Pontificia Universidad Católica del Ecuador | SEDE ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

LA COMUNIDAD PLANCTÓNICA COMO INDICADOR DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS ESTUARIOS DE ATACAMES, ESMERALDAS Y JÚPITER-PORTETE.

AUTOR

NIEVES QUIMIS DIEGO ARMANDO

ASESOR

MGT. EDUARDO REBOLLEDO

2021

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de grado de la PUCE - Esmeraldas previo a la obtención del título de INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Mgt. Rubén Vinueza Chérrez

Presidente Tribunal de Graduación

Mgt. Rubén Vinueza Chérrez

Lector 1

Mgt. Pedro Jiménez Prado

Lector 2

Mgt. Karla Solís Charcopa

Coordinadora de la Carrera de Gestión Ambiental

Mgt. Eduardo Rebolledo Monsalve

Director de Tesis

Esmeraldas, ……. de ……. de 2021

AUTORÍA

Yo, Diego Armando Nieves Quimis, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de esta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCE-Esmeraldas.

FIRMA: _____

DIEGO ARAMANDO NIEVES QUIMIS

C.I. 0804313955

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios, por darme la sabiduría para poder culminar mis estudios universitarios y el proceso de titulación.

A Sra. Fanny Quimis, mi querida y amada madre gracias por el apoyo incondicional, esfuerzo y estar luchando a mi lado cada día. ¡Te amo Madre querida!

Al Sr. Ivan Nieves, amado padre, por el apoyo incondicional, por su amor diario, por luchar conmigo y ser un ejemplo de perseverancia y esfuerzo. ¡Te amo Papá!

A la Sra. Adriana Nieves, querida hermana, gracias por ser parte fundamental de mi vida. ¡Te Quiero Hermana!

Al Sr. Stember Quimis, querido tío eres casi un hermano, gracias por el apoyo, por los consejos y apoyo incondicional en la familia.

A mis abuelos por parte de madre Sr. Perfecto Quimis y Sra. Esmerita Peñafiel, gracias por los consejos y amor que me han brindado todo este tiempo. ¡Los Amo abuelitos!

A mis abuelos paternos Sra. María Nieves y Sr. Simón Nieves, que lastimosamente ya no se encuentran conmigo en vida sé que están guisando mis pasos gracias por sus consejos y amor que me dieron en vida. ¡Los amo abuelitos!

A familia en general, por el cariño brindado y por colaborar con su granito de arena para poder culminar a cabalidad esta etapa de mi vida. ¡Los quiero!

A Mgt. Eduardo Rebolledo, director de tesis, por su asesoría en el desarrollo del presente trabajo de investigación y su apoyo constante. ¡Gracias!

A Mgt. Rubén Vinueza y Mgt. Pedro Jiménez, mis lectores, por sus opiniones y sugerencias impartidas en el desarrollo de la tesis.

A mi novia Jahaira Vera por su apoyo incondicional a mis amigos y personas que me ayudaron en este proceso: Jonathan, Erick, Stalin, Fernando, Dalton, Arianna, Karellys, Emily y Dara. Gracias por su amistad, consejos y ayuda durante todo el tiempo universitario. ¡Los quiero!

DEDICATORIA

A mis padres Ivan y Fanny

A mi hermana Adriana

A mi tío Stember

¡Con mucho amor!

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORÍA ..... **iii**

AGRADECIMIENTO ..... **iv**

DEDICATORIA ..... **v**

ABREVIATURAS ..... **viii**

LISTA DE ILUSTRACIONES ..... **ix**

LISTA DE FIGURAS..... **x**

LISTA DE TABLAS ..... **xii**

LISTA DE FOTOGRAFÍA..... **xiii**

RESUMEN ..... **xiv**

ABSTRACT ..... **xvi**

INTRODUCCIÓN **1**

Justificación **2**

Planteamiento del problema **2**

Objetivos **3**

General. **3**

Específicos. **3**

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO **4**

1.1 Bases teórico - científicas **4**

1.2 Antecedentes **6**

1.3 Marco Legal **8**

CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS **9**

2.1 Área de estudio **9**

2.1.1 Estuario río Esmeraldas……...…**9**

2.1.2 Estuario río Atacames…….**12**

2.1.3 Estuario río Júpiter……..**14**

2.2 Metodología..... **16**

2.2.1 Fase de campo, reconocimiento de la zona…….**16**

2.2.2 Registro de parámetros fisicoquímicos ……..……**16**

2.2.3 Fase de campo, muestreo fitoplantònico…..……...….**17**

2.2.4 Arrastres planctónicos, zooplancton……...……**18**

2.3 Análisis de laboratorio…….…….**20**

2.3.1 Fitoplancton……**20**

2.3.2 Zooplancton…….……..**22**

2.4Análisis estadístico **23**

CAPITULO III: RESULTADOS 24

CAPITULO IV: DISCUSIÓN.....60

CAPITULO V: CONCLUSIONES 64

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES.....65

REFERENCIAS 66

ABREVIATURAS

MAE	Ministerio del Ambiente.
RVSMERMC	Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Muisne.
RVSMERE	Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas.
INOCAR	Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada de Ecuador.
1ATE	Atacames Estuario Diciembre.
1ATM	Atacames Mar Diciembre.
1ESM	Esmeraldas Mar Diciembre.
1ESE	Esmeraldas Estuario Diciembre.
1JUM	Júpiter Mar Diciembre.
1JUE	Júpiter Estuario Diciembre.
2ATE	Atacames Estuario Mayo.
2ATM	Atacames Mar Mayo.
2ESM	Esmeraldas Mar Mayo.
2ESE	Esmeraldas Estuario Mayo.
2JUM	Júpiter Mar Mayo.
2JUE	Júpiter Estuario Mayo.
3ATE	Atacames Estuario Septiembre.
3ATM	Atacames Mar Septiembre.
3ESM	Esmeraldas Mar Septiembre.
3ESE	Esmeraldas Estuario Septiembre.
3JUM	Júpiter Mar Septiembre.
3JUE	Júpiter Estuario Septiembre.
pH	Potencial Hidrógeno.

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa de los puntos del área de estudio de Esmeraldas dentro del estuario de color rojo puntos (A, B y C) y a mar abierto color verde los puntos (D, E y F) ……**11**

Ilustración 2. Mapa de los puntos del área de estudio en Atacames dentro del estuario de color rojo puntos (A, B y C) y a mar abierto color verde los puntos (D, E y F) ….....**13**

Ilustración 3. Mapa de los puntos del área de estudio en Júpiter dentro del estuario de color rojo puntos (A, B y C) y a mar abierto color verde los puntos (D, E y F) ……**15**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Abundancia fitoplanctónica de los estuarios Esmeraldas, Atacames y Júpiter en los en todos los puntos de muestreo siendo los colores rojos el estuario de Atacames, verde Esmeraldas y Júpiter de color azul los primeros 3 puntos de cada color pertenecen a la parte interna de los estuarios es decir (a, b, c, g, h, i, m, n y o); y los demás a la parte de mar abierto (d, e, f, j, k, l, p, q y r)……..**27**

Figura 2 Abundancia fitoplanctónica de los estuarios según los sectores dentro del estuario y mar abierto. Atacames color verde: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas color gris: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter color azul: estuario (JUE); mar (JUM)…**28**

Figura 3 Abundancia fitoplanctónica en los meses de muestreo, Diciembre: Rojo (1), Mayo: Amarillo (2) y Septiembre: Turquesa (3). Atacames color verde: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas color gris: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter color azul: estuario (JUE); mar (JUM)……...**29**

Figura 4 Abundancia fitoplanctónica: Análisis de varianza de 2 vías ANOVA según los estuarios y las fechas. Verde (Presenta diferencia), Amarillo (No presentan Diferencia)……**32**

Figura 5 Abundancia fitoplanctónica: Análisis de varianza de 2 vías ANOVA según las fechas y los sectores. Verde (Presenta diferencia), Amarillo (No presentan Diferencia)…….**32**

Figura 6 Riqueza fitoplanctónica según los sectores de los estuarios. Atacames color verde: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas color gris: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter color azul: estuario (JUE); mar (JUM)……..**34**

Figura 7 Riqueza fitoplanctónica según los meses de muestreo. Diciembre: Rojo (1), Mayo: Amarillo (2) y Septiembre: Turquesa (3). Atacames color verde: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas color gris: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter color azul: estuario (JUE); mar (JUM)……...**35**

Figura 8 Diversidad fitoplanctónica de los 3 estuarios. Atacames (Verde), Esmeraldas (Gris) y júpiter (Azul)……...**36**

Figura 9 Diversidad de los estuarios Atacames color verde: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas color gris: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter color azul: estuario (JUE); mar (JUM)……...**36**

Figura 10 Diversidad fitoplanctónica según los meses de muestreo. Diciembre (Rojo), Mayo (Amarillo) y Septiembre (Turquesa)……..**39**

Figura 11 Abundancia del fitoplancton según su familia y los estuarios Atacames (Celeste), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul)……....**40**

Figura 12 Composición porcentual de las principales familias más abundantes de los estuarios……...**41**

Figura 13 Análisis de varianza de 2 vías ANOVA según las fechas y los sectores. Verde (Presenta diferencia), Amarillo (No presentan Diferencia)……..**43**

Figura 14 Abundancia y riqueza del zooplancton mayor a 300 micras de los estuarios Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul) y los según sectores Estuario (Rojo) y Mar (Verde)……...**45**

Figura 15 Diversidad del zooplancton de 300 micras de los estuarios Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul) y los según sectores Estuario (Rojo) y Mar (Verde) según Shannon (H`) y Margalef……...**46**

Figura 16 Abundancia, riqueza y diversidad de Shannon H` y Margalef según los meses de muestreo Diciembre (Rojo), Mayo (Verde) y Septiembre (Azul)……....**47**

Figura 17 Abundancia y riqueza del zooplancton mayor a 500 micras de los estuarios Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul) y los según sectores Estuario (Rojo) y Mar (Verde)……..….**48**

Figura 18 Diversidad del zooplancton de 500 micras de los estuarios: Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Atacames (Azul) y sectores: Estuario (Rojo) y Mar (Verde) según Shannon (H`) y Margalef……**49**

Figura 19 Abundancia, riqueza y diversidad de Shannon H` y Margalef según los meses de muestreo Diciembre (Rojo), Mayo (Verde) y Septiembre (Azul)……....**49**

Figura 20 Biomasa sestónica de 300 micras según los sectores Estuario (Rojo), Mar (Verde), respecto a los estuarios Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul), segun los meses de muestreo Diciembre (Blanco), Mayo (Gris) y Septiembre (Azul)….**51**

Figura 21 Biomasa sestónica de 500 micras según los sectores Estuario (Rojo), Mar (Verde), respecto a los estuarios Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul), según los meses de muestreo Diciembre (Rojo), Mayo (Verde) y Septiembre (Azul)…..**52**

Figura 22 Análisis de similaridad de Bray-Curtis de muestras fitoplanctónicas. Según los meses de muestreo, Diciembre (1), Mayo (2) y Septiembre (3). Atacames: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter: estuario (JUE); mar (JUM)……..……**54**

Figura 23 Temperatura de los estuarios Atacames (Verde), Esmeraldas (Gris) y Júpiter (Azul) en el gráfico superior y los meses de muestreo en la parte de abajo: diciembre (Rojo), mayo (Amarillo) y septiembre (Turquesa)……...…**56**

Figura 14 pH de los estuarios Atacames (Verde), Esmeraldas (Gris) y Júpiter (Azul) en el gráfico superior y los meses de muestreo en la parte de abajo: diciembre (Rojo), mayo (Amarillo) y septiembre (Turquesa)…….**56**

Figura 25 Temperatura: Análisis de varianza de 2 vías ANOVA según las fechas y los sectores. Verde (Presenta diferencia), Amarillo (No presentan Diferencia)…….**58**

Figura 26 pH: Análisis de varianza de 2 vías ANOVA según las fechas y los sectores. Verde (Presenta diferencia), Amarillo (No presentan Diferencia)……...**59**

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas de los puntos de muestreo del Estuario Esmeraldas……..……**10**

Tabla 2 Coordenadas de los puntos de muestreo del Estuario Atacames……**12**

Tabla 3 Coordenadas de los puntos de muestreo del Estuario Júpiter……**14**

Tabla 4 Abundancia de las principales especies fitoplanctónicas y porcentajes de cada una respecto al total de las 155 especies encontradas……...**25**

Tabla 5 ANOVA de 2 vías: medias entre estuarios y fecha de muestreo……**30**

Tabla 5 ANOVA de la abundancia fitoplanctónica según los Estuarios, Fechas y Sectores. Color verde (no presenta diferencias) color amarillo (presenta diferencias)…**31**

Tabla 6 Media de la riqueza fitoplanctónica de los estuarios y los sectores……**36**

Tabla 7 ANOVA de la riqueza según los Estuarios, Fechas y Sectores. Color verde (no presenta diferencias) color amarillo (presenta diferencias)……..**36**

Tabla 8 Media de la diversidad fitoplanctónica de Shannon H´, según los estuarios, sectores y fechas……...**42**

Tabla 9 Media de la diversidad fitoplanctónica de Margalef, según los estuarios, sectores y fechas…….……...**42**

Tabla 11 Abundancia y porcentajes totales de las principales especies encontradas en los tres estuarios en las tres etapas de muestreo, respecto a los 81577 individuos encontrados……..**44**

Tabla 10 Media de la temperatura °C, según los estuarios, sectores y fechas…….…**57**

Tabla 11 Media de pH, según los estuarios, sectores y fechas……**59**

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Medidor de pH y temperatura HANNA ……**16**

Fotografía 2 Fase de campo, embarcación e implementos ……**17**

Fotografía 3 Recolección de muestras de fitoplancton cuantitativo con la Botella Van Dorn ……..…….**18**

Fotografía 4 Red Tri-bongo empleada mallas de 60, 300 y 500 micras ……...**19**

Fotografía 5 Fijación demuestras en el campo ……..…...**19**

Fotografía 6 Arrastre planctónico con la red tri bongo…….**20**

Fotografía 7 Sedimentación de muestras en cámaras Utermohl de 50 ml……..**21**

Fotografía 8 Observación de muestras fitoplanctónicas en el microscopio……...**22**

Fotografía 9 Tamizado de muestras planctónicas……..**23**

Fotografía 10 *Leptocylindrus* danicus……**25**

Fotografía 11 *Skeletonema costatum*……..**25**

Fotografía 12 *Thalassionema nitzschioides*…….……..**26**

Fotografía 13 *Hemiaulus hauckii*……...**26**

Fotografía 14 *Nitzschia pungen*…….……**25**

Fotografía 15 *Ditylum brightwelii*……...……..**25**

Fotografía 16 Chaetognatos…….……...**50**

Fotografía 17 Copépodos calanoideos…….……...**50**

Fotografía 14 Camarón eufasido en desarrollo……...**50**

Fotografía 19 Larva de cangrejo……**50**

RESUMEN

Los estuarios son ecosistemas marinos-coteros que mezclan tanto agua dulce como salada, por lo que es considerado como una zona de transición. La transición de dichas aguas convierte a los estuarios en lugares muy productivos y de gran diversidad de especies. La prioridad en conocer la calidad del agua de estos lugares es de potencial importancia, y una manera de hacerlo es con la utilización de indicadores biológicos como lo es la comunidad planctónica, ya que son organismos que habitan en la columna del agua y no tienen tanta movilidad o desplazamiento, por lo cual se encuentran a la deriva con las corrientes marinas y fluviales, en la zona pelágica.

La comunidad planctónica está conformada por organismos de origen animal y vegetal conocidos como zooplancton y fitoplancton. Su amplia distribución y diversidad en los ecosistemas donde están presentes, su dependencia de las interacciones ecológicas y al englobar las tres cuartas partes de la biomasa marina, se le considera a este grupo de alta prioridad investigativa. Por lo que en este estudio se enfocó en determinar el estado ecológico de la comunidad planctónica de estuarios ubicados en el centro sur de la Provincia de Esmeraldas (Atacames, Esmeraldas y Júpiter) en diciembre 2018, mayo y septiembre 2019.

El estudio de los tres estuarios evidenció un total de 155 especies fitoplanctónicas, de las cuales la de mayor abundancia registrada fueron *Leptocylindrus danicus, Skeletonema costatum, Thalassionema nitzschioides,* encontrando una mayor riqueza en Atacames (Sector mar) en el mes de mayo y Júpiter (Sector estuario) en el mes de septiembre.

En cuanto al zooplancton se registraron 70 especies, con una abundancia total entre las muestras de 300 y 500 micras, de 81577 individuos. Los copépodos calanoideos, chaetognatos del tipo 1 y 2, huevos de pez tipo 1 y 4, huevos de copépodos, larvas de cangrejos y camarón eufasido en desarrollo, fueron los más abundante representando el 94,73%.

Según las muestras de 300 micras el periodo con mayor abundancia, riqueza y diversidad fue septiembre. En cuanto a el sitio, la riqueza fue mayor en Júpiter y en lo que respecta al mes fue el de diciembre. Según el índice de Shannon H´ y Margalef la diversidad más alta se registró en Atacames el mes de diciembre. La abundancia, riqueza y diversidad

zooplanctónica de muestras de 500 micras fue mayor en el estuario Atacames, mientras que las muestras de 300 micras fueron mayores en el estuario Esmeraldas.

Por ende, se concluye que la comunidad fitoplanctónica en los tres estuarios según los índices de diversidad de Shannon H`, se encuentran en buenas condiciones mayoritariamente los meses de diciembre (2018) y septiembre (2019). Siendo *Leptocylindrus danicus, Skeletonema costatum, Thalassionema nitzschioides, Hemiaulus hauckii, Rhizosolenia stolterfothii, Chaetoceros affinis, Thalassiotrix frauenfedii, Leprotintinnus simplex, Nitzschia pungens y Hemiaulus sinensis,* las especies más abundantes y representativas en todo el estudio.

Palabras claves: Estuario, comunidad, plancton, fitoplancton, zooplancton, calidad de agua, zona de transición, diversidad.

ABSTRACT

Estuaries are marine-coastal ecosystems mixing both fresh and salt water, which is why it is considered a transition zone. The transition of these waters makes estuaries very productive places with a great diversity of species. The priority in knowing the water quality of these places is of potential importance, and one way to do it is with the use of biological indicators such as the planktonic community, since they are organisms that live in the water column and do not have much mobility or displacement, so they are adrift with the marine and fluvial currents, in the pelagic zone.

The planktonic community is made up of organisms of animal and plant origin known as zooplankton and phytoplankton. Their wide distribution and diversity in the ecosystems where they are present, their dependence on ecological interactions, and the fact that they comprise three quarters of the marine biomass, make this group a high research priority. Therefore, this study focused on determining the ecological status of the planktonic community of estuaries located in the central south of the Province of Esmeraldas (Atacames, Esmeraldas and Jupiter) in December 2018, May and September 2019.

The study of the three estuaries showed a total of 155 phytoplankton species, of which the most abundant were Leptocylindrus danicus, Skeletonema costatum, Thalassionema nitzschioides, with the highest abundance found in Atacames (sea sector) in May and Jupiter (estuary sector) in September.

As for zooplankton, 70 species were recorded, with a total abundance between 300 and 500 micron samples of 81577 individuals. Calanoid copepods, chaetognaths type 1 and 2, fish eggs type 1 and 4, copepod eggs, crab larvae and developing euphausiid shrimp were the most abundant, representing 94.73%.

According to the 300 micron samples, the period with the highest abundance, richness and diversity was September. In terms of site, richness was highest in Jupiter and in terms of month it was December. According to the Shannon H' and Margalef index, the highest diversity was recorded in Atacames in December. The abundance, richness and zooplankton diversity of samples of 500 microns were higher in the Atacames estuary, while samples of 300 microns were higher in the Esmeraldas estuary.

Therefore, it is concluded that the phytoplankton community in the three estuaries according to Shannon H` diversity indices, are in good condition mostly in the months of December (2018) and September (2019). Being Leptocylindrus danicus, Skeletonema costatum, Thalassionema nitzschioides, Hemiaulus hauckii, Rhizosolenia stolterfothii, Chaetoceros affinis, Thalassiotrix frauenfedii, Leprotintinnus simplex, Nitzschia pungens and Hemiaulus sinensis, the most abundant and representative species throughout the study.

Key words: Estuary, community, plankton, phytoplankton, zooplankton, water quality, transition zone, diversity.

INTRODUCCIÓN

Los estuarios son ecosistemas que se encuentran en un área de transición entre los océanos y ríos los cuales brindan una gran cantidad de servicios ecosistémicos importantes aprovechados por el hombre como la pesca, la utilización de manglares, la belleza paisajística y el aprovechamiento maderero, además de otras actividades como turísticas, navegación, agrarias y acuícolas. Otros servicios que también proveen los estuarios son la protección costera ante eventos catastróficos, purificación del agua, controlan la erosión y también se encargan de la captación de carbono por lo cual son considerados como uno de los ecosistemas más productivos del mundo (1–3).

En los estuarios la calidad del agua se ha visto afectada negativamente por las acciones y actividades que realiza el hombre alterando los componentes y sustancias que están asociados a procesos naturales haciendo que se vuelvan perjudiciales para estos ecosistemas (4). Debido a esta problemática es muy importante la utilización de bioindicadores que son indicadores naturales los cuales nos ayudan a conocer el estado o grado de perturbación y contaminación que existe en los ecosistemas (5).

El agua es un recurso muy importante del cual depende la vida de los organismos, además de ser una base para la economía y la sociedad por lo cual el estado y calidad del agua va a influir en la vida de los organismos y la sociedad. Esta calidad se ve afectada por diversas actividades que realiza el hombre, las cuales impacta el estado ecológico del agua causando variaciones en los parámetros físicos y químicos del recurso, además su morfología flora y fauna que está ligada a las aguas (6). Por lo tanto, uno de los mayores indicadores ecológicos es el plancton, el cual son organismos tanto vegetales y animales que se encuentran en la primera línea de la pirámide alimenticia de los ecosistemas acuáticos (7).

Como bioindicadores de calidad del agua se encuentra la comunidad planctónica los cuales son organismos de origen vegetal como animal conocidos como fitoplancton y zooplancton (8). La comunidad fitoplanctónica corresponde a organismos de origen vegetal los cuales son considerados como productores primarios de la cadena trófica y su calidad y cantidad están asociadas a la carga de nutrientes por lo que son utilizados como

indicadores de la calidad del agua (9). En cuanto la comunidad zooplanctónica son de origen animal los cuales también son considerados como indicadores de calidad del agua porque tienen una función indispensable en el ciclo de nutrientes al reaccionar más rápido a cambios en su ambiente (10).

Debido a las diferentes características que tiene el fitoplancton y el zooplancton en los cuerpos de agua esta investigación se basa en el uso de la comunidad planctónica como indicadora de la calidad del agua de los estuarios Atacames, Esmeraldas y Júpiter-Portete, por lo que se busca describir si las mismas pueden estar siendo afectadas por las realidades que presenta cada estuario como la población y las actividades que se realizan en cada uno de ellos.

Justificación

Son escasos los estudios sobre el rol de la comunidad planctónica como comunidad indicadora de calidad ambiental en la jurisdicción esmeraldeña. Por ende esta investigación constituye un aporte para conocer, identificar y observar la utilidad de emplear a esta comunidad para establecer comparaciones sectoriales y ser relacionadas con la calidad del agua de tres estuarios de nuestra provincia que además servirían como una línea base de información, ya que no se han realizado estudios de diversidad planctónica en los tres estuarios en especial el estuario que se encuentra en Júpiter-Portete el cual está dentro del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Muisne-Cojimíes (RVS-MERM) custodiada por el MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador) (11), por lo que este estudio servirá también para ampliar la línea base de información de esta reserva.

