



## **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y

Recursos Naturales

**“COMPOSICIÓN PLANCTÓNICA EN EL CANAL DE  
NAVEGACIÓN DEL PUERTO MARÍTIMO DE GUAYAQUIL BAJO  
CONDICIONES DE DRAGADO “**

### **TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de:

### **BIÓLOGO**

Presentado por:

**DORLY GISELL CEVALLOS VELÁSQUEZ**

**Guayaquil- Ecuador**

**2015**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia por el apoyo brindado durante toda mi vida, a mi director del tesis el Dr. José Chang por su ayuda y consejos en la elaboracion de este trabajo. Agradezco a mis maestros de catedra y de vida.

Agradezco al CEMA por facilitarme datos e informaicon necesaria para el análisis estadístico, por permitirme ser parte de su equipo en los muestreos y en las oficinas donde hice buenas amistades.

A la Blga. Rosa Garcia del INP.

A German, por su apoyo incondicional, a Karla Tituana por su ayuda con los mapas.

A mis amigos: Adriana, Kerly, Ruddy, Boris, Kevin, David y Amit.

A mi mentor y amigo Caribeño, sin su ayuda no hubiera sido posible cumplir este sueño.

## **DEDICATORIA**

“La coincidencia es la forma en que Dios  
permenece anónimo”

-Albert Einstein

A Dorly y Arturo: Mis motores

Sughey: Mi compañía

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Eduardo Cervantes  
**DECANO DE FIMCBOR**

---

Dr. José Chang Gómez  
**DIRECTOR**

---

Ms.C Jerry Landívar  
**VOCAL PRINCIPAL**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

---

Dorly Gisell Cevallos Velásquez

## RESUMEN

El Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, es una vía marítima de vital importancia para el transporte marítimo del Ecuador. Por el canal de acceso circula la mayor parte de las importaciones y exportaciones del País, y debido a ello, las operaciones de dragado han sido útiles para brindar mantenimiento y seguridad en navegación de buques con gran calado.

El ecosistema del Canal de navegación es estuarino, por lo cual sus aguas abastecen piscinas acuícolas asentadas en esta zona y el plancton como organismo regulador, indicador de calidad y protector del camarón juega un rol sustancial en su calidad y productividad. En el siguiente estudio se analizó la diversidad de los géneros fitoplanctónicos y zooplanctónicos muestreados en 8 boyas del Canal de Navegación al Puerto Marítimo de Guayaquil durante los inviernos del 2011 al 2014 en arrastre vertical.

En el análisis estadístico se generaron matrices de datos y se aplicó el índice de Shannon y Weaver; si bien el cálculo genera una estimación respecto de la abundancia de cada especie en la comunidad, también se aplicó una medida de confiabilidad del estimador, la cual consistió en remuestreos de bootstrap, método que nos permitió construir histogramas para observar la distribución y análisis de varianza a través del tiempo.

Con la información de diversidad por año y por boya, se estimaron las medias clasificadas por ambos niveles. Es decir, se generaron matrices de datos de tamaño  $8 \times 4$ , con los valores de diversidad estimados para cada boya por año y matrices de  $p \times 4$ , con los valores de las especies tanto para fitoplancton como zooplancton, respectivamente, estas matrices fueron representadas mediante un mapas de calor o "Heatmap".

Adicionalmente se determinó la relación de las variables físico-químicas con el modelo de regresión lineal de Pearson, el cual nos mostró la correlación que existió entre las diversidades planctónicas y el Ph, Temperatura, Oxígeno Disuelto y turbidez.



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ABREVIATURAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO 1	
MARCO TEÓRICO.....	8
1.1    Importancia del Dragado.....	8
1.1.1 Desarrollo Urbano.....	8
1.1.2 Energía.....	9
1.1.3 Protección de Costas.....	9
1.1.4 Navegación.....	10
1.2    Estadísticas de Navegación.....	10
1.2.1    Estadísticas de Navegación en Ecuador.....	11
1.3    Impactos del dragado.....	15
1.3.1    Turbidez.....	15
1.3.2    Sólidos Suspendidos.....	16

1.3.3	Especies.....	16	
1.4	Estuario.....	17	
1.4.1	Estuario del Estero Salado .....	19	
1.5	Diversidad.....	23	
1.6	Componentes de la Diversidad Biológica .....	24	
1.7	Índices de Diversidad Biológica .....	25	
1.7.1	Índice de Diversidad Alfa .....	25	
1.7.2	Índice de Diversidad Beta.....	25	
1.7.3	Índice de Diversidad Gamma .....	27	
1.8	Diversidad Funcional y Servicios Eco sistémicos .....	28	
1.9	Diversidad planctónica.....	30	
CAPÍTULO 2			
METODOLOGÍA .....			32
2.1	Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil .....	32	
2.2	Medición de parámetros Físico-Químicos.....	35	
2.3	Recolección de Muestras.....	35	
2.3.1	Fitoplancton .....	36	
2.3.2	Zooplancton.....	38	
2.4	Análisis de Datos .....	40	
CAPITULO 3			
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....			51
3.1	Análisis de Biodiversidad Fitoplancton .....	44	

3.1.1	Análisis varianza.....	47
3.1.2	Diversidad fitoplactónica por boyas. ....	48
3.1.3	Abundancia fitoplactónica.....	51
3.2	Análisis de Biodiversidad Zooplancton .....	56
3.2.1	Análisis de varianza.....	58
3.2.2	Diversidad zooplanctónicas por boyas. ....	59
3.2.3	Abundancia Zooplacntónica por anos .....	62
3.3	Análisis de correlación de Pearson diversidad planctónica con parámetros físico-químicos. ....	65
	CONCLUSIONES .....	68
	RECOMENDACIONES.....	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	72

## ABREVIATURAS

APG	Autoridad Portuaria de Guayaquil
CEDA	Central Dredging Association
CEMA	Centro de Estudios del Medio Ambiente
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
DEME	Dredging Environmental & Marine Engineering
EIA	Estudio de impacto Ambiental
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
g/l	Gramos por litro
IADC	International Association of Dredging Companies
ind/m <sup>2</sup>	Individuo por metro cuadrado
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
km <sup>2</sup>	Kilómetros cuadrados
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transporte
m <sup>3</sup> /d	Metros cúbicos por día
mg/l	Miligramos por litro
ml	Mililitros
O.D	Oxígeno Disuelto
OMS	Organización Mundial de la Salud

ONU	Organización de las Naciones Unidas
pH	Potencial de hidrógeno
SPMF	Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial
µm	Micrómetros
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Exportaciones de la Industria Acuícola y Pesca de Camarón. ¡Error!	
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 2: Comparación del PIB Total y el PIB de la Industria Acuícola y Pesca de Camarón .....	7
Figura 3: Mercado Marítimo Mundial .....	11
Figura 4: Importaciones y Exportaciones en Puertos Nacionales.....	12
Figura 5: Índice de Conectividad de Carga Marítima del Ecuador.....	14
Figura 6: Esquema de los Índices de Diversidad Alfa.....	26
Figura 7: Esquema de los Índices de Diversidad Beta.....	27
Figura 8: Esquema de los Índices de Diversidad Gamma¡Error!	<b>Marcador no definido.</b>
Figura 9: Diversidad Funcional en respuesta a los cambios globales y Servicios Ecosistémicos .....	30
Figura 10: Puntos de Muestreo del Canal de acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil.....	34
Figura 11 Distribución y estimación de intervalos de confianza de bootstrap del índice de biodiversidad del fitoplancton para cada año¡Error!	<b>Marcador no definido.</b>

Figura 12: Comparación de medias múltiples: Teste DGC; **Error! Marcador no definido.**

Figura 13: Mapa de Calor y análisis de conglomerados para la biodiversidad del fitoplancton..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 14: Mapa de calor del fitoplancton en géneros por años ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 15: Distribución y estimación de intervalos de confianza bootstrap del índice de biodiversidad del zooplancton para cada año; **Error! Marcador no definido.**

Figura 16: comparación de medias múltiples: Test DGC; **Error! Marcador no definido.**

Figura 17: Mapa de calor y análisis de conglomerados para la biodiversidad del zooplancton..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 18: Mapa de Calor del zooplancton de géneros por años..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 19: Análisis de correlación entre diversidad biológica y parámetros físico-químicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de los Puertos del Ecuador.....	13
--	----



## INTRODUCCIÓN

El dragado es una actividad requerida en puertos y canales de navegación, construcciones y regeneración de playas para mantener el desarrollo económico y demandas en las costas de todo el mundo [1]. Durante todo el proceso de dragado el ambiente marino recibe impactos causados por la excavación, transporte y depósito del material extraído, estos impactos pueden ser significativos en especies marinas sensibles [2].

Los ecosistemas nos proporcionan servicios ecosistémicos asociados a la diversidad, es decir bienes de la naturaleza que son aprovechados por el hombre y que además son parte fundamental para el equilibrio y regulación de los procesos físico-químicos y biológicos[3,4].

Las operaciones de dragado alteran las condiciones físicas, químicas y microbiológicas de los ecosistemas marinos, estos parámetros son un determinante para la diversidad biológica[5]. Estudios sobre los efectos antropológicos en comunidades acuáticas señalan las de especies pequeñas como el plancton, con alto índice de reproducción, son los más sensibles a las respuestas ante perturbaciones del medio [6].

El plancton es el productor primario de los mares, y de estos organismos depende el equilibrio en todos los peldaños de la cadena trófica [7]. Sin embargo, la productividad primaria no solo es importante para el equilibrio y

regulación de los ecosistemas, sino también para un desarrollo económico sustentable.

El fitoplancton es uno de elementos más importantes para el camarón, debido a brinda protección y es indicador de calidad del agua en las piscinas camaroneras .En el canal de navegación al puerto marítimo de Guayaquil se encuentran concentradas una gran cantidad de empresas camaroneras cuya producción depende directamente de la calidad del agua que se toma del estero salado.

Según las estadísticas del Banco central del Ecuador [8], el Ecuador es uno de los principales exportadores de camarón, las exportaciones del producto han aumentado representando al sector de Acuicultura y pesca de camarón con un 21.16% de del total de exportaciones no petroleras.

En 2014 se rompió record en exportaciones superando incluso al banano; sin embargo el aumento en las exportaciones ha aumentado debido a que el camarón de las principales competencias se enfrenta a una bacteria llamada *Vibrio parahemolyticus* originando el síndrome de mortalidad temprana del camarón que causa mortalidad extremadamente alta en cultivos de fase inicial y diezma la producción [9].

Con ayuda de la bioestadística podemos determinar en magnitud cual es el efecto del dragado sobre la diversidad, haciendo uso de índices de biodiversidad, de métodos descriptivos y analíticos que nos muestra el

estado actual del ecosistema estuarino ubicado en Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

Estudiar la distribución planctónica en el Canal de Navegación al Puerto de Guayaquil bajo condiciones de dragado durante los inviernos del 2011 al 2014.

### **Específicos:**

- Estudiar diversidad biológica en el Canal de Navegación al Puerto Marítimo de Guayaquil en el periodo 2011-2014 en especies de fitoplancton y zooplancton haciendo uso del Índice de Shannon y Weaver.
- Estudiar la relación entre las condiciones físico-químicas y biológicas de la zona.
- Comprobar si el Índice de Shannon y Weaver es útil observar la variabilidad planctónica el Canal de Navegación del Puerto Marítimo de Guayaquil

## JUSTIFICACIÓN

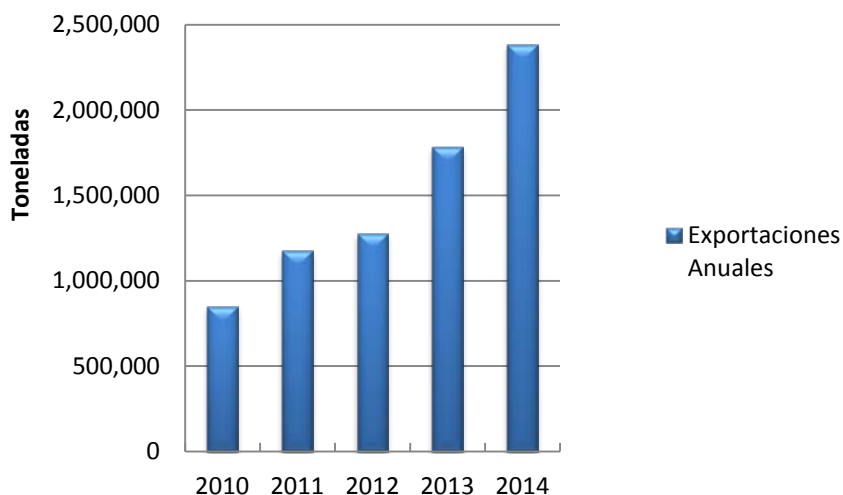
Entre los de los problemas que preocupan el sector ambiental y camaronero es la suspensión de sedimentos como resultado de las operaciones de dragado en el canal de acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, el cual consiste en remover material del fondo marino y reubicarlo en una depresión natural al oeste de la isla Puná.

Alteraciones física en la batimetría, tipos de pesca y alteraciones químicas contribuyen al deterioro de la calidad del agua [10], efecto negativo para los procesos fotosintéticos; que por consecuencia altera producción primaria y la cadena trófica llegando a impactar incluso a las empresas camaroneras circundantes.

Como consecuencia del desequilibrio de la productividad primaria en las aguas del golfo de Guayaquil representaría disminuciones significativas en la productividad camaronera; ya que el fitoplancton le brinda a las piscinas alimentación y como indicadores de calidad de agua; estos organismos nos dan pautas sobre la salud del mismo. Enfermedades como la mancha blanca, muerte temprana causan pérdidas económicas en el sector alimenticio, con consecuencias en el ámbito social.

