciona con las características del sedimento, la hidrodinámica, la profundidad, la temperatura y/o salinidad (Pearson y Rosenberg 1978).

La familia Spionidae es una de las familias de poliquetos más abundantes y diversificadas de las áreas sublitorales. En este grupo de invertebrados, el número de especies cosmopolitas es mayor cerca del Ecuador (trópico) que en las altas latitudes (Hernández – Alcantara et al., 1994). Estos organismos pueden adaptarse a bajas profundidades ya que también se pueden encontrar en áreas estuarinas (Bertrán et al, 2010). Algunas especies de la familia Spionidae se reconocen como indicadores de disturbios tanto físicos como de contaminación orgánica, debido a que son dominantes y frecuentes en ambientes perturbados (Fauchald., 1977).



Según Delgado–Blas (2001), los comportamientos particulares en la variación de la abundancia de cada especie, permiten que las especies dominantes se pueden ir remplazando conforme a las condiciones ambientales y/o bióticas que cambian en las diferentes épocas del año; lo cual es el caso que se observa a lo largo del año en el área de anclaje de Puerto Drummond.; esto podría explicar cómo se mantiene estable la comunidad en cuanto a la riqueza, ya que para este estudio se reportaron las mismas familias/taxa encontradas en estudios anteriores.

7.3.2. Índices de Diversidad

En cuanto a los índices de diversidad la mayor riqueza de especies se observó en la estación E24 de la Boya 23 que tuvo un total de 24 familias (taxa) seguida por la estación E12 de la Boya Roja; los mismos resultados se encontraron al aplicar el índice de diversidad de Margalef que mostró sus mayores valores en estas estaciones (5,205 y 4,153 respectivamente). Esto probablemente se deba a los altos valores de densidad que presentan estas estaciones al compararlas con las demás. Por otra parte se puede observar que la uniformidad (Pielou) en general presenta valores mayores a 0,6 lo que podría considerarse como una comunidad estable, probablemente esto es debido a las bajas abundancias relativas que alcanzan las familias en cada uno de los sectores; para la Boya 23 se observó que el mayor aporte lo hizo la familia Spionidae con un 15,45 % mientras que las demás no superan el 10 %. Paralelamente el predominio (Simpson) presento valores inferiores a 0,2 exceptuando la estación E4 de la Boya 23, debido a su bajo valor de densidad (2 ind 0,1 m²). Estos dos atributos pueden contribuir a los valores que se observaron en la diversidad (S y W) que para todo el muestreo se comporta uniformemente en relación a todas las estaciones muestreadas; la mayor diversidad se presentó en la estación E24 de la Boya 23 con 2,768 seguida por B23 E22 donde el predominio no alcanza a 0,1 y se obtuvieron riquezas relativamente altas (Tabla 7.1).



Tabla 7-1. Índices de diversidad para el muestreo realizado en las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23), Canal de acceso (B1, B5, B11 y B17), Boya Roja (BR) y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero).

Estaciones	N	S	d	J'	λ	H' (log e)
B23 E1	10	8	3,040	0,974	0,140	2,025
B23 E2	12	9	3,219	0,973	0,125	2,138
B23 E3	10	7	2,606	0,943	0,180	1,834
B23 E4	2	2	1,443	1,000	0,500	0,693
B23 E5	38	16	4,124	0,923	0,093	2,558
B23 E6	26	14	3,990	0,929	0,107	2,451
B23 E7	18	12	3,806	0,954	0,105	2,370
B23 E8	22	15	4,529	0,970	0,079	2,626
B23 E10	12	8	2,817	0,952	0,153	1,979
B23 E12	11	8	2,919	0,971	0,140	2,020
B23 E13	4	3	1,443	0,946	0,375	1,040
B23 E14	14	9	3,031	0,894	0,184	1,965
B23 E16	32	11	2,885	0,857	0,162	2,054
B23 E19	25	9	2,485	0,913	0,158	2,005
B23 E21	24	14	4,091	0,961	0,087	2,535
B23 E22	44	18	4,492	0,915	0,087	2,646
B23 E23	24	14	4,091	0,944	0,094	2,491
B23 E24	83	24	5,205	0,871	0,086	2,768
B23 E25	29	12	3,267	0,843	0,175	2,095
B23 E26	6	6	2,791	1,000	0,167	1,792
B23 E27	12	6	2,012	0,951	0,194	1,705
B23 E28	52	17	4,049	0,891	0,100	2,524
B23 E29	15	3	0,739	0,664	0,582	0,730
B23 E30	38	16	4,124	0,929	0,089	2,575
B1	52	13	3,037	0,927	0,104	2,378
B5	46	13	3,134	0,805	0,189	2,064
B11	35	16	4,219	0,905	0,102	2,510
B17	13	7	2,339	0,948	0,172	1,845
BR E1	40	12	2,982	0,837	0,168	2,081
BR E2	26	8	2,148	0,974	0,139	2,025
BR E3	27	12	3,338	0,914	0,125	2,272
BR E4	38	14	3,574	0,923	0,102	2,436
BR E5	68	16	3,555	0,834	0,130	2,311
BR E6	88	13	2,680	0,903	0,127	2,315
BR E7	75	10	2,085	0,606	0,416	1,395
BR E8	30	13	3,528	0,898	0,129	2,303
BR E9	36	19	5,023	0,925	0,082	2,724
BR E10	79	16	3,433	0,878	0,105	2,433
BR E11	36	14	3,628	0,938	0,094	2,477
BR E12	157	22	4,153	0,851	0,091	2,629
BR E13	37	11	2,769	0,904	0,138	2,167
BR E14	163	21	3,926	0,804	0,122	2,448
BR E15	37	17	4,431	0,888	0,110	2,517
BR E16	46	11	2,612	0,730	0,247	1,749
Prodeco	22	7	1,941	0,835	0,248	1,625
Bello Horizonte	20	14	4,340	0,968	0,085	2,554
Rodadero	11	8	2,919	0,911	0,190	1,894



7.3.3. Análisis de Clasificación y Ordenación

Al observar el dendrograma del análisis de clasificación realizado para el muestreo no se evidencia una clara agrupación entre cada uno de los sectores muestreados, sin embargo se distingue un grupo de ocho estaciones pertenecientes a la Boya 23 con una similaridad superior al 40 %, mientras que las demás asociaciones contienen estaciones de más de un sector; lo que evidencia que se trata de una comunidad heterogénea en cuanto a su composición y densidad (Figura 7.8).

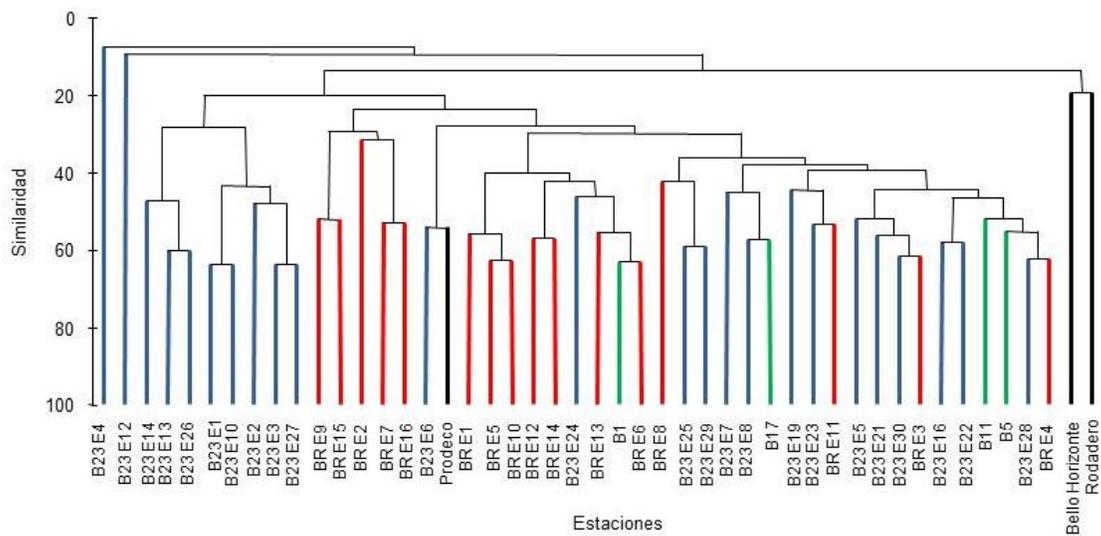


Figura 7.8. Dendrograma de clasificación cuantitativo mediante el índice de Bray-Curtis para el muestreo realizado en las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23) color azul, Canal de acceso (B1, B5, B11 y B17) color verde, Boya Roja (BR) color rojo y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero) color naranja.

De la misma manera se evidencia en el análisis cualitativo que a pesar de que las agrupaciones muestran niveles más altos de similaridad, estas se dan independientemente del sector al cual pertenecen las estaciones, sin embargo es posible distinguir un grupo de 13 estaciones en su gran mayoría pertenecientes a la B23 (10 estaciones) que incluyen a las estaciones B5 y B17 pertenecientes al canal de acceso y a PRODECO S.A. correspondiente a las estaciones establecidas como blanco. La presencia o ausencia de determinadas familias/taxa en estas muestras puede estar sujeto a la profundidad a la que se encontraban dichas estaciones específicamente, ya que esta influye directamente en las condiciones y determina la aparición de determinadas familias (Figura 7.9).

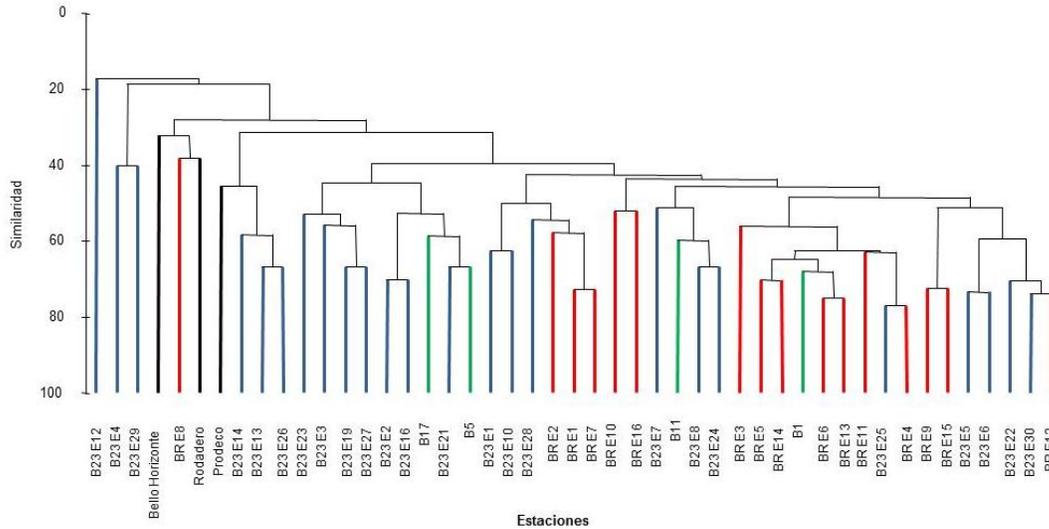


Figura 7.9. Dendrograma de clasificación cualitativa mediante el índice de Dice para el muestreo realizado en las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23) color azul, canal de acceso (B1, B5, B11 y B17) color verde, Boya Roja (BR) color rojo y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero) en color naranja.

Al realizar el análisis de ordenación se puede evidenciar que las estaciones no mostraron una clara segregación de acuerdo a sus densidades. Este es el caso de la Boya 23 en la cual las estaciones de este sector se encuentran dispersas y no forman una clara agrupación, mientras que las estaciones de la Boya Roja presentan una distribución más reducida aunque están acompañadas de estaciones de todos los sectores. Esto confirma que la cantidad de organismos encontrados en cada una de las estaciones no es un atributo que responda a la sectorización del muestreo (Figura 7.10).

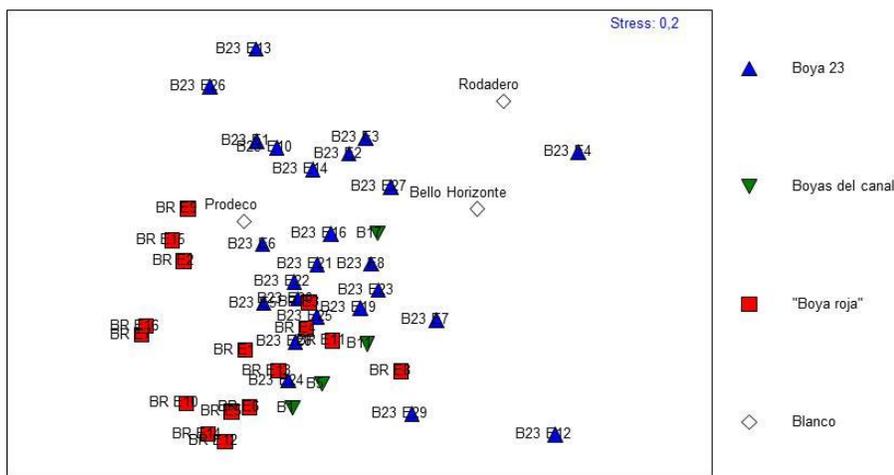


Figura 7.10. Análisis de ordenación NMDS para el muestreo realizado en las estaciones de los cuatro sectores: Boya 23 (B23) color azul, canal de acceso (B1, B5, B11 y B17) color verde, Boya Roja (BR) color rojo y los puntos de blanco (PRODECO S.A., Bello Horizonte y Rodadero) color naranja.



El comportamiento de la clasificación y ordenación de la comunidad infaunal del área de anclaje de Puerto Drummond responde a la dominancia de los poliquetos en la zona, ya que estas familias dominantes cuentan con especies de diferentes características con la capacidad de reemplazarse entre ellas evitando la alteración en su composición, entonces, aunque las estaciones cuenten con diferentes condiciones como profundidad y tipo de sustrato el rango de respuesta de estos organismos es lo suficientemente amplio para responder a estas exigencias (Córdoba, 1997; Delgado – Blas, 2001).