Problema de la investigación

Conocer el estado ecológico de estuarios del centro sur de la provincia de Esmeraldas en función del análisis de comunidades planctónicas desarrolladas en tres estuarios con circunstancias diferentes.

Delimitación de los objetivos

Objetivo General

Determinar el estado ecológico de la comunidad planctónica de estuarios ubicados en el centro sur de la Provincia de Esmeraldas.

Objetivos específicos

1. Cuantificar la abundancia y composición fitoplanctónica de los estuarios, Esmeraldas, Atacames y Júpiter Portete empleando el método de Utermohl.
2. Describir capturas planctónicas realizadas mediante arrastres de redes de filtrado fraccionado en los estuarios Atacames, Esmeraldas y Júpiter-Portete.
3. Realizar contrastaciones sectoriales de pH y temperatura además de descriptivos ecológicos de la comunidad planctónica mediante análisis de varianza de una y dos vías.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Bases teórico-científicas

Aguas internas, transición y mar abierto

Las aguas internas son adyacentes al continentes y cuyas propiedades físicas están influenciadas por las condiciones del continente, las agua de transición están relacionadas con aguas salobres y son salidas de cuerpos de agua que contribuyen grandes cantidades de nutrientes y cambios por lo cual son considerados como sitios altamente variables, las aguas de mar abierto su principal característica es su alta concentración de salinidad y corresponden a aguas territoriales en extensión y no está en contacto directo con el continente (12)(13).

Calidad del agua

Esta hace referencia a las diferentes características que tiene el agua tanto física (conductividad, transparencia, etc.), químicas (oxígeno disuelto, pH, etc.), además de dichas características están las biológicas y todas estas características se pueden ver afectadas por la contaminación, inundaciones y diferentes actividades antrópicas (6).

Estado ecológico del agua

Este término está relacionado a la cantidad y abundancia de las diferentes características que tiene el agua tanto física, químicas, biológicas y la morfología del caudal como puede ser la profundidad de un lecho acuático (6).

Indicadores biológicos de calidad ambiental

Son organismos o un conjunto de los mismos que nos indican el grado de contaminación, intervención o perturbación que tiene el ecosistema donde se encuentran y va a depender de la calidad, cantidad y el tipo de organismos que se utilicen, este tipo de indicadores son más efectivos que los tradicionales como el uso parámetros o mediciones físicas y químicas ya que los indicadores biológicos nos muestran grados de contaminación en cantidades más bajas en comparación de las tradicionales (14).

Comunidad planctónica

El plancton son organismos que se encuentran en la columna del agua y no tienen tanta movilidad o desplazamiento por lo cual se encuentran a la deriva con las corrientes marinas, y se encuentra en la zona pelágica por lo que es considerado como un organismo pelágico (7). La comunidad planctónica está conformada por organismos de origen animal y vegetal conocidos como zooplancton y fitoplancton (8), el ecosistema donde están presentes depende de las interacciones que tiene el plancton y lo que lo rodea ya que conforma más de las tres cuartas partes de la biomasa marina (15).

Fitoplancton

El fitoplancton es el productor primario de la cadena trófica y dentro de su ecosistema debido a su estructura de composición taxonómica y tamaño es muy importante para controlar la sedimentación de las células de las algas y la salida del carbono (16); una de los principales factores para su desarrollo es la disponibilidad de luz en la columna de agua (7). Según el acta Oceanográfica de la Armada del Ecuador existen alrededor de 135 especies de fitoplancton (17).

Zooplancton

El zooplancton es considerado un mediador del traspaso o transmisión de materia y energía desde el fitoplancton que es un productor primario hasta los niveles tróficos más altos, además de cumplir un rol importante en los bentos debido a la transmisión de carbono y en los peces por la transferencia energética (18). En cuanto a su abundancia en la provincia se registra cerca de 16 taxas de zooplancton en un estudio realizado en San Lorenzo (19).

1.2 Antecedentes

En Ecuador se han realizado estudios de la comunidad planctónica tanto de fitoplancton como zooplancton, Cevallos en el 2015 realizó un estudio de la composición planctónica bajo condiciones de dragado en el puerto marítimo de Guayaquil, donde determinó que la diversidad en el medio estuarino de la comunidad fitoplanctónica en la época de invierno con el método de arrastre vertical se encontraba con niveles normales de diversidad biológica. Además, los géneros más abundantes de fitoplancton según el estudio fueron *Pleurosigma sp, Bacteriastrum sp, Rhizolenoa sp, Chaetoceros sp, Skeletonema sp, y Biddulphia sp.* En lo que corresponde a zooplancton la abundancia de los organismos fueron copépodos y chaetognatos. (20).

Otro estudio realizado en Ecuador es el de ictioplancton en un río de Chone, Manabí a comienzo del 2006 hasta marzo del 2007, donde concluyeron que el estuario de este lugar es de gran importancia para el ciclo larvario y de desove de algunas familias de peces (21).

Naranjo, en el año 2001 al interior del golfo de Guayaquil, realizó un estudio zooplanctónico en el estuario donde encontró una alta diversidad de zooplancton los cuales permiten el desarrollo de algunos crustáceos (22).

En un estudio de caracterización de la calidad del agua en el estuario Cojimíes realizado por el programa de recursos costeros y por Manejo Costero Integrado-EcoCostas en el 2007, se encontraron datos de temperatura, pH y de comunidad planctónica, donde durante la época seca y al término de ella la temperatura y pH fueron mayores que en la época lluviosa, dentro de comunidad planctónica el zooplancton encontraron nuevas taxas, donde el grupo de crustáceos fue el que tuvo una gran cantidad de individuos, en cuanto al fitoplancton las algas azules y verdes fueron las más dominantes (23).

El estudio realizado por Zambrano María en el 2017, donde determinó el estado ecológico de las desembocaduras del río Súa y Atacames utilizando la comunidad planctónica y bentónica, estableciendo que la desembocadura del río Atacames los parámetros

fisicoquímicos fueron constantes en cuanto a la temperatura (26°C-27°C) y pH 8. El fitoplancton según su estudio frente al río Atacames es decir en mar abierto presentó una mayor concentración o número de individuos (24).

En la Isla Gorgona en Colombia se realizó un estudio de fitoplancton y zooplancton y observaron las variaciones oceanográficas en las estaciones secas y lluviosas donde en el mes de marzo el fitoplancton fue más representativo que en octubre en cuanto a géneros este mismo acontecimiento se registró en la abundancia del zooplancton (25). Además, en el nororiente del pacifico colombiano se realizó un estudio fitoplanctónico en Cabo Marzo y Punta Cruces donde determinaron que la salinidad fue la que mayor efecto en el estudio (26).

En el mes de septiembre del 2001 el instituto oceanográfico de la Armada del Ecuador realizó una investigación en el pacífico ecuatorial donde estudió la relación del fitoplancton y zooplancton donde describieron la distribución de las poblaciones planctónicas mancomunadas con la corriente de Humboldt, donde encontraron 135 especies de fitoplancton. En lo que corresponde a zooplancton los individuos con mayor presencia en el estudio fueron los copépodos y los chaetognatos (17).

En la provincia de Manabí se realizó un estudio en la primera milla náutica de la costa ecuatoriana donde se investigó la dinámica del plancton donde determinaron que los parámetros físicos y químicos fueron constantes como la temperatura, pH, salinidad y profundidad, no así con el fitoplancton debido afloramientos en el Rio Chone lo cual también influyó en la cantidad de zooplanctónica del lugar (27).

1.3 Marco legal

Ecuador en los últimos años ha implementado leyes para la protección de la naturaleza y dentro de ellas se encuentra la ley orgánica de recursos hídricos, la cual en su título I y capítulo I, (usos y aprovechamiento del agua), en el artículo 1, establece que el agua es imprescindible para la vida y una sustancia crucial para la naturaleza ya que el agua es parte de ciclos muy importantes para el desarrollo de muchos organismos los cuales son aprovechados por el hombre (28).

En la constitución del Ecuador en el artículo 276 con su título de régimen de desarrollo capítulo primero de los principios generales en su objetivo número 3 establece que se debe mantener un ambiente saludable conservando recuperando el estado de la naturaleza para así garantizar a la población la calidad del agua, aire y suelo y los beneficios de los mismo (29).

En la constitución del Ecuador título séptimo en el régimen de buen vivir en su capítulo segundo de biodiversidad y recursos naturales sección sexta que hace énfasis al agua se establece que se deberá regularizar a todas las actividades que puedan afectar la calidad del agua además de que el estado deberá garantizar la recuperación, conservación y el correcto manejo de las cuencas hidrográfica (29).

En lo que corresponde a aguas de estuarios el Ecuador estableces máximos permisibles que deben de tener el agua en el libro sexto, anexo uno, en la tabla 3 se encuentran los criterios admisibles de los parámetros físico-químicos para preservar el agua de los estuarios para la conservación de su flora y fauna (30).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en el centro sur de la provincia de esmeraldas en los estuarios, Esmeraldas, Atacames y Júpiter respectivamente se realizó un muestreo a mediados de los meses de diciembre (2018), mayo y septiembre del 2019. Se escogieron estos estuarios porque cada uno está relacionado con actividades he intervenciones diferentes el estuario de Esmeraldas cuenta con la influencia de aguas providentes de la cordillera andina ecuatoriana y presenta mayor población de los demás. El segundo estuario Atacames es mucho menor en caudal y nace de los ríos Salima y Taseche con influencia de camaroneras, ganadería y agricultura y la población de Atacames que aumenta excesivamente en feriados. El tercer estuario, Júpiter no cuenta con muchos moradores, pero si tiene influencia de abundantes camaroneras este estuario nace de los ríos que pasan por la parroquia de Daule tiene la influencia de aguas de Muisne y Cojimíes.

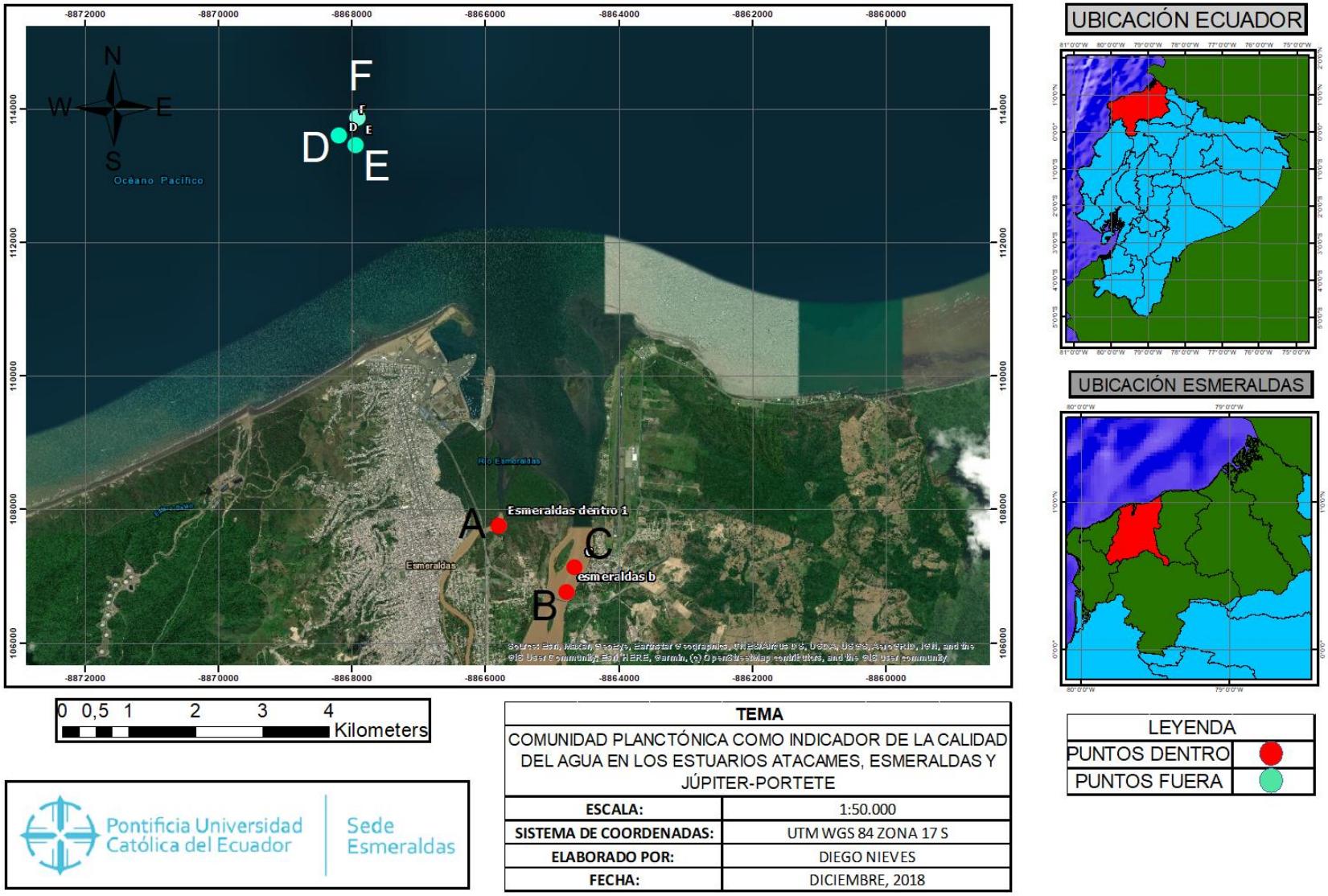
2.1.1 Estuario río Esmeraldas

Se encuentra en la capital de la provincia, una de las características es la gran cantidad de sedimentos de arcilla y arena que el río desplaza (31), el estuario se encuentra dentro de las 242 hectáreas del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas (RVS-MERE) (32). Se encuentra con la influencia antrópica más cercana, de 5 parroquias urbanas del cantón Esmeraldas con una aproximado de 19.567 personas y de la parroquia rural de Tachina que cuenta con 4.436 habitantes aproximadamente (33,34). Los puntos de muestreo son 6: 3 están en pleno estuario y 3 están situados en mar abierto frente a la salida de este; se los ha definido como punto A, B y C los que se encuentran dentro del estuario y D, E y F los que se encuentran en mar abierto como se muestra en la ilustración 1.

Tabla 1 Coordenadas de los puntos de muestreo del Estuario Esmeraldas (Ver Ilustración 1).

PUNTOS	**Coordenadas dentro del estuario**	**PUNTOS**	**Coordenadas mar abierto**
A	17N 0651015; UTM 0107018	D	17N 0648615; UTM 0112825
B	17N 0652040; UTM 0106030	E	17N 0648871; UTM 0112683
C	17N 0652160; UTM 0106397	F	17N 0648895; UTM 0113091

ÁREA DE ESTUDIO DE ESMERALDAS



LEYENDA	
PUNTOS DENTRO	
PUNTOS FUERA	

Pontificia Universidad Católica del Ecuador | Sede Esmeraldas

TEMA	
COMUNIDAD PLANCTÓNICA COMO INDICADOR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS ESTUARIOS ATACAMES, ESMERALDAS Y JÚPITER-PORTETE	
ESCALA:	1:50.000
SISTEMA DE COORDENADAS:	UTM WGS 84 ZONA 17 S
ELABORADO POR:	DIEGO NIEVES
FECHA:	DICIEMBRE, 2018

Ilustración 1 Mapa de los puntos del área de estudio de Esmeraldas dentro del estuario de color rojo puntos (A, B y C) y a mar abierto color verde los puntos (D, E y F).

2.1.2 Estuario Atacames

Cuenta con una cuenca hidrográfica de 300 km2 influenciada por los ríos Salima y Taseche y finalizan en el poblado de Atacames que es un sector turístico en estos ríos (Atacames, Taseche y Salima) en 1969 existían alrededor de 578 hectáreas de manglar y debido al crecimiento poblacional y la creación de piscinas para el cultivo de camarón se redujeron a 52 has (35).

Los puntos de muestreos dentro y fuera del estuario están detallados en la ilustración 2 y tabla 2. El estuario tiene la influencia antropogénica de la parroquia Atacames en cuanto a la parte urbana con aproximadamente 15.463 habitantes (36).

Tabla 2 Coordenadas de los puntos de muestreo del Estuario Atacames (Ver Ilustración 2).

PUNTOS	**Coordenadas dentro del estuario**	**PUNTOS**	**Coordenadas mar abierto**
A	17N 0628985; UTM 0096801	D	17N 0608299, UTM 0044785
B	17N 0628539; UTM 0096653	E	17N 0629752; UTM 0103975
C	17N 0627704; UTM 0096159	F	17N 0630187; UTM 0103525

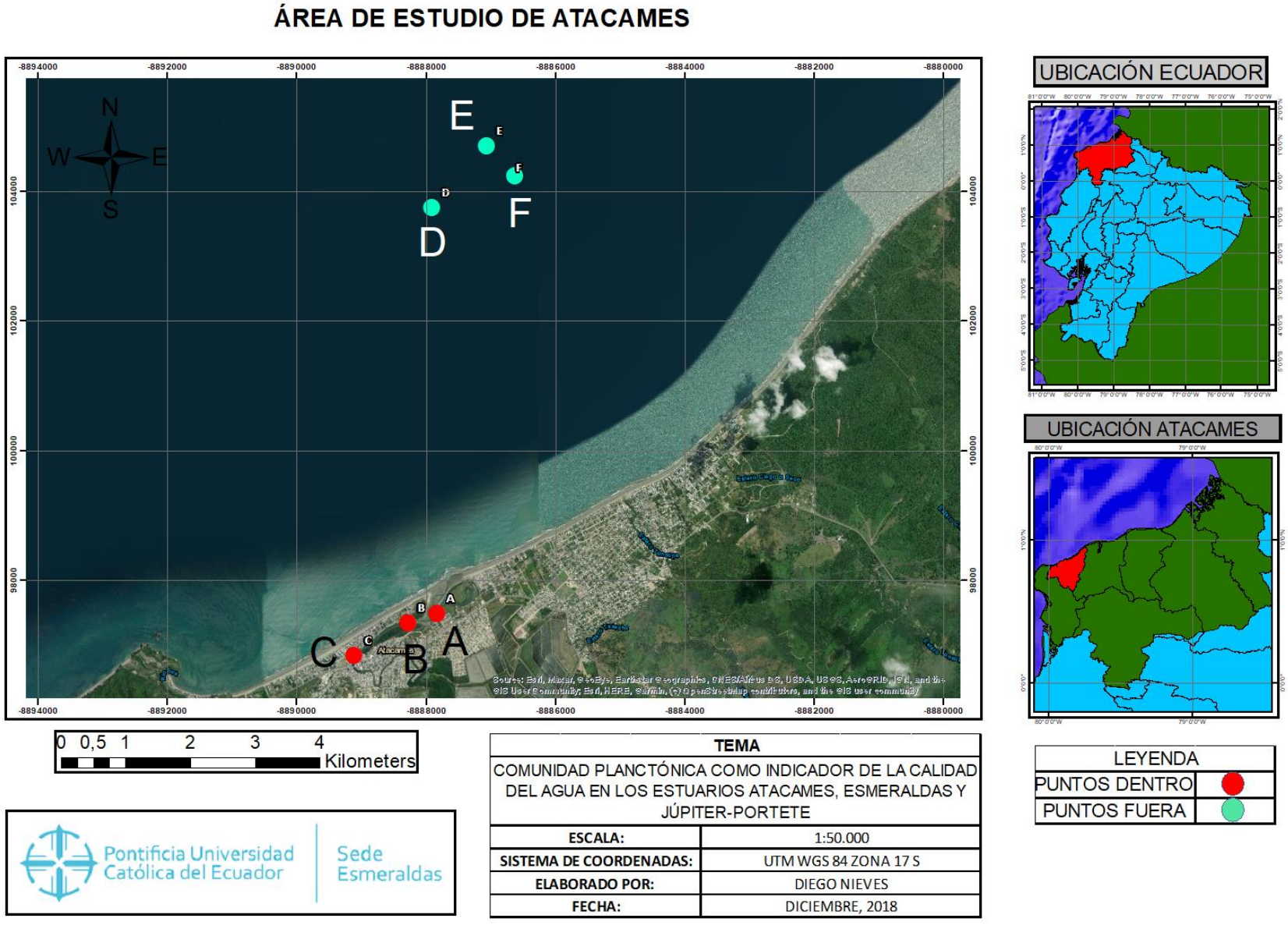


Ilustración 2 Mapa de los puntos del área de estudio en Atacames dentro del estuario de color rojo puntos (A, B y C) y a mar abierto color verde los puntos (D, E y F).

2.1.3 Isla Júpiter-Portete

Se encuentra en la parroquia Bolívar perteneciente al cantón Muisne, al sur de la provincia de Esmeraldas cuenta con extensiones de manglar y es una isla natural que están dentro del Refugio de Vida Silvestre Estuario Río Muisne-Cojimíes según el MAE (Ministerio del Ambiente de Ecuador) en el 2017 cuenta con 92.246,35 ha distribuidas en 78.193,65 ha de zona marina, 9390,26 ha de estuario y 4662,44 ha de manglares por lo que se considera que tiene un gran potencial paisajístico (37,38**).**

Los puntos de muestreos dentro y fuera del estuario se encuentran detallados en la ilustración y tabla 3. Este estuario tiene la influencia antropogénica más cercana de las parroquias Daule y Bolívar con aproximadamente 2.153 y 1.039 habitantes respectivamente (39).

Tabla 3 Coordenadas de los puntos de muestreo del Estuario Júpiter (Ilustración 3).