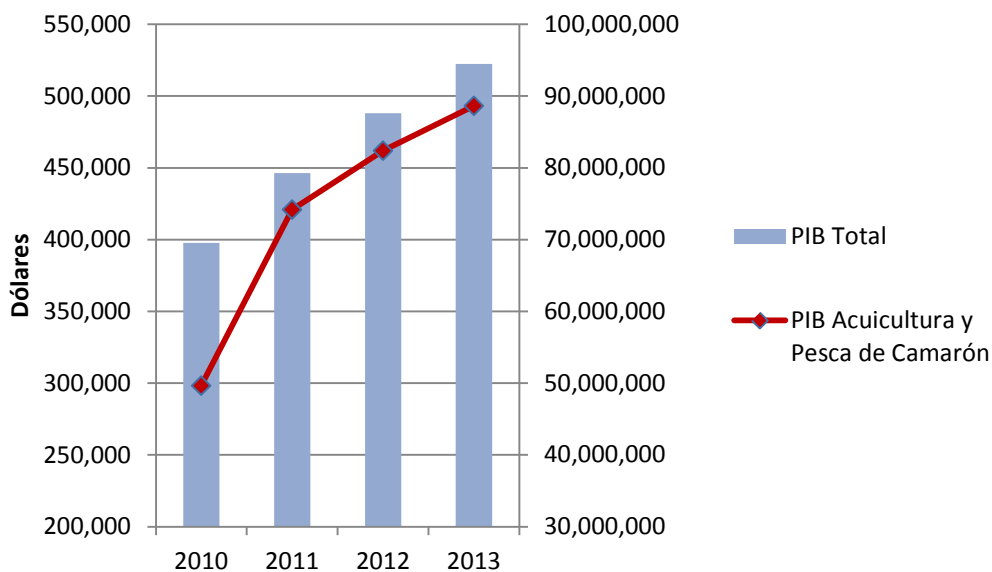
Las exportaciones de camarón han aumentado en estos últimos años (figura1) y ha abastecido la demanda mundial que algunos países asiáticos como competencia no suplieron. Con esta oportunidad el Ecuador que ha

surgido como uno de los principales exportadores de camarón. (Banco Central del Ecuador, 2014).



**Figura1:** Exportaciones de la Industria Acuícola y Pesca de Camarón (Fuente: Banco Central del Ecuador)

Los valores de PIB aportados por la industria Acuícola han incrementado a la par del PIB total (figura 2) y esto es debido a que, la especie que cultivamos y comercializamos (*Litopenaus vannamei*) pasa por rigurosos análisis de calidad y clasificación antes de ser empaquetados y exportados como camarón de clase A o clase B [11]. No obstante el aumento de producción no depende solo del personal capacitado, depende también del medio en que se desarrolla la industria: El entorno natural.



**Figura2:** Comparación del PIB Total y el PIB de la Industria Acuícola y Pesca de Camarón (Fuente: Banco Central del Ecuador)

La nutrición humana es uno de los principales enfoques globales a resolver, y la diversidad desempeña un papel valioso, ya que permite la productividad sostenible y aporta recursos genéticos para el ganado, cosechas y especies marinas. Los nutrientes contenidos en los alimentos pueden ser inferidos por la variedad de especies que consumimos. Conservar la biodiversidad es un factor primordial para la disponibilidad de alimentos variados, lo cual es un determinante para la salud [12].

# **CAPITULO 1**

## **MARCO TEÓRICO**

El dragado es una actividad necesaria para el desarrollo económico de la sociedad, consiste en remover material desde el fondo de ríos, mares o lagos y reubicarlo a beneficio. Se presenta comúnmente como una solución a problemas de navegación, desarrollo urbano, protección de costas y demanda energética [13].

### **1.1 Desarrollo Urbano**

El dragado es una herramienta necesaria para el desarrollo de infraestructuras urbanas. A medida que aumenta la población mundial, la demanda de áreas para viviendas, edificios, espacio recreativos e industrias incrementa; Actualmente la población mundial supera los 7,200 millones según la [14] de los cuales el 23% de la población vive a menos de 100 km



de la costa. Según proyecciones para el 2050 y la expansión urbana en zonas costeras aumentara al 50% de los valores actuales [15,16]

### **1.1.1 Energía**

A pesar de que las energías renovables ofrecen altera nativas como fuente de abastecimiento energético, para el 2010 la matriz energética de los países latinoamericanos debió ser en un mínimo del 10% por energía sustentable [17], sin embargo la mayoría de países dependen directamente de energías no renovables como combustibles fósiles y la demanda de petróleo sigue en aumento a la par del aumento poblacional, esto nos conduce a explorar lugares remotos en el fondo del mar. Con la finalidad de conseguir fuentes energéticas y el dragado es una herramienta ampliamente utilizada para crear estaciones petroleras en aguas abiertas, preparar el lecho marino, cavar zanjas, y hacer llenos [18].

### **1.1.2 Protección de Costas**

Como resultado del aumento de la temperatura en por le cambio climático, el nivel del mar ha aumentado, y consigo las inundaciones. La protección en las costas proveen defensa contra desastres naturales como: erosión, inundaciones, huracanes, tifones. Con las operaciones de dragado se construyen diques, trampas de arena, espigones, estabilización de dunas de

arena, estas son opciones que la ingeniería civil ofrece opciones para salvaguardar las costas [19].

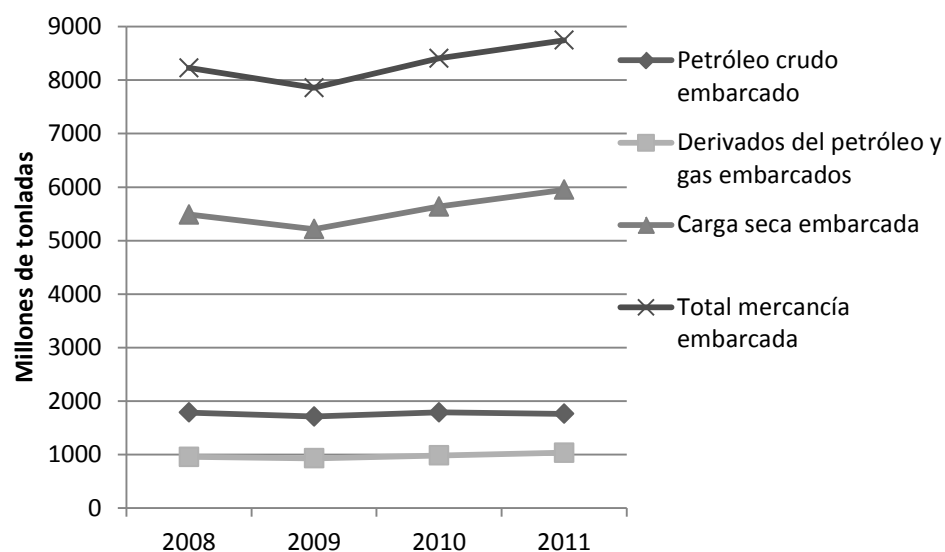
### **1.1.3 Navegación**

En el mercado internacional la Navegación juega un rollo decisivo, más del 80% de la carga mundial es trasportada por vías marítimas y se gestiona en puertos [20].

Anteriormente contábamos con buques cuya máxima capacidad era de 16.000 TEU, pero actualmente algunos buques cuentan con la capacidad de 18.000 TEU [18]. Este desarrollo naviero demanda de mayor eficiencia en canales y puertos, por lo que le dragado se ha convertido en un aliado para dar mantenimiento en canales de navegación o crear nuevos puertos.

## **1.2 Estadísticas de Navegación**

Con el paso de los años mayor es la cantidad de materia prima, mercaderías y combustibles transportados por vías marítimas y gracias al desarrollo tecnológico, las navieras han incrementado su capacidad de carga (figura 3).



**Figura 3:** Mercado Marítimo Mundial. (Fuente: Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo)

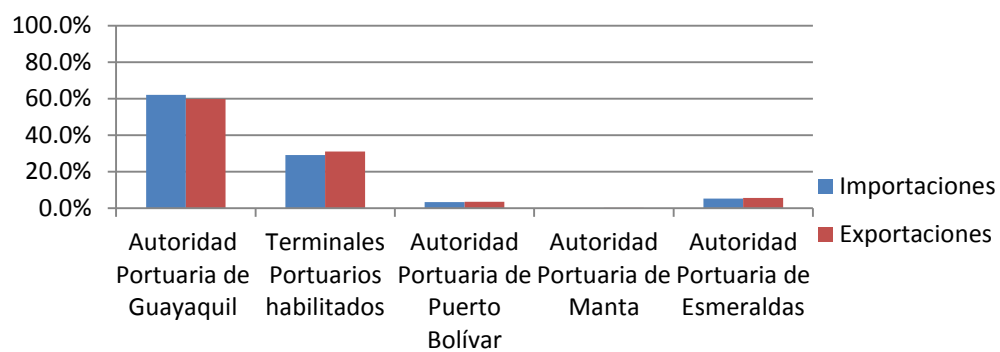
### 1.2.1 Estadísticas de Navegación en Ecuador

El transporte marítimo (embarque) genera millones de dólares en divisas mundiales, en el 2012 generó un total de US\$ 23.770.000 millones para comercio Ecuatoriano [21].

De los puertos existentes en el Ecuador, el puerto de Guayaquil lidera con el mayor movimiento de carga (figura 4), a pesar de su largo canal de acceso en comparación al puerto de Esmeraldas y al puerto Bolívar (Tabla 1) [22].

Según datos de la subsecretaría de transporte marítimo y fluvial, solo el 0,1 de los buques con un calado entre 9,77 y 11 m ingresan a los atracaderos

de APG debido a los problemas de sedimentación que presenta el canal de acceso (STPMF, 2012)

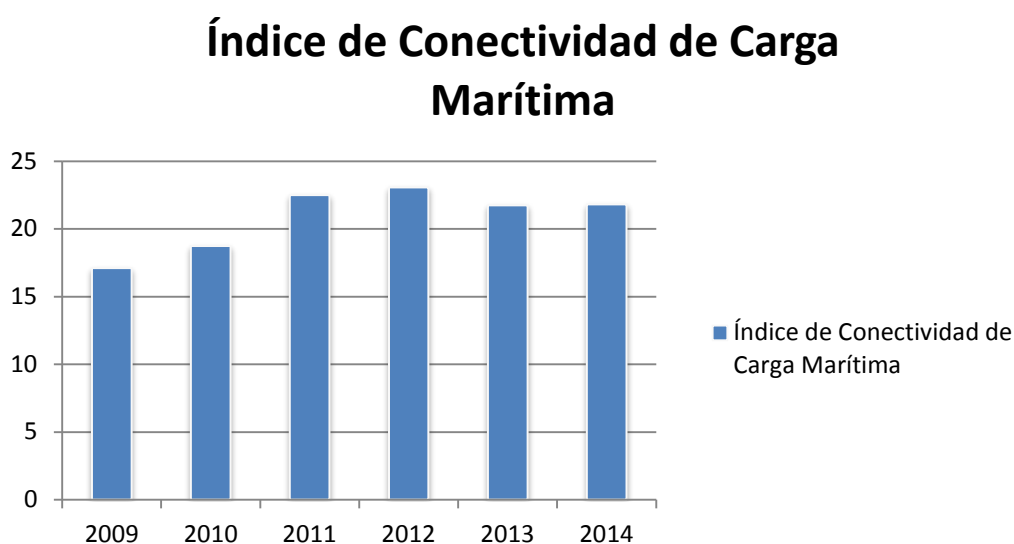


**Figura 4:** Importaciones y Exportaciones en Puertos Nacionales (Fuente: Subsecretaría de puertos y transporte marítimo y fluvial, 2012)

**Tabla 1:** Comparación de los Puertos del Ecuador .(Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 2013)

PUERTO	CANAL DE ACCESO
<b>Puerto Bolívar</b>	Posee un corto canal de acceso, que comienza desde la boya de mar hasta sus terminales, que tiene una distancia de 4.5 millas (9 kilómetros).
<b>Puerto de Esmeraldas</b>	Corto canal de acceso, calado máximo 11 metros
<b>Puerto de Guayaquil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud de canal de acceso: 51 millas náuticas, divididas entre canal exterior de ambiente marino (10.8 millas náuticas), canal interior con influencia estuarina (40.2 millas náuticas)</li> <li>• Ancho: 400 pies.</li> <li>• Amplitud promedio marea de entrada: 3.8 metros.</li> </ul>
<b>Puerto de Manta</b>	<p>Sin canal de acceso, puerto abierto al mar. A 24 horas del canal Panamá. Situado a 25 millas náuticas de la ruta internacional. Es el puerto más saliente de la costa Pacífico sur, y más cerca de Asia.</p> <p>Atraque a muelle a 60 minutos desde la ruta internacional.</p>

El movimiento de contenedores, capacidad de carga, compañías de transporte y tamaño de buques son los componentes que nos permiten medir la capacidad de comunicación que tienen los países a las redes de transporte marítimo [24]. En la figura 5 notamos que el índice de conectividad de carga marítima del Ecuador se incrementó desde el 2009 hasta el 2012 y en el 2013 decreció y se ha mantenido hasta el 2014, sin embargo en el 2010 Ecuador fue el país con mayor crecimiento en movimiento de contenedores con un incremento del 49,2% [25].



**Figura 5:** Índice de Conectividad de Carga Marítima del Ecuador (Fuente: Conferencia sobre las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, 2010)

### **1.3 Impactos del dragado**

Las alteraciones más comunes sobre los ecosistemas acuáticos son causadas por la intervención del hombre ya sean de forma física (dragados) o química, descargando de agua, lodos, introduciendo materia orgánica e inorgánica, y sustancias químicas [26].

Según John B Herbich [27] la huella ecológica por el dragado desde la extracción del material hasta su depósito en organismos vivos incluye destrucción del hábitad, migración de especies, cambios en el DBO, DQO, aparición de especies oportunistas, cobertura de vegetación y especies y bioacumulación.

#### **1.3.1 Turbidez**

Las medidas de turbidez se expresan numéricamente de diferentes maneras: total de sólidos suspendidos (miligramos por litro) , concentración de sedimentos suspendidos (miligramos por litro), unidades nefelométricas de turbidez (NTU), disco secchi (cm), coeficiente de atenuación (Kd), utilizar de las diferentes medidas de turbidez, dependerá de la distribución, contribución del fitoplancton y contenido orgánico. La luz disminuye a medida que aumenta la profundidad, fenómeno llamado atenuación [1].

La productividad primaria en el agua al igual que en la tierra está controlada por la radiación solar; la penetración de la luz es un determinante para la fotosíntesis [28], las partículas sólidas y materia disuelta dificulta los procesos fotosintéticos en aguas profundas.

### **1.3.2 Sólidos Suspendidos**

Arena, grava o limo removido del fondo conduce a una disminución de la transparencia del agua, debido a que aumenta la suspensión de sedimentos en la columna de agua e incrementa la probabilidad de contaminación por alto contenido de nutrientes (Eutrofización), en casos de tratarse de sedimentos con alto contenido de materia orgánica y como consecuencia se ven reducidas las concentraciones de oxígeno [2].

### **1.3.3 Especies**

Plantas, vertebrados e invertebrados son extraídos de su nicho ecológico y enterrados al depositar el material de dragado, se altera la diversidad biológica y su recuperación varía de meses hasta varios años dependiendo del tipo de material extraído [26].