Sin duda, la presencia de las partículas de carbón modifican el sedimento, sin embargo, esto no se puede establecer como una alteración perjudicial para la infauna ya que se observó cómo los diferentes organismos tienen la capacidad de responder ante las diferentes condiciones y adaptarse para mantener su equilibrio (Shelton, 1973)

7.4. BIBLIOGRAFÍA

- Benavides-Serrato, M. 2011. Equinodermos del Caribe I: Crinoidea, asteroidea y ophiuroidea. Ed. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis (INVEMAR). 384 p.
- Bertrán, C., Vargas – Chacoff, L., Peña – Cortés, F., Schlatter, R., Tapia, J y E. Hauenstein. 2010. Distribución de la macrofauna bentónica en el lago costero Budi, Sur de Chile. Rev. Bio. Marina y Oceanografía. Vol. 45, N° 2: 235 – 243.
- Caro, V. 2009. Estructura de la taxocenosis Mollusca - Crustácea -Echinodermata asociada a los fondos blandos del Golfo de Morrosquillo, en el periodo de lluvias de dos años diferentes. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Programa de Biología Marina. Santa Marta, D. T. C. H. 135 p.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 1994 Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council. UK. 141 p.
- Córdoba, M. 1997. Macrofauna bentónica asociada a fondos blandos de la plataforma continental de Pozos Colorados y El Rodadero, Caribe Colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santafé de Bogotá. 107 p.
- Dance, P. 2002. Conchas marinas. Ed. Omega, S.A. 256 p.
- Delgado – Blas, V. 2001. Distribución espacial y temporal de poliquetos (Polychaeta) bénticos de la plataforma continental de Tamaulipas, Golfo de México. Rev.Biol.Trop., 49(1): 141 – 147.
- Díaz- Merlano, J. y M. Puyana. 1994. Moluscos del caribe colombiano un catálogo ilustrado. Ed. Presencia. 291 p.
- DRUMMOND. 2010. Monitoreo de la macrofauna bentónica en el área de influencia del Terminal Marítimo de Drummond LTD. Informe Biológico Marino (Primer trimestre). Santa Marta. 20 p.
- DRUMMOND. 2011. Monitoreo de la macrofauna bentónica en el área de influencia del Terminal Marítimo de Drummond LTD. Informe Biológico Marino (Primer semestre). Santa Marta. 12 p.
- DRUMMOND. 2011. Monitoreo de la macrofauna bentónica en el área de influencia del Terminal Marítimo de Drummond LTD. Informe Biológico Marino (Segundo semestre). Santa Marta. 13 p.
- DRUMMOND. 2012. Monitoreo de la macrofauna bentónica en el área de influencia del Terminal Marítimo de Drummond LTD. Informe Biológico Marino (Primer semestre). Santa Marta. 27 p.



- Eleftherious, A. y A. McIntyre. (Eds). 2005. Methods for the study of marine benthos. Third edition. Blackwell publishing. Oxford. 418 p.
- Fauchald, K. 1977. "The Polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera." Natural history museum. Los Angeles County. Sci. Ser. 28: 1-190 p.
- Grassle, J. & J. Grassle. 1976. Sibling species in the marine pollution indicator *Capitella* (Polychaeta). Science. 192: 567-569.
- Greed, R. and P. Fredrik. 2001. Polychaetes. Oxford University press. 354 p.
- Guzmán Alvis, A. I., O. D. Solano, M. E. Córdoba-Tejada y A. C. López-Rodríguez. (2001). Comunidad macroinfaunal de fondos blandos someros tropicales (Caribe colombiano). Bol. Invest. Mar. Cost. 30: 39-66.
- Hernández – Alcantara, P., González – Ortiz y V. Solís – Weiss. 1994. Los espionidos (Polychaeta: Spionidae) del Golfo de California y Golfo de Tehuantepec, México, Rev. Biol. Trop., 42 (3): 567 – 577.
- Hernández, C. E., G. Muñoz y N. Rozbaczylo. 2001. Poliquetos asociados con *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782) (Crustácea: Cirripedia) en Península Gualpén, Chile central: Biodiversidad y efecto del tamaño del sustrato biológico. Rev. Biol. Mar. Oceanog., 36 (1): 99-108.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 179 p.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, oficina regional de ciencia y tecnología para América latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Series manuales y tesis SEA. 84 p.
- Muñoz, M.N. 2006. Composición y estructura de la macrofauna bentónica de fondos blandos de las Islas de Providencia y Santa Catalina. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. San Andrés Isla. 101 p.
- León-González, J., Bastidas-Zavala, L., Carrera-Parra, M., García-Garza, A., Peña- Rivera, S., Salazar-Vallejo, S. y V. Solís-Weiss. 2009. Poliquetos (*Annelida: Polychaeta*) de México y América Tropical. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, 737 p.
- Lindner, G. 2002. Moluscos y caracoles de los mares del mundo. Ed. Omega, S.A. 319 p.
- Parsons, T., Takahashi, M. and B. Hargrave. 1984. Biological oceanographic processes. Pergamon Press. 3rd Edition. New York. 330 p.
- Pearson, T.H. and Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 16: 229–311.
- Pointier, J. y D. Lamy. 1998. Guía de moluscos y caracolas del mar caribe. Grupo Editorial M & G Difusión, S.L. 225 p.
- Ramírez A. 1999. Ecología Aplicada. Fundación Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano. Bogota-Colombia. 300 p.
- Reish, D. J. 1957. The relationship of the Polychaetous Annelid *Capitella capitata* (Fabricius) to waste discharges of biological origin. Allan Hancock Foundation 208: 195-200.
- Rincón, R. E. 2009. Composición y dinámica de la macrofauna bentónica asociada a los fondos blandos en el complejo de ciénagas del antiguo delta del Sinú, durante los meses de diciembre a junio (2004 - 2005). Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Programa de Biología Marina. Bogotá. 61 pp.
- Rouse, G. W. and F. Pleijel. 2001. Polychaetes. Hong Kong, Oxford University Press. 354p.



Salazar-Vallejo, S., León-González, J. y H. Salaices-Polanco. 1988. Universidad de baja California Sur, Printed in México. 212 p.

Shelton, R. G. 1973. Some effects of dumped, solids wastes on marine life and fisheries. Norm Sea Sciences, Edward D. (Ed.). MIT Press. 415 -4 36 pp.

Yidi, E. y Sarmiento, V. 2010. Colombia sea shells from the caribbean sea. Ed. L' informatore piceno Ancona – Italia. 384 p.

Vegas, M. 1971. Introducción a la ecología del bentos marino. Monografía N° 9, Serie Biología. Secretaría General de la OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 82 p.



ANEXOS

Anexo 7.1. Sistemática encontrada en el muestreo realizado en los cuatro sectores Boya 23, Canal de acceso, Boya Roja y estaciones escogidas como blanco.

Phylum	Subphylum	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Familia/taxa	
Nemertea						Nemertea	
Annelida	Polychaeta		Scolecida			Capitellidae	
						Cossuridae	
						Maldanidae	
						Opheliidae	
						Orbiniidae	
						Paraonidae	
				Aciculata	Amphinomida		Amphinomidae
			Eunicida				Lumbrineridae
						Oeonidae	
						Onuphidae	
			Phyllodocida		Aphroditiformia		Polynoidae
							Sigalionidae
					Glyceriformia		Glyceridae
							Goniadidae
					Nereidiformia		Nereididae
							Pilargidae
			Phyllodociformia			Syllidae	
						Nephtyidae	
			Canalipalpata	Sabellida		Phyllodocidae	
						Sabellidae	
					Serpulidae		
				Spionida	Spioniformia		Magelonidae
							Spionidae
Terebellida	Cirratuliformia			Cirratulidae			
				Flabelligeridae			
				Sternaspidae			
	Terebellomorpha			Ampharetidae			
				Pectinariidae			
			Trichobranchidae				
Sipuncula		Phascolosomatidea		Aspidosiphonida		Aspidosiphonidae	
				Phascolosomatida		Phascolosomatidae	
Nematoda						Nematoda	
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Amphipoda		Amphipoda 1	
						Amphipoda 2	
						Amphipoda 3	
						Amphipoda 4	
						Amphipoda 5	
				Cumacea		Cumacea 1	
						Cumacea 2	
				Decapoda	Pleocyemata		Palaemonidae
	Pinnotheridae						
	Xanthidae						



Continuación Anexo 7.1

Phylum	Subphylum	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Familia/taxa
Mollusca		Bivalvia	Heterodonta	Lucinoidea		Lucinidae
				Myoidea		Corbulidae
				Veneroidea		Mactridae
						Mesodesmatidae
						Tellinidae
					Ungulinidae	
					Veneridae	
			Protobranchia	Nuculanoida		Nuculanidae
			Pteriomorpha	Arcoida		Arcidae
				Mytiloidea		Mytilidae
		Pectinoidea			Pectinidae	
		Gastropoda	Orthogastropoda	Caenogastropoda		Epitoniidae
				Neogastropoda		Olividae
Echinodermata	Asterozoa	Ophiuroidea				Ophiuroidea 1
						Ophiuroidea 2
Chordata	Tunicata	Ascidiacea				Ascidiacea



Anexo 7.2. Densidades (ind/0,1 m²) encontradas en el muestreo realizado en los cuatro sectores Boya 23, boyas del canal de acceso, Boya Roja y estaciones blanco

Familia/taxa	Boya 23																								
	B23 E1	B23 E2	B23 E3	B23 E4	B23 E5	B23 E6	B23 E7	B23 E8	B23 E10	B23 E12	B23 E13	B23 E14	B23 E16	B23 E19	B23 E21	B23 E22	B23 E23	B23 E24	B23 E25	B23 E26	B23 E27	B23 E28	B23 E29	B23 E30	
Nemertea	2	2	2					2	3		2	5	8	2	2	2	3	13	4	1	2	4		4	
Subtotal Nemertea	2	2	2	0	0	0	0	2	3	0	2	5	8	2	2	2	3	13	4	1	2	4	0	4	
Capitellidae								2							2		1	5	1			2		4	
Cossuridae		1			1	1		1			1	1	1							1			1		
Maldanidae	2	2	3		1	2			2				2		1	2		1				3	1	1	
Opheliidae																									
Orbinidae								1				1		1			1	2	1		2				
Paraonidae					4	2	1	1							2	2		4	1					3	
Amphinomidae																									
Lumbrineridae	1				4	6			2				1	6	2	1	3	4	1	1		3		1	
Oeonidae																									
Onuphidae							1	1		1					2		1	1	1			1			
Polynoidae		1						1				1				1									
Sigalionidae			1																						
Glyceridae	1				3	1					1	1	1		3	3		1		1				2	
Goniadidae							1			2			1				1								
Nereididae								1		1							3	1	2			3			
Plargidae																									
Syllidae																									
Nephtyidae																									
Phyllodocidae																									
Sabellidae															2		1								
Serpulidae																		1							
Magelonidae					1	1	1	2				1				2		12	2	1		6			
Spionidae		1	1	1	7	3	2	3	1			2	2	6	3	3	1	12	10		3	9	11	6	
Cirratulidae						2			1						1			1							
Flabelligeridae		1						1					1		1			1							
Sternaspidae																									
Ampharetidae	1				2		2								1			5						1	
Pectinariidae																									
Trichobranchidae																									
Subtotal Annelida	5	6	5	1	23	18	9	13	5	5	2	7	9	17	16	16	11	51	18	4	9	25	11	18	
Aspidosiphonidae		1				2																			
Phascolosomatidae																1								1	
Subtotal Sipuncula	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Nematoda																									
Subtotal Nematoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Amphipoda 1	1	2	1		2		3	2					6	2	3	5	3	3	4				8	3	4
Amphipoda 2			1		1	1	3	1		2			7	3	1	7	3	2			1	6		1	
Amphipoda 3							1								1										
Amphipoda 4										2							1	2							
Amphipoda 5																									
Cumacea 1					1		1																		
Cumacea 2																									
Palaemonidae								1										3							
Pinnotheridae																		2	1			1			
Xanthidae															1										
Subtotal Arthropoda	1	2	2	0	4	1	8	4	0	4	0	0	13	6	5	12	7	12	5	0	1	15	3	5	



Continuación Anexo 7.2.

Familia/taxa	Boya 23																								
	B23 E1	B23 E2	B23 E3	B23 E4	B23 E5	B23 E6	B23 E7	B23 E8	B23 E10	B23 E12	B23 E13	B23 E14	B23 E16	B23 E19	B23 E21	B23 E22	B23 E23	B23 E24	B23 E25	B23 E26	B23 E27	B23 E28	B23 E29	B23 E30	
Lucinidae																									1
Corbulidae	1				3	1			1							6			1				2		2
Mactridae			1														1								
Mesodesmatidae								2		1															
Tellinidae		1		1	2								2			4		3	1						4
Ungulinidae																						1			
Veneridae					4	1																			1
Nuculanidae					1	2	1	1	1									2				1			
Arcidae	1								1																
Mytilidae						1																			
Pectinidae																1									
Epitoniidae																									
Olividae									1								1	1							
Subtotal Mollusca	2	1	1	1	10	5	1	3	4	1	0	0	2	0	0	11	2	6	2	0	0	5	0	7	
Ophiuroidea 1					1							1				1					1		1		
Ophiuroidea 2												1			1	1	1								2
Subtotal Echinodermata	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	1	0	0	1	0	1	0	2	
Ascidiacea										1							1					2	1	1	
Subtotal Chordata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1
TOTAL	10	12	10	2	38	26	18	22	12	11	4	14	32	25	24	44	24	83	29	6	12	52	15	38	



Continuación Anexo 7.2.

Familia/taxa	Canal de acceso				"Boya roja"																Blanco		
	B1	B5	B11	B17	BR E1	BR E2	BR E3	BR E4	BR E5	BR E6	BR E7	BR E8	BR E9	BR E10	BR E11	BR E12	BR E13	BR E14	BR E15	BR E16	Prodeco	Bello Horizonte	Rodadero
Nemertea		1		3		3	3	1		4	3		2		3	9	2	6	7	3			
Subtotal Nemertea	0	1	0	3	0	3	3	1	0	4	3	0	2	0	3	9	2	6	7	3	0	0	0
Capitellidae	1						1							5	7	2	1						
Cossuridae			2		3	3				1			3	11						1	1		
Maldanidae					1	2										1					2	1	
Opheliidae												2											4
Orbiniidae			2				1						1			1		1			1	1	
Paraonidae			4				2		2	6			1			2	2	6	2	9			
Amphinomidae														6									
Lumbrineridae	6	2			3	3		3	2	9	3		2	3	3	19	6	11	1		9		
Oeonidae												1		1									1
Onuphidae			1					1				1						2				1	1
Polynoidae							1		2			1			2		1						
Sigalionidae					1						1			1								1	
Glyceridae	3	4	1		1		2	3	7	7	4		1	4		4		6	2		4	1	1
Goniadidae	6	1			1		1		1	6					2		3	3					
Nereididae	5		1		2	5		1	3	5		2		2	4	1	1	4					
Plargidae							1						2						2				
Syllidae																						2	
Nephtyidae																						2	
Phyllodoceidae			1																				
Sabellidae	3				10		1	2	9	3				5	1	11	3	17					
Serpulidae																							
Magelonidae	8	7	3	2	2	5		3	7	9	47	1		7		18	6	29		19		2	
Spionidae	3	4	5	2	11		6	5	14	24	1	8	1	12	3	26	9	38	1	1	4	1	1
Cirratulidae		1							2	4	1				1			1		1			
Flabelligeridae		1		1																			
Sternaspidae																							1
Ampharetidae	7	1	1				2	3	1	7				1	1	2	2	1	1				
Pectinariidae													3										
Trichobranchidae			1																		1		
Subtotal Annelida	42	21	22	5	35	18	16	22	51	81	62	16	14	53	22	103	35	122	9	31	22	12	9
Aspidosiphonidae			1										3									3	
Phascolosomatidae																2						2	
Subtotal Sipuncula	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	0
Nematoda													1						3				
Subtotal Nematoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Amphipoda 1	6	17	7	3	1		5	7		3	2	1	1		5	14		6	1				
Amphipoda 2	1	4	3	1				5					2							1		1	
Amphipoda 3		2																					
Amphipoda 4																							
Amphipoda 5																			1			1	
Cumacea 1																1			2				
Cumacea 2													6						1				
Palaemonidae													2							1			
Pinnotheridae								1					1		1			8				1	
Xanthidae				1																			
Subtotal Arthropoda	7	23	10	5	1	0	5	12	1	3	2	3	10	0	6	15	0	14	5	2	0	3	0



Continuación Anexo 7.2.