PUNTOS	**Coordenadas dentro del estuario**	**PUNTOS**	**Coordenadas mar abierto**
A	17N 0607388 UTM 0046360	D	17N 0603475; UTM 0045573
B	17N 0607797; UTM 0045690	E	17N 0605573; UTM 0045351
C	17N 0608277; UTM 0044789	F	17N 0606328; UTM 0043041

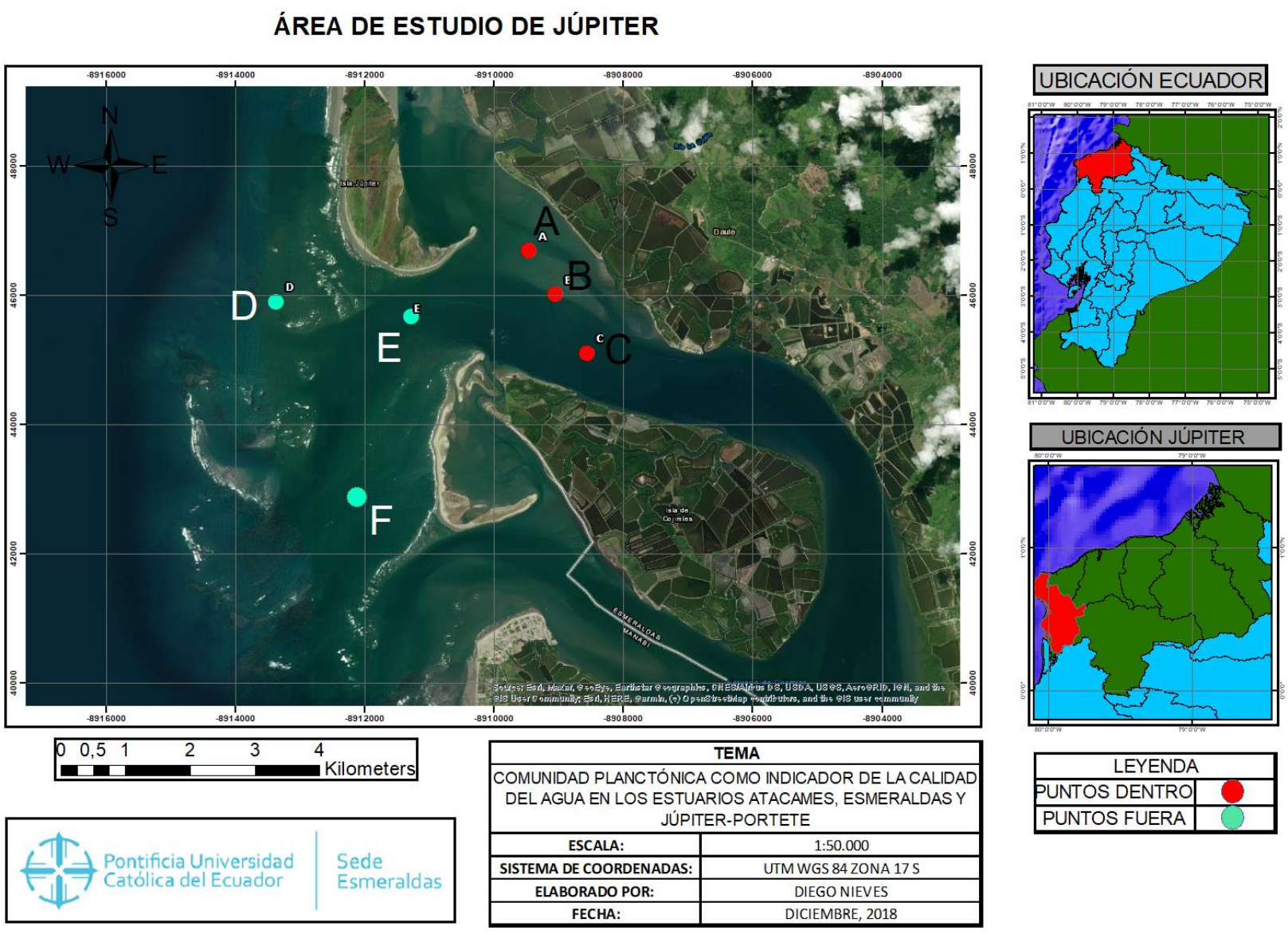


Ilustración 3 Mapa de los puntos del área de estudio en Júpiter dentro del estuario de color rojo puntos (A, B y C) y a mar abierto color verde los puntos (D, E y F).

2.2 Metodología

2.2.1 Fase de campo, reconocimiento de la zona.

Antes de la fase de campo se hicieron salidas piloto para reconocer las condiciones de cada uno y poner a prueba los materiales y equipos que se iban a utilizar en campo, además de georreferenciar los sectores para la construcción de mapas.

2.2.2 Registro de parámetros fisicoquímicos

Para el registro del pH y la temperatura se utilizó un medidor multiparamétrico HANNA el cual con la ayuda de la botella Van Dorn se recolectaba el agua de la superficie, media y próxima al fondo de la columna de agua y se media rápidamente estos parámetros hasta que el medidor este estabilizado.



Fotografía 1 Medidor de pH y temperatura HANNA.

2.2.3 Fase de campo, muestreo fitoplanctónico.

Se realizaron 3 muestreos en cada estuario considerando 3 etapas climáticas es decir fase, seca, fase de transición y etapa lluviosa, en cada muestreo se tuvo un máximo de tres días iniciándose los muestreos en Esmeraldas, Atacames y finalmente en Júpiter. La colecta fitoplanctónica fue de 18 muestras de agua por estuario, colectándose 3 muestras en cada punto: agua superficial, media agua y fondo. 3 puntos, se ubicaron dentro de los estuarios (A, B y C) y 3 puntos en mar abierto (D, E y F), las muestras se adquirieron con una Botella Van Dorn.



Fotografía 2 Fase de campo, embarcación e implementos.



Fotografía 3 Recolección de muestras de fitoplancton cuantitativo con la Botella Van Dorn.

2.2.4 Arrastres planctónicos, zooplancton.

Las muestras zooplanctónicas se obtuvieron mediante el arrastre horizontal y doble oblicuo la cual consta de tres bocas metálicas cada una con mallas de diferentes micras (60, 300 y 750 micras). La malla de 60 micras ayudó en la captura de una fracción sestónica con predominancia de fitoplancton; las mallas de 300 y 500 micras colectaron fracciones sestónicas con predominancia de zooplancton e ictioplancton, el diámetro de las bocas de la red es de 38cm (40,41).

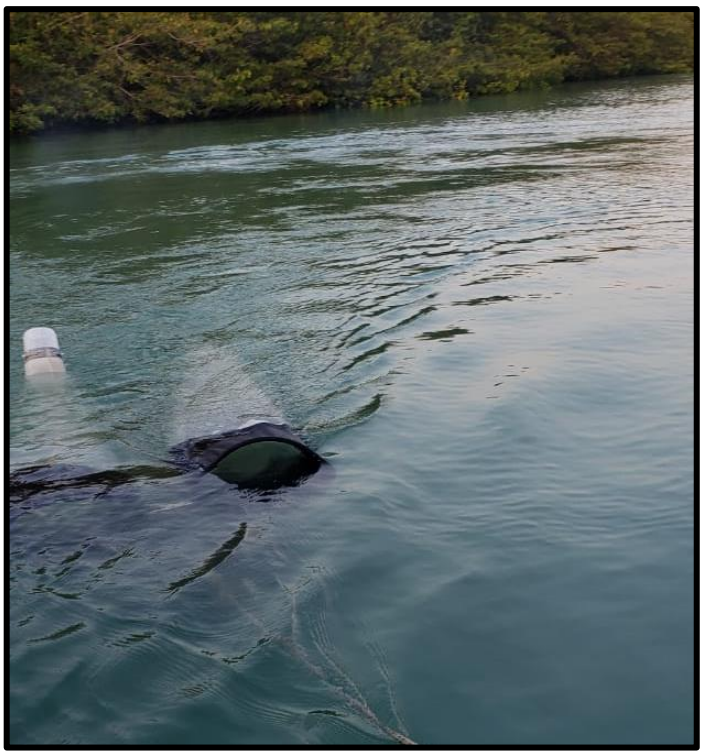
Se realizaron 2 arrastres uno dentro y otro en mar abierto cada uno con duración de 3 minutos para cada estuario en cada campaña de muestreo teniéndose de esta manera un rigor estadístico mínimo. Las muestras se concentraron en los copos de cada malla los que fueron retirados y fijados con alcohol al 70% y formalina al 37%.



Fotografía 4 Red Tri-bongo empleada mallas de 60, 300 y 500 micras.



Fotografía 5 Fijación demuestras en el campo.



Fotografía 6 Arrastre planctónico con la red tri bongo.

2.3 Análisis en el laboratorio

Las muestras de campo fueron llevadas al laboratorio de la escuela de Gestión Ambiental PUCESE para su observación, análisis y conteo.

2.3.1 Fitoplancton: Se utilizaron las cámaras de Utermohl de 50 mL para la sedimentación de las muestras colectadas con la botella Van Dorn, las cuales tienen un tiempo de sedimentación de 24 horas, posterior a la sedimentación se retiró la cámara de Utermohl con precaución con el portaobjetos para impedir que ingrese aire y se riegue la muestra cada una fue observada en el microscopio con un análisis total de la muestra para luego aplicar la formula la cual se determina en células/ml con la siguiente formula (42):

$$\frac{(C)*(TA)}{(L*W*V*S)}$$

Donde:

S: es igual al número de tiras establecidas.

L: longitud de la tira en mm.

W: ancho de la tira (mm).

V: Volumen de la cámara (ml)

C: conteo de las células de la muestra.

TA: área total del fondo de la cámara (43).



Fotografía 15 Sedimentación de muestras en cámaras Utermohl de 50 ml.



Fotografía 16 Observación de muestras fitoplanctónicas en el microscopio.

2.3.2 Zooplancton: Las muestras de arrastres fueron filtradas en un tamiz, dependiendo el micraje de las muestras, fueron secadas y posteriormente pesadas en una balanza analítica para luego ser identificadas en un microscopio Dino-Lite (Digital Microscope Premier) y así estimar la abundancia y riqueza.



Fotografía 17 Tamizado de muestras planctónicas.

2.4 Análisis estadísticos

Los datos principales de comparación fueron: Abundancia planctónica (número de células/ml en el caso de fitoplancton), Riqueza de géneros y especies, índices de diversidad, índice de Similitud de Jaccard.

El procesamiento estadístico de muestras se ajustó a la naturaleza de los datos colectados, luego de comprobar normalidad y homocedasticidad se procedió con las contrastaciones sectoriales mediante ANOVAS de 1 y 2 vías, así como sus interacciones. Siendo la variable de contrastación principal la primera vía y la sectorialidad (estuario y mar abierto) y la temporalidad (comparación de las etapas de muestreo) la segunda vía.

Los datos fisicoquímicos de la columna de agua, los descriptivos ecológicos de la comunidad planctónica y de la comunidad zooplanctónica además como los datos de abundancia de los seres estimados se integrarán en una matriz única para la realización de análisis multivariados, buscando determinar que factor principal sería responsable de diferentes estructuraciones de ensambles.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

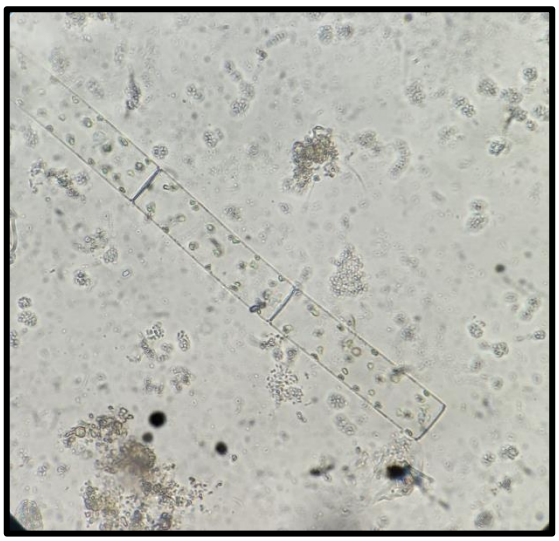
3.1 Análisis fitoplanctónico, abundancia.

La mayor abundancia tuvo Esmeraldas, obteniendo 20964,25 algas/ml, luego se encuentra Atacames con 13028,88 algas/ml ambas ubicadas en el sector de mar abierto; y finalmente la de menor abundancia fue Júpiter tanto en el sector del estuario y el mar abierto con 7935,36 algas/ml y 10093,98 algas/ml respectivamente. Y según los meses y épocas de muestreo realizados en los estuarios el mes de mayo (época seca), diciembre (época lluviosa) y el mes de septiembre (transición), el mes de mayor abundancia fue le mes de septiembre y el de menos abundancia se registró en el mes de diciembre (Figura, 1, 2 y 3).

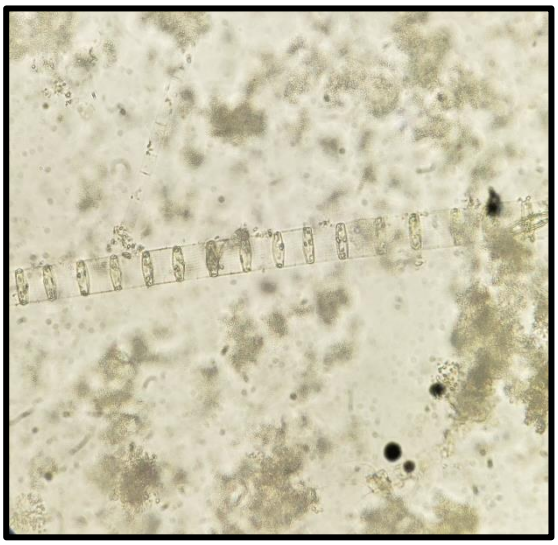
Durante los tres meses de muestreos se tomaron 161 muestras de agua en el mes de diciembre y mayo (54 muestras en cada mes) y 53 en el mes de septiembre. Del total de muestras se identificaron un total de 155 especies con una abundancia total de 2323420,95 algas/ml, donde las especies *Leptocylindrus danicus, Skeletonema costatum, Thalassionema nitzschioides, Hemiaulus hauckii, Rhizosolenia stolterfothii, Chaetoceros affinis, Thalassiotrix frauenfedii, Leprotintinnus simplex, Nitzschia pungens y Hemiaulus sinensis* representan el 53,59% de ese total. Siendo las más abundantes *Leptocylindrus danicus* con 22280,76 algas/ml, *Skeletonema costatum* 21347,85 algas/ml y *Thalassionema nitzschioides* con 15192,04 algas/ml equivalentes al 9,59%, 9,19% y 6,54% respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4 Abundancia de las principales especies fitoplanctónicas y porcentajes de cada una respecto al total de las 155 especies encontradas.

Número	Especies	Abundancia	Porcentaje (%)
1	*Leptocylindrus danicus*	22280,7619	9,59
2	*Skeletonema costatum*	21347,8571	9,19
3	*Thalassionema nitzschioides*	15192,0476	6,54
4	*Hemiaulus hauckii*	12243,5238	5,27
5	*Rhizosolenia stolterfothii*	11548,9524	4,97
6	*Chaetoceros affinis*	11051,8571	4,76
7	*Thalassiotrix frauenfedii*	9621,85714	4,14
8	*Leprotintinnus simplex*	8035,2381	3,46
9	*Nitzschia pungens*	7722	3,32
10	*Hemiaulus sinensis*	5461,2381	2,35
TOTAL		124505,333	53,59



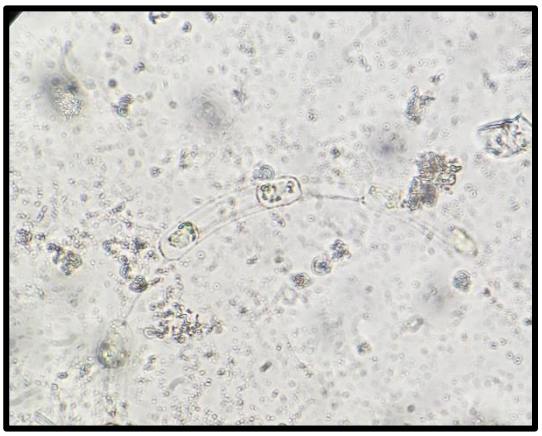
Fotografía 18 *Leptocylindrus danicus*



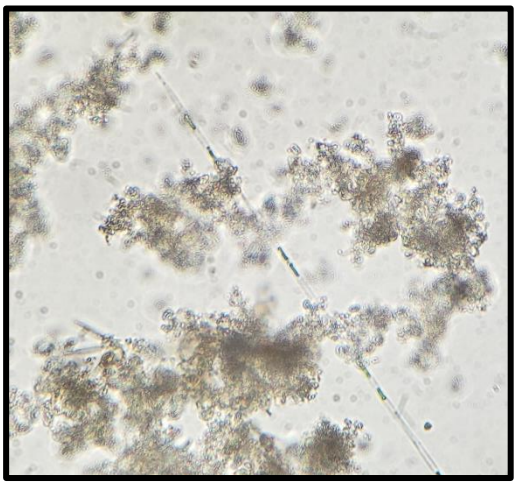
Fotografía 19 *Skeletonema costatum*



Fotografía 21 *Thalassionema nitzschioides.*



Fotografía 20 *Hemiaulus hauckii*



Fotografía 14 *Nitzschia pungens.*



Fotografía 15 *Ditylum brightwelii*

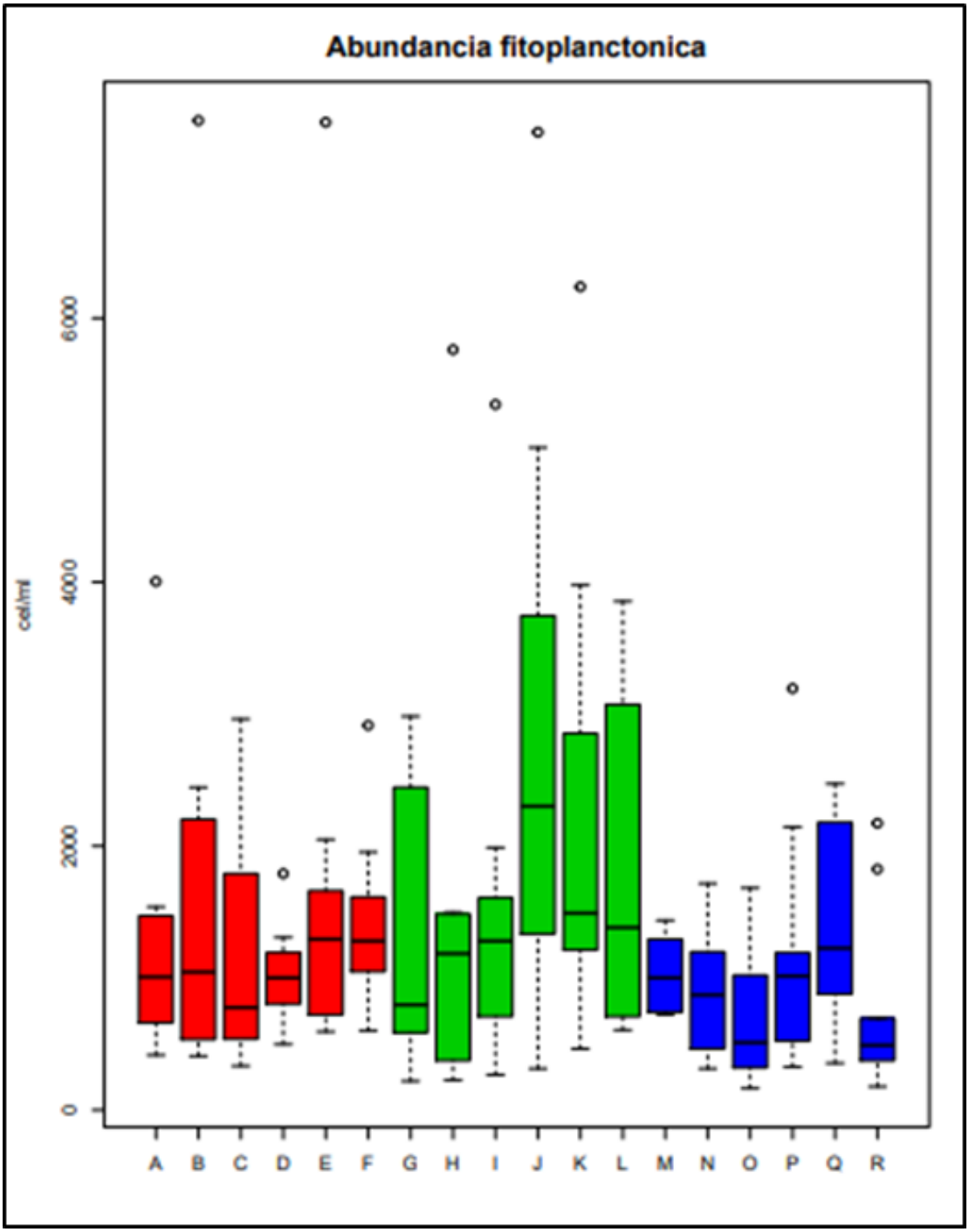


Figura 1 Abundancia fitoplanctónica de los estuarios Esmeraldas, Atacames y Júpiter en los en todos los puntos de muestreo siendo los colores rojos el estuario de Atacames, verde Esmeraldas y Júpiter de color azul los primeros 3 puntos de cada color pertenecen a la parte interna de los estuarios es decir (a, b, c, g, h, i, m, n y o); y los demás a la parte de mar abierto (d, e, f, j, k, l, p, q y r).

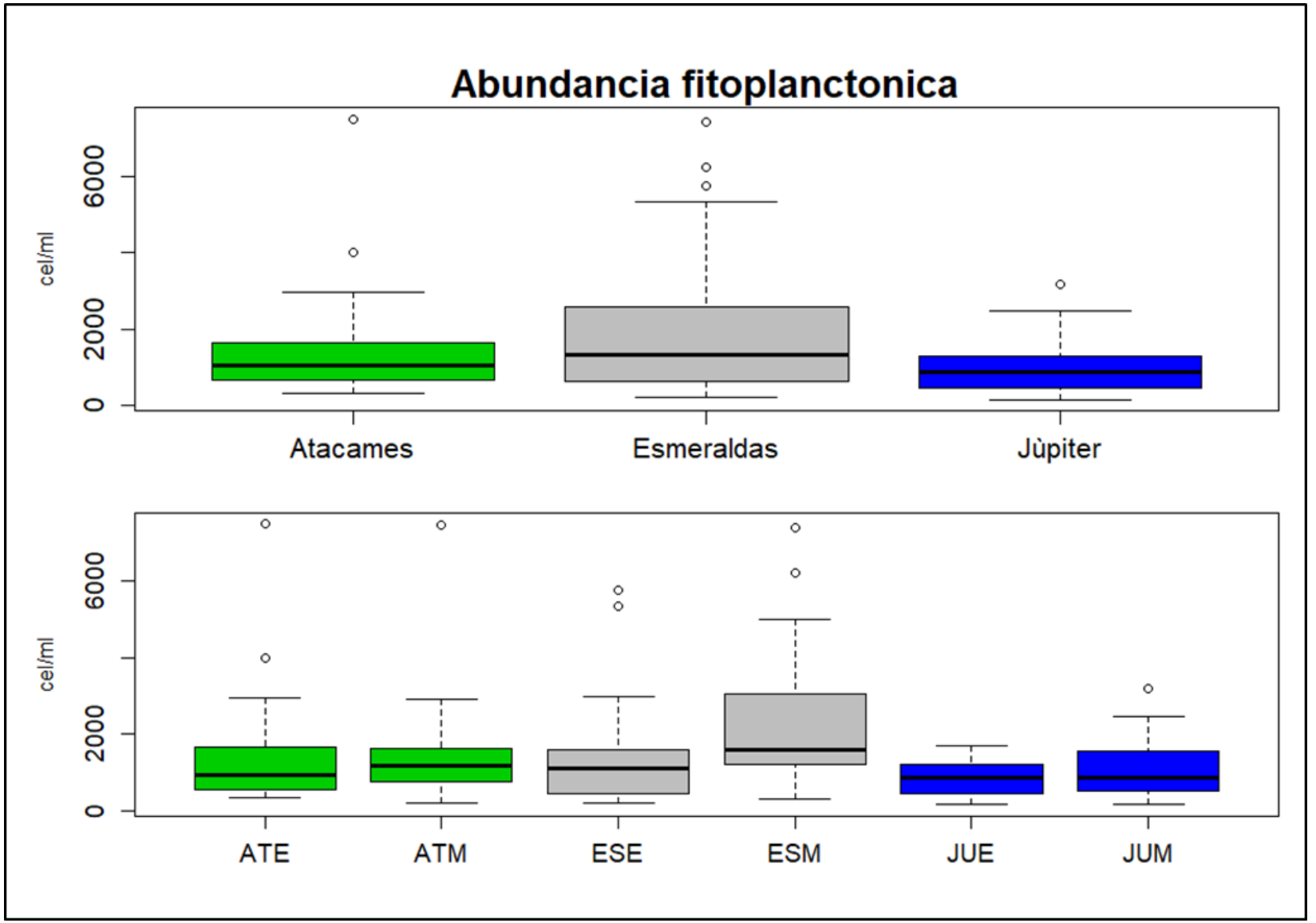


Figura 2 Abundancia fitoplanctónica de los estuarios según los sectores dentro del estuario y mar abierto. Atacames color verde: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas color gris: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter color azul: estuario (JUE); mar (JUM).