Otro de los efectos adversos es la alteración en los patrones alimenticios de las especies que se alimentan por filtración, debido a que los sedimentos suspendidos entorpecen los procesos [2].

#### **1.4 Estuario**

Las características bióticas y abióticas de estuarios reflejan, en gran medida lo que es un ecosistema estuarino, pero para entender a fondo estos ecosistemas y sus funciones primero es necesario conocer su geología, oceanografía y procesos químicos [29].

Según Pitchard [30], los estuarios son cuerpos de agua originados por la mezcla de aguas dulces y marinas; Sin embargo los sistemas estuarinos engloban un concepto más amplio que involucra procesos químicos, físicos y biológicos, siendo los estuarios cuerpos de agua semicerrados, con conexión al mar abierto y donde el agua de mar contenida está moderadamente diluida por el agua dulce de las cuencas hidrográficas.

Los estuarios se ven influenciados por cuatro componentes principales : Caudal, escurrimiento de los ríos, mareas, transporte de sedimento, atmosfera. A causa de la mezcla de aguas continentales con las oceánicas, los sistemas estuarinos contienen una gran cantidad de nutrientes, materia orgánica, sedimentos; los estuarios son uno de los ecosistemas más

productivos del mundo y cumplen funciones importantes para la reproducción de especies, alimentación y crecimiento [31].

El proceso de formación de los estuarios se considera un accidente geológico en la línea del tiempo, es decir, los ríos abrieron camino a través de las planicies costeras en un trascurso de 10.000 a 12.000 años cuando el nivel del mar era 100 metros menor al que tenemos en la actualidad; el nivel del mar ascendió y se interceptó con los sedimentos aportados por ríos, dándole la conformación actual geomórfica a los estuarios [32].

La clasificación geomorfológica de los estuarios según Pitchard [30] pueden ser: Valle de río inundado, tipo fiordos, Frente a la barrera arenosa, Origen tectónico, deltas de Ríos.

Los valles de río inundados se caracterizan por sus cuencas en formas de "V", posee acceso directo al mar, está influenciada por uno o más ríos, con profundidades medias. Los estuarios de tipo fiordos, su cuenca es en forma de "U", de grandes profundidades, ríos o glaciares. Los estuarios frente de barrera arenosa, se encuentran perpendiculares a las costas, con limitado contacto al mar y aguas poco profundas; los estuarios de origen tectónico se caracterizan por ubicarse paralelo a las costas, pueden estar influenciado o no por ríos y bancos arenosos; Deltas de Ríos: se encuentran diagonales a las costas, se caracteriza por su alta sedimentación, aguas poco profundas.

Según la estratificación vertical, los estuarios pueden clasificarse en Cuna Salina, parcialmente mezclados, y bien mezclados. Los estuarios de cuna salina están altamente influenciado por los ríos y con poca influencia mareal; los estuarios totalmente mezclados, es lo opuesto a los estuarios de cunas salinas con mayor influencia de las mareas y menor influencia de los ríos [33].

El movimiento de las aguas influencia directamente a todos los organismos al alterar físicamente su ecosistema, entre las alteraciones físicas están la temperatura y nutrientes necesarios para la productividad primaria, además la circulación oceánica determina la dispersión de larvas, y la colonización de nuevos espacios [34].

Los estuarios representan el 8% de los océanos y estos han sido utilizados ampliamente y el impacto antropológico ha incrementado a medida por décadas. Debido a que representan el 50 % de territorio para actividades acuícolas y a los múltiples beneficios que obtenemos de estos ecosistemas [35].

#### **1.4.1 Estuario del Estero Salado**

El estuario del Rio Guayas- Estero Salado está ubicado entre los 2 y 3 grados de latitud sur, y entre los 79 ° y 40'a 89 ° 20' formando parte del Golfo

de Guayaquil, inicia en Guayaquil extendiéndose 75 km ensanchándose gradualmente hacia el canal del Morro , una entrante de mar con delta submarino extenso [36].

Una de las características más importantes de este estuario es su alta diversidad biológica que se ve enriquecida por su estratégica ubicación geográfica y por los ríos que desembocan en el golfo; así también por sus variables oceanográficas como: Precipitación, temperatura, salinidad, pH, materia orgánica, clorofila, etc. El estero salado de Guayaquil es un brazo de mar que forma parte del Golfo de Guayaquil, una de las costas más productivas de Sudamérica [37], además es la zona de mayor producción de pesca artesanal del Ecuador. Presenta características especiales tiene una diversidad única compuesta por poblaciones de peces, aves, reptiles, invertebrados y otros grupos ecológicos comercialmente importantes [38].

Según su estructura geonómica el estuario interior está clasificado como estuario tectónico [38] .El clima de la zona y la circulación de masa de aguas están influenciados por las aportaciones de agua dulce proveniente de los ríos y a su vez por los viento. Existe una corriente de fondo lenta, ascendente y de agua salina que desplaza a las aguas de los ríos.

Las ramificaciones del estero salado desembocan en el extremo norte de Guayaquil, área poblada, que recepta desechos urbanos y residuos industriales del 50% de industrias guayaquileñas. La principal influencia del

Golfo de Guayaquil, es le Ríos Guayas con una longitud de 50 Km, aporta la estero salado una cantidad de 850 m<sup>3</sup> /seg volumen de agua y de 36.800 ton/ día de sedimentos [39].

Al interior del Estero Salado se tiene un análisis más complejo donde la geometría del sistema estuarino y la conexión con el Río Guayas en el canal del Cascajal, influyen la circulación del agua .De mediciones efectuadas se encontró que el agua oscila sobre distancias entre 10 y 30 km con velocidades máximas de 0.5 a 2.0 m/s, en el interior del Estero Salado [40].

La amplitud de la marea puede variar según las fases de la luna, aún más el estuario del Río Guayas tiene una complicada geometría, que sumado a la fricción hidráulica producen que la onda de la marea se deforme gradualmente, haciendo q su amplitud se incremente en medida que se ingresa en el Estero Salado. Para el Golfo de Guayaquil la amplitud de la marea de 1.5 a 2.5m en las fases de cuadratura y de sicigia respectivamente, mientras que en el interior del Estero Salado, en el Puerto Marítimo de Guayaquil las amplitudes alcanzan valores de entre 2.1 y 3.6m; y cerca de la ciudad de Guayaquil las amplitudes alcanzan valores hasta 2.9 y 4.0m para las mismas fases de marea [41].

Según Cruz [ 42] los principales aportes de agua dulce al estero salado son los siguientes:

- El mayor flujo de Agua dulce proviene del río Guayas por medio del canal Cascajal
- En la estación húmeda, el agua dulce circula por los riachuelos hasta los canales superiores del Estero
- El Río Guayas se mezcla con el estero salado por medio de la Esclusa del estero Cobina, por donde los barcos pasan.

La formación del estero salado se debe a los sedimentos aportados por el Río Guayas, debido a la gran cantidad de estos sedimentos han construido un sistema de islas separados por canales y una gran barrera desde Guayaquil hasta la Isla Puna [43].

En el Estero salado las profundidades y composición del fondo son variables, se distinguen 3 sectores claramente [36]:

1. Desde la desembocadura hasta 10 km hacia adentro, la profundidad disminuye progresivamente de 20m a 8 m y la carga sedimentaria aumenta desde 0 hasta 10m.
2. En la parte media del estero salado, el fondo es plano y la profundidad se mantiene en 8 m y sedimentos aumentan.
3. Cerca de Guayaquil las profundidades aumentan y se mantienen los valores de sedimento.

En el estuario interior el gradiente espacial de salinidad se ve directamente influenciado por la época de lluvias, existe una diferencia notable entre la época seca y lluviosa, mientras que en el estuario exterior no se ve muy afectado por las precipitaciones y cambian a la posición de isohalinas. En el Estero Salado se tienen diferencias entre las salinidades de fondo y de superficie, esto se debe a las corrientes no son iguales en la columna de agua [38].

Las sales inorgánicas disueltas en el medio en el cual se desarrollan las especies estuarinas, podría afectar potencialmente su productividad por la presión osmótica que ejerce sobre ellos. En zonas costeras el fitoplancton puede desarrollarse en condiciones óptimas en cuanto a salinidad a su vez en cultivos de laboratorios donde la salinidad puede ser suministrada adecuadamente en un rango de 20-25 ppmil. El fitoplancton se adapta a condiciones osmóticas ajustando la condición interna de solutos y se pone en equilibrio al medio externo [44].

## **1.5 Diversidad**

Inicialmente estudios sobre ecología se centraban en las especies y su función con el nicho ecológico como manera explicativa de la riqueza, las ideas sobre ecología y diversidad han sido modificadas paulativamente [45]. En los años 80 los conceptos sobre diversidad tuvieron auge exponencial

con diversas aportaciones científicas . En 1980, Lovely uso utilizo el termino diversidad biotica para un informe para referirse a la cantidad de especies presentes, asi mismo Nurse y McManus en otro informe se refirió a la diversiad como el numero de especies en una diversiad de organismos [46,47].

En 1992 el convenio sobre la diversidad biologica en Rio de Janeiro definió la diversidad como La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, los ecosistemas terrestres, marinos y complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas [48].

## **1.6 Componentes de la Diversidad Biológica**

En 1960 Roberto Whittaker ideo la forma de categorizar la diversidad basandose en la localizacion [49]. Separó la diversidad en tres componentes: alfa  $\alpha$ , Beta  $\beta$ , y Gamma  $\gamma$ .

Diversidad Gamma , la cual se refiere al numero de especies a escala regional, es la diversidad intrinseca de un paisaje.

Diversdiad alfa es la que se mide localmente, es decir en zonas de poca extension y la diversidad beta se define como la diferencia que existe entre el comunidades alfa y recambio de especies.



Los componentes alfa y beta se recombinan para formar la diversidad gamma , es decir estos tres conceptos existe una interaccion activa que determina la diversidad global [50].

## **1.7 Índices de Diversidad Biológica**

La diversidad a nivel de organismos esta relacionada a la medida de riqueza de especies, existen diversos indices que nos permiten medir la diversidad biologica [51], estos indices estan divididos según el componente biologico al que pertenece.

### **1.7.1 Índice de Diversidad Alfa**

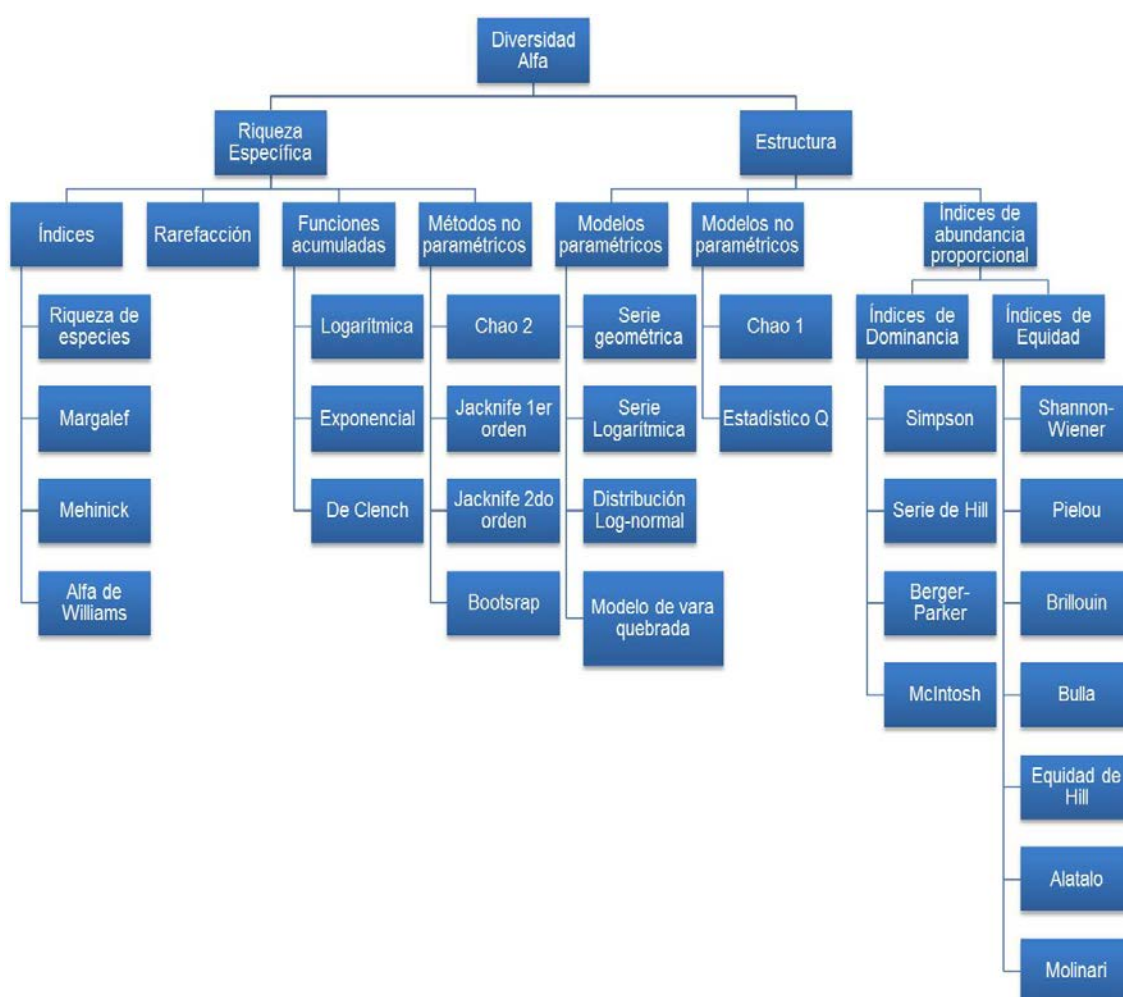
Los indices de diversidad alfa corresponde al número de especies en un sitio puntual, se dividen en funcion a la variable biologica que miden [52].

1. Métodos basados en la distribucion, riqueza y abundancia de la especie.
2. Técnicas basadas en la estructura de la comunida. (figura 6)

### **1.7.2 Índice de Diversidad Beta**

La diversidad de beta el reambio entre especies de dos puntos , esta basada en porporciones que deben evaluarse con indices de coeficientes de similitud, desimilitud o distancia entre muestras a partir de datos.