Familia/taxa	Canal de acceso				"Boya roja"																Blanco				
	B1	B5	B11	B17	BR E1	BR E2	BR E3	BR E4	BR E5	BR E6	BR E7	BR E8	BR E9	BR E10	BR E11	BR E12	BR E13	BR E14	BR E15	BR E16	Prodeco	Bello Horizonte	Rodadero		
Lucinidae														1				1							
Corbulidae					4	2	2	2	14		8	4	5	11	1	2		17	8	8					
Mactridae						3							1	11				2	1	1					
Mesodesmatidae	2																	1							
Tellinidae							1	1					1			15			1						
Ungulinidae																								1	
Veneridae	1											3	1	1		1			2	1					
Nuculanidae			1										1											1	
Arcidae		1																	1						
Mytilidae																									
Pectinidae																									
Epitonidae			1																						
Olividae							1		1					2		4									
Subtotal Mollusca	3	1	2	0	4	5	3	3	16	0	8	7	9	26	1	22	0	21	13	10	0	0	2		
Ophiuroidea 1																5									
Ophiuroidea 2												1			4	1									
Subtotal Echinodermata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ascidiacea																									
Subtotal Chordata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	52	46	35	13	40	26	27	38	68	88	75	30	36	79	36	157	37	163	37	46	22	20	11		



Anexo 7.3. Abundancias relativas de cada sector muestreado en el Área de anclaje de Puerto Drummond. Y las estaciones escogidas como blanco.

Boya 23			
Familia/taxa	Total	Abundancia relativa	Frecuencia de aparición
Nemertea	63	11,19	18
Capitellidae	17	3,02	7
Cossuridae	9	1,60	9
Maldanidae	23	4,09	13
Orbiniidae	9	1,60	7
Paraonidae	20	3,55	9
Lumbrineridae	36	6,39	14
Onuphidae	9	1,60	8
Polynoidae	4	0,71	4
Sigalionidae	1	0,18	1
Glyceridae	18	3,20	11
Goniadidae	5	0,89	4
Nereididae	11	1,95	6
Sabellidae	3	0,53	2
Serpulidae	1	0,18	1
Magelonidae	29	5,15	10
Spionidae	87	15,45	20
Cirratulidae	5	0,89	4
Flabelligeridae	5	0,89	5
Ampharetidae	12	2,13	6
Aspidosiphonidae	3	0,53	2
Phascolosomatidae	2	0,36	2
Amphipoda 1	52	9,24	16
Amphipoda 2	40	7,10	15
Amphipoda 3	2	0,36	2
Amphipoda 4	5	0,89	3
Cumacea 1	2	0,36	2
Palaemonidae	4	0,71	2
Pinnotheridae	4	0,71	3
Xanthidae	1	0,18	1
Lucinidae	1	0,18	1
Corbulidae	17	3,02	8
Mactridae	2	0,36	2
Mesodesmatidae	3	0,53	2
Tellinidae	18	3,20	8
Ungulinidae	1	0,18	1
Veneridae	6	1,07	3
Nuculanidae	9	1,60	7
Arcidae	2	0,36	2
Mytilidae	1	0,18	1
Pectinidae	1	0,18	1
Olividae	3	0,53	3
Ophiuroidea 1	5	0,89	5
Ophiuroidea 2	6	1,07	5
Ascidiacea	6	1,07	5
TOTAL	563	100	



Continuación Anexo 7-3.

Canal de acceso			
Familia/taxa	Total	Abundancia relativa	Frecuencia de aparición
Nemertea	4	2,74	2
Capitellidae	1	0,68	1
Cossuridae	2	1,37	1
Orbiniidae	2	1,37	1
Paraonidae	4	2,74	1
Lumbrineridae	8	5,48	2
Onuphidae	1	0,68	1
Glyceridae	8	5,48	3
Goniadidae	7	4,79	2
Nereididae	6	4,11	2
Phyllodocidae	1	0,68	1
Sabellidae	3	2,05	1
Magelonidae	20	13,70	4
Spionidae	14	9,59	4
Cirratulidae	1	0,68	1
Flabelligeridae	2	1,37	2
Ampharetidae	9	6,16	3
Trichobranchidae	1	0,68	1
Aspidosiphonidae	1	0,68	1
Amphipoda 1	33	22,60	4
Amphipoda 2	9	6,16	4
Amphipoda 3	2	1,37	1
Xanthidae	1	0,68	1
Mesodesmatidae	2	1,37	1
Veneridae	1	0,68	1
Nuculanidae	1	0,68	1
Arcidae	1	0,68	1
Epitoniidae	1	0,68	1
TOTAL	146	100	



Continuación Anexo 7.3.

Boya Roja			
Familia/taxa	Total	Abundancia relativa	Frecuencia de aparición
Nemertea	46	4,68	12
Capitellidae	16	1,63	5
Cossuridae	22	2,24	6
Maldanidae	9	0,92	4
Opheliidae	2	0,20	1
Orbiniidae	4	0,41	4
Paraonidae	32	3,26	9
Amphinomidae	6	0,61	1
Lumbrineridae	68	6,92	13
Oeonidae	2	0,20	2
Onuphidae	4	0,41	3
Polynoidae	7	0,71	5
Sigalionidae	3	0,31	3
Glyceridae	41	4,17	11
Goniadidae	17	1,73	7
Nereididae	30	3,05	11
Pilargidae	5	0,51	3
Sabellidae	62	6,31	10
Magelonidae	2	3,77	1
Spionidae	6	11,32	3
Sternaspidae	1	1,89	1
Pectinariidae	3	0,31	1
Aspidosiphonidae	3	0,31	1
Phascolosomatidae	2	0,20	1
Nematoda	4	0,41	2
Amphipoda 1	46	4,68	11
Amphipoda 2	8	0,81	3
Amphipoda 5	1	0,10	1
Cumacea 1	3	0,31	2
Cumacea 2	7	0,71	2
Palaemonidae	3	0,31	2
Pinnotheridae	11	1,12	4
Lucinidae	2	0,20	2
Corbulidae	88	8,95	14
Mactridae	19	1,93	6
Mesodesmatidae	1	0,10	1
Tellinidae	19	1,93	5
Veneridae	9	0,92	6
Nuculanidae	1	0,10	1
Arcidae	1	0,10	1
Olividae	8	0,81	4
Ophiuroidea 1	5	0,51	1
Ophiuroidea 2	6	0,61	3
TOTAL	983	100	



Continuación Anexo 7.3.

Control			
Familia/taxa	Total	Abundancia relativa	Frecuencia de aparición
Cossuridae	1	1,89	1
Maldanidae	3	5,66	2
Opheliidae	4	7,55	1
Orbiniidae	2	3,77	2
Lumbrineridae	9	16,98	1
Oeonidae	1	1,89	1
Onuphidae	2	3,77	2
Sigalionidae	1	1,89	1
Glyceridae	6	11,32	3
Syllidae	2	3,77	1
Nephtyidae	2	3,77	1
Magelonidae	2	3,77	1
Spionidae	6	11,32	3
Sternaspidae	1	1,89	1
Trichobranchidae	1	1,89	1
Aspidosiphonidae	3	5,66	1
Phascolosomatidae	2	3,77	1
Amphipoda 2	1	1,89	1
Amphipoda 5	1	1,89	1
Pinnotheridae	1	1,89	1
Ungulinidae	1	1,89	1
Nuculanidae	1	1,89	1
TOTAL	53	100	


Anexo 7.4. Registros históricos de densidad en el área de estudio.

Sector	Autor	Año	Densidades	Familias/Taxas
Area de Anclaje de Puerto Drummon LTD.	Drummond LTD.	I trimestre de 2009	44 - 232 ind/0,125 m ²	
		I trimestre de 2010	137 - 353 ind/0,125 m ²	Cirratulidae - Spionidae
		II trimestre de 2010	185 - 322 ind/0,125 m ²	Spionidae - Capitellidae
		I trimestre de 2011	195 - 278 ind/0,125 m ²	Capitellidae - Cirratulidae - Spionidae - Lumbrineridae
		II trimestre de 2011	191 - 395 ind/0,125 m ²	Spionidae - Capitellidae - Cirratulidae - Goniadidae - Lumbrineridae
		III trimestre de 2011	170 - 597 ind/0,125 m ²	Spionidae - Capitellidae - Cirratulidae - Lumbrineridae - Glyceridae
		IV trimestre de 2011	114 - 196 ind/0,125 m ²	Lumbrineridae - Capitellidae - Spionidae - Magelonidae - Cirratulidae - Cossuridae
		I semestre de 2012	52 - 277 ind/0,12 m ²	Spionidae - Capitellidae - Cirratulidae
		II semestre de 2012	30 - 169 ind/0,12 m ²	Spionidae- Magelonidae - Capitellidae - Cirratulidae

CAPÍTULO 8 .

ESTIMACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DEL IMPACTO GENERADO POR LA BARCAZA TS-115.



Coordinación
GUIOMAR AMINTA JÁUREGUI ROMERO
ORLANDO PEDRO LECOMPTE

ADRIANA GARCÍA RUEDA
ANDREA OSORIO ARCINIEGAS
JOAQUÍN TORRES DUQUE

**CONTENIDO**

	Pág.
8.1. INTRODUCCIÓN.....	8-4
8.1.1. Qué se entiende por impacto.....	8-4
8.1.2. Identificación de los indicadores de impacto.....	8-4
8.1.3. Clasificación de los indicadores	8-4
8.1.4. Lista indicadora de impacto	8-5
8.2. METODOLOGÍA	8-6
8.2.1. Lista de Control	8-8
8.2.2. Matriz de Leopold	8-10
8.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8-13
8.3.1. Estructura del fitoplancton	8-13
8.3.2. Estructura del zooplancton.....	8-14
8.3.3. Infauna.....	8-15
8.3.4. Características fisicoquímicas	8-16
8.3.5. Características edáficas.....	8-17
8.4. ESTADO ACTUAL DE LOS COMPONENTES DEL SECTOR UN MES DESPUÉS DEL INCIDENTE.....	8-20
8.4.1. Estructura del fitoplancton	8-20
8.4.2. Zooplancton	8-22
8.4.3. Infauna.....	8-23
8.4.4. Características fisicoquímicas	8-23
8.4.5. Aspectos edáficos.....	8-25
8.5. BIBLIOGRAFÍA.....	8-29



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 8.1. Zonas de muestreo en el Puerto Drummond.	8-7

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 8.1. Clasificación de los posibles impactos (Tomado y Modificado de SEMARNAT, 2002).	8-6
Tabla 8.2. Colores asignados para la magnitud	8-7
Tabla 8.3. Lista de control	8-9
Tabla 8.4. Ejemplo de la Matriz de Leopold, incluyendo factores socioeconómicos y gubernamentales.	8-11
Tabla 8.5. Matriz de Leopold modificada de identificación e interacción de impactos de acuerdo a las acciones tomadas el día del evento (13 de enero).	8-12
Tabla 8.6. Resultados de la matriz de Leopold modificada para las acciones llevadas a cabo en el día del incidente, para los diferentes condiciones ambientales.	8-19
Tabla 8.7. Matriz con los valores promedio de las condiciones ambientales en las tres zonas de muestreo y las estaciones de referencia. Las celdas resaltadas en verde corresponden a los valores por encima de los valores de referencia (*) y en azul los que están por debajo.	8-28



8.1. INTRODUCCIÓN

8.1.1. Qué se entiende por impacto

El término impacto se aplica a la alteración que produce una actividad humana en su entorno, es decir, identifica la parte del medio ambiente afectada por ésta o más ampliamente con todas sus interacciones. Por lo tanto lo origina cualquier acción del hombre, siendo el impacto de una actividad el que se produce por los insumos que utiliza, por el espacio que ocupa y por los efluentes que emite (Gómez, 2003).

8.1.2. Identificación de los indicadores de impacto

Uno de los principales problemas en la evaluación ambiental consiste en la selección de las variables ambientales y la síntesis e integración de las mismas para que puedan ayudar a cuantificar el impacto de una acción. Debido a las múltiples interrelaciones entre estos elementos, se debe abordar el problema a partir de la utilización de indicadores individuales, que permitan detectar cambios en la calidad de un sistema, facilitando su comparación e interacción para ser evaluados en conjunto. Un indicador es un componente del medio ambiente afectado o potencialmente afectado por un agente de cambio y se consideran como modelos cuantitativos o cualitativos que permiten evaluar la dimensión de las alteraciones que podrán producirse como consecuencia del establecimiento de un proyecto o del desarrollo de una actividad (Salazar, 1999).

8.1.3. Clasificación de los indicadores

De acuerdo a las características de los indicadores, se puede establecer un orden jerárquico, el cual discrimina las relaciones entre las categorías establecidas, y permite determinar la tipología del ecosistema o sistema ambiental a diferentes niveles (Salazar, 1999):

- **Indicadores de Tercer Nivel:** son los indicadores macros: Medio Biótico, Medio Abióticos; son conocidos como subcomponentes del área de estudio.
- **Indicadores de Segundo Nivel:** definen patrones de importancia en el área estudiada y agrupan indicadores específicos de primer nivel; son conocidos como los diferentes factores de cada uno de los subcomponentes.



- **Indicadores de Primer Nivel:** son cuantificables y calificables, se caracterizan porque determinan patrones espaciales y funcionales de los ecosistemas, definiendo unidades ecológicas y de paisaje.