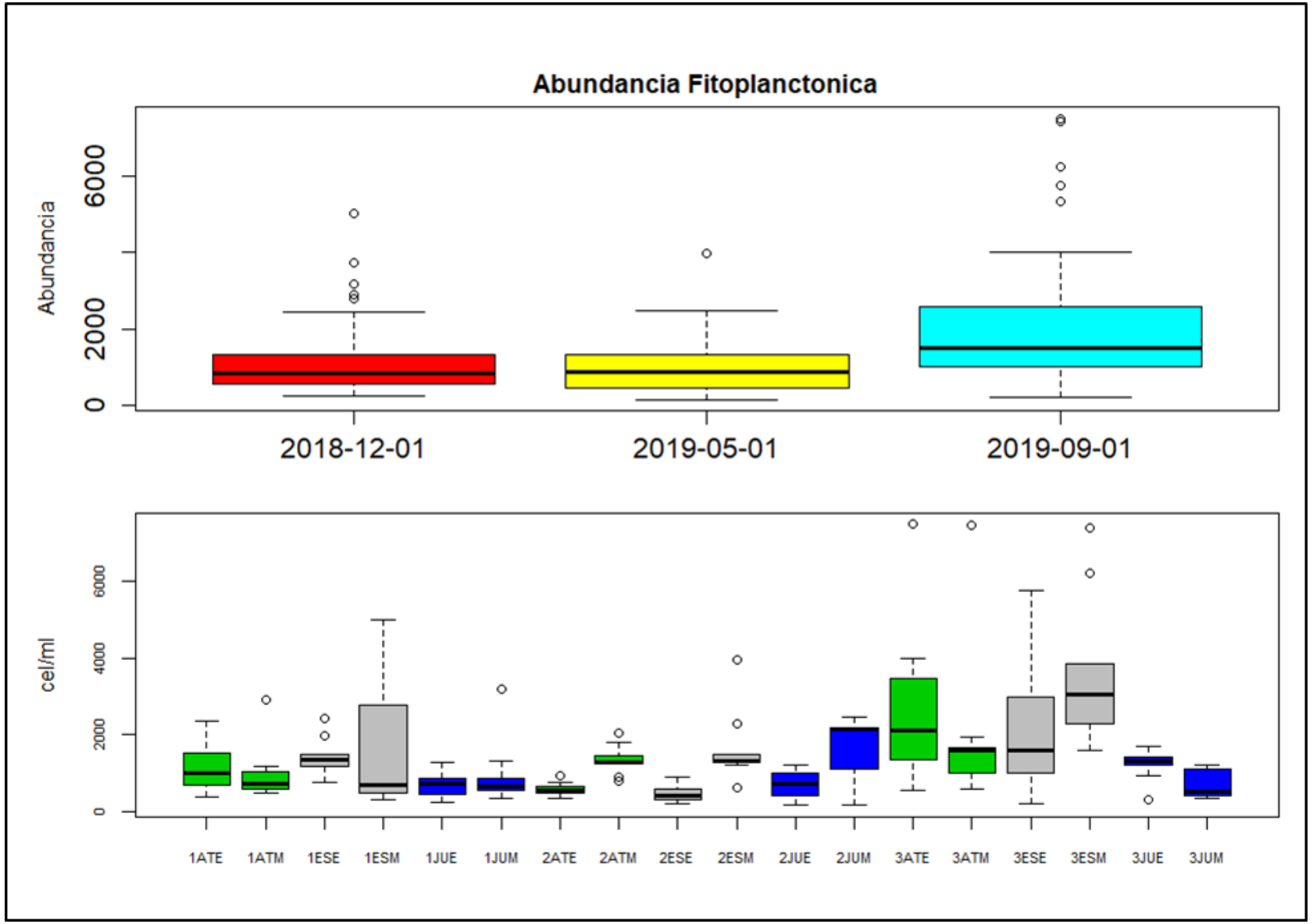


Figura 3 Abundancia fitoplanctónica en los meses de muestreo, Diciembre: Rojo (1), Mayo: Amarillo (2) y Septiembre: Turquesa (3). Atacames color verde: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas color gris: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter color azul: estuario (JUE); mar (JUM).

Análisis de varianza (ANOVA), abundancia fitoplanctónica

Según las medias de abundancia entre los estuarios y las fechas fue mayor en el estuario de Esmeraldas en el mes de septiembre con una media de 3000,4 células/mL (Tabla, 5). De acuerdo con el test de Tukey se realizaron análisis de varianza de dos vías, donde los estuarios de Júpiter y Esmeraldas fueron los únicos que presentaron diferencias significativas. Entre fechas los meses de mayo y diciembre no se presentaron diferencias entre sí; el mes de septiembre con los meses de diciembre y mayo fueron los que más diferencias obtuvieron. En cuanto a los sectores según las fechas de muestreo no tuvieron diferencias significativas con un p valor de 0,06 (ver, Tabla 6; Figura 4 y 5).

Tabla 5 ANOVA de 2 vías: abundancias medias entre estuarios y fecha de muestreo.

Fecha / **Estuario**	**Diciembre (Células/mlL)**	**Mayo (Células/mlL)**	**Septiembre (Células/mlL)**	**Abundancia media de los estuarios (Células/mlL)**
Atacames	1093.7	970.4	2344.9	1453.127
Esmeraldas	1560.9	1063.0	3000.4	1874.763
Júpiter	835.7	1172.0	996.8	1001.504

Tabla 12 ANOVA de la abundancia fitoplanctónica según los Estuarios, Fechas y Sectores. Color verde (no presenta diferencias) color amarillo (presenta diferencias).

Abundancia fitoplanctónica análisis de varianza de 2 vías (ANOVA) Tukey	
ESTUARIOS	**P valor < 0.05**
Esmeraldas-Atacames	0.2059330
Júpiter-Atacames	0.1320605
Júpiter-Esmeraldas	0.0010010
FECHAS	**P valor = 0.05**
Mayo-Diciembre	0.9164655
Septiembre-Diciembre	0.0003498
Septiembre-Mayo	0.0000745
SECTORES	**P valor = 0.05**
Estuario-Mar	0.06

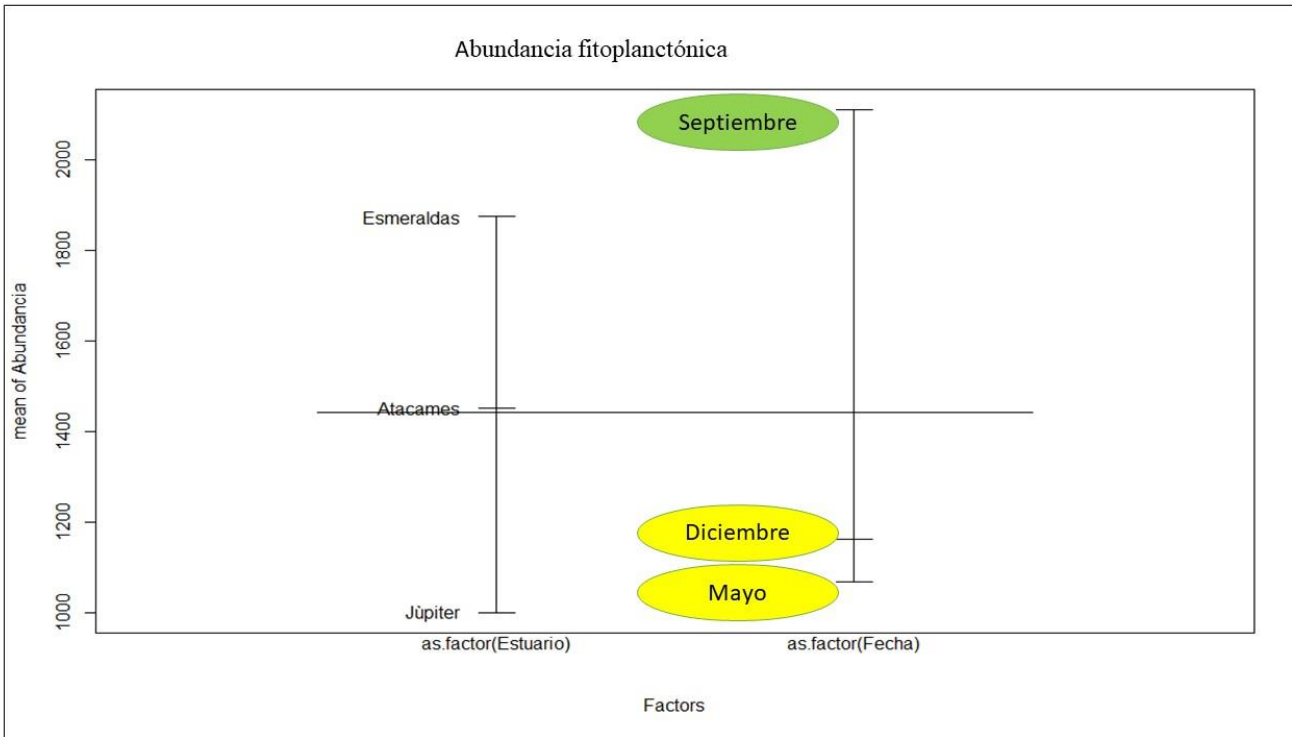


Figura 4 Abundancia fitoplanctónica: Análisis de varianza de 2 vías ANOVA según los estuarios y las fechas. Verde (Presenta diferencia), Amarillo (No presentan Diferencia).

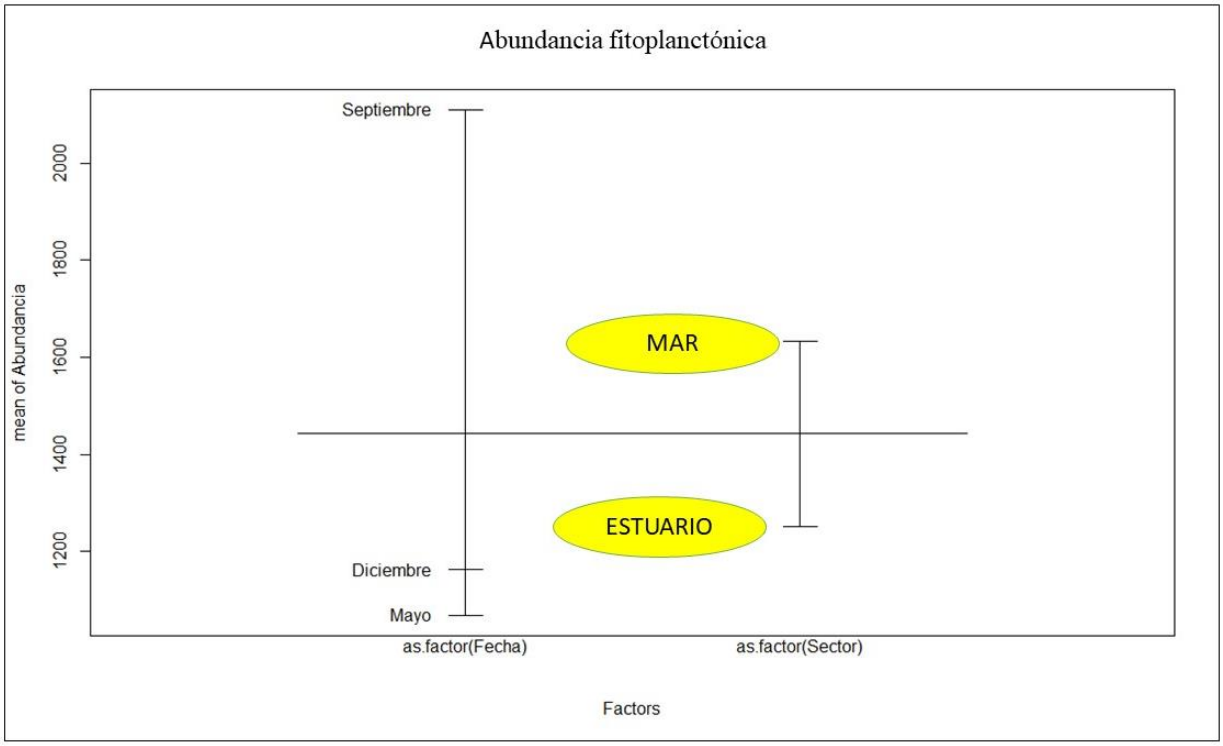


Figura 5 Abundancia fitoplanctónica: Análisis de varianza de 2 vías ANOVA según las fechas y los sectores. Verde (Presenta diferencia), Amarillo (No presentan Diferencia).

3.2 Riqueza fitoplanctónica

En este estudio se encontraron 155 especies durante tres campañas de muestreo distribuidas en tres localidades diferentes, en cuanto al conteo de las especies establecidas como células sobre mililitros el de mayor número de algas se registró en Esmeraldas durante la campaña de muestreo de septiembre con un número de individuos de 32638,04 células/mL con respecto al total todo el estudio de 2323420,95 células/mL, siendo esta misma localidad la que menor número de algas se encontraron en el mes de mayo en el sector del estuario (Figura, 3).

Durante toda esta etapa la especie más abundante fue *Leptocylindrus danicus*, siendo común en todas las localidades en cuanto a los sectores no se registró en el estuario de Esmeraldas y en el mar de Júpiter ambos en el mes de mayo. En cuanto a la riqueza fitoplanctónica de las localidades la más alta se encontró en Atacames tanto en el sector del estuario como en el mar con una media aproximada de 24 y 23 especies respectivamente, la localidad que menor riqueza se encontró en Júpiter (Sector mar), con una media aproximada de 19 especies. En cuanto a las localidades con sus sectores respecto a las fechas de muestreo la de mayor riqueza se encontró en el sector de estuario en Atacames en el mes de septiembre con una media aproximada de 30 especies, la de menor riqueza está en el sector del estuario de Esmeraldas en el mes de mayo con una media de 13 especies. De manera general el mes de septiembre fue el de mayor riqueza fitoplanctónica y el mes de mayo con el de menor riqueza (Figura 6 y 7).

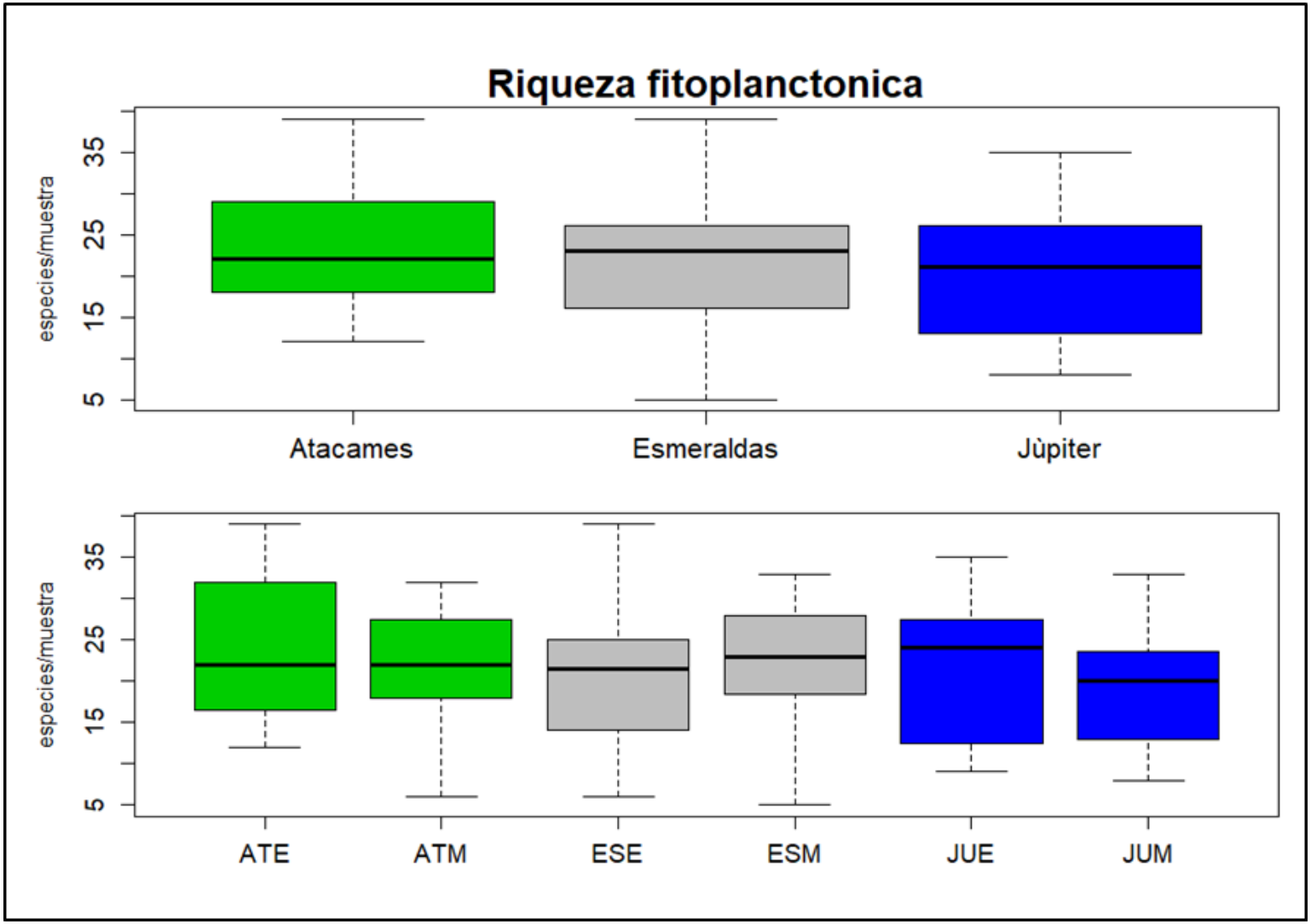


Figura 6 Riqueza fitoplanctónica según los sectores de los estuarios. Atacames color verde: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas color gris: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter color azul: estuario (JUE); mar (JUM).

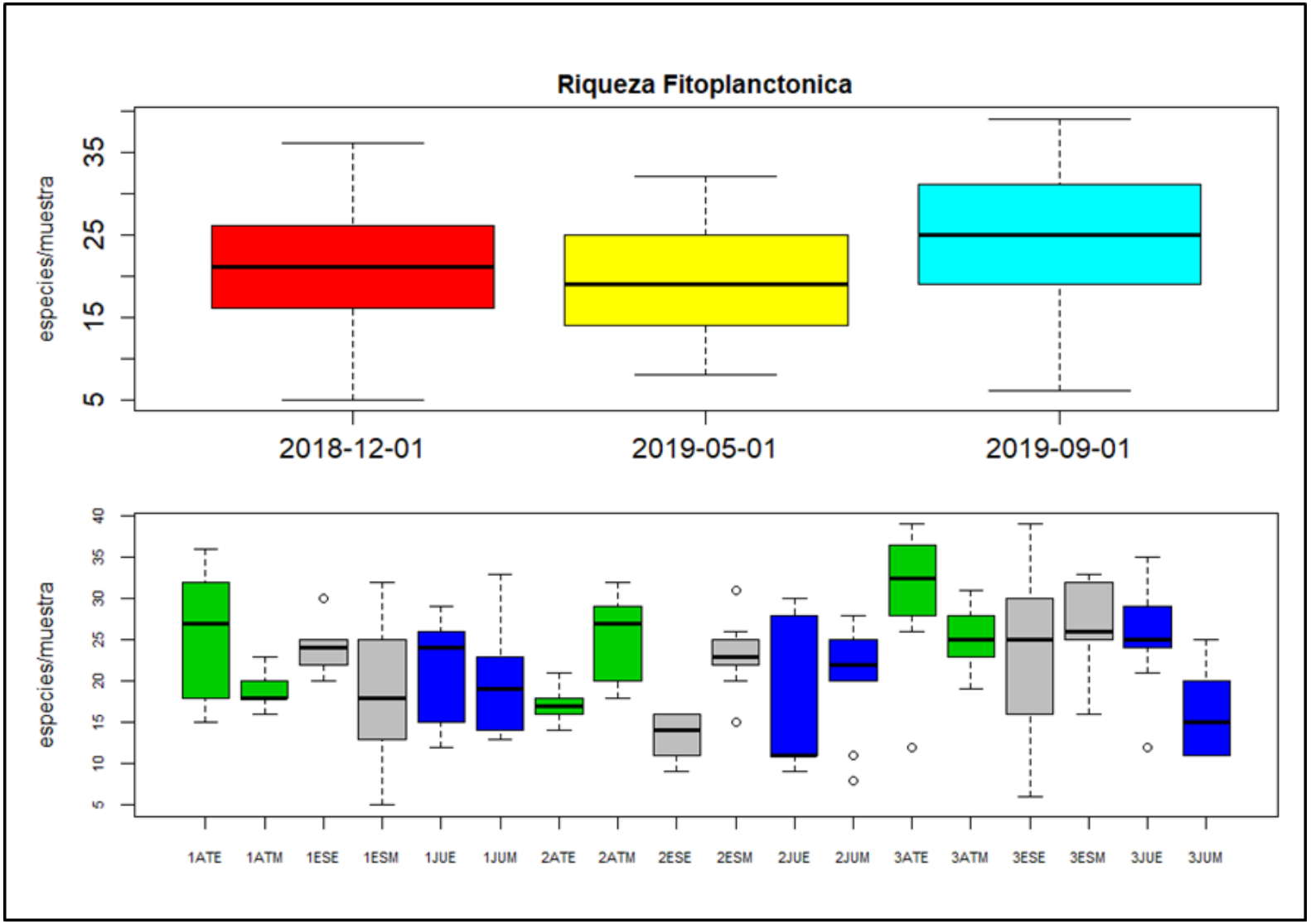


Figura 7 Riqueza fitoplanctónica según los meses de muestreo. Diciembre: Rojo (1), Mayo: Amarillo (2) y Septiembre: Turquesa (3). Atacames color verde: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas color gris: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter color azul: estuario (JUE); mar (JUM)

Análisis de varianza (ANOVA), riqueza fitoplanctónica.

Las medias de riqueza fitoplanctónica con respecto a los estuarios fue mayor en Atacames con aproximadamente 24 especies siendo esta misma localidad en el sector del estuario con mayor riqueza (Tabla, 7). Según en el análisis de varianza los datos de riqueza no fueron normales por lo cual se procedió a realizar un análisis de una vía con el test de Kruskal-Wallis existió una diferencia mínima de 0.039 entre Atacames y Júpiter, donde sí se presentaron diferencias significativas fueron en las fechas siendo los meses de septiembre y mayo los que más diferencias obtuvieron con un valor de 0.0012 (Tabla, 8). En cuanto sectores según el análisis no existieron diferencias.

Tabla 13 Media de la riqueza de especies fitoplanctónica de los estuarios y los sectores

Sector / Estuario	Mar	Estuario	Media Total Localidad
Atacames	23	24	24
Esmeraldas	23	20	21
Júpiter	19	21	20

Tabla 14 ANOVA de la riqueza según los Estuarios, Fechas y Sectores. Color verde (no presenta diferencias) color amarillo (presenta diferencias).