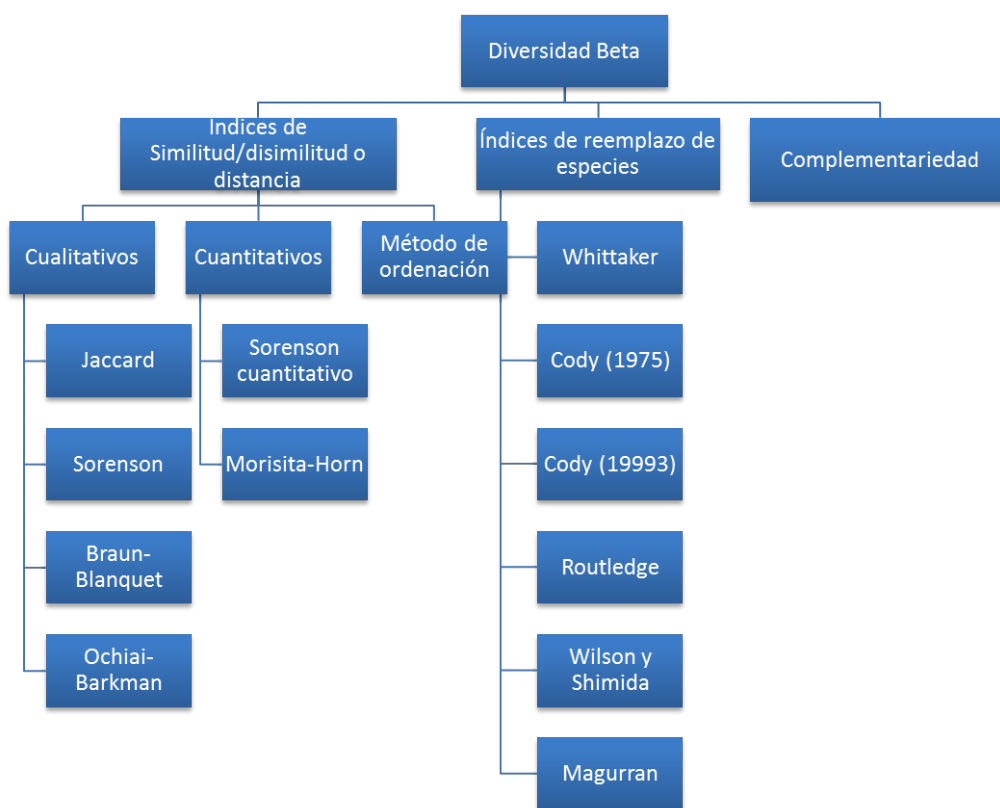
Los índices de diversidad beta están divididos en 3 grupos: Índices de disimilitud o distancias, índices de reemplazo de especies e índices de complementaridad (figura 7).



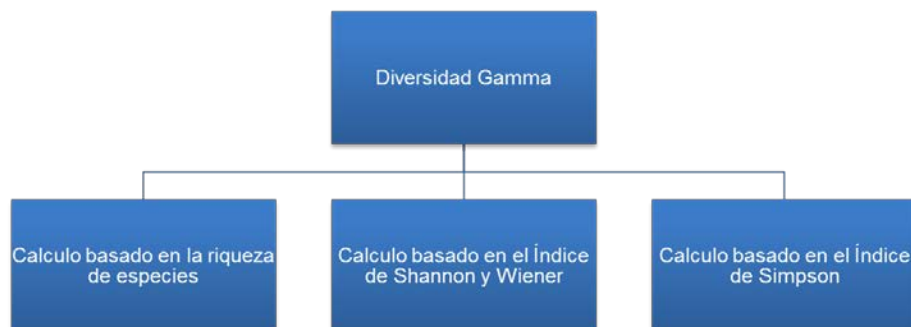
**Figura6:** Esquema de los Índices de Diversidad Alfa. (Fuente:Hallfiter & Moreno,2001)

### 1.7.3 Índice de Diversidad Gamma

Estimar en magnitud la diversidad de una paisaje incluye la delimitación de hábitad específicos y la diferencia de especies entre pequeños ecosistemas, es decir diversidad alfa y beta [53]. Lander en 1996 [54] propone 3 fórmulas para la diversidad gamma (figura 8)



**Figura7:** Esquema de los Índices de Diversidad Beta. (Fuente: Hallfter & Moreno, 2001)



**Figura8:** Esquema de los Índices del Diversidad Gamma(Fuente: Hallfiter & Moreno,2001)

### 1.8 Diversidad Funcional y Servicios Eco sistémicos

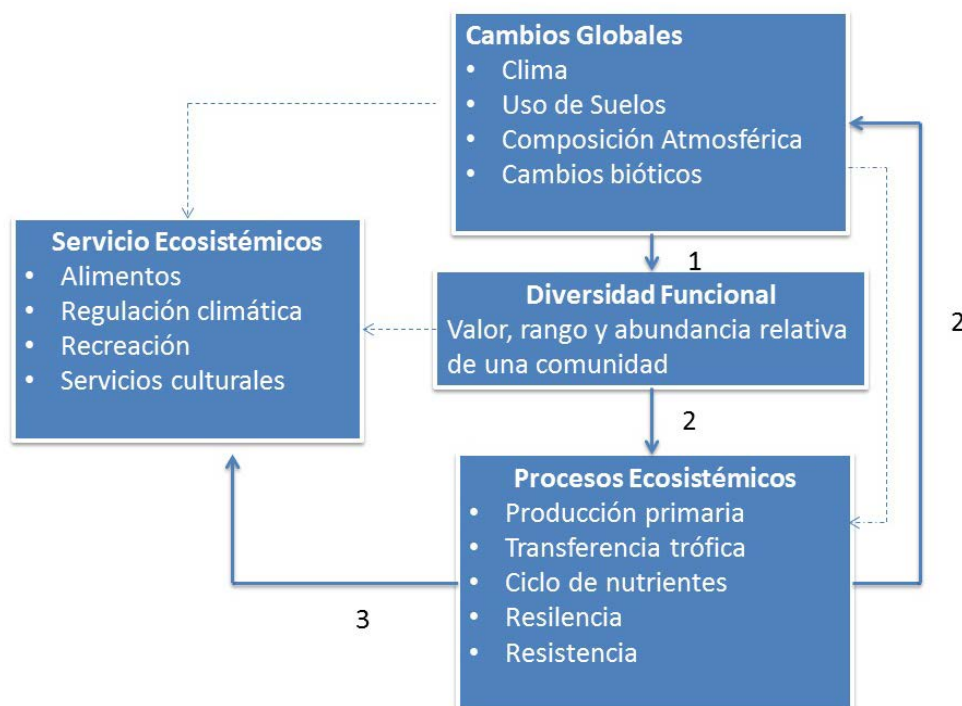
Los servicios ecosistemicos son los bienes y servicios que se obtienen de los ecosistemas , estos beneficios pueden ser directos o indirectos y se clasifican en [4]:

- Servicios de aprovisamiento: son los productos obtenidos direcatmente de los ecosistemas Ejemplo: Alimentos, Agua dulce, fibras, Recursos Naurales, recursos geneticos.
- Servicios de regulación: Son los beneficios obtenidos de los porcesos de regulacion de los ecosistemas ejem: Regulación del clima, Regulación de enfermedades, sanamiento del agua, polinización.
- Servicios culturales Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas ejem: Espiritual: Servicios recreativos, turístico educativo, identidad del sitio.

- Servicios de soporte: Servicios necesario para producir otros ecosistemas  
ejem: formacion de suelos, reciclaje de nutrientes, produccion primaria.

Se entiende por diversidad funcional al rango, distribucion y relativa de los caracteres funcionales de los organismo que forman parte de una comunidad [55].

Las necesidades humanas han sido satisfechas por los servicios ecosistemicos [3] y ha afectado la diversidad de planeta por las modificaciones inducidas entre las cuales tenemos: cambio de usos del suelo, la alteración de los ciclos biogeoquímicos, la destrucción y fragmentación de hábitats, la introducción de especies exóticas y la alteración de las condiciones climática [56]. (figura 9).



**Figura 9:** Diversidad Funcional en respuesta a los cambio globales y Servicios Ecosistémicos (Fuente: Díaz et al., 2007 b)

### 1.9 Diversidad planctónica

El plancton es parte fundamental de los ecosistemas estuarinos y su importancia radica en su productividad primaria la cual corresponde a más del 45% en el planeta [57].

Existen alrededor de 5000 especies de microalgas marinas han sido reportadas clasificadas en 19 clases con 7 divisiones [57,58]. En pocos mililitros de agua marina se puede encontrar cientos de especies de diferentes grupos taxonómicos, sin embargo el conocimiento que tenemos sobre la diversidad funcional del plancton es limitada [59].

Como mínimo existen 6,714 especies en la costa este del pacífico entre Colombia Ecuador, panamá y Costa rica de los cuales cuatro grupos protistas (Foraminíferos, Radiolarios, Tintínidos, Dinoflagelados), dos filos de plantas (Algas y angiospermas) y 30 filos de animales; este número de especies está en constante crecimiento [60].

Según Tapia [43] en el estero salado de Guayaquil se registraron 108 especies fitoplanctónicas distribuidas en: 36 diatomeas pennadas, 42 diatomeas céntricas, 10 dinoflagelados, 4 tintínidos, 3 sicoflagelados, 5 cianobacterias, 8 flagelados, siendo de mayor abundancia la especie *Chaetoceros affinis* (59%), seguida de la *pleurosigma angulatun* (20%).

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil**

El canal de Navegación al Puerto Marítimo de Guayaquil está localizado en la parte occidental del sistema estuarino del Río Guayas, aproximadamente entre los 2º y 3º de latitud sur en la costa de Ecuador.

El ingreso a al Puerto de Guayaquil se lo realiza a través del canal de navegación que posee una longitud de 93.6 km, divididas entre un canal exterior de ambiente marino 20,0016 Kilómetros y un canal interior en él es con influencia del estuario de 74,4504 Kilómetros con un ancho de 122 m, el cual permite el tránsito de dos buques en sentidos opuestos.

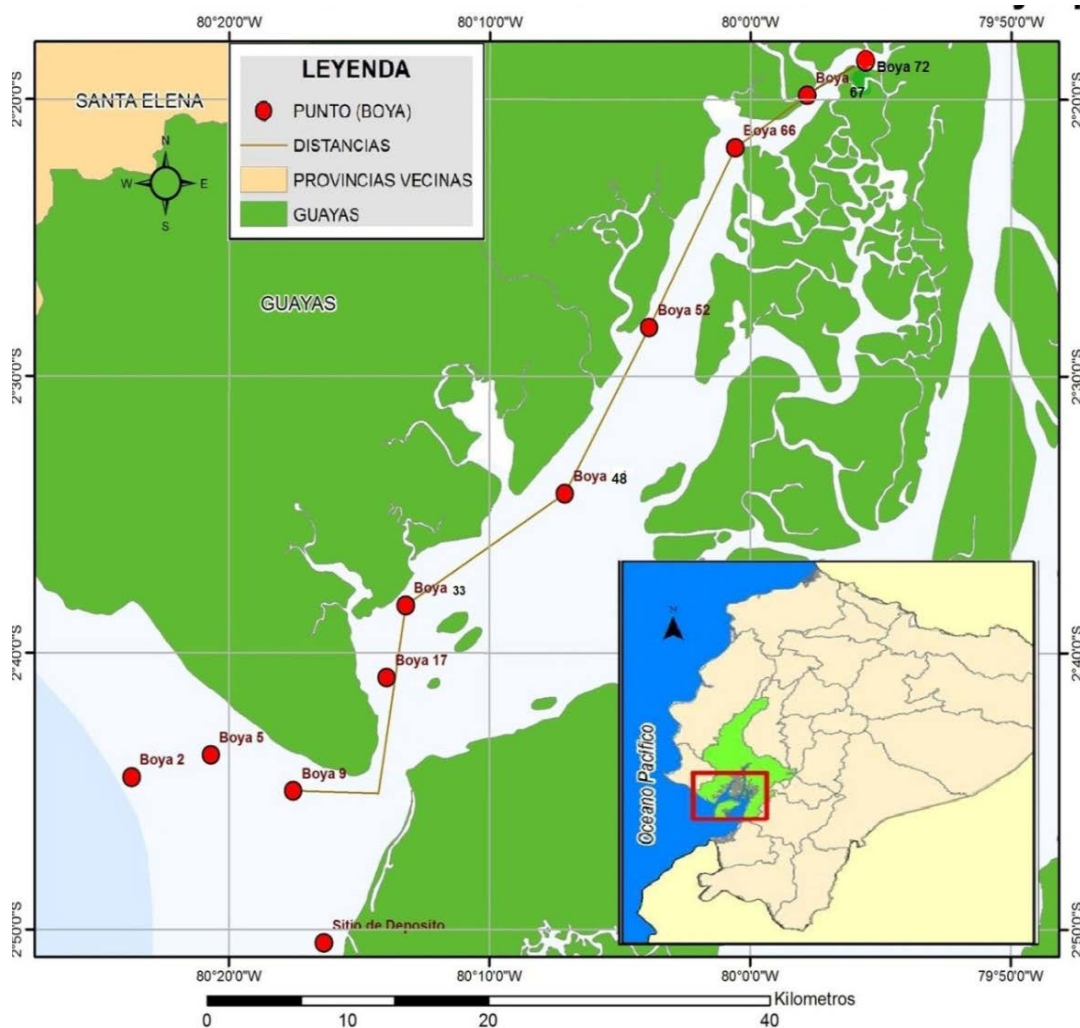
El primer tramo del Canal de Acceso se denomina Canal del Morro, el cual tiene 3 kilómetros de ancho y 60 metros de profundidad en la boca aproximadamente, ubicado entre la isla puna y la punta del morro con



profundidad de 9.75 m el canal de acceso permite el libre ingreso a embarcaciones de un calado de hasta 8m aprox.; los buques con un calado entre 8 y 9.75 m están a expensas de las mareas, es decir de la pleamar para poder ingresar al puerto de Guayaquil , debido a la poca profundidad del canal en algunos sectores, se deben emplear procedimientos operacionales para maniobrar en función de la profundidad del Canal y del estado de la marea [61,40]

El canal de acceso está provisto de boyas, balizas, enfiladas y faros como ayudas para la navegación ubicados en noviembre del 2007 por Instituto Oceanográfico de la Armada [62].

El área de muestreo comprendió 9 estaciones en las cuales se realizaron estudios de fitoplancton y zooplancton. Las boyas que se tomó como referencia fueron las escogidas por el INOCAR en su EIA de 1998 para la APG y fueron: 72, 67, 66, 59, 48, 33, 17,9 y zona de depósito (figura 10).



**Figura10:** Puntos de Muestreo del Canal de Navegación al Puerto Marítimo de Guayaquil.

En la metodología implementada por el Centro de Estudios Medio Ambientales (CEMA) se midieron parámetros físico-químicos como: Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno, DBO5, Salinidad, Sólidos disueltos, turbidez, niveles de nitritos, fosfatos, nitratos, temperatura y PH; de los cuales para la elaboración de ésta tesis se analizarán los siguientes datos: temperatura, Ph y Oxígeno disuelto, y turbidez.