8.1.4 Lista indicadora de impacto

La magnitud del daño sobre el medio ambiente depende de la calidad de los factores ambientales que serán impactados por el desarrollo de un proyecto, considerando tanto las afectaciones a la zona como las realizadas en los diferentes niveles del área de estudio. Un indicador debe ser capaz de representar numéricamente aquello que se pretende valorar (Gómez, 2003) y pueden ser:

- **Representativos:** se refiere al grado de información que posee el indicador respecto al impacto global.
- **Relevantes:** se refiere a que la información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- **Excluyentes:** se refiere a que no exista superposición con otros distintos indicadores.
- **Cuantificables:** se refiere a que sea posible medirlo en términos cuantitativos para estimar la magnitud del impacto.

De acuerdo con SEMARNAT (2002), los criterios (Tabla 8.1.) que se analizan para cada una de las actividades son sintetizados en una lista de verificación, la que permite integrar la información para ser procesada dentro de la matriz general de impacto ambiental.

- **Signo:** Considera si el impacto es negativo (-) o adverso, positivo (+) o benéfico y neutro (0).
- **Magnitud:** Se toman cuatro niveles de magnitud: baja (1 – 3), media (4 – 6), alta (7 – 9) y muy alta (10).



- **Radio de Acción (área de influencia):** Los efectos pueden manifestarse en parte (angosto), medio (medio) o en toda (amplio) la zona de estudio e incluso, sobrepasar las fronteras físicas.
- **Duración (Permanencia):** Se considera si el impacto identificado es de carácter temporal o permanente.
- **Incidencia:** Toma en cuenta si el efecto del impacto es directo o indirecto.
- **Sinergia:** Considera la acción conjunta de dos o más impactos parciales.
- **Reversibilidad:** Se considera la posibilidad de que, una vez producido el impacto, el sistema afectado pueda volver a su estado inicial o no (Reversible vs Irreversible), ya sea de manera natural o aplicando medidas de mitigación.

Tabla 8.1. Clasificación de los posibles impactos (Tomado y Modificado de SEMARNAT, 2002).

SIGNO	MAGNITUD	RADIO DE ACCIÓN	DURACIÓN	INCIDENCIA	SINERGIA	REVERSIBILIDAD
Positivo (+) ó Benéfico	1 – 3 = Baja	Angosto	Temporal (1 - 5)	Directo (1 – 5)	Sinérgico (1 – 5)	Reversible (1 – 5)
	4 – 6 = Media	Medio				
Negativo (-) ó Adverso	7 – 9 = Alta	Amplio	Permanente (6 – 10)	Indirecto (6 – 10)	No sinérgico (6 – 10)	Irreversible (6 – 10)
	10 = Muy alta					

8.2. METODOLOGÍA

Para la evaluación del impacto ambiental generado por la barcaza TS-115 en el Puerto de Drummond, se empleó el método de interacción causa-efecto (matriz de Leopold modificada), en la identificación, predicción y cuantificación. Ésta tuvo en cuenta las acciones tomadas durante el incidente del 13 de enero, además de cada una de las

estaciones consideradas en las tres zonas de muestreo (Boya 23, Boya roja y canal de arrastre) (Figura 8.1).

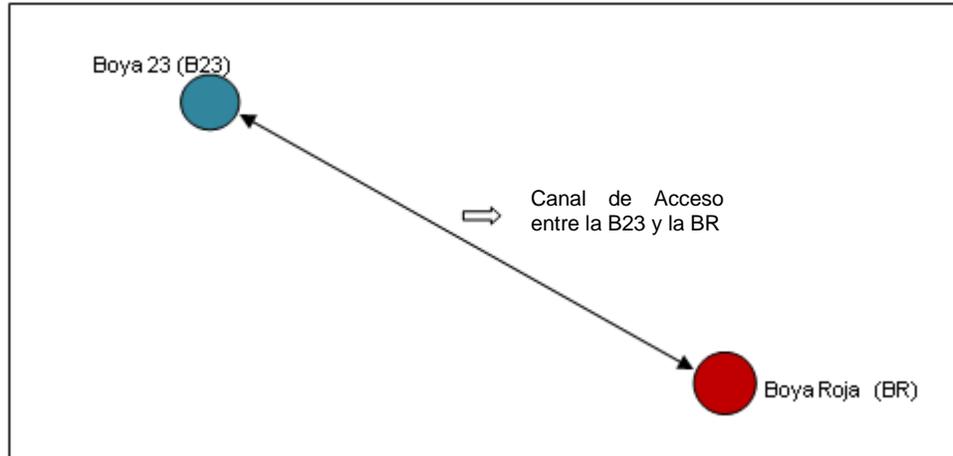


Figura 8.1. Zonas de muestreo en el Puerto Drummond.

De acuerdo al incidente ocurrido y a las acciones de contingencia que se adelantaron y las posibles consecuencias que causaron, se tuvo en cuenta para la cuantificación de los impactos los siguientes aspectos: los criterios que nos permitirán evaluar la magnitud de los mismos según su intensidad, radio de acción, duración, incidencia, sinergia y reversibilidad. Por otro lado, de manera cualitativa se estimó la magnitud de los impactos generados, clasificándolos en bajos, medios, altos y muy altos. Para facilitar el reconocimiento de la magnitud, se le asignó un color a cada nivel (Tabla 8.2.). Esto se desarrolló con base en la guía de impacto ambiental de SEMARNAT (2002).

Tabla 8.2. Colores asignados para la magnitud

MAGNITUD	COLOR
Neutra	Blanco
Bajos	Celeste
Medios	Azul
Altos	Morado
Muy altos	Rojo



8.2.1. Lista de Control

Es un método de identificación muy simple, por lo que se usa para evaluaciones preliminares. Sirve primordialmente para identificar factores ambientales y proporcionar información sobre la predicción y evaluación de los impactos.

Los factores ambientales considerados en la presente valoración y evaluación ambiental, están conformados por: plancton (fitoplancton y zooplancton), bentos (epifauna, infauna, granulometría, carbonatos, materia orgánica y porcentaje de carbón) y columna de agua (aspectos físicos) (Tabla 8.3.). Los resultados obtenidos para cada uno de estos grupos fueron discutidos y analizados, para después confrontarlos tanto con las acciones tomadas en el incidente como con el total de las estaciones que conforman las tres zonas de muestreo, en la matriz de Leopold.



Tabla 8.3. Lista de control

	Indicadores de tercer nivel	indicadores de segundo nivel	indicadores de primer nivel		DESCRIPCION
Factores ambientales	Medio Biotico	Plancton	Fitoplancton	Composición	Se tuvo en cuenta la diversidad y abundancia de especies, en el area del indicente (boya 23, canal de acceso y boya roja), en donde se compararan con datos bibliograficos en el area de influencia
				Abundancia	
			Pigmentos	Clorofila a	Se comparó la productividad primaria en cada una de las estaciones, por medio de la medicion de clorofila a, b, c y feopigmento a
				Clorofila b	
				Clorofila c	
				Feopigmento a	
	Zooplancton	Composición	Se tuvo en cuenta la diversidad y abundancia de especies, en el area del indicente (boya 23, canal de acceso y boya roja), en donde se compararan con datos bibliograficos en el area de influencia		
		Abundancia			
	Bentos	Infauna	Composición	Se tuvo en cuenta la diversidad y abundancia de especies, en el area del indicente (boya 23, canal de acceso y boya roja), en donde se compararan con datos bibliograficos en el area de influencia	
			Abundancia		
	Medio abiotico	Fondo	Edafología	Granulometria	Para analizar la caracteristica del fondo marino en la zona del incidente, se tuvo en cuenta la granulometria (tamaño del grano), carbonatos (presencia de calcio), materia organica, compactación y % carbon (porcentaje de carbon relativo al sedimento)
				Carbonatos	
Materia organica					
Compactación					
Agua		Fisicoquimicas	Temperatura	La calidad del agua se determino por medio de la temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y extincion de luz, teniendo en cuenta las normas establecidas por el decreto 3039/2007.	
			Salinidad		
			pH		
			Oxigeno disuelto		
			Extincion de luz		



8.2.2. Matriz de Leopold

Es una matriz interactiva, muestra las acciones del proyecto o actividades en un eje, y los factores pertinentes a lo largo del otro eje de la matriz. Generalmente, en vías a realizar una evaluación integral, dentro de los factores se incluyen los componentes biofísico, socioeconómico y gubernamental (Tabla 8.4.). Sin embargo, dado el enfoque del presente estudio, únicamente se tuvo en cuenta el factor biofísico. De ese modo, cuando se espera que una acción determinada provoque un cambio en las condiciones ambientales, este se anota en el punto de intersección de la matriz, y se describe además en término de consideraciones de magnitud. En ese sentido, la matriz de Leopold permite examinar las interacciones de las acciones tomadas en el incidente y los componentes del factor ambiental por medio de un arreglo dimensional de la siguiente manera: en las columnas se encuentran las acciones que se llevaron a cabo en el incidente por etapas y en las filas se identifican los factores ambientales que pueden ser afectados por el mismo (Tabla 8.5.). De esta forma, los impactos potenciales son individualizados confrontando las dos listas de control (SEMARNAT, 2002).

A pesar de que la matriz engloba a cada componente ambiental y las incidencias de cada acción de manera general, no siempre resulta eficaz en la valoración de los impactos ya sea que un mismo impacto puede ser considerado benéfico, bajo determinadas circunstancias pero perjudicial para otras. No obstante, este método ha sido modificado para mejorar sus ventajas, ya que relaciona impactos con acciones, tiene la propiedad de evaluar y predecir y es relativamente fácil de elaborar y de evaluar (SEMARNAT, 2002).



Tabla 8.4. Ejemplo de la Matriz de Leopold, incluyendo factores socioeconómicos y gubernamentales.

COMPONENTES				ACCIONES	Accion 1	Accion 2	Accion 3	Accion 4	Accion 5	Accion 5	Accion 7	Accion 8	Accion 9	Accion 10
Factores ambientales	Medio Biotico	Plancton	Fitoplancton											
			Pigmentos											
			Zooplancton											
	Bentos	Infauna												
	Medio abiotico	Fondo	Edafología											
		Agua	Fisicoquimicas											
factores socioeconomicos	Economicos													
	Social													
Factores gubernamentales	Autoridades Ambientales													



Tabla 8.5. Matriz de Leopold modificada de identificación e interacción de impactos de acuerdo a las acciones tomadas el día del evento (13 de enero).

CONDICIONES AMBIENTALES				COMPONENTE				ACCIONES										TOTAL	PROMEDIO		
								ÁREA DE INCIDENCIA BOYA 23 (= 125664m ²) (1:00 am - 10:00 am)				ÁREA DE INCIDENCIA CANAL DE ACCESO (= 186250 m ²)	ÁREA DE INCIDENCIA BOYA ROJA (= 125664m ²)	CRITERIOS DE EVALUACIÓN							
								Agua circundante a la Barcaza entra en contacto con el carbón (1:00 am - 6:20 am)		Disposición de embarcaciones mayores en el área de la Boya 23 (6:30 am - 10:00 am)			Maniobras de rescate de la Barcaza (10:00 am - 2:00 pm)			Radio de Acción	Duración			Incidencia	Sinergia
El agua alcanza los compartimentos con carbón de la Barcaza	Las corrientes remueven carbón de la Barcaza	El agua con carbón se escurre de la Barcaza	Se llevan dos gruas para evitar que la Barcaza se hunda	Se lleva una Barcaza vacía hacia el sector de la boya 23	Se retira una grúa, solo se usa la grúa Colombia 5	Extracción de agua con carbón de la Barcaza y deposición al mar	Se remolca la Barcaza a una zona más somera (10:00 a.m)	Toca fondo y se saca el agua con una grúa (12:30 p.m)*	Barcaza se nivela y se lleva a la boya 1 para evaluación (2:00 pm)												
Medio Biótico	Plancton	Estructura del Fitoplancton	Composición																		
			Densidad																		
			Diversidad																		
			Clorofila a																		
			Clorofila b																		
			Clorofila c																		
	Zooplancton	Composición																			
		Densidad																			
		Diversidad																			
	Bentos	Infauna	Composición																		
			Densidad																		
			Diversidad																		
	Medio Abiótico	Columna de Agua	Características Físicoquímicas	Temperatura																	
				Salinidad																	
				pH																	
Oxígeno disuelto																					
Extinción de luz																					
Lecho Marino		Aspectos Edáficos	Tipo de Grano																		
			Carbonatos																		
			Materia orgánica																		
			Densidad*																		
			% carbón																		



8.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.3.1. Estructura del fitoplancton

Se presentó un impacto clasificado como reducido, con un valor de magnitud en promedio de -4,46 durante las 10 acciones tomadas el día del incidente. Cabe resaltar que este impacto aunque es negativo sucede de manera puntual en el área de influencia. Las acciones que presentaron las magnitudes más altas en la Boya 23 corresponden a:

- Las corrientes remueven el carbón de la barcaza (valor de magnitud de -7), siendo un impacto alto, con un radio de acción reducido, de duración temporal, incidencia directa y con reversibilidad y sinergia,
- El agua con carbón se escurre de la barcaza (valor de magnitud de -9), se considera como un impacto alto, con un radio de acción reducido, de manera temporal, directa, sinérgico y reversible.
- Al extraer el agua junto con el carbón y al depositarlo al mar, donde el valor de magnitud fue el más alto con -10, clasificado como un impacto muy alto, con un área de influencia reducida, temporal, directo, sinérgico y reversible.

La magnitud más baja (-2) en la Boya 23 se observa cuando dos grúas son llevadas para evitar que la barcaza se hunda. Las características de esta acción se ven reflejadas en un radio de acción reducido, de duración temporal, directo, sinérgico y reversible. En la Boya Roja también se obtuvo una baja magnitud (-1) cuando la barcaza fue nivelada y llevada a la boya 1 para ser evaluada. Presenta las mismas características de impacto de la acción antes mencionada.

Al igual que en la Boya 23, en la Boya Roja se presentó una magnitud alta (-10) cuando la barcaza toca fondo y el agua es extraída por medio de una grúa. Las características de esta acción corresponden a un área de acción reducida, de duración temporal, con incidencia directa, sinérgica y reversible.

En general la estructura del fitoplancton abarca la composición (número de taxas por familia) densidad (número de individuos por m²) diversidad (uniformidad de acuerdo al índice de Pielou) y clorofilas a, b, c y feopigmento a (indican la productividad del fitoplancton), estos se vieron afectados de manera puntual (teniendo en cuenta el área de



influencia) , cabe resaltar que a pesar de que el carbón entró en contacto con el agua y en consecuencia hubo un efecto sobre este componente, la recuperación del mismo fue de forma inmediata al pasar la crisis del evento (Tabla 8.6.).

8.3.2. Estructura del zooplancton

Al igual que el fitoplancton, este componente se caracterizó por presentar un impacto clasificado como reducido con un valor promedio de magnitud -4,46, en cada una de las acciones tomadas los días del incidente, si bien este impacto es adverso, se caracteriza por presentar un radio de acción reducido, de duración temporal, de incidencia directa, sinérgica y reversible (Tabla 8.6.).