Riqueza fitoplanctónica análisis de varianza de 1 vía (ANOVA) Kruskal-Wallis	
ESTUARIOS	**P valor < 0.05**
Esmeraldas-Atacames	0.250
Júpiter-Atacames	0.039
Júpiter-Esmeraldas	0.333
FECHAS	**P valor = 0.05**
Mayo-Diciembre	0.171
Septiembre-Diciembre	0.052
Septiembre-Mayo	0.0012

3.3 Diversidad fitoplanctónica

Según la figura 8, se observa que la diversidad fitoplanctónica con el índice de Shannon (H´), los puntos más diversos con valores de 3 se encontraron en la localidad de Atacames en el mes de septiembre. Es importante indicar que todos los valores se encontraron por debajo de 3 excepto la localidad ya indicada las demás están entre 2 y 3 lo cual indica que estas localidades y sectores se encuentran con un índice diversidad normal o medio, el valor más bajo se encuentra en Esmeraldas (Sector mar) con una diversidad media de 2,04. Además, como se puede apreciar Atacames es la localidad que muestra un promedio mejor de diversidad a diferencia de las demás (Figura, 9).

Como se puede ver en la figura 8, según el índice de Margalef los valores medios de diversidad se encuentran entre 2 y 4 por lo que se establece que se encuentran en una diversidad media o normal siendo el valor más alto 3,81 en Atacames (Sector estuario) en el mes de septiembre y el más bajo con una diversidad de 2,01 en Esmeraldas (Sector estuario) en el mes de mayo (Figura, 9).

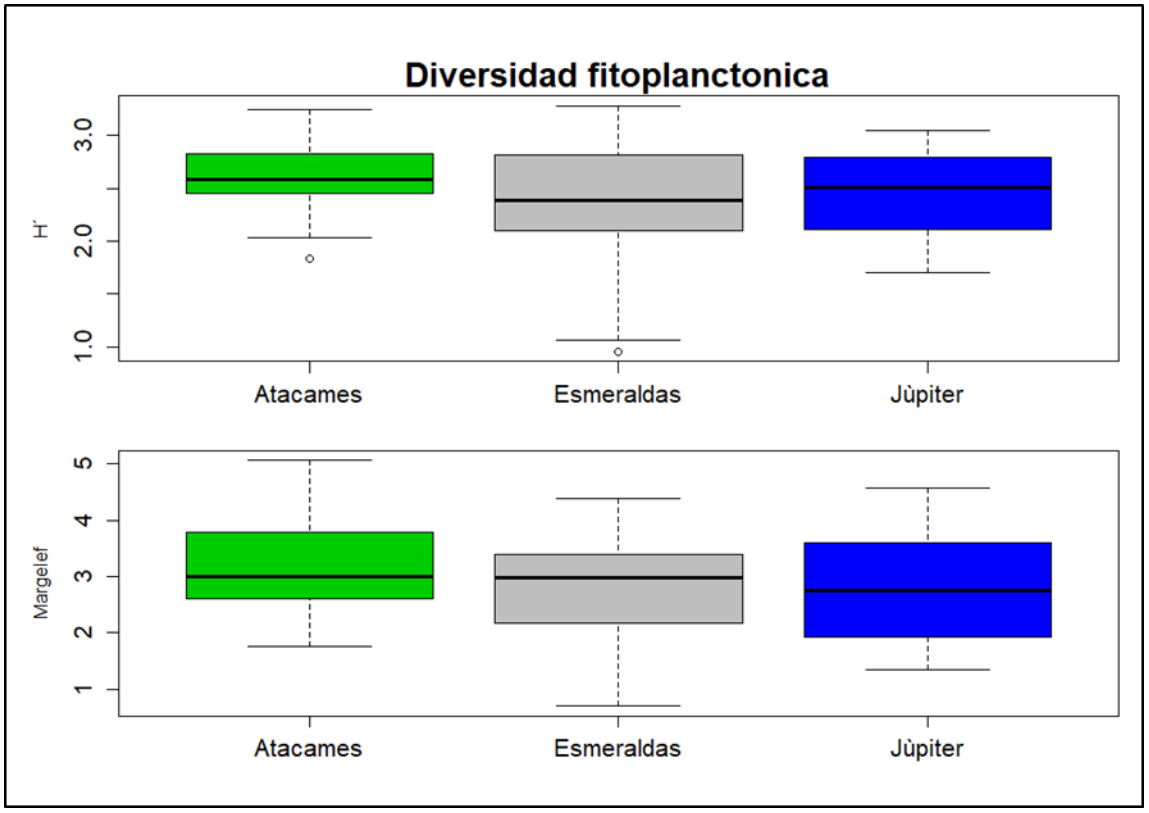


Figura 8 Diversidad fitoplanctónica de los 3 estuarios. Atacames (Verde), Esmeraldas (Gris) y júpiter (Azul).

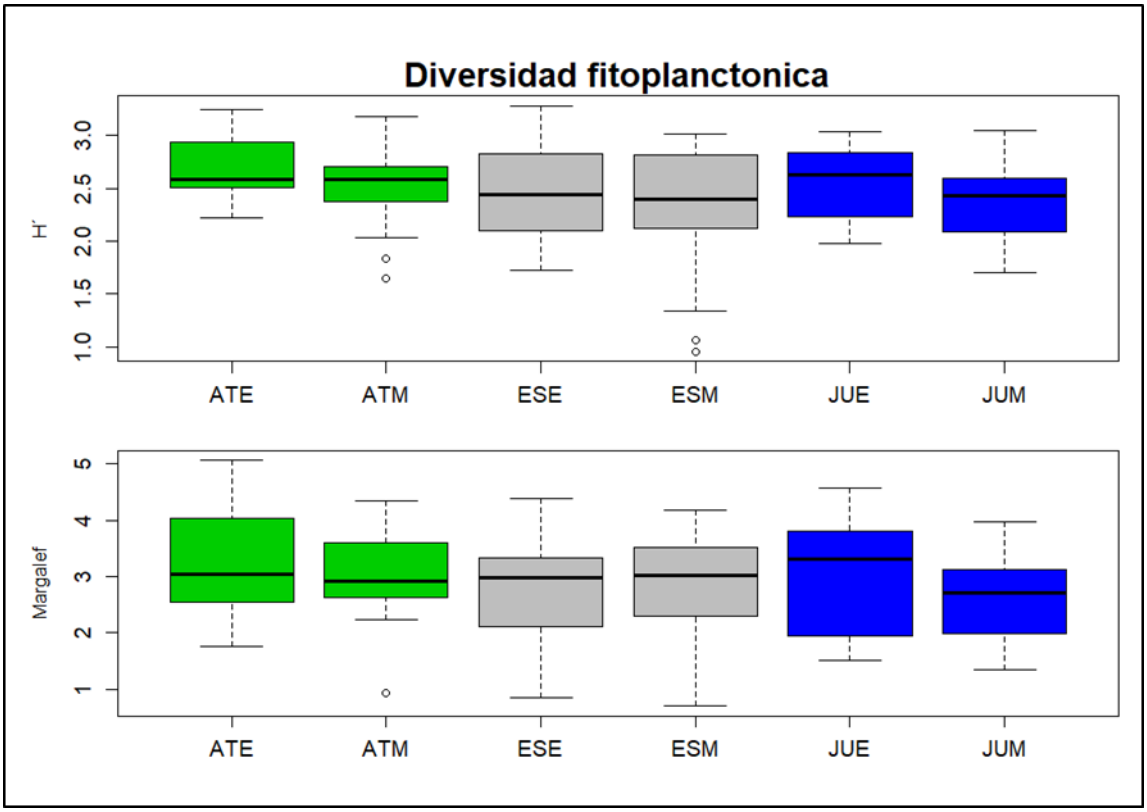


Figura 9 Diversidad de los estuarios Atacames color verde: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas color gris: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter color azul: estuario (JUE); mar (JUM).

En cuanto a la diversidad según los meses de muestreo en mes que contó con una mayor diversidad según la diversidad de Shannon (H`) fue septiembre y el de menos diversidad el mes de mayo tomando en cuenta que todos los valores según los meses de muestreo se encontraron por debajo de 3. Según la diversidad de Margalef los meses de mayor y menos diversidad fueron los mismo que se registraron en la diversidad de Shannon (H`) pero en este caso los valores registrados se encontraron entre 2 y 4 (Figura 10).

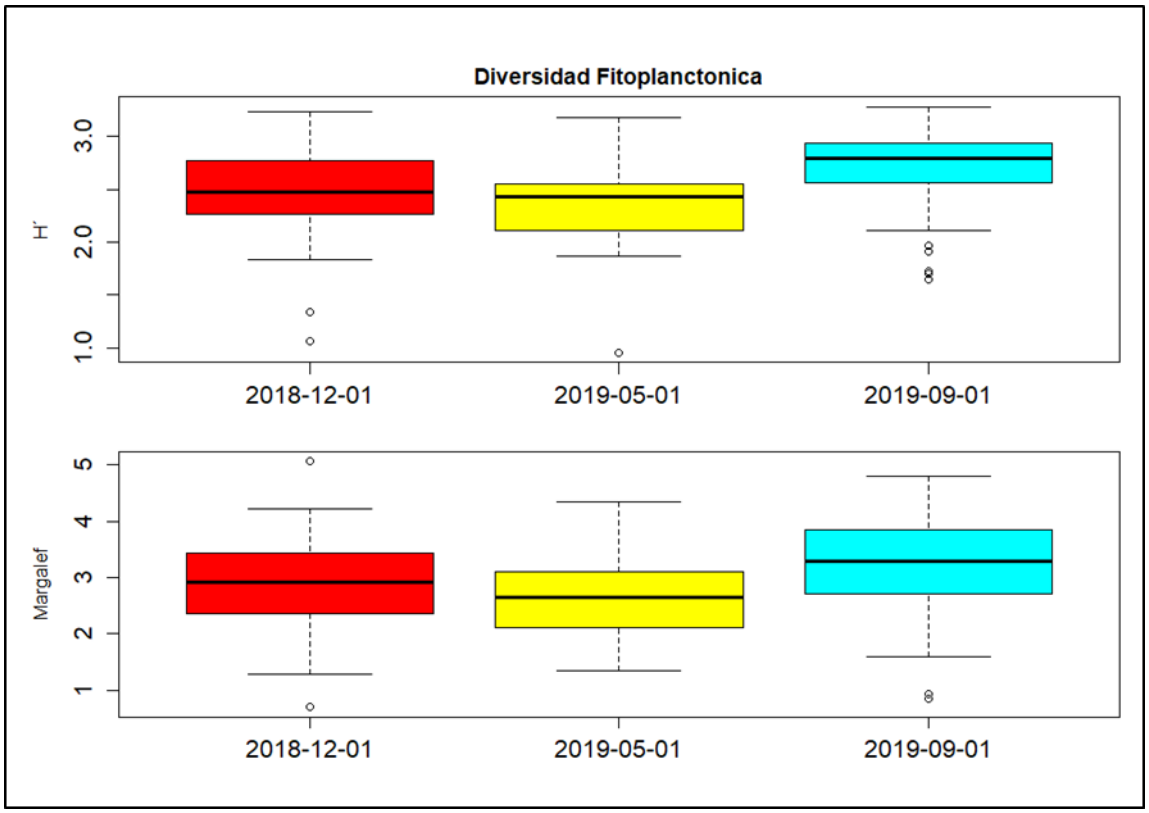


Figura 10 Diversidad fitoplanctónica según los meses de muestreo. Diciembre (Rojo), Mayo (Amarillo) y Septiembre (Turquesa)

Según la clasificación taxonómica del fitoplancton en cuanto a familia respecta la más abundante fue la familia Chaetocerotaceae siendo el estuario Esmeraldas donde mayor representación tuvo luego está la familia Rhizosoleniaceae la cual tuvo una mayor abundancia en el estuario Atacames y la de menor abundancia fue Syracosphaeraceae. Además, se puede observar que mayoritariamente la familia Skeletonemataceae la cual se encuentra como la sexta familia más abundante se encuentra mayormente en el estuario Esmeraldas (Figura, 11).

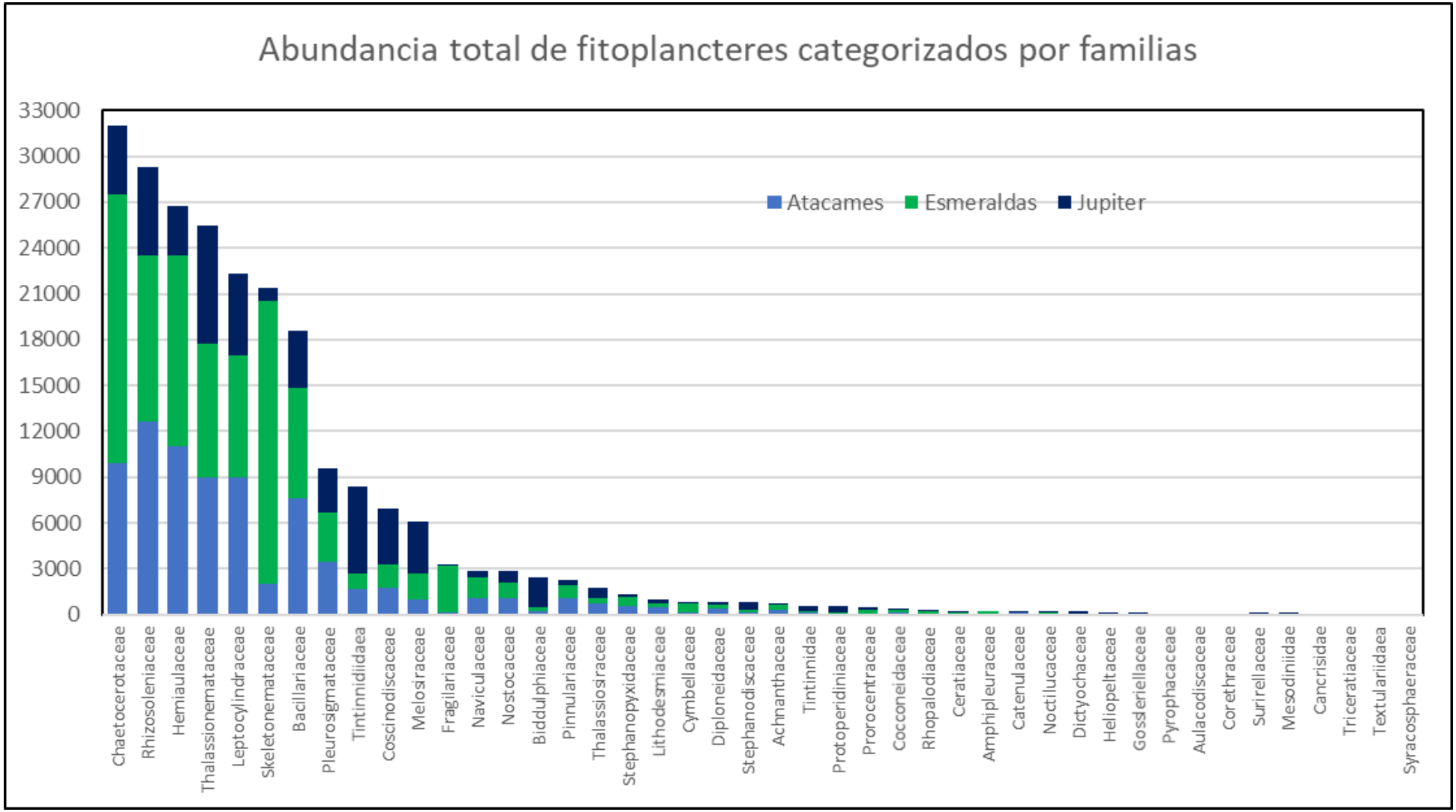


Figura 11 Abundancia del fitoplancton según su familia y los estuarios Atacames (Celeste), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul).

Las 10 familias más abundantes que se encontraron en los 3 muestreos en los estuarios estudiados fueron las siguientes: Chaetocerotaceae, Rhizosoleniaceae, Hemiaulaceae, Thalassionemataceae, Leptocylindraceae, Skeletonemataceae, Bacillariaceae, Pleurosigmataceae, Tintinnidiidae y Coscinodiscaceae estando presente todas en los tres estuarios (Figura, 12)

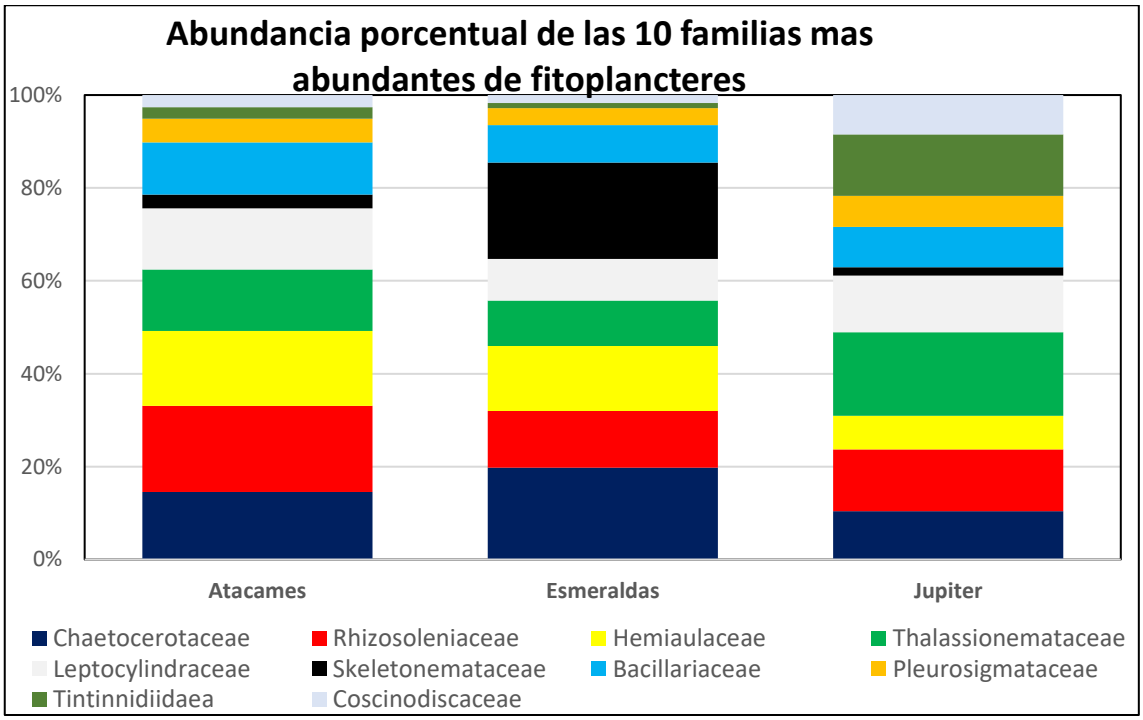


Figura 12 Composición porcentual de las principales familias más abundantes de los estuarios.

Análisis de varianza (ANOVA), diversidad fitoplanctónica.

La media de la diversidad de Shannon H´, según los estuarios fue mayor en Atacames con un valor de 2,631 y en esta misma localidad con respeto a las demás en el sector del estuario se encontró con la media de diversidad más alta con un valor de 2,709, en cuanto a la fecha de muestreo el mes de septiembre presentó una media de diversidad mayor a los otros meses con 2,672. Con las medias de diversidad del índice de Margalef se presentó la misma condición, en el estuario, sector y fecha de muestreo, pero con diferentes valores (Tabla, 9 y 10).

Tabla 15 Media de la diversidad fitoplanctónica de Shannon H´, según los estuarios, sectores y fechas.

Estuarios	Media total de los estuarios	Sector		Fechas		
		Estuario	Mar	Diciembre	Mayo	Septiembre
Atacames	2.631	2.709	2.557	2.451	2.364	2.672
Esmeraldas	2.394	2.448	2.340			
Júpiter	2.460	2.554	2.366			

Tabla 16 Media de la diversidad fitoplanctónica de Margalef, según los estuarios, sectores y fechas.

Estuarios	Media total de los estuarios	Sector		Fechas		
		Estuario	Mar	Diciembre	Mayo	Septiembre
Atacames	3.185	3.263	3.110	2.929	2.674	3.134
Esmeraldas	2.774	2.676	2.871			
Júpiter	2.779	2.957	2.602			

Se realizó un análisis de varianza de 2 vías con la diversidad entre los estuarios y las fechas de muestreo, siendo el estuario Atacames el que mayores diferencias significativas con respecto a los otros estuarios por lo que se puede decir que no se presentaron diferencias entre Júpiter y Esmeraldas. En cuanto a las fechas el mes de septiembre es el que muestra mayores diferencias significativas con los otros meses siendo así que entre los meses de diciembre y mayo no se presentaron diferencias (Figura, 13).

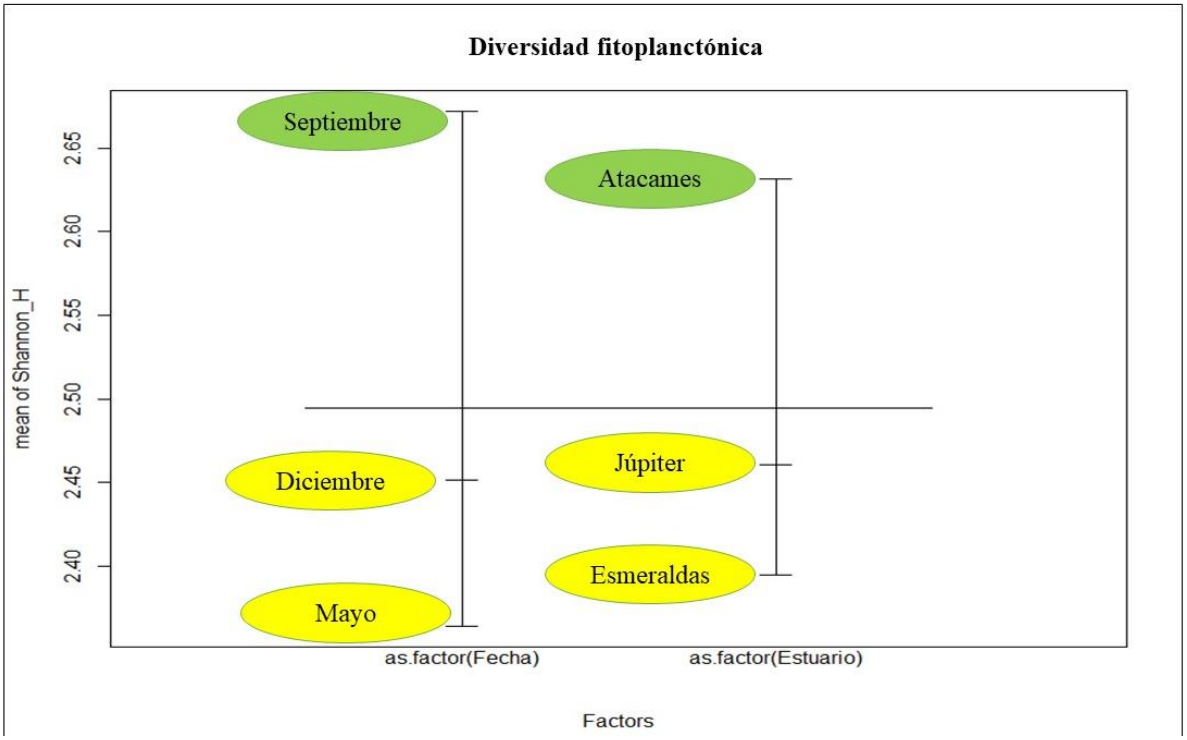


Figura 13 Análisis de varianza de 2 vías ANOVA según las fechas y los sectores. Verde (Presenta diferencia), Amarillo (No presentan Diferencia).