Para el análisis biológico el CEMA realizó muestreos de microorganismos planctónicos (arrastre superficial y vertical), bentónicos (macro y microbentos) y organismos incrustantes en los alrededores de las boyas; de los cuales para la elaboración de esta tesis, analizamos los datos de fitoplancton y zooplancton de arrastre superficial.

## **2.2 Medición de parámetros Físico-Químicos**

Los muestreos de pH, OD, Temp y turbidez a profundidad se realizaron aproximadamente a 10.5 m de la superficie en baja mar y a 12m en pleamar . haciendo uso de la botella Van Dorn las muestras fueron recolectadas a profundidad y medidas en la superficie con ayuda de un equipo el medidor multiparametros Hach HQ 40d que permitio medir la tempratura, y un nefelómetro para medir la turbidez.

Las muestras de agua para medir la turbidez fueron tomadas y medidas en el campo por medio del turbidímetro Hach 2100Q, se recolectó en un frasco pequeño que posterioremte se cerró hermeticamente y se colocó en el turbidímetro.

## **2.3 Recolección de Muestras.**

Las muestras físico-químico y biológicas fueron colectadas en 8 puntos a lo largo del canal de acceso, con ayuda de una embarcacion con motor fuera

de borda, se colectó muestras de plancton haciendo arrastres verticales en la columna de agua.

Una vez capturadas las muestras biológicas fueron preservadas con formalina hasta obtener una solución de 4 % (V/V), que luego fue neutralizado con tetraborato de sodio con la finalidad de obtener un pH entre 7.5 - 8.0 [63].

### **2.3.1 Fitoplancton**

Para la obtención de las muestras de fitoplancton se utilizó una red estándar [64] cónica de 30 cm de diámetro y 130 cm de largo con luz de malla de 60  $\mu\text{m}$ .

El fitoplancton obtenido fue recolectado en frascos de 250 ml de capacidad y preservadas. El análisis cuantitativo que el CEMA implementó fue la metodología de [65].

En el laboratorio las muestras fueron analizadas con un microscopio compuesto, se obtuvieron alícuotas homogenizadas que fueron colocadas en un portaobjeto y observadas.

La identificación se realizó utilizando la taxonomía de [66,67,68,69,70,71].

Los resultados de las muestras fueron expresados en  $\text{cel./m}^3$ , para el cálculo de células por metro cúbico se utilizó algunas fórmulas y procedimientos.

Las muestras colectadas fueron estandarizadas a un volumen de 100ml, se esperó hasta que las células/especies se precipiten en el fondo del frasco y luego se eliminó el sobrenadante.

Para medir el área de la superficie de la red, se utilizó la fórmula (2.1) de la circunferencia.

$$\pi r^2 \quad (2.1)$$

Dónde:

$r$ : Radio de la boca de red cónica simple.

$\pi$ : 3.1416

Para obtener el volumen de agua filtrada se toma en cuenta la superficie de boca de red por distancia del arrastre (m).

Para conocer la eficiencia de filtración: se utilizó el estimativo mencionado por Pesantes [72], obtenido del Manual Zooplankton Sampling [73], aplicando un error del volumen de filtrado de 0.9 con la formula (2.2).

$$\eta = \frac{9}{10} m^3 \quad (2.2)$$

El volumen contabilizado de la placa cobre-objeto será el que determinará el análisis semicuantitativo. Formula (2.3)

$$V = 22mm^2 \times 1mm \quad (2.3)$$

El método semicuantitativo dio el estimativo de células por especie en cada muestra por cada estación [65, 74,72]. Formula (2.4)

$$Cel/m^3 \text{ o } Especies/m^3 = [(n \times V)/v]/\eta \quad (2.4)$$

Dónde:

*n*: Número de células por cada estación.

*V*: Volumen total de la muestra.

*v*: Volumen/alícuota cubre-objeto.

*η*: Eficiencia de filtración.

### 2.3.2 Zooplancton

Para los arrastres se utilizó una red cónica simple con una apertura de luz de 300 μm, con un área de boca de la red de 0.3 metros de diámetro.

Las muestras fueron colocadas en recipientes plásticos con capacidad de 500 ml. y preservadas. Para obtener el número de organismos de las muestras se utilizó la fórmula descrita por la FAO [75]

Se procedió al análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras, para lo cual se extrajo alícuotas de zooplancton, para establecer la composición y dominancia de las comunidades de zooplancton.

Para calcular el número de organismos en arrastre superficial se utilizó la fórmula (2.5)

$$\frac{\text{Numero de organismos vivo}}{10\text{m}^2} = \frac{\text{Numerro de organismos de la muestra}}{\text{Volumen de Agua Filtrada}} \times 10 \quad (2.5)$$

Para calcular el número de organismos por diez metros cuadrados ( $\text{org.}10\text{m}^2$ ) en arrastre vertical se empleó la fórmula (3.6)

$$C = Cv \left( \frac{SR}{V} \right) \quad (3.6)$$

Dónde:

**C:** # Por unidad de superficie de mar ( $\# \text{ org.m}^2$ ).

**Cv:** # Por unidad de volumen ( $234 \text{ org.}100 \text{ m}^{-3}$ ).

**S:** Unidad de superficie de mar ( $10 \text{ m}^2$ ).

**R:** Rango de profundidad de la muestra (25 m).

**V:** Unidad de volumen ( $500 \text{ m}^3$ ).

Para las identificaciones taxonómicas y clasificación sistemática del zooplancton se lo realizó en base a la siguiente bibliografía: [76,77,78,79,80,81].

## 2.4 Análisis de Datos

Con el objetivo de medir la biodiversidad de dos comunidades: zooplancton y fitoplancton, se registraron mediciones respecto de la abundancia de especies en 8 boyas diferentes durante 4 años comprendidos entre el 2011 al 2014. Para el análisis estadístico se utilizó el software estadístico InfoStat y Rstudio.

Para el caso de fitoplancton, la matriz generada consiste en la evaluación de la abundancia de los siguientes 35 géneros: *Actinoptychus sp*, *Bacteriastrum sp*, *Biddulphia sp*, *Ceratium sp*, *Chaetoceros sp*, *Coscinodiscus sp*, *Dinophysis sp*, *Ditylum sp*, *Gosleriella sp*, *Leptocylindrus sp*, *Lithodesmium sp*, *Pleurosigma sp*, *Protoperidinium sp*, *Pseudo-Eunotia sp*, *Pseudo-nitzschia sp*, *Pyrocystis sp*, *Pyxidicula sp*, *Rhizosolenia sp*, *Skeletonema sp*, *Stauroneis sp*, *Stephanopyxis sp*, *Thalassionema sp*, *Triceratium sp*, *Cyclotella sp*, *Dictyocha sp*, *Eucampia sp*, *Melosira sp*, *Thalassiothrix sp*, *Ulothrix sp*, *Lauderia sp*, *Surirella sp*, *Anabaena sp*, *Dactyliosolen sp*, *Gyrosigma sp*, *Lithodesmium sp*, *Navicula sp*, en 8 boyas desde 2011-2014.

Los géneros sobre los que se midió abundancia en la comunidad zooplancton fueron: *Acartia*, *Calanoide sp*, *Calanus sp*, *Canthocalanus sp*, *Cypridina sp*, *Discomedusa sp*, *Eucalanus sp*, *Labidocera sp*, *Mysis sp*, *Paracalanus sp*, *Penaeus sp*, *Porcellana sp*, *Sagitta sp*, *Atelecyclus sp*, *Balanus sp*, *Bestiolina sp*, *Euterpina sp*, *Penilia sp*, *Pseudodiaptomus sp*,



*Corycaeus sp*, *Membranipora sp*, *Pagurus sp*, bajo las mismas condiciones que el experimento anterior.

Sobre estas matrices de datos, se realizó el cálculo del índice de Biodiversidad de Shannon y Weaver [82]. Este índice, es uno de los más aceptados para calcular la biodiversidad porque combina los dos componentes principales del concepto: el número de especies y la abundancia relativa de cada una de ellas [83].

Se basa en el supuesto de que la heterogeneidad depende del número de especies presentes y de su abundancia relativa. Mide el grado de incertidumbre asociado a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad; se calcula según la fórmula (3,7).

$$H = -\sum_{i=1}^r p_i \ln(p_i) \quad (3.7)$$

Donde  $P_i$  representa la proporción existente de la  $i$ -ésima especie en la comunidad de  $r$  especies. En la práctica, el valor  $P_i$  se computa como el cociente entre el número de individuos de una especie sobre el total de individuos. Si bien el cálculo genera una estimación respecto de la abundancia de cada especie en la comunidad, también es importante obtener una medida de confiabilidad del estimador, que genere intervalos de confianzas para cada uno de los índices de biodiversidad bajo estudio. Por

esta razón, en el marco de este trabajo, se utilizó la modificación introducida por Pla y Matteucci [83], que consiste en el uso de métodos de remuestreo, específicamente el bootstrap, para realizar una comparación estadística de la diversidad existente en una misma comunidad a través del paso del tiempo.

El intervalo utilizado fue el corregido por sesgo y aceleración [84] de nivel 0.05. A partir de los datos originales, se generaron 100 muestras bootstrap del índice de biodiversidad para cada año y cada boya que permitieron, además de estimar los intervalos de confianza, realizar histogramas para la distribución de los índices y un análisis de la varianza para compararlos a través del tiempo.

Con la información de diversidad por año y por boya, se estimaron las medias clasificadas por ambos niveles. Es decir, se generaron matrices de datos de tamaño 8x4, con los valores de diversidad estimados para cada boya por año y matrices de px4, con los valores de las especies tanto para fitoplancton como zooplancton, respectivamente, estas matrices fueron representadas mediante un mapas de calor o "Heatmap".

Adicionalmente se realizó un análisis de correlación lineal que hace referencia a la naturaleza de la relación entre distintas las variables físico-químico: pH, Temperatura Oxígeno disuelto, turbidez y biodiversidad . Con el Coeficiente de correlación de Pearson, se midió el grado de covariación

entre las variables fisico quimicas a profundidad con los indices de diversidad obtenidos de las matrices generadas.

## **CAPÍTULO 3**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **3.1 Análisis de Biodiversidad Fitoplancton**

La figura 11, muestra la distribución del índice de biodiversidad para fitoplancton en los cuatro años. Las líneas rojas representan respectivamente, los límites inferior y superior del intervalo de confianza bootstrap, en tanto que las líneas azules representan la estimación obtenida para cada uno de los años.

Para el año 2011 (a) el 40 % de los valores de diversidad se concentraron entre 2 y 2,06 como resultados del remuestreo de bootstrapping, cuyo valor con mayor frecuencia fue de 2,02. El intervalo más probable del índice de Shannon estuvo entre de 1,92 y 2,11 como límite superior e inferior

respectivamente, es decir que de una muestra tomada aleatoriamente lo más probable es que en el 2011 los valores oscilen entre este rango.

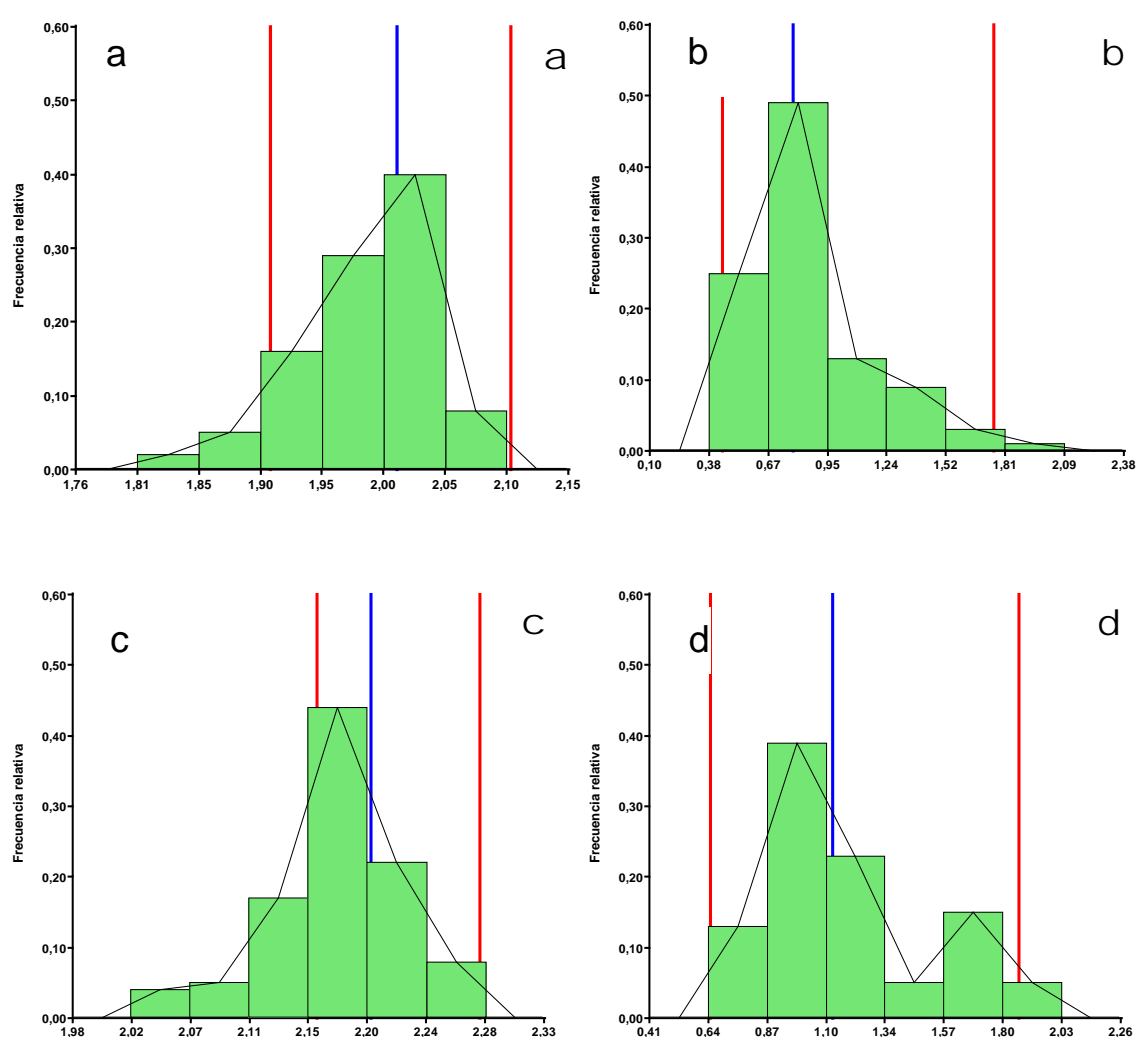
En el 2012 (b) se observa que el 60% de los datos de diversidad fluctúan entre 0,67 y 0,96, diversidad es relativamente baja en relación al 2011, el valor con mayor frecuencia fue de 0,87 y el intervalo de confianza de bootstrap del 0.95% está entre el límite inferior de 0,45 y el límite superior 1,75, es decir el de las muestras de diversidad en el 2012 el 95% de ellas se encontraron en este rango.