Así mismo, la clasificación que se presenta para cada uno de los criterios en las acciones más significativas tomadas durante el incidente, son las siguientes:

- **Boya 23 (Área incidencia 125664m²)**

- El agua alcanza los compartimientos con carbón de la barcaza. La magnitud del impacto fue -4, un radio de acción reducido, temporal, directo, sinérgico y reversible.
- Las corrientes remueven carbón de la barcaza La magnitud del impacto fue -7, un radio de acción reducido, temporal, directo, sinérgico y reversible.
- El agua con carbón se escurre de la barcaza La magnitud del impacto fue -9, un radio de acción reducido, temporal, directo, sinérgico y reversible.
- Extracción de agua con carbón de la barcaza y depositación al mar. La magnitud del impacto fue -10, un radio de acción reducido, temporal, directo, sinérgico y reversible.

- **Canal de Acceso**

- Se remolca la barcaza a un sector más somero. La magnitud del impacto fue -5, el radio de acción fue reducido, temporal, directo, sinérgico y reversible.



- **Boya Roja (área de incidencia 6500m²)**

- La barcaza toca fondo y se saca el agua con carbón. La magnitud del impacto fue de -10, su radio de acción fue reducido, la duración fue temporal, la incidencia fue directa, sinérgico y reversible.

8.3.3. Infauna

Este componente presentó un valor promedio de magnitud de -3,53, clasificándolo como bajo (Tabla 8.6.), durante todas las acciones tomadas los días incidente, al igual que los componentes anteriores, el impacto es adverso pero de manera puntual de la siguiente manera:

- **Boya 23 (Área incidencia 125664m²).**

- El agua con carbón se escurre de la barcaza. La magnitud de este impacto es de -3, clasificándose como bajo, con un área de incidencia focal, de duración permanente, incidencia directa, sinérgico y reversible.
- Se llevan dos grúas para evitar que la barcaza se hunda. La magnitud del impacto de esta acción fue de -2, clasificado como bajo, con área incidente focal, de duración permanente, incidencia directa, sinérgica y reversible.
- Extracción de agua con carbón y el vertimiento en el mar (magnitud -10), correspondiente a un impacto muy alto, con área incidente focal, de duración permanente, incidencia directa, sinérgica y reversible.

- **Canal de Acceso**

- La barcaza es remolcada a una zona más somera. El impacto fue de magnitud -3, clasificado como bajo, con área incidente focal, de duración permanente, incidencia directa, sinérgica y reversible.

- **Boya Roja**

- La barcaza toca fondo y se le saca el agua con una grúa (magnitud -5), impacto medio, de incidencia focal, de duración permanente, incidencia directa, sinérgica y reversible.



8.3.4. Características fisicoquímicas

En este componente se tuvo en cuenta la temperatura, Salinidad, pH, Oxígeno disuelto y extinción de luz; siendo este último el único que presentó una interacción causa efecto en la matriz de Leopold por las acciones tomadas los días del incidente. La magnitud promedio del impacto fue de -2,93, el cual es bajo (Tabla 8.6.). Las acciones que tuvieron impactos el día del incidente fueron las siguientes:

- **Boya 23.**

- Las corrientes remueven el carbón de la barcaza. La magnitud de este impacto es de -2, clasificándose como bajo, con un área de influencia reducida, de duración temporal, incidencia directa, sinérgico y reversible.
- El agua con carbón se escurre de la barcaza. La magnitud de este impacto es de -3, clasificándose como bajo, con un área de influencia reducida, de duración temporal, incidencia directa, sinérgico y reversible.
- Se llevan dos grúas para evitar que la barcaza se hunda. La magnitud de este impacto es de -1, clasificándose como bajo, con un área de influencia reducida, de duración temporal, incidencia directa, sinérgico y reversible.
- Se lleva una barcaza vacía hacia el sector de la boya 23. La magnitud de este impacto es de -1, clasificándose como bajo, con un área de influencia reducida, de duración temporal, incidencia directa, sinérgico y reversible.
- Se retira una grúa. La magnitud de este impacto es de -1, clasificándose como bajo, con un área de influencia reducida, de duración temporal, incidencia directa, sinérgico y reversible.
- Extracción de agua con carbón de la barcaza y vertimiento al mar. La magnitud de este impacto es de -8, clasificándose como alto, con un área de influencia reducida, de duración temporal, incidencia directa, sinérgico y reversible.

- **Canal de Acceso**

- La barcaza es remolcada a una zona más somera. La magnitud de este impacto es de -3, clasificándose como bajo, con un área de influencia reducida, de duración temporal, incidencia directa, sinérgico y reversible.



- **Boya Roja**

- La barcaza toca fondo y se le saca el agua con una grúa. La magnitud de este impacto es de -5, clasificándose como medio, con un área de influencia reducida, de duración temporal, incidencia directa, sinérgico y reversible.
- La barcaza se nivela y se lleva a la boya 1 para su evaluación. La magnitud de este impacto es de -2, clasificándose como bajo, con un área de influencia reducida, de duración temporal, incidencia directa, sinérgico y reversible.

8.3.5. Características edáficas

En promedio para las características edáficas, la magnitud de impacto fue de -2,57, clasificándolo como bajo. Para este componente se tuvo en cuenta el tipo de grano con un valor de magnitud bajo (de -3,73) con un área de influencia focal, una duración permanente, con una incidencia directa, sinérgico e irreversible (ya que el tamaño del grano se vio afectado); la materia orgánica presentó un impacto de -1,53 de magnitud, siendo bajo, con un radio de acción focal, temporal, directo, sinérgico y reversible. La densidad del fondo fue impactada en -2,8 en magnitud, clasificándose como bajo, con un radio de acción focal, de duración permanente, la incidencia es directa, sinérgico e irreversible (debido a que la densidad del fondo se vio alterada en el momento del vertimiento del carbón al mar); el porcentaje de carbón presentó el impacto más alto del componente con -4,8 en magnitud, clasificándolo como reducido, con un radio de acción reducido, una duración permanente, de incidencia directa, sinérgico e irreversible (Tabla 8.6.). Los carbonatos no presentaron una interacción causa efecto en la matriz de Leopold.

A continuación se muestran los impactos producidos en cada una de las acciones tomadas los días del incidente:

- **Boya 23:**

- Las corrientes remueven el carbón de la barcaza. La magnitud del impacto para el tipo de grano es -1, clasificándolo como bajo y para el porcentaje de carbón de -4, siendo un impacto medio.
- El agua con carbón se escurre de la barcaza. La magnitud del impacto para el tipo de grano es -3, clasificándolo como bajo y para el porcentaje de carbón de -7, siendo un impacto alto.



- Extracción de agua con carbón de la barcaza y vertimiento al mar. La magnitud del impacto para el tipo de grano es -7, clasificándolo como alto y para el porcentaje de carbón de -10, siendo un impacto muy alto.

- **Canal de Acceso**

- Se remolca la barcaza a una zona más somera. Esta acción causó un impacto en el tipo de grano, materia orgánica y densidad de la misma manera con una magnitud -2, considerándolo como bajo; para el porcentaje de carbón la magnitud del impacto fue de -5 considerado como medio.

- **Boya Roja**

- La barcaza toca fondo y se le saca el agua con una grúa. La magnitud del impacto para el tipo de grano es -6, clasificándolo como medio, para la materia orgánica la magnitud del impacto fue de -2 (bajo), la densidad presentó un valor de magnitud de impacto de -1 (bajo) y para el porcentaje de carbón de -3, siendo un impacto bajo.
- La barcaza se nivela y se lleva a la boya 1 para ser evaluada. La magnitud del impacto para el tipo de grano es -1, clasificándolo como bajo.



Tabla 8.6. Resultados de la matriz de Leopold modificada para las acciones llevadas a cabo en el día del incidente, para los diferentes condiciones ambientales.

COMPONENTE				ÁREA DE INCIDENCIA BOYA 23 (= 125664m ²) (1:00 am - 10:00 am)								ÁREA DE INCIDENCIA CANAL DE ACCESO (= 186250 m ²)	ÁREA DE INCIDENCIA BOYA ROJA (= 125664m ²)	CRITERIOS DE EVALUACIÓN					TOTAL	PROMEDIO	
				ACCIONES			Agua circundante a la Barcaza entra en contacto con el carbón (1:00 am - 6:20 am)					Disposición de embarcaciones mayores en el área de la Boya 23 (6:30 am - 10:00 am)			Maniobras de rescate de la Barcaza (10:00 am - 2:00 pm)						
				El agua alcanza los compartimentos con carbón de la Barcaza	Las corrientes remueven carbón de la Barcaza	El agua con carbón se escurre de la Barcaza	Se llevan dos grúas para evitar que la Barcaza se hunda	Se lleva una Barcaza vacía hacia el sector de la boya 23	Se retira una grúa, solo se usa la grúa Colombia 5	Extracción de agua con carbón de la Barcaza y deposición al mar	Se remolca la Barcaza a una zona más somera (10:00 a.m)	Toca fondo y se saca el agua con una grúa (12:30 p.m)*	Barcaza se nivela y se lleva a la boya 1 para evaluación (2:00 pm)	Radio de Acción	Duración	Incidencia	Sinergia	Reversibilidad			
CONDICIONES AMBIENTALES	Medio Biótico	Plancton	Estructura del Fitoplancton	Composición	-4	-7	-9	-2	0	0	-10	-5	-10	-1	-5	-2	-10	-7	5	-67	-4,47
				Densidad	-4	-7	-9	-2	0	0	-10	-5	-10	-1	-5	-2	-10	-7	5	-67	-4,47
				Diversidad	-4	-7	-9	-2	0	0	-10	-5	-10	-1	-5	-2	-10	-7	5	-67	-4,47
				Clorofila a	-4	-7	-9	-2	0	0	-10	-5	-10	-1	-5	-2	-10	-7	5	-67	-4,47
				Clorofila b	-4	-7	-9	-2	0	0	-10	-5	-10	-1	-5	-2	-10	-7	5	-67	-4,47
				Clorofila c	-4	-7	-9	-2	0	0	-10	-5	-10	-1	-5	-2	-10	-7	5	-67	-4,47
		Zooplancton	Feopigmento a	-4	-7	-9	-2	0	0	-10	-5	-10	-1	-5	-2	-10	-7	5	-67	-4,47	
			Composición	-4	-7	-9	-2	0	0	-10	-5	-10	-1	-5	-2	-10	-7	5	-67	-4,47	
			Densidad	-4	-7	-9	-2	0	0	-10	-5	-10	-1	-5	-2	-10	-7	5	-67	-4,47	
			Diversidad	-4	-7	-9	-2	0	0	-10	-5	-10	-1	-5	-2	-10	-7	5	-67	-4,47	
	Bentos	Infauna	Composición	0	-1	-3	-2	-1	-1	-10	-3	-5	-1	-3	-6	-10	-8	1	-53	-3,53	
			Densidad	0	-1	-3	-2	-1	-1	-10	-3	-5	-1	-3	-6	-10	-8	1	-53	-3,53	
			Diversidad	0	-1	-3	-2	-1	-1	-10	-3	-5	-1	-3	-6	-10	-8	1	-53	-3,53	
			Temperatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
	Medio Abiótico	Columna de Agua	Características Físicoquímicas	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
				pH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
				Oxígeno disuelto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
				Extinción de luz	0	-2	-3	-1	-1	-1	-8	-3	-5	-2	-4	-3	-7	-7	3	-44	-2,93
				Tipo de Grano	0	-1	-3	-1	-1	-1	-7	-2	-6	-1	-3	-8	-10	-6	-6	-56	-3,73
		Lecho Marino	Aspectos Edáficos	Carbonatos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
Materia organica				0	0	0	-1	-1	-1	0	-2	-2	0	-3	-3	-6	-6	2	-23	-1,53	
Densidad*				0	0	0	0	0	0	-8	-2	-2	-1	0	-3	-6	-6	-6	-10	-42	-2,80
% carbón				0	-4	-7	0	0	0	-10	-5	-3	0	-5	-10	-10	-8	-10	-72	-4,80	



8.4. ESTADO ACTUAL DE LOS COMPONENTES DEL SECTOR UN MES DESPUÉS DEL INCIDENTE

8.4.1. Estructura del fitoplancton

- **Composición**

A nivel superficial, el número de especies-taxa, encontradas en los sectores de la Boya 23, Canal de Acceso y Boya Roja oscila entre los 41 y 48. Los valores más altos se presentaron en el Canal de Acceso, continuando con los obtenidos en la Boya Roja y finalmente la Boya B23. Por el contrario, en las estaciones donde se tomaron muestras a mayor profundidad (Boya 23 y Canal de Acceso) se encontraron 61 a 63 especies-taxa. En comparación con los valores obtenidos en las estaciones de referencia (PRODECO, Bello Horizonte y Rodadero), estos son similares ya que se encuentran dentro del rango de 35 a 49 en superficie y 46 a 63 en fondo respectivamente. Los grupos de mayor aporte a la riqueza fueron las diatomeas y dinoflagelados, lo que es típico de las aguas costeras del departamento del Magdalena. Este valor es mayor a los reportados para el área aportando indicios de que estas aguas favorecen el desarrollo de numerosas especies de fitoplancton (Tabla 8.7.).

- **Densidad**

Los valores promedios de densidad para las muestras superficiales un mes después de ocurrido el incidente, en la Boya 23, Canal de Acceso y Boya Roja se encuentran entre 21000 y 44000 células L⁻¹. Por otra parte las muestras de fondo (Boya 23 y Canal de Acceso) presentaron densidades promedio entre 21000 y 89000 células L⁻¹. Los valores de densidad en superficie para las estaciones referencia oscilaron entre 13000 y 26000 células L⁻¹ y entre 21000 y 58000 células L⁻¹ en fondo. Las altas densidades registradas en fondo se atribuyen al efecto dañino que presenta la radiación UV en superficie a la fisiología de estas microalgas (Tabla 8.7.).

- **Diversidad**

La diversidad se comportó de la misma manera que la densidad y la riqueza obteniendo mayores registros en muestras de fondo, en especial hacia la Boya 23. Los valores de diversidad expresados mediante la uniformidad de Pielou para las muestras de superficie tomadas un mes después de ocurrido el incidente, oscilan entre 0,73 y 0,76 (Boya 23, Canal de Acceso y Boya Roja). En cuanto a las muestras de fondo (Boya 23 y Canal de



Acceso) los valores de uniformidad varían entre 0,73 y 0,81; y para las estaciones de referencia (PRODECO, Bello Horizonte y Rodadero) los valores de uniformidad oscilaron entre 0,7 y 0,8 para superficie; y para fondo entre 0,73 y 0,83. Las uniformidades resultaron comparativamente altas con valores superiores a 0,6 lo que significó que las diferencias entre las densidades de las especies no fueron tan amplias, traduciéndose en predominios bajos. En términos prácticos se puede afirmar que las características fisicoquímicas de las aguas favorecen a todo el ensamblaje por igual (Tabla 8.7.).