3.5 Zooplancton

3.5.1 Conteo zooplanctónico

Durante los tres meses de muestreos se registraron 70 especies diferentes teniendo una abundancia total entre las muestras de 300 y 500 micras fue de 81577 individuos los copépodos calanoideos, chaetognatos del tipo 1 y 2, huevos de pez tipo 1 y 4, huevos de copépodos, larvas de cangrejos y camarón eufasido en desarrollo, fueron los más abundante representando el 94,73%, (Tabla 11).

Tabla 17 Abundancia y porcentajes totales de las principales especies encontradas en los tres estuarios en las tres etapas de muestreo, respecto a los 81577 individuos encontrados.

Individuos	**Abundancia**	**Porcentaje**
Copépodo calanoideo	62406	76,50
Chaetognato	3523	4,32
Huevo de copépodo	3464	4,25
Huevo de pez tipo 4	2947	3,61
Larva de cangrejo	2228	2,73
Huevo de pez tipo 1	906	1,11
Camarón eufasido en desarrollo	905	1,11
Chaetognatos 2	902	1,11
Total	**77.281**	**94,73**

3.5.2 Análisis de arrastre planctónico de 300 micras.

En cuanto a la abundancia promedio que se registró en las muestras de 300 micras fue mayor la localidad de Atacames y la de menor promedio en Júpiter en cuanto a la riqueza promedio de los tres estuarios la que tuvo mayor riqueza fue Júpiter con 12,6 especies y el de menor fue el de Esmeraldas con 8,1 especies, de manera general la riqueza y la

abundancia de mayor valor según el sector fue en el mar teniendo la riqueza una diferencia mínima entre sectores y la abundancia una diferencia más significativa (Figura 14).

Según la diversidad de Shannon (H´), los estuarios Atacames, Esmeraldas y Júpiter obtuvieron diferencias significativas siendo el estuario de Atacames el más diverso y el de menor diversidad se registró en el estuario Esmeraldas, de la mimas manera para la diversidad de Margalef el estuario de más diversidad fue el de Atacames y menor el de Esmeraldas. Cabe mencionar que la según la diversidad de Shannon (H`) y Margalef el sector más diverso durante los tres muestreos y las tres localidades fue el sector del estuario respecto al mar (Figura 15).

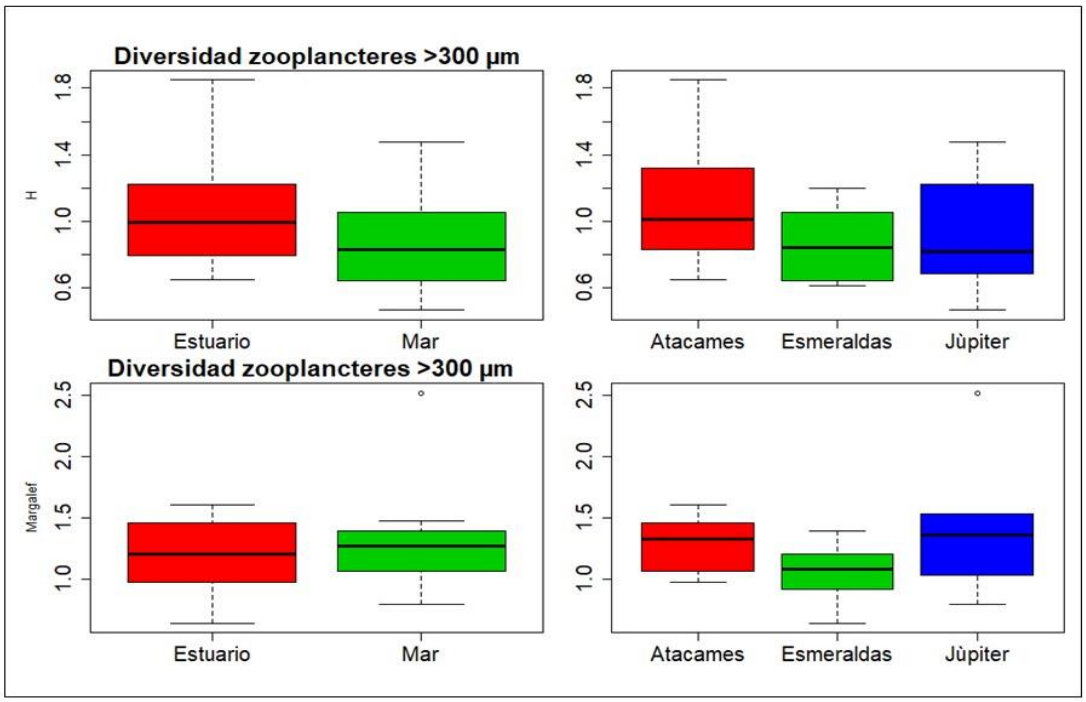


Figura 14 Abundancia y riqueza del zooplancton mayor a 300 micras de los estuarios Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul) y los según sectores Estuario (Rojo) y Mar (Verde).

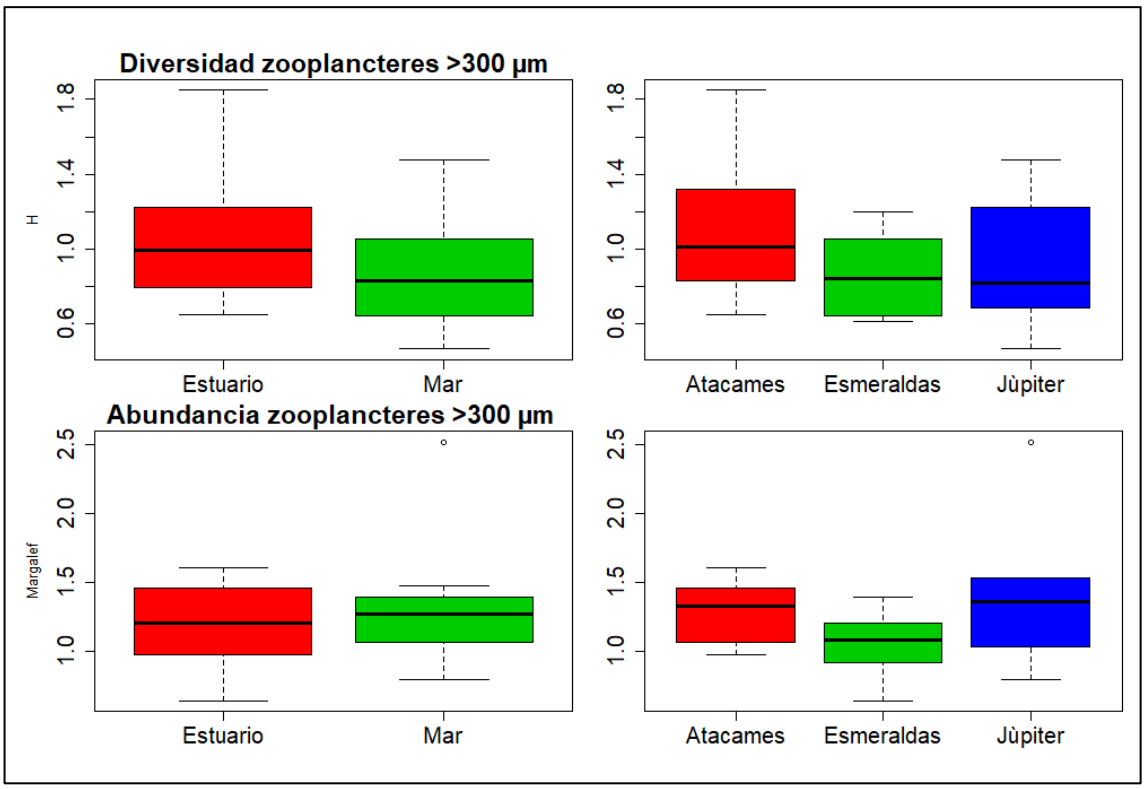


Figura 15 Diversidad del zooplancton de 300 micras de los estuarios Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul) y los según sectores Estuario (Rojo) y Mar (Verde) según Shannon (H`) y Margalef.

Según el mes de muestreo el que más abundancia promedio que se registró fue en el mes de septiembre con una diferencia mínima a mayo y el mes donde menos abundancia se dio fue en diciembre, en cuanto a la riqueza fue mayor en el mes de diciembre y menor en mayo; así mismo la diversidad según Shannon y Margalef fue más alta en diciembre y menor en mayo (Figura 16).

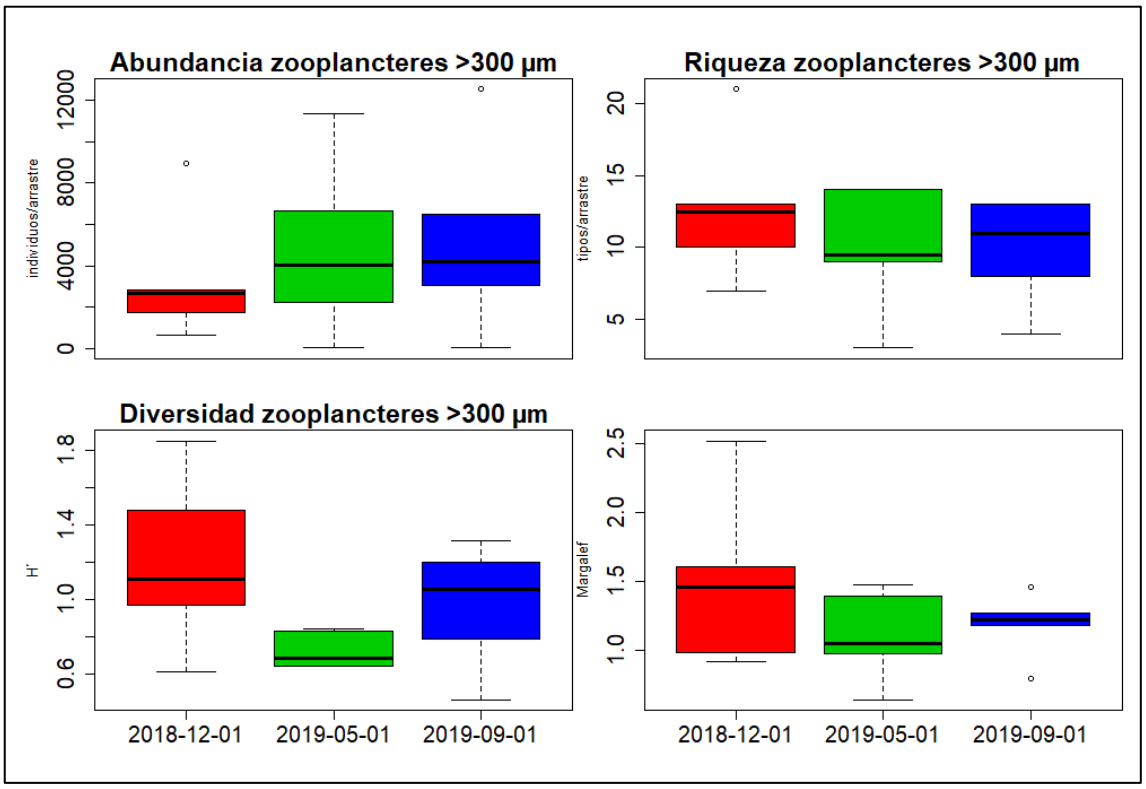


Figura 16 Abundancia, riqueza y diversidad de Shannon H` y Margalef según los meses de muestreo Diciembre (Rojo), Mayo (Verde) y Septiembre (Azul).

3.5.3 Análisis de arrastre planctónico de 500 micras.

En cuanto a la abundancia promedio que se registró en las muestras de 500 micras fue mayor en la localidad de Atacames con una mínima diferencia con Júpiter y la de menor se dio en Esmeraldas algo similar para la riqueza; en cuanto a la abundancia de mayor valor según el sector fue en el estuario y para la riqueza fue mayor en el mar con un valor mínimo para ambos sectores 6 y 5,7 especies respectivamente (Figura 17).

Según la diversidad de Shannon (H´), los tres estuarios obtuvieron diferencias significativas siendo el estuario de Atacames el más diverso y el de menor diversidad se registró en el estuario Esmeraldas, de la mimas manera para la diversidad de Margalef el estuario de más diversidad fue el de Atacames y menor el de Esmeraldas. Cabe mencionar

que según la diversidad de Shannon (H`) y Margalef, el sector más diverso fue el del estuario (Figura 18).

Según el mes de muestreo el que mayor abundancia promedio obtuvo fue el mes de septiembre, la riqueza fue mayor en septiembre y mayo, y la diversidad (Shannon H´ y Margalef) fue mayor en el mes de mayo (Figura 19).

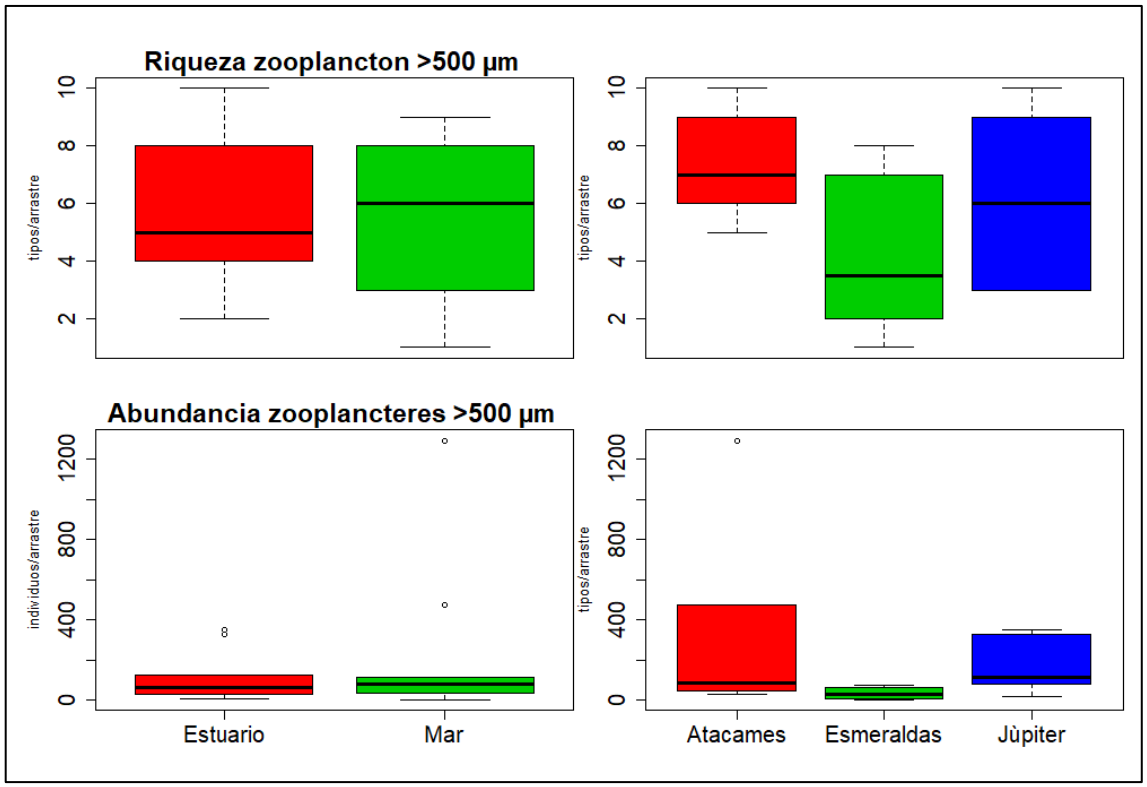


Figura 17 Abundancia y riqueza del zooplancton mayor a 500 micras de los estuarios Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul) y los según sectores Estuario (Rojo) y Mar (Verde).

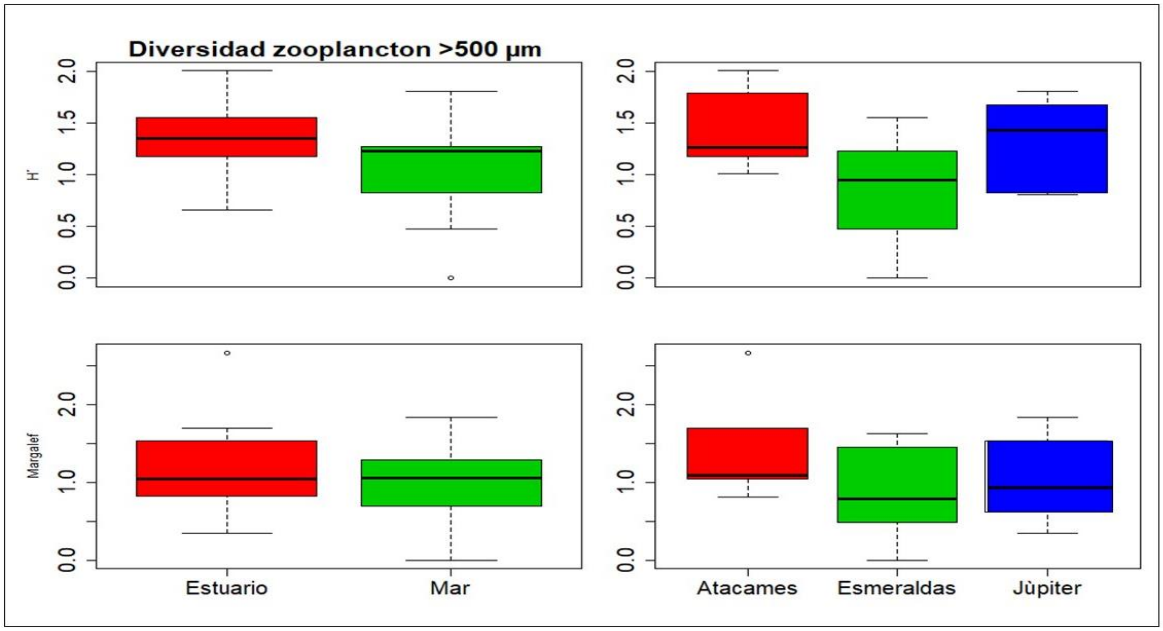


Figura 18 Diversidad del zooplancton de 500 micras de los estuarios: Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul) y sectores: Estuario (Rojo) y Mar (Verde) según Shannon (H`) y Margalef.

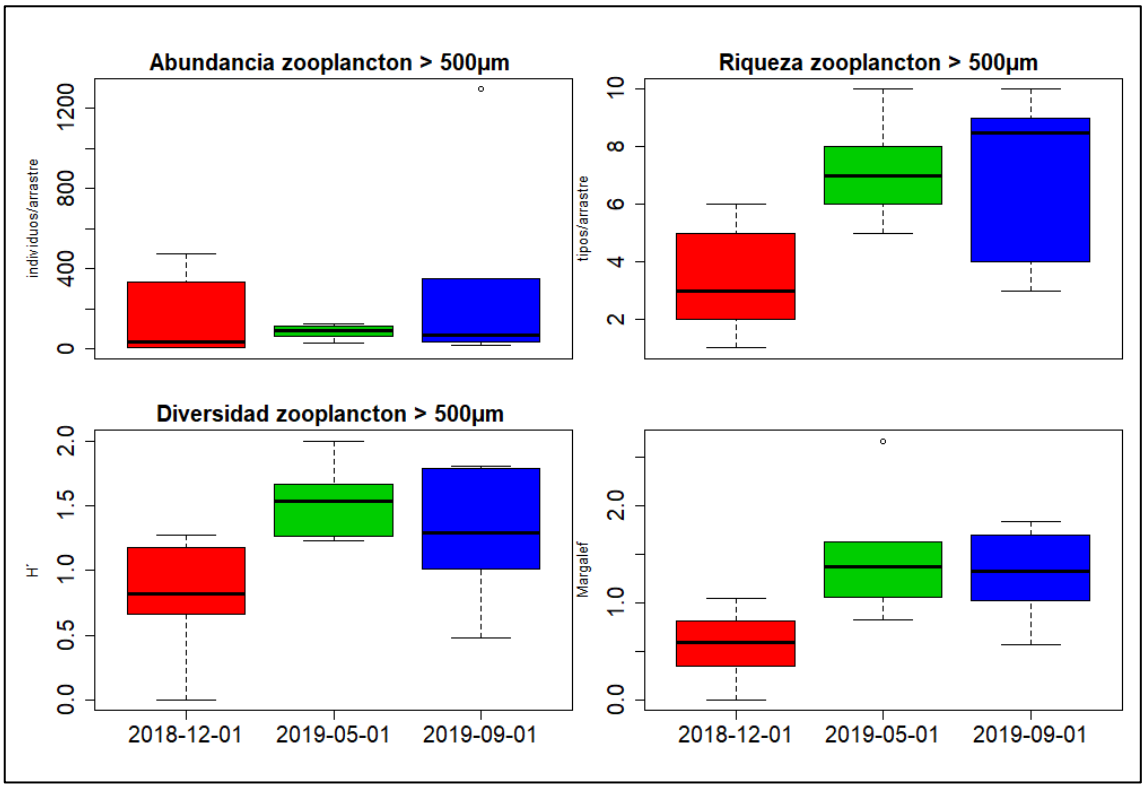
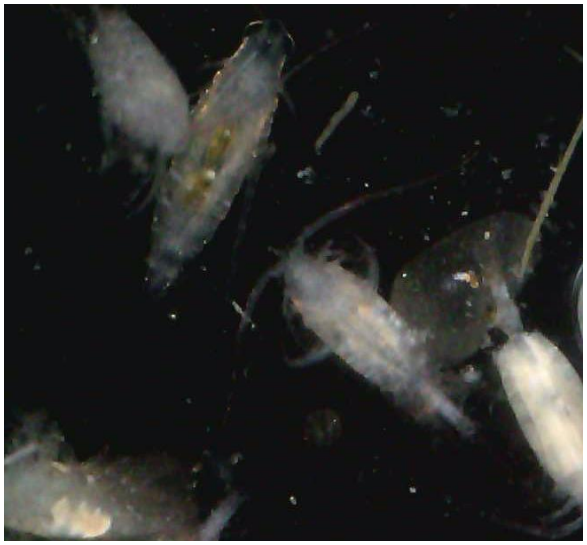


Figura 19 Abundancia, riqueza y diversidad de Shannon H` y Margalef según los meses de muestreo Diciembre (Rojo), Mayo (Verde) y Septiembre (Azul).



Fotografía 16 Copépodos calanoideos.



Fotografía 17 Chaetognatos.



Fotografía 18 Larva de cangrejo.



Fotografía 19 Camarón eufasido en desarrollo.

3.5.4 Biomasa sestónica de 300 micras

Entre los sectores tanto en estuario y mar la biomasa más alta se registró en el sector de mar abierto, en cuanto a la diferencia de los tres estuarios los valores más alto se dieron en el estuario Atacames y los menores en el estuario Esmeraldas, en lo que respecta a las fechas de muestreo el mes de mayo obtuvo los valores más altos y los menores en el mes de diciembre (Figura, 20).