En el 2013 (c) se concentró el 45% de la diversidad entre 2,16 y 2,20; la moda fue de 2,21 y el intervalo de confianza de bootstrapping estuvo entre 2,91 y 2,11 con un 95% de probabilidad de que los índices se encuentran en este rango, se observa también distribución normal de los datos.

Para el año 2014 el intervalo de confianza de bootstrap de la diversidad se concentró en un amplio intervalo de confianza entre 0,84 y 1,83; es decir con un 95% de los datos de diversidad estuvieron en este rango, los datos de diversidad con mayor frecuencia estuvieron en 1,11 y el 40% de la diversidad en este año estuvo entre 0,87 y 1,10.

Valores más bajos de diversidad se encontraron en los años 2012 y 2014 e intervalos de confianza amplios; y valores más altos de diversidad en los años 2011 y 2013, con intervalos de confianza más preciso.

Los rangos de diversidad biológica de fitoplancton fueron de 0.4 hasta 2,5 lo que concuerda con los valores normales de diversidad biológica en estuarios, según Margalef [85], los valores de diversidad en mares varía entre 1 y 2,5, siendo especialmente baja en estuarios como consecuencia a la mezcla de aguas.



**Figura 11:** Distribución y estimación de intervalos de confianza bootstrap del índice de biodiversidad del zooplancton para cada año. a) 2011; b) 2012; c) 2013; d) 2014

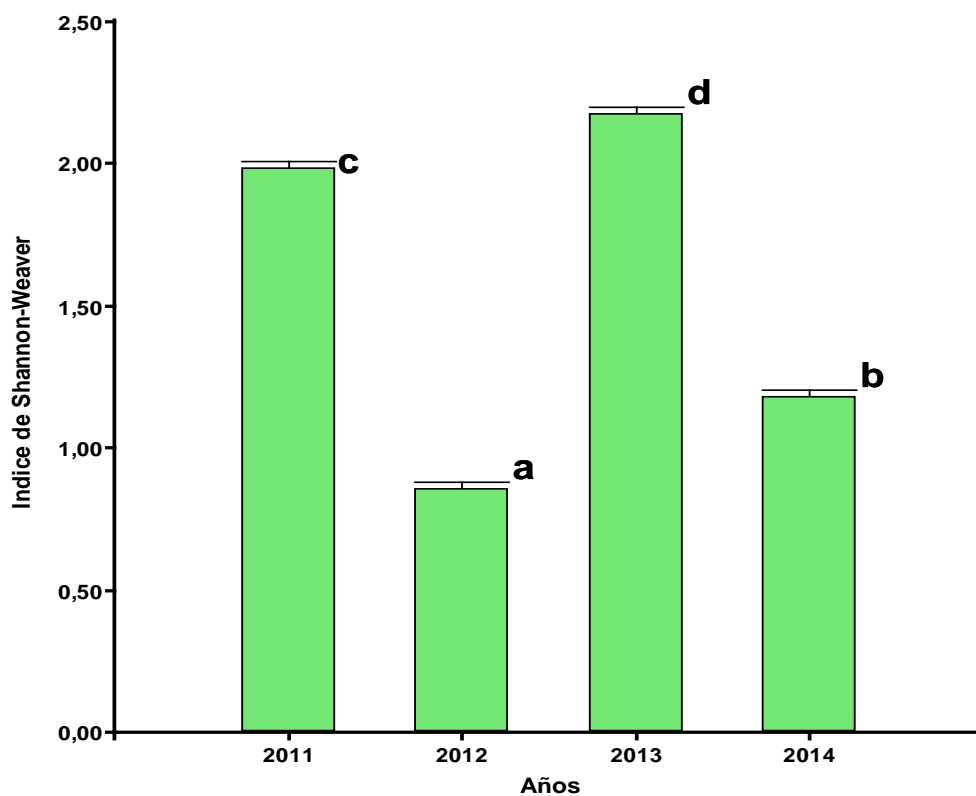
### 3.1.1 Análisis varianza

A partir de las 400 muestras generadas (100 para cada año), se realizó un análisis de la varianza para probar la hipótesis respecto de si las medias del índice de diversidad por año, son iguales. La figura 12 muestra las estimaciones obtenidas a partir del test de comparaciones múltiples DGC [86] que indicó que existen diferencias significativas en la diversidad media para todos los años, siendo el año 2013 (2,25) el de mayor diversidad, seguido por el 2011 (1,98), 2014 (1,25) y 2012, respectivamente.

Los años 2012 y 2014 presentaron diversidades bajas entre 0.6 y 2.06 y las diferencias entre los años fueron significativas con el análisis DGC. Según Torrez-Orozco [87] señala que los estuarios son sistemas complejos influenciados fuertemente por mareas y las fluctuaciones de agua dulce de ríos subyacentes, además los vientos y geomorfología condicionan la distribución de géneros e incluso de familias. En estos años según el INHAMI [88] reportó que hubieron “pequeñas anomalías en las temperaturas de invierno”, es decir las temperaturas estuvieron por debajo de los rangos normales. Los cambios estacionales alteran la diversidad biológica y sus patrones espaciales [89].

Según estudios de Frutos [90] la diversidad planctónica se relaciona directamente con la temperatura, lo que concuerda con las bajas

diversidades en los años donde las temperaturas de invierno fueron relativamente bajas.



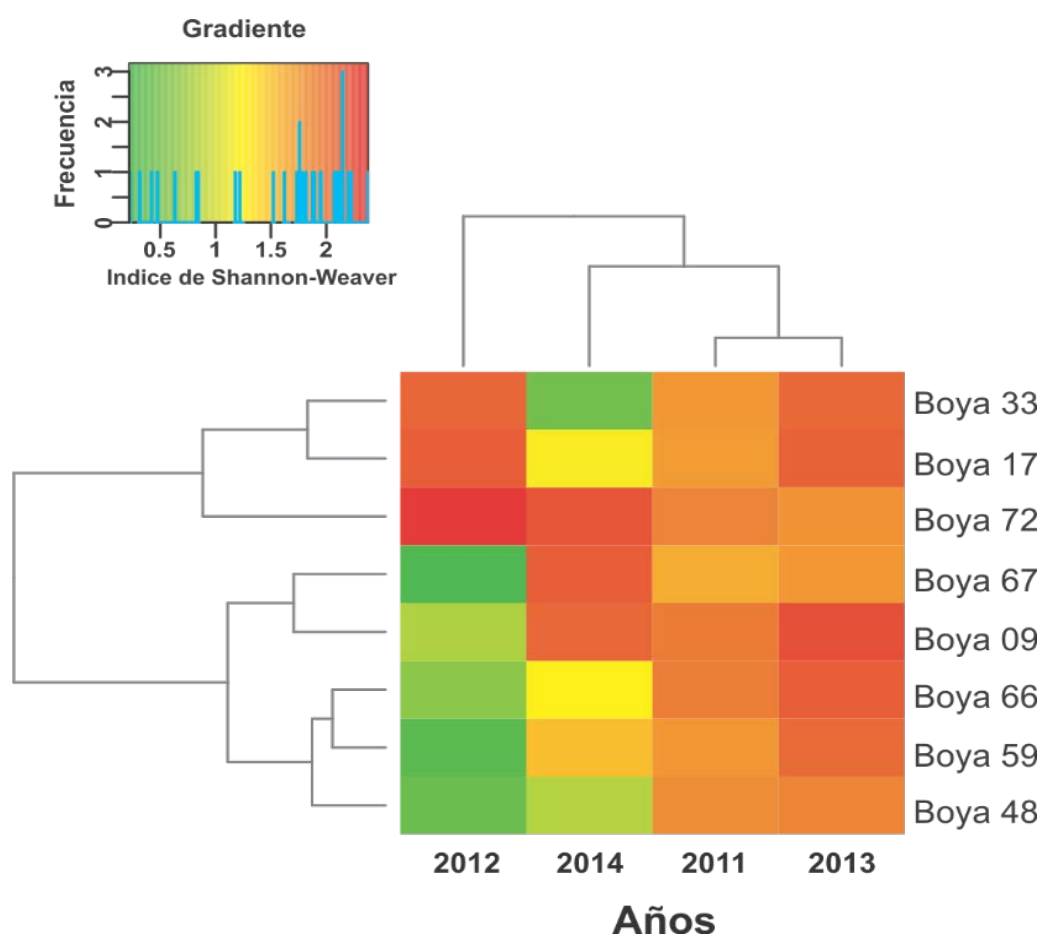
**Figura12:** Comparación de medias múltiples: Test DGC.

### 3.1.2 Diversidad fitoplactónica por boyas.

El heatmap es un tipo de gráfico, que permite visualizar tablas de datos numéricos, representando las filas y columnas. El color depende de la magnitud del valor de una celda, siguiendo una escala tri-color, pasando de verde (baja expresión) a amarillo (expresión media) y rojo (alta expresión).



Claramente, se observa que los años de mayor diversidad son el 2013 donde la diversidad homogéneamente distribuida en todas las boyas y oscila entre 1,5 a  $>2$ ; seguido en el 2011 (color oscuro en las columnas del mapa) donde se encontraron diversidades medias en todas las boyas.



**Figura 13:** Mapa de Calor y análisis de conglomerados para la biodiversidad del fitoplancton.

Adicionalmente, en los mapas de calor es posible visualizar patrones en la estructura de los datos mediante el uso de técnicas de agrupamiento para filas y columnas (boyas y años). Dichas técnicas, permiten explorar la estructura de las observaciones y/o variables bajo estudio. En este trabajo se utilizó el agrupamiento jerárquico con el método de Ward [91] y la métrica euclídea para el cálculo de las distancias. Los resultados del agrupamiento se visualizan a partir de un dendrograma (diagrama de árbol de dos dimensiones) que se ubican en los márgenes izquierdo y superior de la figura 13.

Se observó una estructura de grupo para las boyas. Se conformaron dos conglomerados: las boyas 33, 17 y 72, por un lado y las restantes por el otro.

Las diferencias se deben, especialmente, a lo ocurrido en el año 2012, donde la diversidad para las tres boyas mencionadas fue muy alta.

Analizando de agrupamiento jerárquico por años se observa dos grupos, el primer grupo está conformado por los años 2011, 2013 y 2014; y el otro grupo formado por el año 2012.

Se observa mayor afinidad entre los años 2011 y 2013 donde se las diversidades más altas (entre 1,6 y 1,8); en contraste el año 2012 presentó menor afinidad en diversidad con relación a los demás años (entre 0,5 y >2)

La diversidad fitoplactónica en relación a la ubicación geofísica en el canal señaló que en el 2011 los valores de diversidad se mantuvieron en valores medios con tendencia a altos entre 1,5 y 1,75.

En contraste para el año 2012 se encontró una marcada diferencia entre las boyas donde hubo mayor similiaridad y diversidad entre las boyas 33,17 y 72 (> 2). Y entre las boyas con menor diversidad 67, 09, 66, 59,48 (entre 0 y 0,5) al igual que el 2014 la mayoría de boyas presenta diversidades bajas, lo que está relacionado a las bajas temperaturas de estos años en invierno, así también esto podría deberse a dos factores: a cambios estacionales ya que el estuario no está recibiendo el aporte de agua dulce de los ríos de la cuenca del Guayas y/o que la remoción de los sedimentos han provocado cambios o migraciones de organismos planctónicos y esto produce que se produce una adaptación al medio marino-estuarino [61].

Para el 2013, las diversidades están relativamente altas en todas las boyas con especial énfasis en la boya 09, a nivel de los goles. Valores altos de las diversidades en estos puntos pueden deberse a las concentraciones de clorofila, ya que estos parámetros están relacionados directamente [61].

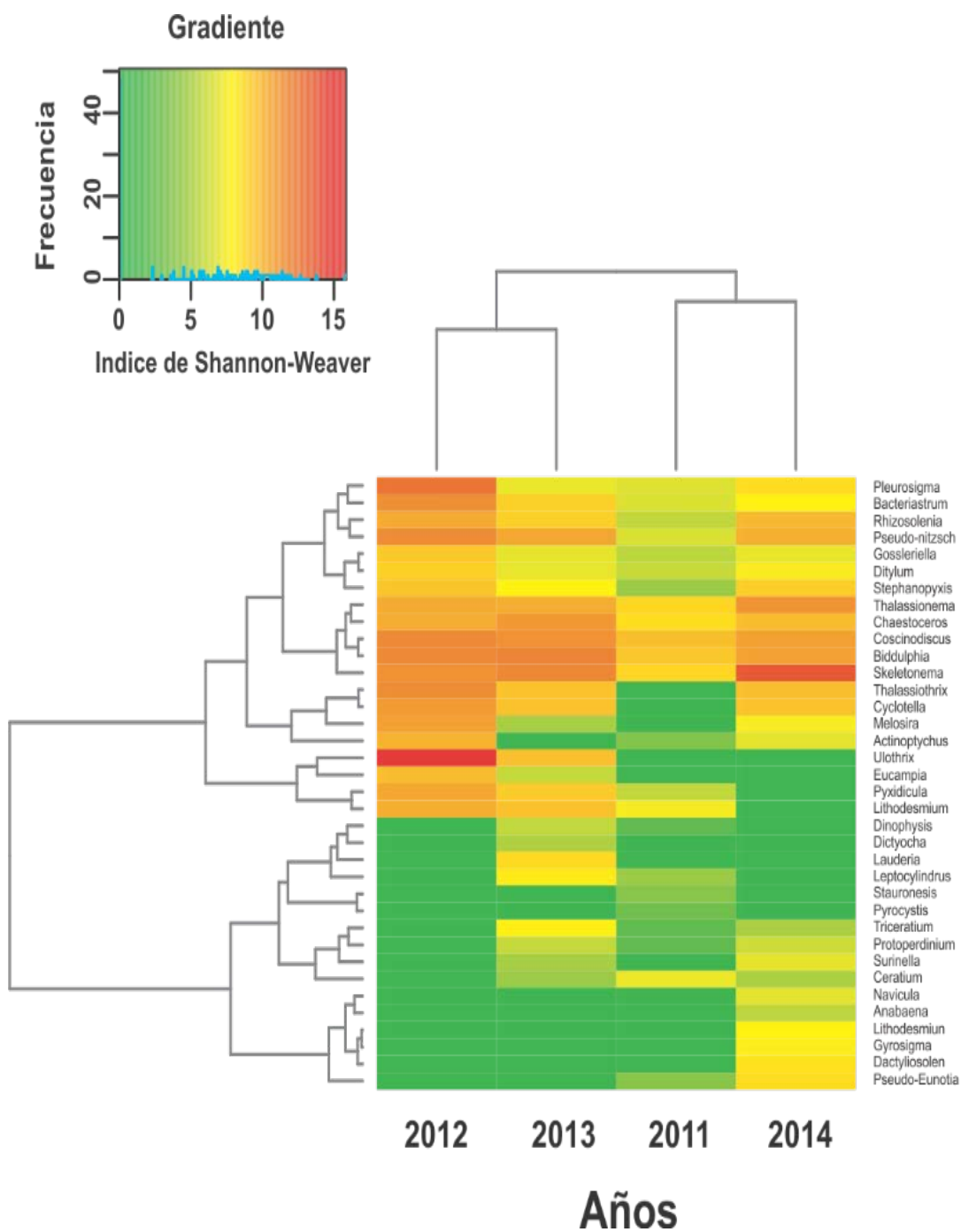
### **3.1.3 Abundancia fitoplactónica**

Además se construyó un mapa de calor (Figura 14.) Para la frecuencia de las especies por año. Previamente, se realizó una transformación a la tabla

de datos, que posibilita utilizar la métrica euclídea para el análisis de conglomerados y genera una mejor visualización. Sea  $f_{ij}$  la frecuencia observada de la  $j$ -ésima especie en el  $i$ -ésimo año, se generó una tabla con los valores.