- **Pigmentos**

- **Clorofila a**

Para las muestras de fondo, la concentración estuvo por debajo del límite de detección de la técnica empleada ($< 0,28 \text{ mg m}^{-3}$), se encontraron concentraciones ligeramente superiores en un rango de 0,38 a 4,01 y un valor promedio de $1,73 \text{ mg m}^{-3}$. Este mismo comportamiento fue determinado en el Canal de Acceso, los cuales fueron más altos, con un promedio en superficie de $2,23 \text{ mg m}^{-3}$ y en fondo de $3,56 \text{ mg m}^{-3}$. En el caso de las estaciones de la Boya Roja, obteniendo las otras un rango entre 1,60 a $5,34 \text{ mg m}^{-3}$ y un valor promedio de 3,03. Para el sector Drummond, estas concentraciones de clorofila **a** tanto en superficie como en fondo resultaron más altas que las determinadas para las tres estaciones de referencia (PRODECO, Bello horizonte y Rodadero). A demás, las concentraciones de fotopigmentos, en especial de la clorofila **a**, que estuvieron por encima de la de feofitina **a**, lo cual, propone que las aguas alrededor de las boyas trabajadas son adecuadas para el desarrollo de un ensamblaje fitoplanctónico que además cumple con su papel de transformación de materia inorgánica a materia orgánica aprovechable gracias a su actividad fotosintética (Tabla 8.7.).

- **Feofotina a**

La concentración para este parámetro un mes después de ocurrido el evento, se encuentra por debajo del límite de detección ($< 0,19 \text{ mg m}^{-3}$), para la mayoría de las tres estaciones de referencia, tanto en superficie como en fondo, exceptuando Bello Horizonte en superficie. A diferencia de las tres zonas muestreadas el Puerto de Drummond, éstas se encuentran por arriba del límite de detección. Teniendo en cuenta que los promedios de clorofila **a** fueron superiores a los de feofitina **a**, se define como fotosintéticamente activo al ensamblaje fitoplanctónico de las aguas superficiales y profundas. Esta



catalogación presenta una importancia biológica ya que indica que la base de la red trófica se encuentra aportando materia orgánica aprovechable (Tabla 8.7.).

- **Clorofila b y c**

El fotopigmento dominante para el fitoplancton marino es la clorofila **a**, pero también están presentes las clorofilas **b** y **c**, y pigmentos accesorios que pueden estar involucrados en la conversión de materia inorgánica a productos orgánicos aprovechables. Para la presente evaluación un mes después de ocurrido el evento, las concentraciones de clorofila **c**, fueron más altas en relación a la clorofila **b** en las tres zonas de muestreo (Boya 23, Canal de Acceso y Boya Roja) y de igual forma para las estaciones de referencia (PRODECO, Bello Horizonte y Rodadero) (Tabla 8.7.).

8.4.2. Zooplancton

• **Composición**

Se presentan variaciones en las tres zonas muestreadas (un mes después de haber ocurrido el incidente), comparadas con los tres puntos de referencia, ya que los primeros presentan datos más altos, sin embargo, estas variaciones son debidas a las dinámica que se observa en las aguas de la zona sujeta a las actividades que se desarrollan en la zona, que pueden provocar cambios en condiciones fisicoquímicas. No obstante, a pesar de estas variaciones, los valores encontrados son similares a los encontrados en la zona costera y neríticas del departamento del magdalena para la época seca (Tabla 8.7.).

• **Densidad**

Para la Boya Roja y el Canal de Acceso los valores de este parámetro un mes después del incidente, se observaron por debajo de los valores de densidad encontrados en las tres referencias (PRODECO, Bello Horizonte y Rodadero), por otro lado, los valores obtenidos en la Boya 23, son similares para la zona del rodadero y más altos que PRODECO y bello Horizonte. En general la densidad total registrada en comparación con otras zonas analizadas en el caribe colombiano fue mayor, lo cual puede señalar que el área presenta condiciones apropiadas para el establecimiento y el desarrollo de la comunidad de zooplancton (Tabla 8.7.).



- **Diversidad**

Un mes después de ocurrido el incidente, se observó que los valores de diversidad (uniformidad de Pielou) para las tres zonas muestreadas (Boya 23, Boya Roja y Canal de Acceso) se encuentran por debajo de los valores obtenidos en las referencias (Tabla 8.7.).

8.4.3. Infauna

- **Composición**

Para la Boya 23, el Canal de Acceso y la Boya Roja, el número de familias encontradas un mes después de ocurrido el incidente, es mayor a los obtenidos en las zonas de PRODECO, Bello Horizonte y el Rodadero. Esta comunidad de infauna es continua y estable en toda el área, las diferencias no representan cambios y pueden estar sujetas o no a cambios ambientales (Tabla 8.7.).

- **Densidad**

Los valores obtenidos en la Boya 23, el Canal de Acceso y la Boya Roja, se encuentran por encima de los valores obtenidos en las tres referencias (PRODECO, Bello Horizonte y Rodadero). La profundidad podría explicar la diferencia en las densidades (Tabla 8.7.).

- **Diversidad (uniformidad de Pielou)**

Los valores obtenidos en las tres zonas de muestreos (Boya 23, Canal de Acceso y Boya Roja) y un mes después de ocurrido el evento, se encuentran dentro del rango de los valores observados en las tres referencias (PRODECO, Bello Horizonte y Rodadero). La comunidad infaunal de este sector tiene una alta capacidad de respuesta a las alteraciones de las condiciones ambientales que los afecten tales como el tipo de sedimento, la cual es continua y estable en toda el área muestreada (Tabla 8.7.).

8.4.4. Características fisicoquímicas

- **Temperatura**

La temperatura a lo largo de la columna de agua, un mes después de ocurrido el evento, presentó para todo el área de muestreo un promedio de 27.61 °C, con un rango de variación entre 25.2 y 30.6 °C, siendo estos máximos valores reportados para la Boya Roja, debido a su poca profundidad. Como era de esperarse, los valores de temperatura superficial del agua (27.76 °C en boyo 23, 28.05 °C en Canal de Acceso y 29.57 °C para boyo Roja) fueron superiores a los encontrados en profundidad (26.06 °C en boyo 23 y



26.45 °C en Canal de Acceso), debido a la mayor carga calórica, la cual va disminuyendo al ganar profundidad, más aún cuando la penetración de la luz es muy poca en la columna de agua, como se ha mencionado anteriormente. Las estaciones de referencia, presentaron un promedio en superficie de 27.43 °C y 25.80 °C, siendo muy similares a las reportadas para el área de Puerto Drummond (Tabla 8.7.).

- **Salinidad**

Por su parte, la salinidad, después de un mes de ocurrido el incidente, presentó un comportamiento bastante homogéneo a lo largo del área de estudio, de tal forma que en aguas superficiales los valores fluctuaron entre 33.78 UPS en las boyas del Canal de Acceso hasta 35.23 UPS en la Boya Roja. Un comportamiento similar se registra para las aguas del fondo, donde la concentración de sales varió de 34.43 UPS en el Canal de Acceso hasta 34.63 UPS en la Boya 23. La salinidad en las estaciones es muy cercana a la encontrada en Puerto Drummond, con un ligero aumento promedio de una unidad, alcanzando niveles de 35.53 UPS en superficie y 35.43 UPS en fondo, producto de estar más alejadas de los principales aportes de aguas dulces que pueden disminuir la salinidad (Tabla 8.7.).

Al igual que la temperatura, tanto los valores de salinidad del agua para todas las estaciones, se encuentran dentro de los rangos reportados para la plataforma continental del departamento del Magdalena, así mismo algunos valores encontrados en este parámetro en algunas estaciones de Puerto Drummond, corroboran los aportes de aguas continentales ya indicados por cuerpos lagunares costeros principalmente, que como ya se dijo también incrementan la turbidez de la columna de agua.

- **pH**

Un mes después de ocurrido el incidente, para la boya 23, los valores promedio fueron 8.20 en superficie y 8.19 en fondo. En el Canal de Acceso la situación frente a esta variable es similar 8.14 y 8.12 en superficie y fondo, respectivamente, mientras que en la Boya Roja se alcanzaron niveles de 8.15, reflejando una clara condición básica típica para el sector, tanto en superficie como en fondo. Históricamente, los valores reportados para el Golfo de Salamanca tienden a ser básicos, por lo cual, la condición encontrada durante el muestreo no refleja ningún tipo de indicio referente a acidificación en las aguas marinas. Hay que resaltar que las estaciones de referencia también presentaron niveles



básicos en la columna de agua y semejantes a Puerto Drummond, de tal forma que en superficie el valor fue de 8.23 y en el fondo 8.22 (Tabla 8.7.).

- **Oxígeno disuelto**

Los porcentajes de saturación de este gas, después de un mes de ocurrir el incidente, fluctuaron entre 62.32 % y 59.17 % en superficie y fondo, respectivamente para la Boya 23, mientras que en el Canal de Acceso los valores a lo largo de la columna de agua van desde 57.02 % hasta 57.70 %. Esto refleja aguas subsaturadas para los sectores mencionados, ya sea por el afloramiento de aguas profundas o surgencias; características que no cambian en la Boya Roja, a pesar de presentarse allí valores promedios más altos de 74.27 %. En las estaciones de referencia, ubicadas más al norte de la CGSM se encontraron niveles de 93.94 % en superficie y 96.92 % en fondo (Tabla 8.7.).

- **Extinción de luz**

Un mes después del evento en la zona de estudio, se encontraron valores altos de coeficiente de extinción de luz (0.59 m^{-1} para la Boya 23, 1.16 m^{-1} para el Canal de Acceso y 2.10 m^{-1} en la Boya Roja), que hacen que la luz se extinga rápidamente en la columna de agua, lográndose una baja profundidad promedio para la capa fótica, de tal forma que la luz llega hasta los 7.73 m alrededor de la Boya 23, 4.11 m en el Canal de Acceso y 2.46 m en la Boya roja. Debido al que el Puerto de Drummond, se encuentra ubicado en el golfo de Salamanca, (área que se caracteriza por presentar continuos aportes de aguas continentales con alta carga de turbidez, provenientes de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), el río Magdalena, así como de pequeños tributarios asociados a la Sierra Nevada de Santa Marta como los ríos Córdoba y Toribio), su zona costera y oceánica es catalogada como de aguas turbias (Tabla 8.7.).

8.4.5. Aspectos edáficos

- **Tipo de grano**

El tipo de grano predominante para las tres zonas de muestreo (Boya 23, Canal de Acceso y boya roja), después de un mes de ocurrido el incidente, es cieno, es decir, el tamaño medio del grano corresponde a valores menores de 0.0063 centímetros, esto es igual a lo encontrado para las zonas de referencia de PRODECO, Bello horizonte y Rodadero, lo cual puede indicar que todos estos materiales finos que lo conforman



proviene de procesos de suspensión. Se puede inferir que la zona del Puerto de Drummond, presenta homogeneidad (Tabla 8.7.).

- **Carbonatos**

Se observó que un mes después de ocurrido el incidente, los porcentajes de este parámetro fueron homogéneos, encontrando que los valores observados en la Boya 23, el Canal de Acceso y Boya roja se encuentran dentro del rango de los valores de referencia en las tres zonas (PRODECO, Bello Horizonte y Rodadero). La composición litoclástica de los sedimentos fue bastante homogénea, concordando con lo reportado en la zona, es decir, que el porcentaje de carbonato de calcio no presentó alteraciones (Tabla 8.7.).

- **Materia Orgánica**

En general las tres zonas de muestreo después de un mes de ocurrido el incidente, se encuentran por debajo al compararlos con las tres referencias (1.56 % – 2,5 % y 9.03 % - 10.64 % respectivamente), correspondientes a PRODECO, Bello horizonte y Rodadero. En general la zona muestreada es heterogénea, presentando una variación en cuanto a la profundidad. Estudios anteriores, muestran que este valor obtenido es inferior a los reportado en zonas aledañas al Puerto Drummond, aunque se presentó predominio de granos finos. La materia orgánica presentó un bajo porcentaje con respecto a otros estudios en la zona, se evidenció heterogeneidad en el sector, pero se encontró que los valores de materia orgánica altos con respecto al promedio se presentaron en la zona impactada (Tabla 8.7.).

- **Porcentaje de Carbón**

Las tres zonas muestreadas en el Puerto de Drummond, presentan valores altos, un mes después del incidente, en comparación con los puntos de referencia tomados en PRODECO, Bello horizonte y el Rodadero, cabe resaltar, que la Boya 23, donde ocurrió el evento, presentó los valores más altos de este parámetro. De acuerdo al informe técnico final del 2011, realizado por el Instituto de investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés”– INVEMAR–, la composición mineralógica del sedimento en el área de maniobras y zona de fondeo del puerto, obteniendo dos muestras en la Boya 23 y donde se encontró valores de 0.1 % y 0.3 %, así mismo, al comparar estos valores con el promedio de carbón acumulado para la misma boya en el presente estudio ($29,13 \pm 30,53$ %), se evidencia un considerable aumento en la proporción de carbón mineral en los



sedimentos alrededor de la Boya 23, ocasionado probablemente por el descargue parcial efectuado por la barcaza TS-115 (Tabla 8.7.).

Por otro lado, estudios llevados a cabo en el Canal de Acceso para el año 2010, registraron valores de carbón acumulado entre 0,3 a 0,4 %, un mes después de ocurrido el evento, el promedio de carbón encontrado es de 25 %, al comparar estos dos valores, se corrobora un incremento considerable de este mineral, posiblemente el incremento pudo deberse a la decisión de trasladar la barcaza TS-115 hacia aguas más someras como medida de contingencia ante el evento ocurrido el día 13 de enero de 2013.

Por último, los valores de % de carbón en la Boya roja también fueron un poco más altos comparados con los puntos de referencia y teniendo en cuenta, que en el informe técnico final del 2011, realizado por el Instituto de investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés”– INVEMAR– se reportan valores cercanos a la boya que fluctúan entre fluctuando entre 0,1 % y 3,5 %, con esto, se puede concluir que en el sector somero existe un incremento considerable de las proporciones de carbón acumulado en el sedimento, a diferencia de los intervalos encontrados en la zona portuaria a nivel general, en donde dicho promedio se encuentra dentro de este rango.



Tabla 8.7. Matriz con los valores promedio de las condiciones ambientales en las tres zonas de muestreo y las estaciones de referencia. Las celdas resaltadas en verde corresponden a los valores por encima de los valores de referencia (*) y en azul los que están por debajo.