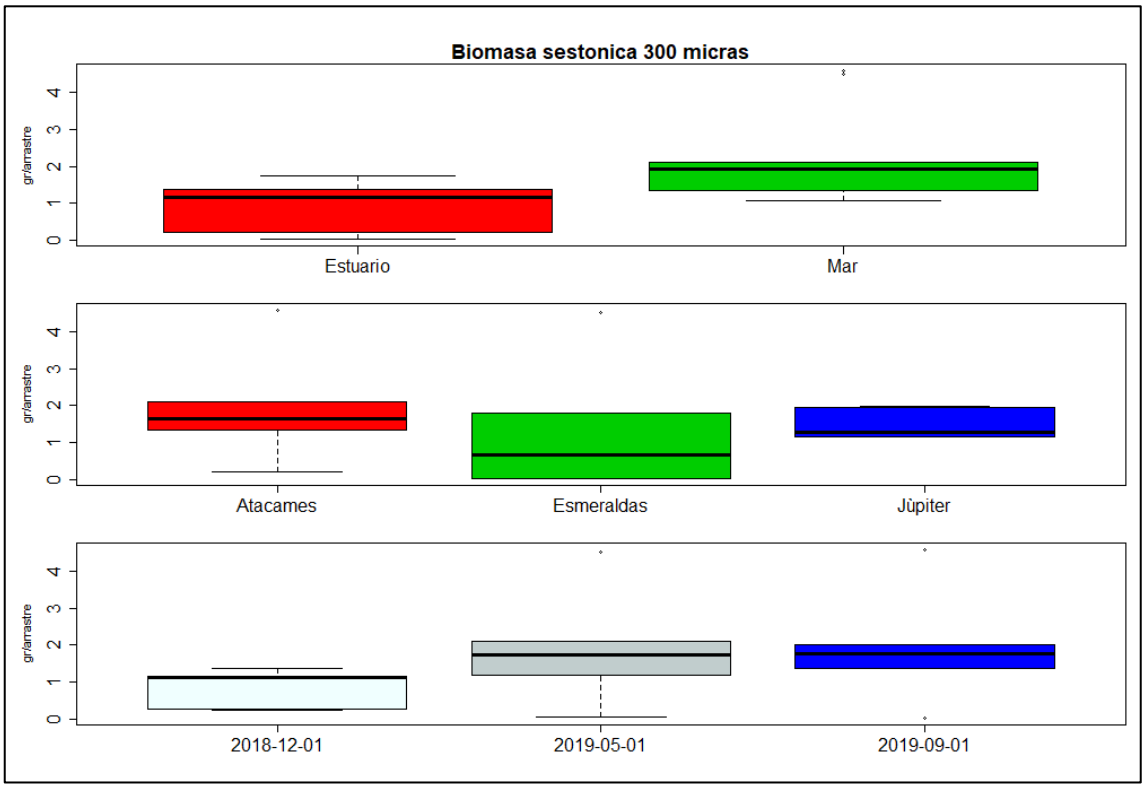


Figura 20 Biomasa sestónica de 300 micras según los sectores Estuario (Rojo), Mar (Verde), respecto a los estuarios Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul), segun los meses de muestreo Diciembre (Blanco), Mayo (Gris) y Septiembre (Azul).

3.5.5 Biomasa sestónica de 500 micras

Entre los sectores tanto en estuario y mar la biomasa más alta se registró en el sector de mar abierto, en cuanto a la diferencia de los tres estuarios los valores más alto se dieron en el estuario Atacames y los menores en el estuario Esmeraldas, en lo que respecta a las fechas de muestreo el mes de mayo obtuvo los valores más altos y los menores en el mes de diciembre (Figura, 21).

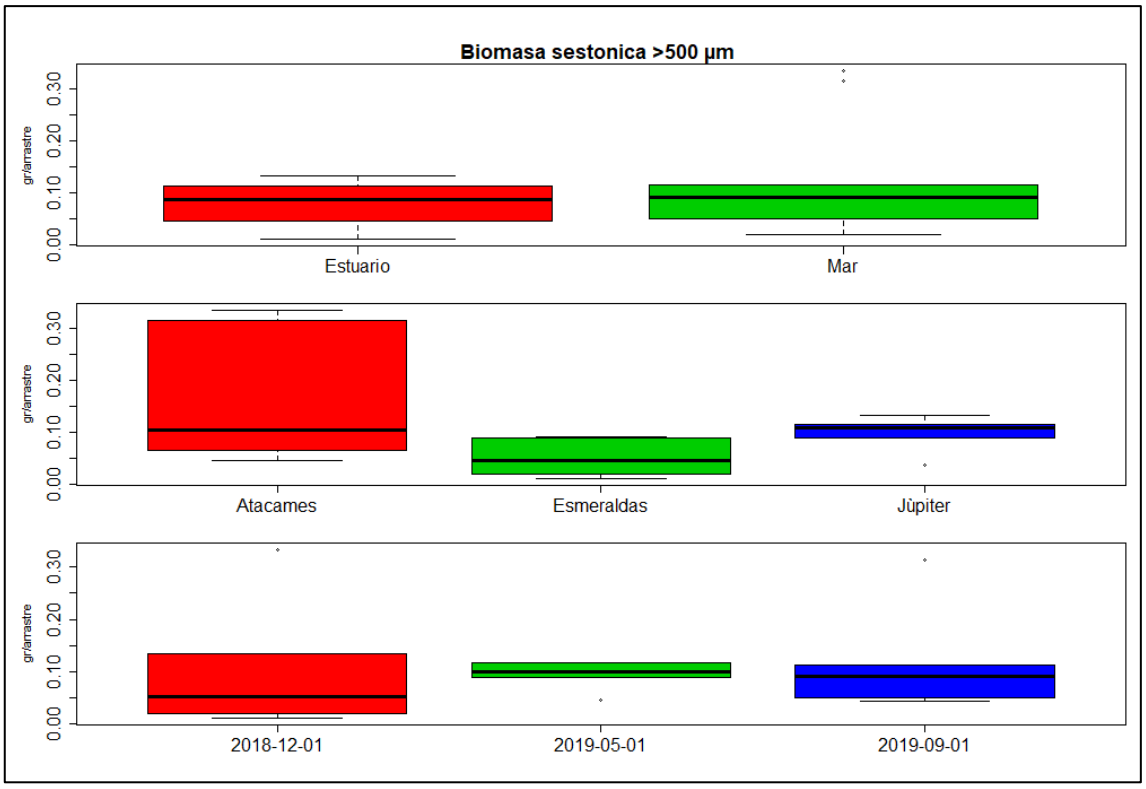


Figura 21 Biomasa sestónica de 500 micras según los sectores Estuario (Rojo), Mar (Verde), respecto a los estuarios Atacames (Rojo), Esmeraldas (Verde) y Júpiter (Azul), según los meses de muestreo Diciembre (Rojo), Mayo (Verde) y Septiembre (Azul).

3.6 Análisis de similitud de Bray-Curtis

Según este análisis de similitud también se vieron reflejados aproximadamente 10 grupos en las diferentes localidades y sectores según las fechas de muestreo uno de los grupos que más diferencias presento fue en la localidad de Júpiter en los meses de septiembre y mayo tanto el sector del mar y estuario respectivamente estas se encuentran con una mínima diferencia de similitud. Y con una mayor diferencia de similitud en su composición con el muestreo del mes de mayo en el sector del mar de Júpiter estas tres presentan una similitud mínima entre sí y una mayor diferencia con los demás grupos especialmente están más alejados de los muestreos realizados en el mes de septiembre tanto en el estuario y mar de Atacames.

Según este análisis de similitud según sus sectores y fechas de muestreo Júpiter estuvo más alejado en su composición de los demás excepto el muestreo que se realizó en el mes de diciembre en el sector del estuario el cual se solapo con los demás (Figura, 22).

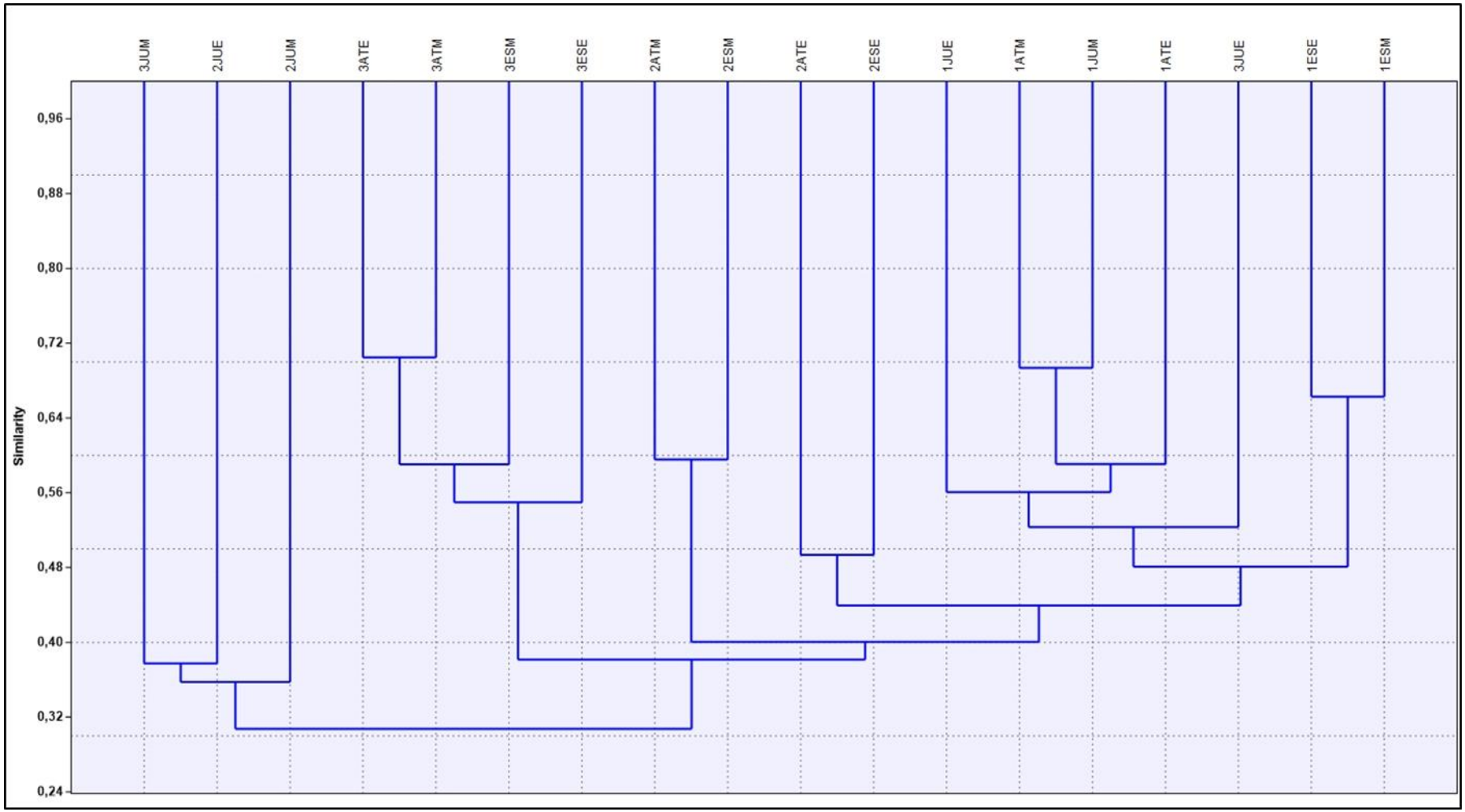


Figura 22 Análisis de similaridad de Bray-Curtis de muestras fitoplanctónicas. Según los meses de muestreo, Diciembre (1), Mayo (2) y Septiembre (3). Atacames: estuario (ATE); mar (ATM). Esmeraldas: estuario (ESE); mar (ESM). Júpiter: estuario (JUE); mar (JUM).

3.7 Parámetros fisicoquímicos del agua

3.7.1 Temperatura

La temperatura del estuario Atacames fue el que mayor valor registró teniendo diferencias significativas respecto a los otros dos estuarios siendo el estuario de júpiter el que reporto los valores más bajos.

En el mes de mayo la temperatura de los tres fluctúa alrededor de los 25,47°C a 28,27°C. En el mes de septiembre la temperatura se encontró entre los 25,61°C a 27,23ºC. Y en el mes de diciembre la temperatura estuvo entre los 26,3°C a 27,7°C. De manera general según esto los valores de temperatura más altos se dieron en el mes de mayo teniendo una mínima diferencia con el mes de diciembre siendo el mes de septiembre el que registrara los valores más bajos de temperatura con una diferencia significativa en comparación con los otros meses (Figura 23).

3.7.2 pH

En los estuarios Atacames, Esmeraldas y Júpiter en el mes de diciembre del 2018 y en el 2019 los meses de mayo y septiembre se tomaron muestras de agua para medir la temperatura y el pH de estos en donde de manera general el pH fue mayor en el mes de diciembre respecto a mayo y septiembre en cuanto a los estuarios el de Atacames en el mes diciembre fue el de mayor valor teniendo una diferencia mínima respecto a Júpiter en el mismo mes y ambos se encuentran con una diferencia significativa respecto al estuario de Esmeraldas el cual registro su valor más bajo en el mes de mayo (Figura 24).

Según la figura 24, en el mes de mayo el pH de los tres estuarios varió en promedio alrededor de los 8,19 y 7,12. En el mes de septiembre el pH se encontró entre los 8,1 y 7,3. Y en el mes de diciembre el pH estuvo entre los 8,51 y 8,37.

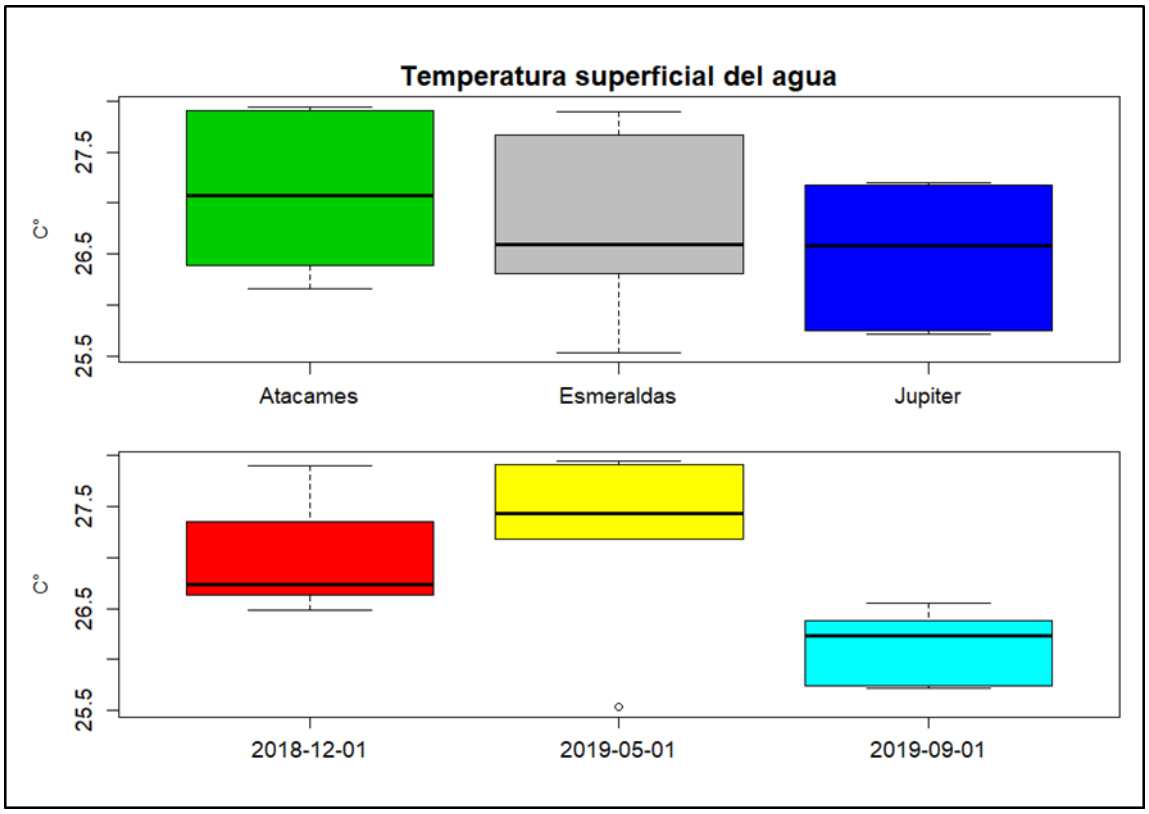


Figura 23 Temperatura de los estuarios Atacames (Verde), Esmeraldas (Gris) y Júpiter (Azul) en el gráfico superior y los meses de muestreo en la parte de abajo: diciembre (Rojo), mayo (Amarillo) y septiembre (Turquesa)

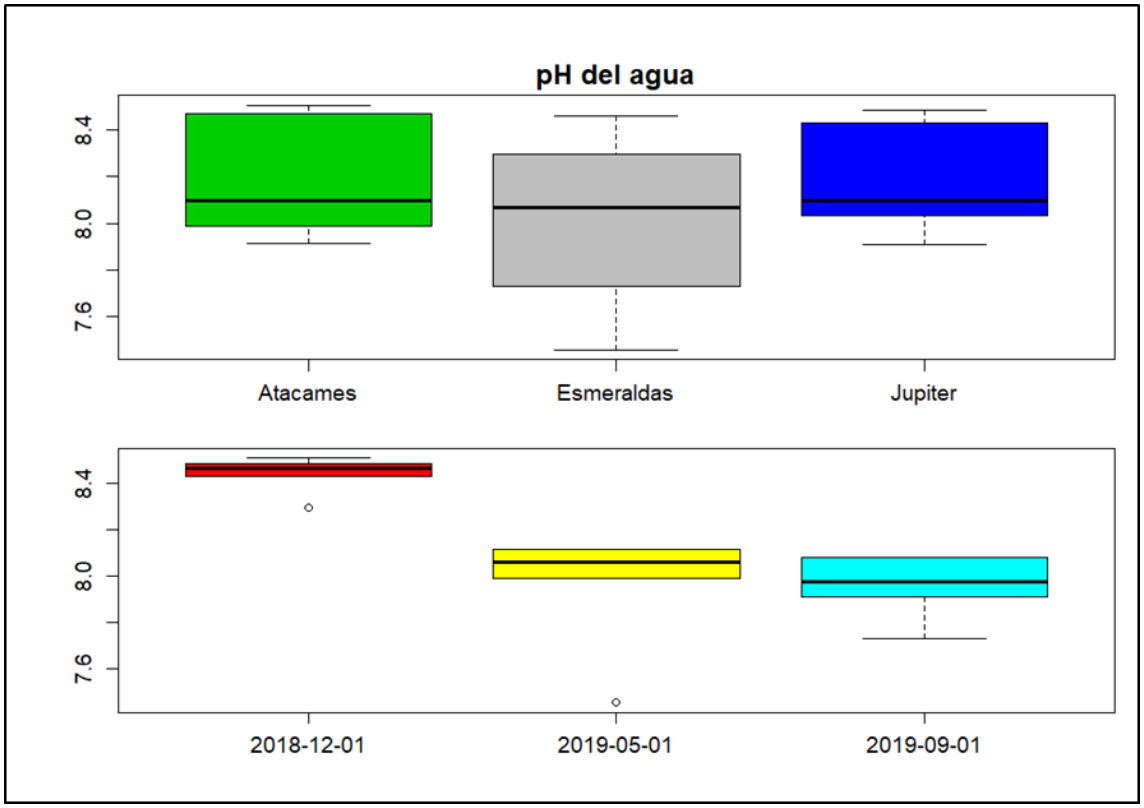


Figura 34 pH de los estuarios Atacames (Verde), Esmeraldas (Gris) y Júpiter (Azul) en el gráfico superior y los meses de muestreo en la parte de abajo: diciembre (Rojo), mayo (Amarillo) y septiembre (Turquesa).

Análisis de varianza (ANOVA), Temperatura.

Según las medias Atacames tuvo mayor temperatura respecto a Júpiter y Esmeraldas, en cuanto a los sectores de estas localidades fue mayor en Atacames en el sector de estuario y en lo que corresponde a las fechas de muestreo el mes de mayo fue donde se registró la media de temperatura más alta (Tabla, 12).

Según el ANOVA de 2 vías que se realizó en la temperatura existieron diferencias significativas entre los estuarios Atacames y Júpiter entre los estuarios Esmeraldas y Atacames también existieron diferencias, pero fueron mínimas los estuarios donde no se presentaron diferencias fueron entre Júpiter y Esmeraldas. Con respecto a las fechas los meses de mayo y diciembre no presentaron diferencias entre sí, el mes que presentó diferencias significativas fue septiembre respecto a los otros meses (Figura, 25).

Tabla 18 Media de la temperatura °C, según los estuarios, sectores y fechas.

Estuarios	Media total de los estuarios	Sector		Fechas		
		Estuario	Mar	Diciembre	mayo	Septiembre
Atacames	27.11	27.25	26.97	26.97	27.24	26.14
Esmeraldas	26.77	26.66	26.87			
Júpiter	26.50	26.46	26.54			

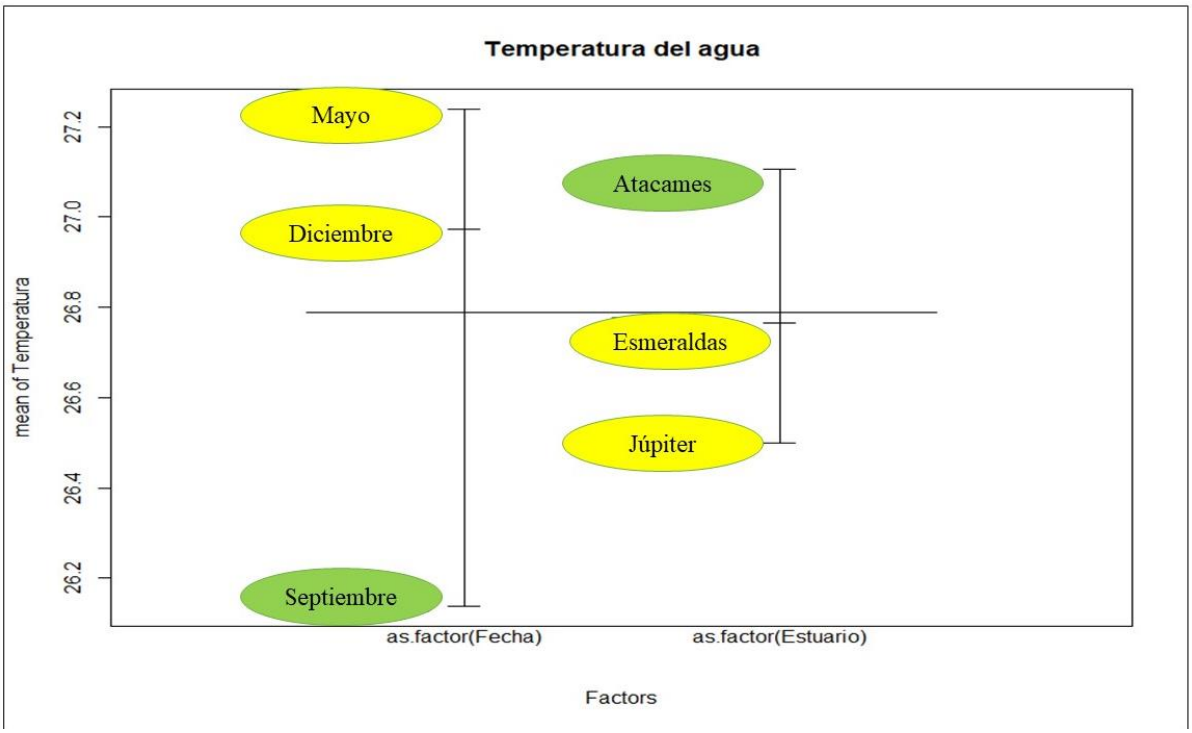


Figura 25 Temperatura: Análisis de varianza de 2 vías ANOVA según las fechas y los sectores. Verde (Presenta diferencia), Amarillo (No presentan Diferencia).