$$f_{ij} = \ln(f_{ij} + 1) \quad (3.1)$$

Analizando la figura 14, se observan dos grupos para los años: 2012- 2013 por un lado y 2011-2014, por el otro. También se observó la presencia de dos grupos para géneros, que podrían etiquetarse como mayor (parte superior del gráfico, que posee más tonos naranjas y rojos) o menor abundancia (parte inferior con mayor tonalidad de verde).



**Figura 14:** Mapa de calor y dendrograma del fitoplancton en géneros por años.

Analizando el heatmap de diversidad fitoplactónica los géneros más abundantes fueron: *Pleurosigma sp*, *Bacteriastrium sp*, *Rhizolenia*, *Pseudo-Nitzschia sp*, *Gosleriella sp*, *Stephanopsis sp*, *Thalassionema sp*, *Chaetoceros sp*, *Coscinodiscus sp*, *Bidulphia sp*, *Skelotema sp*, *Thalasiotrix sp*, *Cyclotella sp*, *Melosira sp*, *Actinopterychus sp*, *Ulotrix sp*, *Eucarpia sp*, *Pyxidicula sp* y *Lithodesmus sp*. Mayor abundancia se dio de los géneros *Ulotrix sp* (Chlorophyta) y *Skelotema sp* (dinoflagelado) en año 2012 y 2014

La mayoría de estos géneros son diatomeas, según Cajas [92] el incremento de diatomeas, también puede ser originada por las corrientes, dirección de vientos. A su vez en estudios anteriores en invierno de los años 94 y 96 se encontró mayor abundancia del género *skelotema*. , este género es considerado como, una alga cosmopolita, representante y dominante en aguas estuarinas, con una temperatura entre 24 a 30°C .

Jiménez [93] , reportó a la *Skeletonema sp* como una diatomea pequeña que forma cadenas, importante en la alimentación de los siguientes niveles tróficos, forma parte de la alimentación de peces y crustáceos se catalogan como adiafóricas, es decir, presentes tanto en zonas neríticas como oceánicas , así también, este tipo de microalgas tienen la particularidad de soportar fuerte mezclas verticales causada por la circulación de las mareas.

El género *Skelotema* sp es de características oceánicas y de aguas cálidas [67,94] , por lo cual su presencia en el estero puede indicar, por una parte, condiciones térmicas favorables para su desarrollo.

Entre otro de los géneros abundantes destaca la *Ulotrix* sp en el año 2012, este tipo de chlorophyta es íntimamente ligada a las concentraciones de clorofila, lo que en este estudio no fue medido, pero según Tapia y Naranjo [95] en condiciones estuarinas se registró una relación directamente proporcional entre las concentraciones de clorofila en el año 2002 en el estuario de Jambeli . Géneros con abundancias medias se encontraron en este estudio al igual que en los estudios de Tapia y Naranjo, las cuales coincidieron en abundancias con los géneros : *Chaetoceros* sp, *Coscinodiscus* sp, *Thalasiotrix* sp , *Cyclotella* sp y *skelotema* en el año.

Las especies menos abundantes fueron: *Dinophysis* sp, *Dictyocha* sp, *Lauderia* sp, *Leptocylindrus* sp , *Stauronesis* sp, *Pyrocystis* sp, *Triceratum* sp, *Protoperidu* spm, *Surinella* sp, *Ceratium* sp, *Navicula* sp, *Anabaena* sp, *Gyrosigma* sp, *Dactylosolen* sp, *Pseudo-Enotia* sp, de los cuales los géneros *Gyrosigma* sp, *Dactylosolen* sp solo estuvieron presentes en el año 2014 en menor abundancia al igual que los géneros *Leptocylindrus* sp, *Stauronesis* sp solo estuvieron presentes en el 2011

Según estudios de [96] Los géneros *Ceratium* sp y *Protoperidinium* sp (dinoflagelados) presentaron frecuencias mínimas en un estuario en

Colombia. Estas especies raras son propias de condiciones tropicales oceánicas. De los géneros con menor abundancia encontrados fueron dinoflagelados, cianobacterias, sicoflagelados (*Dictyocha*) y flagelados [95,97]. La escasez de sicoflagelados podría estar relacionado a las preferencias de condiciones oceánicas de este género, Sin embargo su aparición puede estar favorecida por la interacción de variables como la salinidad, el oxígeno disuelto, las corrientes marinas y especialmente la temperatura, debido a que esta especie prefiere aguas cálidas [94].

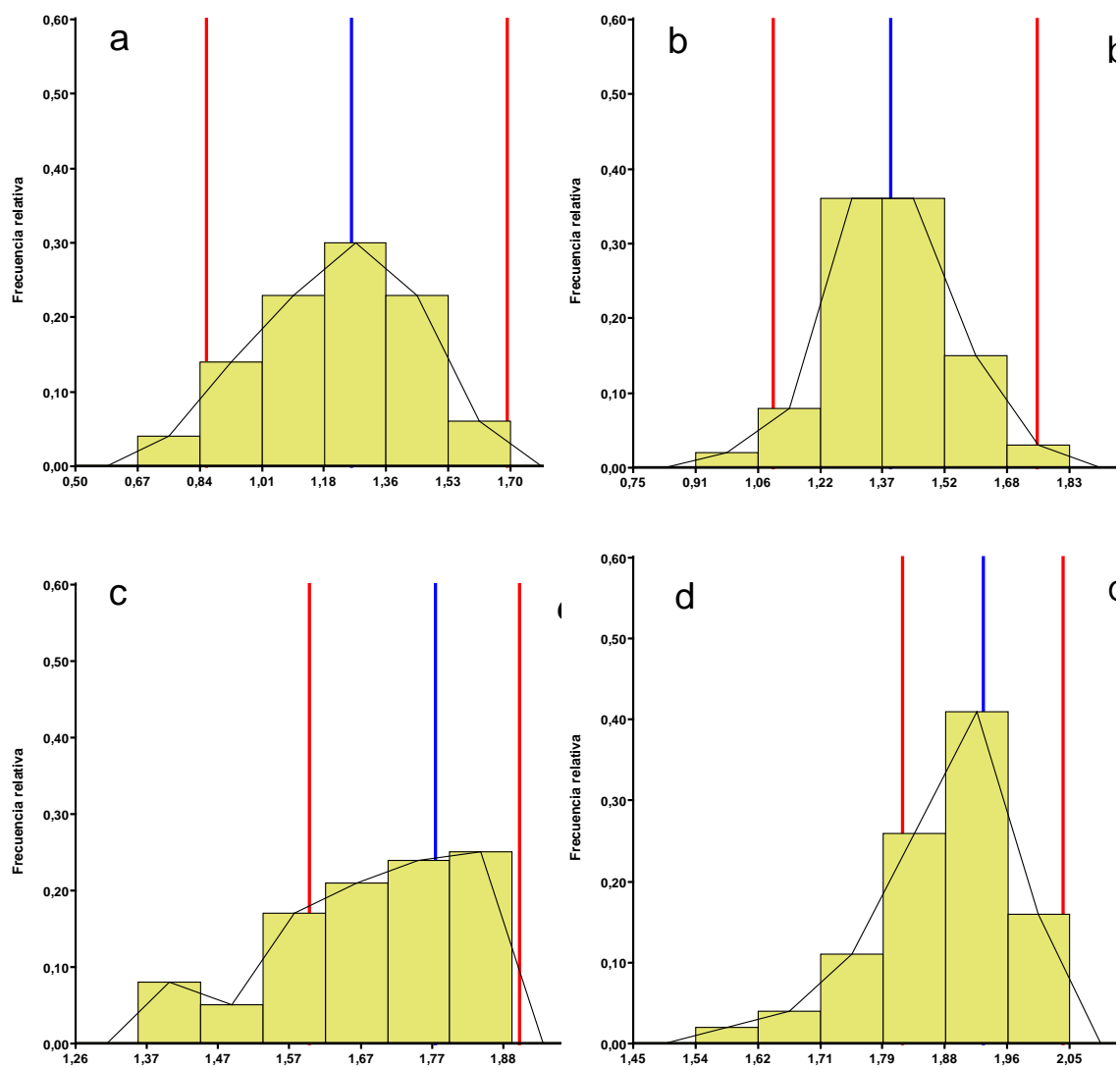
### **3.2 Análisis de Biodiversidad Zooplancton**

Se llevaron a cabo los mismos análisis que para Fitoplancton. Se generaron 100 muestras bootstrap del índice de biodiversidad para cada año, la figura 15 muestra su distribución.

En el 2011 (a) el 30% de los datos de diversidad se concentraron entre 1,18 y 1,38 con amplio un intervalo de confianza de bootstrap entre 0.85 y 1,70 además se observa una distribución normal, cuyo valor más frecuente es de 1,28.

En el 2012 (b) también se observa una distribución normal de los datos con un intervalo de confianza de bootstrap entre 1,10 y 1,78, cuya moda es de 1,40, la mayor parte de los datos (35%) de diversidad se encuentran en el rango de 1,22 a 1,62.





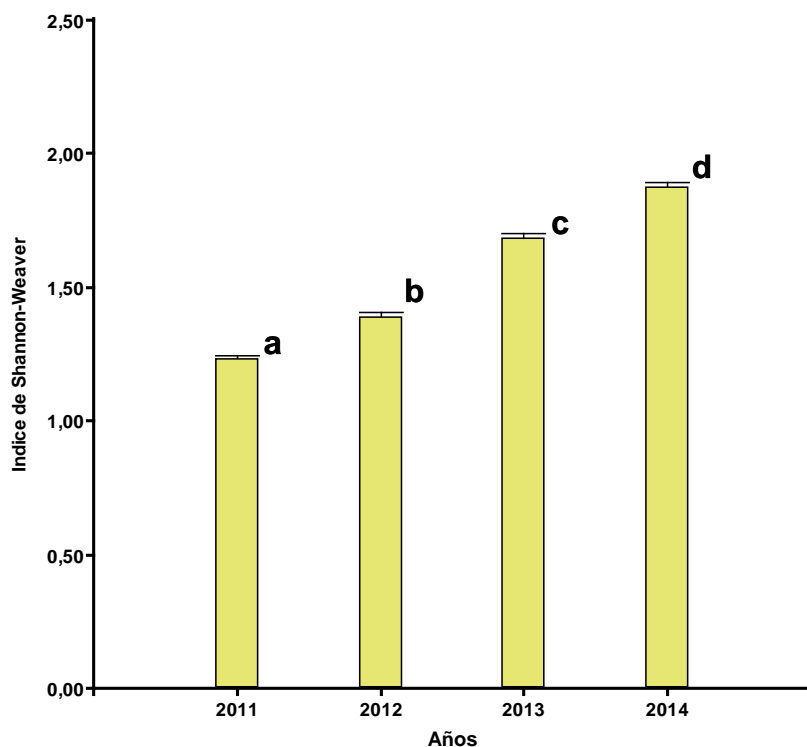
**Figura 15:** Distribución y estimación de intervalos de confianza bootstrap del índice de biodiversidad del zooplancton para cada año. a) 2011; b) 2012; c) 2013; d) 2014

En el año 2013 (c) se observa una distribución casi uniforme de los datos de diversidad, el 26 % de los datos están entre 1,80 y 1,90 seguido del rango entre el 1,70 y 1,80 con el 25% de los datos. El intervalo de confianza esta tiene como límite inferior 1,68 y límite superior de 1,93 ; es decir el 95 % los datos se encuentran entre estos valores

La diversidad en el 2014 presenta una distribución relativamente normal con el 43% de los datos entre 1,88 y 1,96; los datos más frecuentes de diversidad fueron de 1,93 y el intervalo de confianza fue de 1,81 y 2,04.

### **3.2.1 Análisis de varianza**

A partir de las 400 muestras generadas, se realizó un análisis de la varianza para probar la hipótesis respecto de si las medias del índice de diversidad de zooplancton por año, son iguales. La figura 16 muestra las estimaciones obtenidas a partir del test de comparaciones múltiples DGC [86]. Los resultados indican que la diversidad media es significativamente distinta por año y que aumentó a través del tiempo.