		COMPONENTE		BOYA 23		CANAL DE ACCESO		BOYA ROJA	PRODECO*		BELLO HORIZONTE*		RODADERO*		
				Superficie	Fondo	Superficie	Fondo		Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	
CONDICIONES AMBIENTALES	Medio Biótico	Plancton	Estructura del Fitoplancton	Composición (# de taxa)	41	63	48	61	46	35	63	37	49	49	46
				Densidad (Celulas L ⁻¹)	29068	21466	44380	89020	21120	13.973	58.027	15.173	21.947	26.667	22.320
				Diversidad (Pielou)	0,76	0,73	0,76	0,81	0,73	0,8	0,73	0,7	0,77	0,7	0,83
				Clorofila a (mg m ⁻³)	1,56	1,73	2,23	3,56	3,03	1,07	2,4	<0,28	2,14	1,87	0,83
				Clorofila b (mg m ⁻³)	0,6	0,83	0,43	<0,13	0,23	<0,13	0,54	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13
				Clorofila c (mg m ⁻³)	0,66	1,2	0,91	1,04	0,73	0,37	1,43	<0,15	0,29	0,43	<0,15
				Feopigmento a (mg m ⁻³)	0,93	1,58	7,65	8,81	1,56	<0,19	<0,19	4,99	<0,19	<0,19	<0,19
		Estructura Zooplancton	Composición (# de taxa)	40	N.A.	30	N.A.	39	26	N.A.	26	N.A.	25	N.A.	
			Densidad (Ind. m ⁻³)	1077,7	N.A.	250,5	N.A.	153,5	823,65	N.A.	804,28	N.A.	1738,23	N.A.	
			Diversidad (Pielou)	1,36	N.A.	1,28	N.A.	1,56	1,95	N.A.	1,98	N.A.	1,87	N.A.	
	Bentos	Infauna	Composición (# de taxa)	N.A.	45	N.A.	28	45	N.A.	7	N.A.	14	N.A.	8	
			Densidad (Ind 0,1m ⁻²)	N.A.	23	N.A.	36	61	N.A.	22	N.A.	20	N.A.	11	
			Diversidad (Pielou)	N.A.	0,92	N.A.	0,86	0,89	N.A.	0,835	N.A.	0,968	N.A.	0,911	
	Medio Abiótico	Agua	Características Físicoquímicas	Temperatura (° C)	27,66	26,06	28,05	26,45	29,57	27,8	26,0	27,7	25,8	26,8	25,6
				Salinidad (UPS)	34,2	34,63	33,78	34,43	35,23	34,8	35,3	35,5	35,2	36,3	35,8
				pH	8,2	8,19	8,14	8,12	8,15	8,236	8,236	8,244	8,221	8,216	8,203
				Oxígeno disuelto (% saturación)	62,32	59,17	57,7	57,02	74,27	86,14	94,41	94,70	97,39	100,98	98,97
				Extinción de luz (m ⁻¹)	0,59		1,16		2,1	0,56		0,4		0,4	
		Lecho Marino	Aspectos Edáficos	Tipo de Grano (Mz)	4,5		4,5		3,8	4,33		4,33		4,4	
				Carbonatos (%)	9,03		9,92		10,39	9,03		10,64		10,32	
Materia organica (%)				2,2		2,5		1,56	3,95		2,04		6		
Carbón (%)				99,56		24,59		0,92	0,76		0,13		0,58		



8.5. BIBLIOGRAFÍA

- Banco de la Republica. 2008. Apuntes sobre la economía del carbón. Revista del Banco de la República.
- Betancurt, L. 2002. Indicadores de sostenibilidad para la industria extractiva mineral: Indicadores de sustentabilidad en la pequeña minería del carbón, caso departamento de Boyacá, Colombia. Carajas, Brasil. 217 p.
- Defensoría del Pueblo. 2010. Informe defensorial de seguimiento a la resolución defensorial No. 54: "Explotación, transporte y embarque de carbón en los departamentos de Cesar y Magdalena". 47 p.
- Espinoza, G. 2001. Fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo. Chile. 186 p.
- Ministerio de Ambiente. 2005. Guía ambiental para puertos carboníferos. 31 p.
- Gómez, O. 2003. Evaluación de impacto ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. 2de Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- Rincón, J. 2002. El carbón y su problemática ambiental. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas. 26 (99): 271 – 278p.
- Ingeominas. 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. Publicación geológica especial. 21: 111 p.
- Salazar G. 1899. Índices e Indicadores para evaluación y seguimiento ambiental. Universidad de Caldas. En: <http://usuarios.lycos.es/juanp/impac.htm>.
- SEMARNAT. 2002. Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector Turístico Modalidad Particular. 103 p.
- Steer, R., F. Arias, A. Ramos, P. Sierra, D. Alonso y P. Ocampo. 1997. Documento base para la elaboración de la "Política Nacional de Ordenamiento Integrado de las Zonas Costeras Colombianas" (PNAOCI). Documento de consultoría para el Ministerio de Medio Ambiente. 6: 392 p.
- UPME. 2007. Informe de gestión UPME: 2007. Unidad de Planeación Minero Energética. 107 p.
- Vargas, E. 2002. Indicadores de sostenibilidad para la industria extractiva mineral: Indicadores de sostenibilidad y desempeño socioambiental para dos grupos de usuarios mineros en Colombia. Carajas, Brasil. 179 p.

CAPÍTULO 9 .

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**CONTENIDO**

	Pág.
9.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS CAUSADOS POR EL CONATO DE HUNDIMIENTO DE LA BARCAZA TS-115 PUERTO DRUMMOND	9-4
9.1.1 Conclusiones	9-4
9.1.2. Recomendaciones.....	9-5
9.2. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y OCEANOGRÁFICAS.....	9-5
9.2.1. Conclusiones	9-5
9.2.2. Recomendaciones.....	9-7
9.3. CONDICIONES EDÁFICAS	9-8
9.3.1. Conclusiones	9-8
9.3.2. Recomendaciones.....	9-9
9.4. DETERMINACIÓN DE CARBÓN ACUMULADO	9-9
9.4.1. Conclusiones	9-9
9.4.2. Recomendaciones.....	9-9
9.5. FITOPLANCTON	9-10
9.5.1. Conclusiones	9-10
9.5.2. Recomendaciones.....	9-12
9.6. ZOOPLANCTON.....	9-12
9.6.1. Conclusiones	9-12
9.7. COMUNIDAD BENTÓNICA	9-13
9.7.1. Conclusiones	9-13
9.7.2. Recomendaciones.....	9-13



9.8. ESTIMACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DEL IMPACTO GENERADO POR LA BARCAZA TS-115.....	9-14
9.8.1. Conclusiones	9-14



9.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS CAUSADOS POR EL CONATO DE HUNDIMIENTO DE LA BARCAZA TS-115 PUERTO DRUMMOND

9.1.1 Conclusiones

- Se determinó el predominio de los cienos en la composición del sedimento del sector, aunque el carbón vertido al mar, impactó directamente el componente edáfico en cuanto al tipo de grano; observándose entre estaciones diferencias en el color, textura y compactación del mismo.
- Los fragmentos de carbón obtenidos de las muestras colectadas en las áreas afectadas alrededor de la Boya 23, presentaron un rango promedio entre $4,39 \pm 2,84$ cm y $5,46 \pm 3,38$ cm: el tamaño máximo obtenido para fue 12,2 cm, mientras el menor de 0,4 cm.
- Se encontraron organismos (principalmente cirripedios, poliquetos y briozoos) adheridos en su mayoría a los fragmentos de carbón que sobresalían en la interfase sedimento-agua.
- Los contenidos de materia orgánica obtenidos de las muestras tomadas dentro de la parcela de 7200m², demarcada sobre el área de mayor amontonamiento o acumulación del carbón, fueron un poco más altos tanto al Este como al Oeste del eje central (0 m), con una tendencia a disminuir al ser más distantes, evidenciándose un gradiente de mayor a menor hacia 30 m y 60 m.
- Los carbonatos de calcio continuaron siendo bajos, de acuerdo a lo esperado en el área, presentando homogeneidad en los puntos muestreados tanto al Este como Oeste.
- La densidad del sedimento fue homogénea con valores en un rango medio, es decir que presentan contenido de materia orgánica y de materia inorgánica de manera similar.
- La cantidad total de organismos infaunales encontrados no muestra las alteraciones esperadas para un área impactada. No existe una relación entre el porcentaje de carbón y la densidad (ind/0,1 m²), así como tampoco existe una relación con la riqueza (número de familias/taxa).
- El principal impacto sobre la fauna bentónica fue la compresión ejercida por el material vertido sobre el sedimento, alterándose las condiciones normales de éste.



- La consolidación del material vertido, se ha convertido en sustrato de fijación temporal para algunos organismos epifaunales.
- La afectación directa corresponde al área específica del derrame y acumulación del carbón vertido, la cual abarca entre 10200 m² y 11100 m², de acuerdo con la estimación efectuada: mientras que el tramo circundante al montículo de carbón, cuya área está entre 25700 m² y 29900 m², fue impactado en menor proporción por particular de menor tamaño. En la zona adyacente a éstas, con 80300 m² a 89500 m² de área, el efecto fue indirecto con presencia solamente de polvillo aislado.

9.1.2. Recomendaciones

- Se recomienda efectuar un seguimiento mensual (mínimo seis (6) meses-máximo 12 meses) en las áreas de la afectación (evidencia de carbón), con el propósito de evaluar en el tiempo la dinámica éste dentro del sedimento.
- Se aconseja realizar un estudio del grado compactación del sustrato que permita correlacionar mejor la densidad del mismo y su efecto retenedor.
- Debido a que el carbón vertido se encuentra embebido y consolidado en el lecho marino, no se considera viable extraer el mineral: esto con el fin de evitar mayores alteraciones ambientales.

9.2. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y OCEANOGRÁFICAS

9.2.1. Conclusiones

- En el registro histórico (2010-2013), el mes de enero tiende a presentar mayor intensidad en los vientos que el mes de febrero. Dicha tendencia se debe a la acción de los vientos Alisios provenientes del noreste, que para la temporada de Diciembre a Marzo intensifican su efecto en la Costa Caribe colombiana debido al movimiento latitudinal de la ZCIT (Zona de convergencia inter tropical), un sistema de baja presión que se desplaza desde el Ecuador hasta 10° S para el primer semestre del año y hasta 10° N para el segundo semestre del año.
- En los años 2012 y 2013, el mes de enero presentó particularmente un promedio mayor de velocidad máxima del viento en contraste con años anteriores, superando inclusive el promedio multianual calculado para los 4 años de estudio. Ambos periodos estuvieron sometidos a eventos atmosféricos tales como el incremento en la intensidad de los vientos Alisios a finales de enero de 2012 y la



influencia del sistema de alta presión de las Azores en Enero de 2013, causando el incremento en la velocidad de los vientos para dichas fechas.

- En general, la dirección de salida predominante del viento a 10 msnm (metros sobre el nivel del mar) en los meses de Enero y Febrero mantiene una tendencia clara WNW (292.5°), teniendo en cuenta que estos vientos provienen del NE (45°) y que la dirección de salida se ve ligeramente direccionada por la geomorfología de la zona.
- La intensidad del viento mantiene un ciclo diario donde su velocidad varía en el transcurso del día. En horas de la noche, los vientos se intensifican alcanzando las mayores velocidades. Posteriormente, disminuyen paulatinamente hasta las horas de la tarde donde se alcanzan las velocidades más bajas y luego vuelven a intensificarse por las noches manteniendo el ciclo de manera casi permanente.
- La altura máxima de la ola registrada, así como su dirección para enero de 2013, mantiene un promedio acorde al estimado multianual determinado a partir del 2011. De igual manera, los valores para este periodo concuerdan con los reportados históricamente para la región del Magdalena.
- Los días 12 y 13 de Enero de 2013, los vientos promedian velocidades estándares a la temporada y registran intensidades medias dentro del record mensual, manteniendo el ciclo horario anteriormente mencionado, con la máxima intensidad en horas de la madrugada. De igual manera, para estos días se observa un predominio en la salida del viento WNW (292.5°); sin embargo, el día 13 de enero la velocidad máxima promedia en dirección W (270°) y alcanza su máxima hacia las 03:00 superando los 12 m/s.
- La altura máxima de la ola no supera los 2 m en los días 12 y 13 de enero de 2013, los cuales de igual manera presentaron una dirección predominante SSW (202.5°), manteniendo concordancia con lo reportado históricamente para el área de estudio.
- En términos generales el comportamiento meteo-marino para los días de interés muestran patrones normales que encajan dentro del promedio corriente tanto en el estimado multianual a partir de la base de datos de COMARTA, como en la bibliografía consultada especializada en el estudio de la costa Caribe colombiana. Sin embargo debido al efecto del sistema de alta presión de las Azores, que mantuvo influencia permanente en el mar Caribe colombiano aumentando la acción de los vientos Alisios, el mes de enero de 2013 presenta en conjunto un



promedio mensual de velocidad máxima atípico en relación a lo estimado para años anteriores. Por su parte, la altura máxima de la ola y dirección de la misma no varían de manera considerable en contraste con los datos históricos y la bibliografía.

- El área de estudio presenta características fisicoquímicas típicas de una zona costera con influencia de aguas continentales, donde la alta turbidez hace que la penetración de la luz sea baja y los niveles de oxígeno disuelto estén subsaturados, producto de la oxidación de la materia orgánica que traen estos aportes.
- En términos de temperatura, salinidad y pH, la zona presenta niveles típicos y adecuados para sistemas tropicales y acorde a los registros históricos que existen para la región del Magdalena, resaltando que no se evidencian aguas acidificadas en superficie como tampoco en fondo.
- No existen diferencias evidentes entre las zonas muestreadas de Puerto Drummond y las estaciones blanco ubicadas al norte del área de estudio, mostrando así una misma condición fisicoquímica. Se destaca solamente bajas variaciones en la salinidad y el porcentaje de saturación de oxígeno, debido a las diferencias de distancia con la Ciénaga Grande de Santa Marta, que genera un gradiente de dilución de sur a norte en la plataforma continental del departamento del Magdalena.

9.2.2. Recomendaciones

- Teniendo en cuenta los periodos climáticos que rigen la costa Caribe colombiana, al igual que los efectos marino-atmosféricos que estos conllevan, es de carácter necesario implementar medidas de observación rutinarias que permitan prepararse de manera efectiva para los eventos dados según la época. De esta manera, un seguimiento de las condiciones meteo-marinas y predicciones a corto plazo, pueden preparar a los usuarios ante situaciones de tipo climático que conllevan estados de emergencia, fomentando los preparativos para mitigar o reducir su impacto, implementando protocolos de seguridad ante eventos meteo-marinos de tipo común o extraordinarios.
- Al cumplir funciones laborales en superficie marina se corren riesgos de todo tipo, para los cuales, un terreno altamente sensible a los cambios atmosféricos, dada su estrecha relación, resulta un factor determinante para la productividad y



desempeño tanto de personal como de maquinaria, atendiendo de igual modo la seguridad de los mismos. Así, al conocer los eventos locales se está preparado de manera implícita para fomentar la seguridad y el desempeño de las actividades propias.