Análisis de varianza (ANOVA), pH.

Según las medias Atacames tuvo mayor pH respecto Esmeraldas y Júpiter, aunque con este último no existió mucha diferencia, en cuanto a los sectores de estas localidades fue mayor en Júpiter en el sector del mar y en lo que corresponde a las fechas de muestreo el mes de diciembre fue donde se registró la media de pH más alto (Tabla, 13).

Según el ANOVA de 2 vías que se realizó en el pH existieron diferencias significativas entre los estuarios Atacames y Júpiter fueron los únicos que no presentaron diferencias, y el estuario de Esmeraldas sí presentó diferencias significativas respecto a los otros estuarios. En cuanto a las fechas los meses de mayo y septiembre no presentaron diferencias entre sí, el mes que tuvo diferencias significativas fue diciembre respecto a los otros meses (Figura, 26).

Tabla 19 Media de pH, según los estuarios, sectores y fechas.

Estuarios	Media total de los estuarios	Sector		Fechas		
		Estuario	Mar	Diciembre	mayo	Septiembre
Atacames	8.18	8.18	8.18	8.44	7.97	7.96
Esmeraldas	8.01	7.83	8.20			
Júpiter	8.17	8.14	8.21			

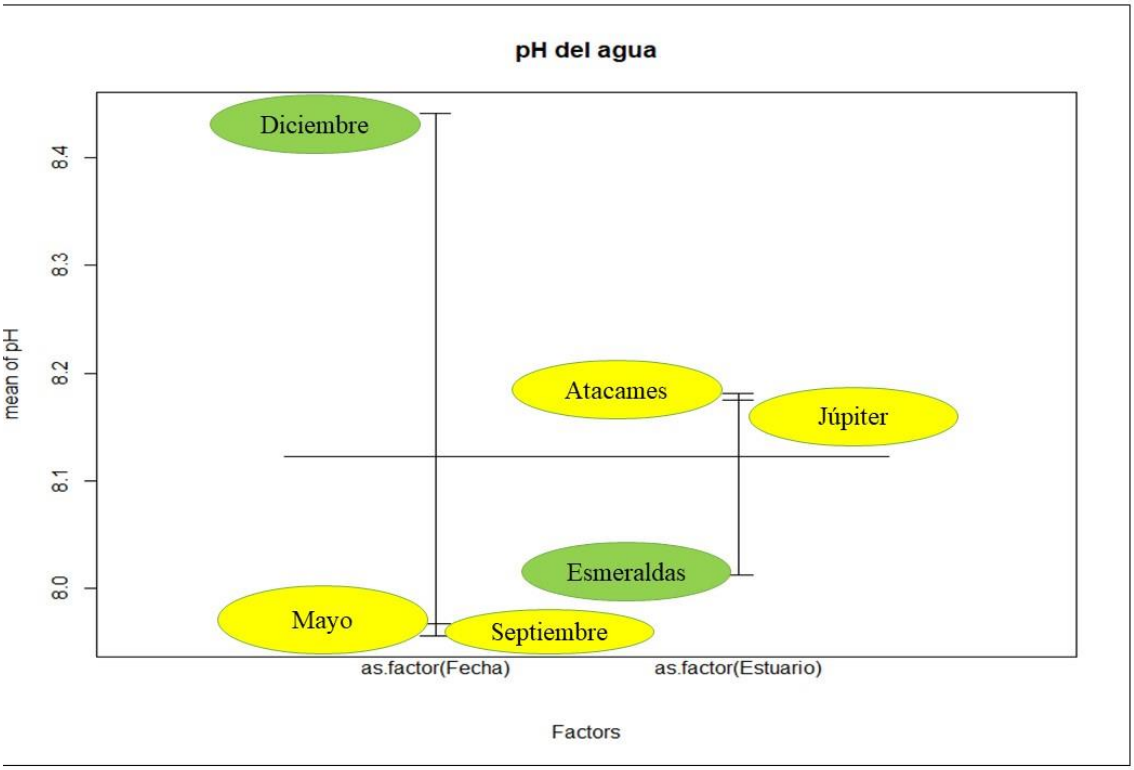


Figura 26 pH: Análisis de varianza de 2 vías ANOVA según las fechas y los sectores. Verde (Presenta diferencia), Amarillo (No presentan Diferencia).

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

Para conocer y establecer el estado y calidad de un cuerpo de agua existen diferentes maneras, una de ellas es la biológica en este caso el plancton el cual utilizamos como indicador de la calidad del agua de los estuarios está acompañado del pH y la temperatura que fueron los únicos parámetros que se lograron estimar y como apoyo para establecer algunos dominios de las especies según estos parámetros.

Por ello la utilización del fitoplancton y zooplancton como bioindicadores de la calidad del agua de los estuarios Atacames, Esmeraldas y Júpiter es apto para el estudio ya que el fitoplancton en la cadena trófica es el productor primario además de ser sensible y tolerante ante los cambios ambientales que se producen en los cuerpos de agua (7), en cuanto el zooplancton controla la mayoría de la producción secundaria de la cadena trófica en la aguas por lo que le fitoplancton y zooplancton están ligados ya que dependiendo de la cantidad de fitoplancton que exista también va a determinar la cantidad y desarrollo del zooplancton (7). En este estudio se puede determinar que en el caso del zooplancton no existen demasiados estudios de manera local y así mismo variedades de guías para identificar especies zooplanctónicas caso contrario con el fitoplancton donde encontramos protocolos para su análisis y cuantificación partiendo de una sedimentación de las muestras como es el protocolo de Utermohl (43); además de contar con estudios y guías de identificación a nivel local lo cual facilita el estudio fitoplanctónico (44).

En la comunidad planctónica encontramos lo que es el fitoplancton que proviene de organismos vegetales y zooplancton de animales siendo el fitoplancton uno de los más sensibles ya que su calidad y cantidad está asociada a los cambios que existen en su entorno donde se encuentran además de ser el productor primario por otro lado el zooplancton reacciona rápidos a los cambios de su ecosistema ya que cumple una indispensable función en el ciclo de nutrientes (9,10).

Lo que corresponde a fitoplancton, la mayor abundancia de algas se encontró en el mar registrando a *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, como las dos más abundantes. En un estudio realizado en el Océano pacifico de Colombia, *Skeletonema costatum* representó una de las especies más abundantes en este estudio debido a la temperatura la cual no varía tanto y es similar respecto a los estuarios Atacames, Júpiter y Esmeraldas (26); en otro estudio realizado por Zambrano en las desembocaduras de los

ríos Súa y Atacames utilizando como indicadores las comunidades bentónicas y planctónicas en el 2017, se encontró también que *L. danicus* aunque no fue la especie de mayor abundancia de su estudio sí fue una de las más representativas o principales de dicho estudio. En el presente estudio la localidad de Atacames fue una de las que mayor abundancia fitoplanctónica obtuvo sólo por debajo de Esmeraldas cuya diferencia es mínima y según Zambrano Atacames fue una de las localidades que mayor abundancia fitoplanctónica obtuvo en el sector de mar abierto y dentro del estuario, lo cual coincide con en el presente estudio ya que Atacames es una de las localidades con mayor abundancia tanto en el estuario como en mar abierto, lo cual puede atribuirse a que en ambos estudios la temperatura y pH de la localidad y el sector no variaron (24). En cuanto a la riqueza fue mayor en Esmeraldas durante el mes de septiembre lo cual coincide con un estudio realizado durante el 2004 y 2005 donde en esta misma localidad en septiembre presentó una mayor riqueza en el estudio (2).

Así mismo en un estudio realizado en el estuario del río Chaguana del cantón El Guabo perteneciente a la provincia de El Oro en el 2014, donde las especies del género *Skeletonema, Nitzchia, Coscinodiscus, Biddulphia, Cocconeis* la que registró una mayor dominancia respecto a las demás fue *Skeletonema* con un 48%, *Coscinodiscus* 26% y *Nitzchia* 21% (45). Todos estos géneros estuvieron presentes en el actual estudio en los estuarios Esmeraldas, Atacames y Júpiter donde el género *Skeletonema* y *Nitzchia* se encuentran presentes dentro de las 10 especies más abundantes del estudio según la tabla 4. De igual manera en un estudio realizado en el Golfo de Guayaquil se encontraron alrededor de 110 especies de fitoplancton siendo las más abundantes y con mayor dominancia la especie *Skeletonema costatum* y *Chaetoceros affinis* las cuales en presente estudio también fueron considerados entre los 10 más abundantes por lo que se puede decir que *S. costatum* es considerada una especie cosmopolita que está presente en los estudios planctónicos (46).

A parte de *S. costatum* también se encontraron otras especies en este estudio como lo es *Thalassionema nitzschioides,* estas dos especies fueron registradas y tienen una gran dominancia en el estudio realizado en la zona costera de la provincia del Guayas, Ecuador en el 2017; según este estudio estas especies son consideradas como indicadoras de aguas eutróficas por lo que se puede considerar realizar un estudio más profundo de esta índole para así poder determinar este criterio y su presencia se debe a que son especies estuarinas

pero soportan amplios ámbitos de salinidad y están asociados a zonas con grandes aportes de nutrientes sobre todo *S. costatum* (47).

En el presente estudio en el mes de septiembre es donde más abundancia fitoplanctónica se encontró al igual que en el estudio realizado por Prado (2008), frente a las costas ecuatorianas siendo más abundante las costas de Esmeraldas con especies como *S. costatum, Guinardia striata y Chaetoceros curvicetus* considerando que el mes de septiembre es unos de los meses cálidos del Ecuador, donde se puede deducir que es el mes donde más prevalencia de estas especies encontramos (48).

En los tres estuarios estudiados en sus dos sectores (Mar) y (Estuario) durante las tres etapas de muestreos la diversidad planctónica se encontró por debajo de 3 excepto en Atacames (Sector estuario) en el mes de septiembre por lo que podríamos decir que las demás se encuentra con una diversidad media o normal ya que según Shannon & Weaver (1963) nos detalla que los lugares que se encuentren igual o por encima de tres se consideran muy diversos y entre 3 y 2 con una diversidad media (49). Pero a pesar de ello es un valor que nos refleja que no están en excelentes condiciones.

En cuanto a la distribución de las especies fitoplanctónicas se registraron un total de 155 especies en las localidades analizadas durante las 3 etapas de muestreo siendo septiembre el mes de más abundancia fitoplanctónica teniendo una mayor cantidad de diatomeas o clase Bacillariophyceae, dentro de ella las especies del género *Chaetoceros* fueron los más representativos, en un estudio realizado en septiembre elaborado en el pacífico ecuatorial sobre la relación del fitoplancton y zooplancton en el 2001 encontraron una cantidad de 135 especies dentro de las cuales también estuvieron representadas por la clase Bacillariophyceae al igual que en las tres localidades existió un mayor número de *chaetoceros*, y según este estudio su abundancia está relacionada a la corriente de Humboldt (17).

En lo que corresponde a zooplancton se registraron 46 organismos diferentes con una abundancia total de 81.577 individuos entre las 2 mallas de 300 y 500 micras utilizadas para la captura de los mismos de tal manera que los copépodos del orden calanoidea fueron los organismos más abundantes con 76,5% del total de individuos capturados seguido de los chaetognatos del tipo 1 teniendo en cuenta que se registraron 3 tipos de chaetoganatos y según Martínez (2019), en un estudio de copépodos en el mar ecuatoriano reflejan que se encuentran más en los meses cálidos además determinan que su presencia

está considerada con factores bióticos y limitan la presencia de especies las cuales nos pueden ayudar a conocer las condiciones o el estado y calidad del agua (50). Debido a las diferentes corrientes y la temperatura de las aguas del Ecuador existe una alta densidad de copépodos (48).

Según el índice de similitud de Bray-Curtis los muestreos realizados en mayo del 2019 en el estuario de Júpiter se encuentran separados significativamente de los demás esto puede estar relacionado a que las aguas se encuentran en constante movimiento y durante mediados de ese mes (51), que fue que se realizó el muestreo existió un aguaje y oleaje por lo que las aguas y corrientes de Júpiter estaban fuertes y dificulto un poco el estudio ya que de los tres estuarios es el que más influencia del mar tiene como se puede observar en los mapas (Ilustración 1-3), a diferencia de los estuarios de Atacames y Esmeraldas que se encuentran alejados de las corrientes marinas.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- El estuario que mayor temperatura registró fue el estuario Atacames durante el mes de mayo. En cuanto al pH también fue mayor en Atacames durante diciembre.

- Los valores de la media de temperatura más altos se registraron en Atacames donde su diversidad y riqueza fueron mayores respecto a los otros estuarios.

- La diversidad zooplanctónica con el índice de Margalef y de Shannon se encuentran por debajo de los valores normales es decir que están con baja diversidad.

- El estuario Atacames presenta un mejor promedio de diversidad fitoplanctónico y zooplanctónico respecto a Esmeraldas y Júpiter.

- Las especies más representativas de fitoplancton fueron *Leptocylindrus danicus, Skeletonema costatum, Thalassionema nitzschioides, Hemiaulus hauckii, Rhizosolenia stolterfothii, Chaetoceros affini,* y los individuos más abundantes en cuanto a zooplancton fueron los copépodos y chaetognatos.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de las mismas características y con menos tiempo entre muestreos para así poder determinar con mayor eficacia los índices en este tipo de estudios.

- Tomar la mayor cantidad de datos físicos y químicos para poder encontrar alguna relación mayor de estos datos con el estado ecológicos de los estuarios.

- Conseguir todos los materiales necesarios para la toma de muestras además de que tengan una mejor eficiencia y también contratar embarcaciones que se ajuste al proyecto y a lo que se va a realizar en el campo.

- Sería de gran importancia la ayuda de las entidades encargadas como Ministerio del Ambiente y universidades para realizar un estudio de los estuarios y la calidad de estos en la provincia de Esmeraldas y así determinar el estado de los estuarios.

REFERENCIAS

1. Bharathi MD, Sarma VVSS, Ramaneswari K. Intra-annual variations in phytoplankton biomass and its composition in the tropical estuary: Influence of river discharge. Mar Pollut Bull [Internet]. 2018;129(1):14–25. Available from: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.007

2. Tapia ME, Naranjo C. Caracterización del plancton en bahía de caráquez y en el estuario del rio chone, ecuador durante marzo de 2012. Acta Ocean del Pacífico. 2015;20(1):57–69.

3. Lacerda C, Frédou T, Frédou FL. Trophic flow structure of a neotropical estuary in northeastern Brazil and the comparison of ecosystem model indicators of estuaries. J Mar Syst [Internet]. 2018;#pagerange#. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2018.02.007

4. Escobar MJ, Terneus E, Yánez P. El Plancton Como Bioindicador De La Calidad Del Agua En Zonas Agrícolas Andinas: Análisis De Caso. Qualitas [Internet]. 2013;5(February 2016):17–37. Available from: http://www.unibe.edu.ec/index.php/la-universidadinicio/revista-cientifica-qualitas/38-menu-principal/258-volumen-5

5. Ortiz-Gallarza, S. y Ortega-Rubio A. Los organismos bentónicos como bioindicadores de la salud ecológica de los océanos. Bioindicadores Guard nuestro Futur Ambient. 2014;173–92.

6. Kumar MS. Do mergers reduce corporate investment? evidence from United Kingdom experience. Cambridge J Econ. 1981;5(2):107–18.

7. Rubén Escribano y Leonardo Castro. Plancton Y Productivida. Biol Mar y Oceanogr. 2003;I:289–302.

8. Samanez I, Rimarachin V, Palma C, Ortega H. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú [Internet]. Centro de Documentación Ambiental. 2014. 75 p. Available from: http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf

9. Lisboa U De. El fitoplancton como indicador de calidad de masas de agua muy modificadas en la DMA . El lago artificial de As Pontes (A Coruña . España). 2016;97:85–97.

10. García-Chicote J. El zooplancton como indicador de la calidad del agua en embalses. Un estudio en el ámbito de actuación de la Confederación Hidrográfica del Júcar. 2015;368.

11. Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE). Refugio de Vida Silvestre Manglares estuario Río Muisne. Generación de geoinformación para la gestiñon del territorio a nivel nacional. Geomorfología. 2017;

12. Tobergte DR, Curtis S. Estuarios Y Sistemas Estuarinos. J Chem Inf Model [Internet]. 2013;53(9):1689–99. Available from: https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/594389/mod_resource/content/0/Capitulo 1 Libro guia 2014.pdf

13. Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho del mar. Derecho del mar Boletín. 2015;2014(84):1–16.

14. Holt EA, Miller SW. How do we assess the impacts of human activities on natural ecosystems ? What can the biota tell us about the environment and its response to natural stress ? Introduction What Is a Bioindicator ? Nat Educ Knowl. 2011;1–10.

15. Mohammed JS. Progress in Oceanography Micro- and nanotechnologies in plankton research. Prog Oceanogr [Internet]. 2015; Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2015.03.010

16. Tilstone GH, Lange PK, Misra A, Brewin RJW, Cain T. Progress in Oceanography Micro-phytoplankton photosynthesis , primary production and potential export production in the Atlantic Ocean. Prog Oceanogr [Internet]. 2017;1–21. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2017.01.006

17. Salazar E, Mero M, Torres G, Calderón T, Franco V. Relación fitoplancton-zooplancton en el Pacífico Ecuatorial (Ecuador), durante septiembre 2001. 2003.

18. Giering SLC, Wells SR, Mayers KMJ, Schuster H, Fileman E, Atkinson A, et al. Seasonal variation of zooplankton community structure and trophic position in the Celtic Sea : a stable isotope and biovolume spectrum approach. Prog Oceanogr [Internet]. 2018; Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2018.03.012

19. Torres G, Andrade C. Diagnóstico del plancton en el estuario de San Lorenzo en agosto 2006 (Esmeraldas-Ecuador). INOCAR. 2007;14 Nº1.

20. Del N, Marítimo P, Bajo DEG. Facultad de Ingeniería Marítima , Ciencias Biológicas , Oceánicas y Presentado por : 2015;

21. García L, Retamales. R. Ictioplancton y peces del estuario del río Chone, Manabí, Ecuador, durante enero 2006-marzo 2007. 2014;(March 2007):12–25.

22. Naranjo C. Zooplancton en el estuario interior del golfo de Guayaquil durante mayo del 2001. 2002;11(1):101–12.

23. EcoCostas. Caracterización de la Calidad de Agua del Estuario de Cojimíes , entre las Provincias de Esmeraldas y Manabí , Ecuador. Cent Reg para el Manejo Ecosistemas Costeros [Internet]. 2007;63. Available from: http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/belen/Caracterizacion de estudio de agua del Estuario de Cojimies.pdf

24. Zambrano M. ESTADO ECOLÓGICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA DESEMBOCADURA DE LOS RÍOS SÚA Y ATACAMES UTILIZANDO COMO INDICADORES, COMUNIDADES PLANCTÓNICAS Y BENTÓNICAS. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas; 2017.

25. Giraldo A, Valencia B, Acevedo JD, Rivera M. Fitoplancton y zooplancton en el

área marina protegida de Isla Gorgona, Colombia, y su relación con variables oceanográficas en estaciones lluviosa y seca. Rev Biol Trop. 2014;62(February):117.

26. Giraldo A, Germán Ramírez D. Fitoplancton costero en Cabo Marzo y Punta Cruces, margen nororiental del Océano Pacífico colombiano. Boletín Científico CIOH. 2010;(28):173–203.

27. Salcedo J, Coello D. Dinámica del plancton en la primera milla náutica frente a la provincia de El Oro, Ecuador. Rev Biol Trop. 2018;66(2):836.

28. Asamblea Nacional del Ecuador. Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. 2006;3–5.

29. Asamblea Nacional del Ecuador. Constitución del ecuador.

30. Asamblea Nacional del Ecuador. Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua. Libro VI.

31. Montaño GAC. Inversión Turística Sustentable en El Estuario del Río Esmeraldas. 2011;1–60. Available from: http://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/24000/3820/1/MONOGRAFÍA IAEN.pdf

32. Batioja C. Análisis de la gestión administrativa del refugio de vida silvestre manglares Estuario Río Esmeraldas, provincia de Esmeraldas. 2017;90. Available from: https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/997/1/BATIOJA CHARCOPA CLARA RAQUEL.pdf

33. GADME (Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Esmeraldas). Proyecto: Arborización en los parterres centrales de la Av. Libertad y Kennedy desde la calle P. Palomino hasta las calles S. Plata Torres. 2014;

34. INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). Proyecciones de población PARROQUIAL 2010-2020. 2010.

35. Rodriguez A. Caracterizacion de la Calidad de las Aguas y Sedimentos del Rio Atacames 2002 [Internet]. Vol. 12, Acta Oceanografica del Pacifico. 2004. p. 8. Available from: https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta12/OCE1201_3.pdf

36. GADMA (Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Atacames). Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Atacames 2014-2019. 2014;(593):547.

37. General I, Territorio DEL. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Bolivar.

38. GIZ, PUCESE. Hacia un Manejo Adaptativo del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Muisne, Provincia de Esmeraldas. Sistematización de la aplicación de la metodología Manejo Adaptativo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO). 2018;

39. GAD Daule. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARROQUIA RURAL.

40. Vega M a, Rocha F, Osorio C. Variaciones espaciales y temporales de paralarvas

de cefalópodos en el Canal Moraleda (43º S), Sur de Chile. Cienc y Tecnol Mar. 2000;23(Ml):69–82.

41. Bernal R, Balbontín F. Distribución y abundancia de las larvas de peces desde el Estrecho de Magallanes hasta el Cabo de Hornos, Chile. Cienc y Tecnol del Mar, CONA. 2003;26(1):85–92.

42. Sampling IP. Standard Operating Procedure for Phytoplankton Sample Collection and Preservation Field Procedures. Qual Assur Syst Requir. 2002;(March):1–20.

43. Durán C, Prados M, URS. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Confed Hidrográfica del Ebro [Internet]. 2005;235. Available from: https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf

44. Jiménes R, Pesantes F, Zambrano I, Bonilla D, Cruz M, Luzuriaga de Cruz M, et al. Acta Oceanográfica del Pacífico. 2 da Edici. Goméz H, editor. Ecuador: INOCAR Ciencias del Mar; 2014.

45. Rodríguez DPCZ. Estudio del planctonen el estuario del Río Chaguana. Universidad Técnica de Machala; 2012.

46. Tapia ME. Estudio de las Comunidades del Fitoplancton en los Rìos Daule, Guayas y Estero Salado. 2002;11(1):79–90.

47. Prado-España M, Troccoli-Ghinaglia L, Cajas-Flores J. Análisis del estado trófico y microfitoplancton de la zona costera de la provincia del Guayas, Ecuador. Bol Investig Mar y Costeras. 2017;46(2):91–114.

48. Prado M. Variabilidad de plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante el 2008. Bol cintifico y Técnico. 2009;20(5):24–42.

49. . Shannon, C. E., & Weaver W. The Mathematical of Theory of Comunication. Univ Illinois Press Urbana [Internet]. 1963 Sep; Available from: http://ieeexplore.ieee.org/document/1065451/

50. Martínez Marcial BM. Análisis de la comunidad de copépodos epipelágicos en el mar ecuatoriano. 2019;

51. INOCAR. Tabla de Mareas Puertos del Ecuador [Internet]. 2019. Available from: https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/calendario-aguajes