- Dicho lo anterior, se recomienda mantener un seguimiento constante de los eventos atmosféricos que pueden afectar la zona Caribe colombiana mediante sistemas de información satelital y bases de datos océano-atmosféricas, con el fin de anticiparse a condiciones adversas de tipo climático. Por otro lado, basado en la información descrita en el presente informe, se recomienda fortalecer las medidas de seguridad y vigilancia marítima en horas de la noche y madrugada, teniendo en cuenta el ciclo horario de vientos dado en la zona.
- A lo largo del año se presentan varias épocas climáticas que conllevan condiciones características y riesgos propios relevantes de cada periodo, razón por la cual se recomienda conocer cada una de estas épocas e identificar las principales variables que actúan según la temporada y así tomar las medidas de seguridad más pertinentes para evitar futuros accidentes.
- Para futuros estudios de evaluación fisicoquímica y monitoreo, es relevante incluir mediciones de nutrientes y carga de materia orgánica en la columna de agua (superficie y fondo), que permita cuantificar la turbidez en el medio, la cual tiene origen en las aguas que aporta la Ciénaga Grande de Santa Marta y los pequeños ríos que desembocan en el Golfo de Salamanca. Igualmente, se recomienda realizar evaluaciones de niveles de polvillo de carbón en la columna de agua, a partir de la técnica de separación de densidad a partir de solución de metasulfato de tungsteno.

9.3. CONDICIONES EDÁFICAS

9.3.1. Conclusiones

- Se confirma la presencia de partículas de carbón en la composición del sedimento de la zona, en mayor tamaño de grano y abundancia en las estaciones de la Boya 23. Sin embargo, no ha habido un cambio en la estructura de los sedimentos después del evento de vertimiento, ya que los cienos son predominantes en casi todas las estaciones como se ha reportado históricamente. Esto concuerda con las bajas densidades de organismos bentónicos infaunales, que no reportan hasta el momento alguna alteración considerable, lo cual se atribuye a la homogeneidad



del sustrato que no favorece la fijación de los organismos bentónicos y que por ende está relacionada con una baja diversidad.

- Aunque hubo predominio de granos finos, la materia orgánica presentó un bajo porcentaje con respecto a otros estudios en la zona, posiblemente debido a la baja influencia de aguas continentales en época seca. Se evidenció heterogeneidad en el sector, pero se encontró valores de materia orgánica un poco más altos del promedio en la zona impactada, lo cual se puede deber a su propiedad física de absorber y captar materia orgánica.
- La composición litoclástica de los sedimentos fue bastante homogénea, concordando con lo reportado en la zona, es decir, que el porcentaje de carbonato de calcio no presentó alteraciones. Sin embargo, en el área de vertimiento (cuadrante noreste) los valores fueron menores, con respecto al área de estudio en general, tanto Boya Roja como Boya 23.

9.3.2. Recomendaciones

- Se recomienda que las muestras de sedimento sean también sometidas a análisis químicos, ya que en el proceso de titulación, se evidenció una tonalidad verdosa no esperada, lo cual hace inferir la posible presencia de un (os) compuesto (s) que puede(n) enmascarar la coloración típica del viraje (rosada).

9.4. DETERMINACIÓN DE CARBÓN ACUMULADO

9.4.1. Conclusiones

- Los porcentajes de carbón mineral no quemado presentes en la Boya 23 ($0,88 \pm 0,65$ % mínimo y $99,56 \pm 0,71$ % máximo), en las Boyas del canal de acceso evaluadas ($14,02 \pm 5,29$ % y $40,00 \pm 27,70$ %) y en la Boya Roja ($0,27 \pm 0,07$ % y $2,12 \pm 1,2$ %) fueron mayores respecto a las estimaciones efectuadas en las mismas localidades en 2011, lo que evidencia el impacto causado por el conato de hundimiento de la barcaza TS-115.
- La proporción de los valores de carbón registrados en las estaciones muestreadas para la Boya 23, contribuyen a la delimitación y ubicación del lugar donde se depositó el mineral durante el evento sucedido.

9.4.2. Recomendaciones

- Se recomienda continuar con los monitoreos del área del impacto mientras exista la actividad de cargue mediante barcazas, que permitan registrar los valores de las



partículas de carbón en sitios estratégicos del Puerto, evaluando playas, fondos (sedimentos) y columna de agua; empleando entre otros, el porcentaje promedio de carbón en peso.

- Se sugiere establecer un protocolo estándar para la estimación cualitativa y cuantitativa del carbón mineral, que sea implementado en todos los monitoreos y evaluaciones del área impactada que permita hacer comparable en el tiempo y/o espacio la información obtenida.

9.5. FITOPLANCTON

9.5.1. Conclusiones

- El ensamblaje fitoplanctónico estuvo conformado por 163 especies-taxa, donde los grupos de mayor aporte a la riqueza fueron las diatomeas y dinoflagelados, lo que es típico de las aguas costeras del departamento del Magdalena. Este valor es mayor a los reportados para el área, aportando indicios de que estas aguas favorecen el desarrollo de numerosas especies de fitoplancton.
- La alta representatividad en el muestreo por parte de las diatomeas soporta que en el área existe un constante aporte de silicio mediado por la surgencia o por los aportes continentales (ríos, escorrentía o por transporte eólico).
- Las densidades registradas fueron mayores en fondo, lo cual se atribuyó al efecto dañino que presenta la radiación UV en superficie a la fisiología de estas microalgas. Así mismo, a nivel superficial los valores más altos se presentaron en las boyas intermedias, continuando con los obtenidos en la Boya Roja y finalmente la Boya B23.
- Como especie de mayor abundancia se definió a la diatomea *Asterionella glacialis*, sin que ésta haya registrado valores de abundancia relativa considerados para formar florecimientos. De igual manera es importante mencionar la alta contribución a la biomasa fitoplanctónica por parte del género *Chaetoceros*.
- Al igual que lo ocurrido con la densidad, atributos ecológicos como la riqueza incrementaron en las muestras procedentes de fondo en especial en los alrededores de la Boya B23. Por su parte, las uniformidades resultaron comparativamente altas con valores superiores a 0,6, lo que significó que las diferencias entre las densidades de las especies no fueron tan amplias, traduciéndose en predominios bajos. En términos prácticos se puede afirmar que



las características fisicoquímicas de las aguas favorecen a todo el ensamblaje por igual.

- La diversidad se comportó de la misma manera que la densidad y la riqueza, obteniendo mayores registros en muestras de fondo, en especial hacia la Boya B23.
- El análisis de clasificación cuantitativa dejó en evidencia una conformación de agrupaciones que respondieron tanto al sector como a la profundidad; de ésta manera las estaciones de la Boya B23 e intermedias a nivel superficial se separaron de las de fondo, Boya Roja y de las estaciones de referencia, siendo estos dos últimos grupos más similares entre sí.
- En lo que respecta al análisis de clasificación cualitativo (presencia-ausencia de especies-taxa), la conformación de un solo grupo por parte de las estaciones conlleva a afirmar que si bien se pudieron haber presentado agregaciones por densidad (cuantitativas), en términos biológicos se trabajó con un mismo ensamblaje, significando que el efecto de la escala espacial no condicionó la composición de especies-taxa.
- Como complemento de estos análisis, la ordenación espacial definida por el NMDS indicó que las densidades obtenidas en las 70 muestras respondieron a una segregación que fue determinada por los factores profundidad, sector y en menor medida de la escala temporal, a pesar de lo corta de esta última.
- De acuerdo al análisis de ftopigmentos (Chl a y feofitina a) para la Boya B23, se definió un ensamblaje fitoplanctónico de las aguas superficiales y profundas como fotosintéticamente activo (concentración de Chl a mayor a la de feofitina a), al igual que en la Boya Roja y a diferencia de lo ocurrido en las boyas intermedias. Esta catalogación presenta una importancia biológica ya que indica que la base de la red trófica se encuentra aportando materia orgánica aprovechable.
- Los valores de las medidas de diversidad, específicamente la riqueza y la densidad, que resultaron más altos a los registros históricos del área, junto con las concentraciones de ftopigmentos, en especial de la clorofila a que estuvo por encima de la de feofitina a, dan indicios para proponer que las aguas alrededor de las boyas trabajadas son adecuadas para el desarrollo de un ensamblaje fitoplanctónico, que además cumple con su papel de transformación de materia inorgánica a materia orgánica aprovechable gracias a su actividad fotosintética,



por lo que no existiría una afectación derivada del evento de derrame de carbón para esta comunidad.

9.5.2. Recomendaciones

- En los muestreos realizados se observó el efecto de la escala espacial (máximo 200 m de la boya de interés) y temporal (tres muestreos efectuados entre el periodo febrero-marzo) que actúan en la variabilidad de las muestras. En cuanto a la última se recomienda disminuir su efecto, efectuando la toma de muestras en el menor tiempo posible, después de la ocurrencia de un evento.

9.6. ZOOPLANCTON

9.6.1. Conclusiones

- La comunidad zooplanctónica, estuvo conformada por zoopláncteres típicos de aguas costeras y oceánicas del departamento del Magdalena y otras regiones del Caribe colombiano. Las familias Temoridae (copépodos calanoideos) y Oikopleuridae fueron los más representativos, que en conjunto con los otros grupos sumaron un total de 50 familias/morfotipos agrupados en 16 órdenes, que se encuentra entre el rango reportado para el Caribe colombiano.
- La densidad total registrada en comparación con otras zonas analizadas en el Caribe colombiano fue mayor, lo cual puede señalar que el área de estudio presenta condiciones apropiadas para el establecimiento y desarrollo de la comunidad zooplanctónica.
- Entre las boyas, se presentaron variaciones en cuanto a la densidad y la familia/morfotipo más representativa de acuerdo a este atributo. Los mayores registros se presentaron en la Boya 23 con altos registros de Temoridae, Oikopleuridae.
- De acuerdo a los atributos ecológicos, la comunidad zooplanctónica presentó una alta dinámica entre las boyas y los sectores muestreados. No obstante, los mayores valores de familia, riqueza de Margalef, diversidad y uniformidad se concentraron en estaciones ubicadas en las Boyas 23 y la Roja.
- Con base en los análisis de clasificación cuantitativo y cualitativo, se observó una tendencia de agrupación espacial, separando las estaciones de la Boya 23 y la Boya Roja. Estas agrupaciones se relacionan con las características del lugar en



donde se ubican las boyas, ya que confieren condiciones físico-químicas diferentes para el zooplancton adyacente.

9.7. COMUNIDAD BENTÓNICA

9.7.1. Conclusiones

- En este estudio se reportaron un total de 59 familias/taxa, donde dominaron los poliquetos con 29 familias (taxa). La comunidad infaunal del área de anclaje de Puerto Drummond presentó valores de abundancia cercanos a los encontrados anteriormente en la misma zona, reportados en los informes de cumplimiento ambiental ICAs realizados por la empresa.
- La dominancia de los poliquetos hace que esta comunidad sea estable a pesar de las diferencias entre las condiciones ambientales de los diferentes sectores muestreados.
- La profundidad podría explicar la diferencia entre las densidades de los diferentes sectores, donde la Boya 23 con las estaciones de mayor profundidad muestra la menor densidad (2 ind/0,1 m²) y la Boya Roja con las estaciones más someras, la mayor densidad (163 ind/0,1m²).
- La comunidad infaunal de este sector tiene una alta capacidad de respuesta asimilación a las alteraciones de las condiciones ambientales que los afecten tales como el tipo de sedimento.
- Esta comunidad infaunal es continua y estable en toda el área muestreada, y las diferencias que se encuentran en la composición y abundancia no representan cambios en las comunidades entre los distintos sectores, sujetos o no a alteración ambiental.

9.7.2. Recomendaciones

- Realizar dos muestreos adicionales a lo largo del presente año en el área del impacto, con el fin de determinar la evolución del ambiente marino afectado, manteniendo los lugares preestablecidos y así tener datos más precisos sobre la comunidad infaunal y su desarrollo espacio-temporal.



9.8. ESTIMACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DEL IMPACTO GENERADO POR LA BARCAZA TS-115

9.8.1. Conclusiones

- Para la estructura del fitoplancton y del zooplancton un mes después de ocurrido el incidente, el impacto fue clasificado con una magnitud media, un radio de acción reducido, una duración temporal, incidencia directa, sinérgico y reversible, durante las 10 acciones tomadas el día del 13 de enero en el Puerto Drummond.
- En cuanto a la comunidad bentónica, el impacto un mes después de ocurrido el incidente presentó una magnitud baja, radio de acción focal, de duración permanente, incidencia directa, sinérgico y reversible.
- En las características físico – químicas, solo se presentó una interacción causa – efecto en la extinción de luz, un mes después de ocurrido el evento, donde la magnitud fue baja, el radio de acción reducido, la duración temporal, la incidencia directa, con características sinérgicas y reversibles.
- Con relación a los aspectos edáficos, como el tipo de grano y la densidad, se presentó una magnitud baja, un radio de acción focal, una duración permanente e irreversible. Para la materia orgánica, por su parte, la magnitud fue baja, el radio de acción focal, la duración temporal y reversible. Por otro lado, en cuanto al porcentaje de carbón se obtuvo que es de magnitud baja, radio de acción reducido, duración permanente e irreversible.
- Las acciones que presentaron mayor impacto sobre los diferentes componentes ambientales son: 1) extracción de agua con carbón de la barcaza y vertimiento al mar, 2) cuando la barcaza toca fondo y el agua es extraída con ayuda de una grúa, 3) cuando el agua con carbón se escurre de la barcaza y 4) cuando las corrientes remueven el carbón de la barcaza.
- Las acciones que presentaron un menor impacto sobre los componentes ambientales son: 1) el agua alcanza los compartimientos del carbón de la barcaza, 2) se llevan dos grúas para evitar que la barcaza se hunda, 3) se remolca la barcaza a una zona más somera y 4) la barcaza se nivela y se lleva a la boya 1 para ser evaluada.
- Se evidenció que el incidente ocurrido el día 13 de enero del año en curso, junto con las acciones de contingencia tomadas por APCI, afectaron directamente el componente edáfico en cuanto al tipo de grano predominante, en mayor



proporción en el área específica del derrame y acumulación de carbón vertidas, mientras que en menor proporción en el tramo circundante al montículo, y de forma indirecta en el área adyacente a éstas, por ende, la densidad del fondo y el porcentaje de carbón en el área afectada se vio impactado de forma directa .No se evidenciaron cambios significativos en la comunidad fitoplanctónica, zooplanctónica y en el bentos.