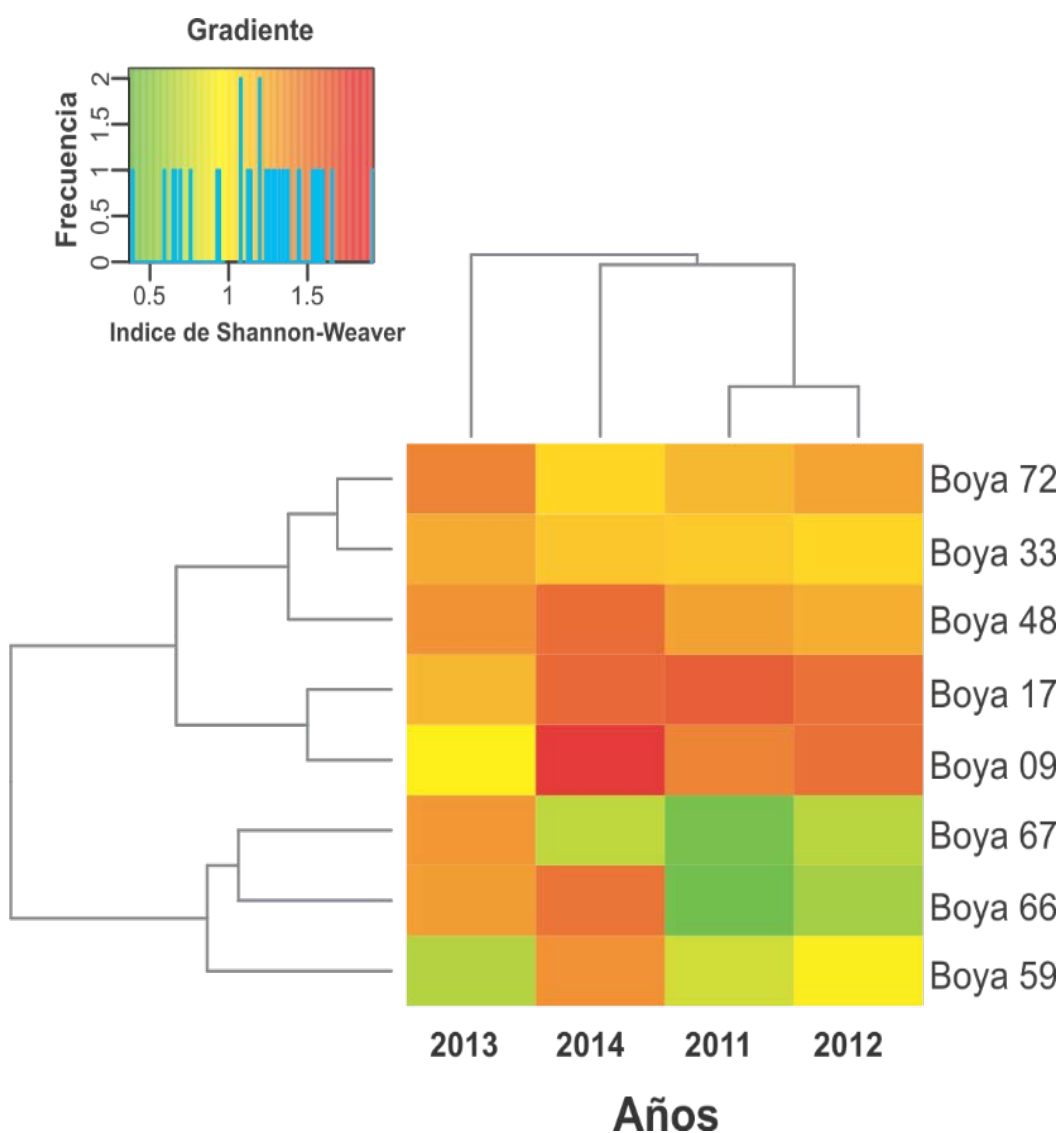
**Figura 16:** comparación de medias múltiples para el zooplacton: Test DGC

Estudios de [39,97] es posible que las diferencias estén relacionadas a las características naturales del sistema y las modificaciones vitales de los organismos como hábitos y reproducción, régimen de mareas, época estacional y disponibilidad de alimentos.

### 3.2.2 Diversidad zooplanctónicas por boyas.

Dado que también se calculó la diversidad media por boya (para cada año), se generó una matriz de tamaño 8x4, con los valores medios de diversidad por boya para cada año, representada en el mapa de calor de la figura 17.

Allí se observa que los años 2013 y 2014 fueron los de mayor diversidad y que específicamente, las diferencias se establecen porque aumentó la diversidad en las boyas 67,66 y 59 respecto de los dos años anteriores. El análisis de conglomerados de las filas (boyas) indica, igualmente, el agrupamiento de estas tres boyas por un lado y las restantes, por otro.



**Figura 17:** Mapa de calor y análisis de conglomerados para la biodiversidad zooplanctónica

Respecto al zooplancton analizando el conglomerado de jerarquización por años se observan dos grupos, los conformados por 2014, 2011 y 2012 y el conformado por el 2013 en diversidad.

En cuanto a diversidad y ubicación geográfica existe poca bibliografía respecto a este tema en el canal de acceso. La diversidad se mostró más afín a la boyas 72, 33, 48, 17 y 09, mostrando una especial diversidad en la boya 09 del 2014 con valores  $>2$  y con menor afinidad en las boyas 67, 66, 59 con valores entre  $< 0,5$  y  $1,3$ .

Estos rangos de diversidad concuerdan con los reportados por Tapia y Naranjo [95] el puerto la cual señala que las diversidades oscilan entre 0.5 y 1.76, cabe destacar que puerto bolívar posee las mismas especies planctónicas que se encuentran en el golfo de Guayaquil.

Las boyas 17 y 09 mantuvieron altas diversidades a través de los años, boyas ubicadas en el estuario exterior del Estero Salado. Según Margalef [85] la diversidad Zooplacntónica está relacionada la concentración de elementos y nutriente en la columna de agua , y esto a su vez se relaciona inversamente con la biomasa. ‘

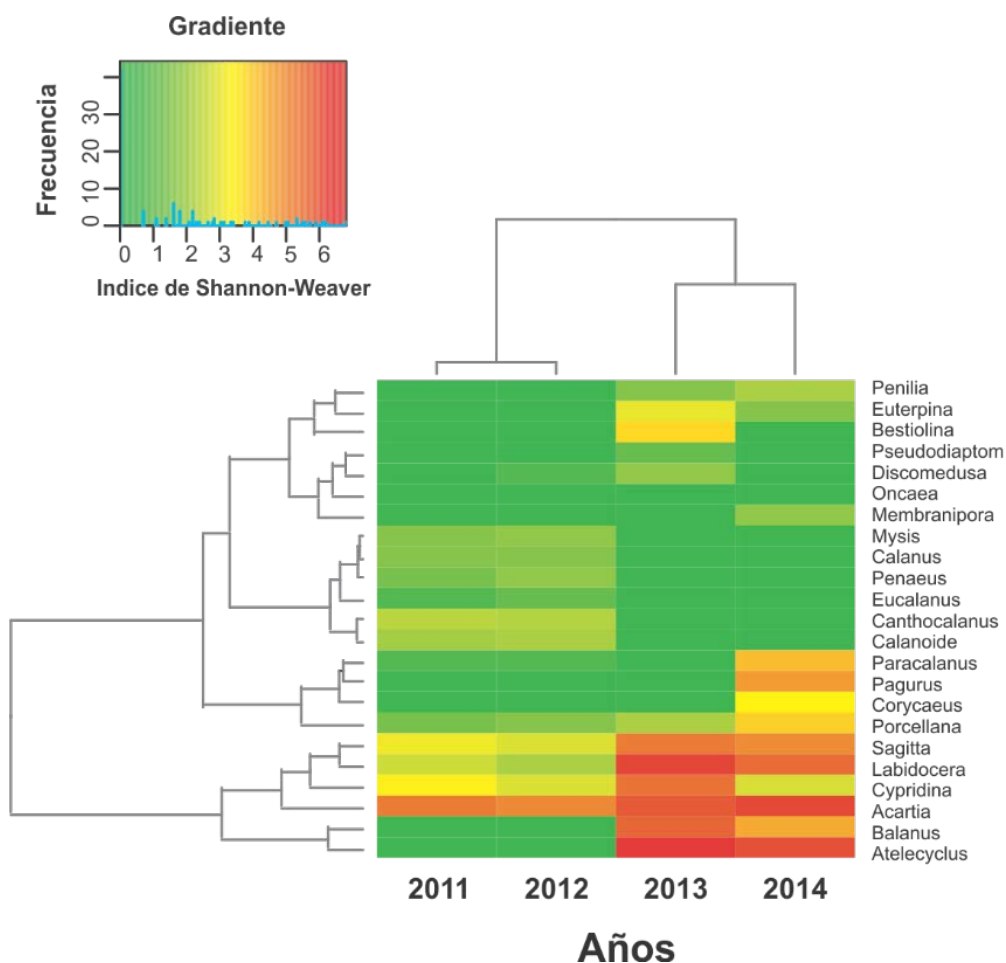
El estero Salado interior se caracteriza por un elevado contenido de materia orgánica disuelta y en suspensión que indica el predominio de una contaminación causada por desechos domésticos de la ciudad de Guayaquil

que incrementa la demanda bioquímica de oxígeno con una consecuente disminución de los niveles de oxígeno [98].

Aun así en algunas boyas en el estuario interior del Estero salado se encontró organismos zooplanctónicos,; esto podría explicarse a que en estos sitios entran una variedad de organismos en diferentes estadios larvarios ya que estas áreas ecológicamente son consideradas de refugio [61].

### **3.2.3 Abundancia Zooplacntónica por años**

Asimismo, se construyó un mapa de calor (figura 18) Para la frecuencia de las especies por año, utilizando la misma transformación de los datos que la indicada para fitoplancton. Analizando la figura, se observa que los años 2013 y 2014 tienen mayor abundancia de las especies *Sagittla sp*, *Labidocera sp*, *Cypridina sp*, *Acartia sp*, *Balanus sp* y *Atelecyclus sp*, Por otro lado, las especies *Paracalanus sp*, *Pagurus sp* y *Conycaeus sp*, sólo están presentes en el año 2014.



**Figura 18:** Mapa de Calor del zooplancton de géneros por años.

Según estudios de Naranjo, en mayo del 2001 los organismos más abundantes fueron la subclase de los Copépodos especialmente *Acartia sp*, lo que indicaría que este género resisente que es capaz de soportar cambios de salinidades y temperaturas.

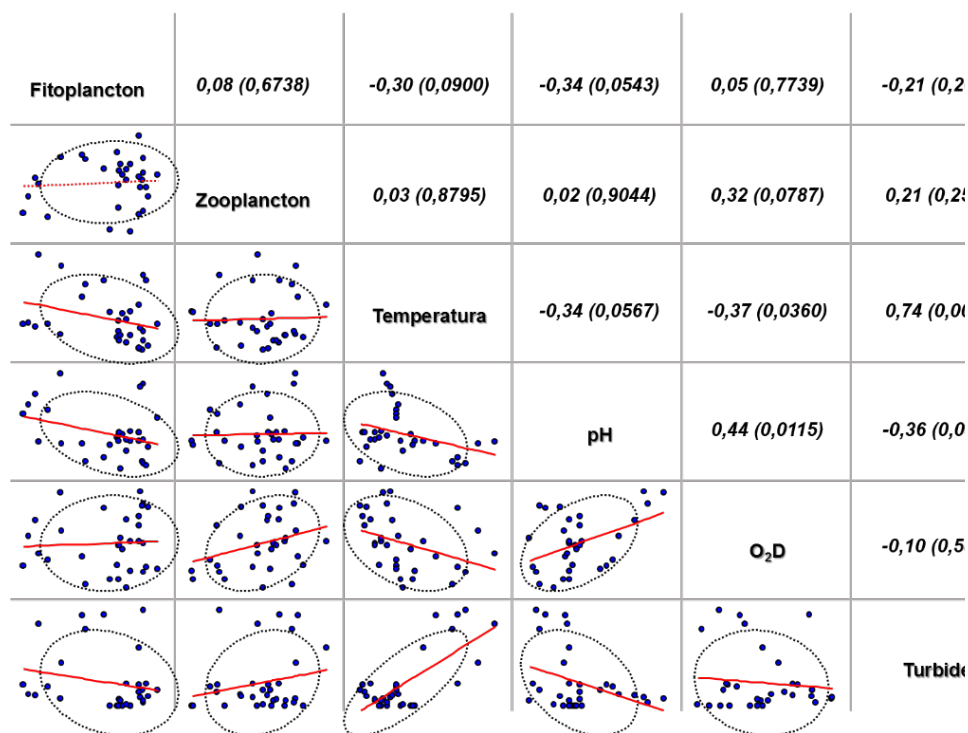
El análisis de conglomerados nos muestra que los géneros menos abundantes fueron: *Penilia sp*, *Euterpina sp*, *Bestiolina sp*, *Pseudodiaptom sp*, *Discomedusa sp*, *Oncaea sp*, *Membranipora sp*, *Mysis sp*, *Calanus sp*,

*Penaus sp, Eucalanus sp, Canthocalanus sp, Calanoide sp, Paracalanus sp, Paguru sps, Coryacaeus sp y Porcellana sp*; de las cuales el género *Bestiolina* solo se presentó en el año 2013 ; y en menor cantidad los géneros *Mysis sp, Calanus sp, Penaus sp, Eucalanus sp, Canthocalanus sp, Calanoide sp* en los años 2011 y 2012, pero ausentes en el 2013 y 2011.

La mayoría de géneros reportados en los 4 años presentaron poca abundancia, lo cual está concordando con Cucalón [99] donde menciona que las variaciones de abundancia de organismos Zooplactónicos puede deberse a los ciclos de marea, los que son afectados hasta los 30 metros de profundidad. Acorte de Tapia y Naranjo [95] en el canal de Jambeli pobre abundancia se presentó con el género *Penilia*, al igual que en los resultados del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil.



### 3.3 Análisis de correlación de Pearson diversidad planctónica con parámetros físico-químicos.



**Figura19:** Análisis de correlación entre diversidad biológica en plancton y parámetros físico-químico.

Los parámetros ambientales son sin duda determinantes en la diversidad y abundancia de las especies. De acuerdo con Reynolds [100], la comunidad fitoplanctónica se estructura, básicamente, en relación a la disponibilidad de nutrientes y luz.

En la correlación entre la temperatura y la diversidad fitoplactónica no tenemos suficientes datos estadísticos para afirmar una correlación negativa ( $r=-0,30$ ;  $p=0,090$ ).

Las masas de agua del Golfo de Guayaquil están fuertemente influenciadas por las masas de aguas del Océano Pacífico, por tanto alguna variación en la corriente de circulación oceánica también reflejara un comportamiento en las aguas del Estuario. A diferencia del fitoplancton, la diversidad del zooplancton, no se relaciona con la temperatura ( $r=0,03$ ;  $p=0,87$ ); a pesar de que las corrientes afectan el comportamiento del Estero Salado, debido a las anomalías en las precipitaciones y niveles de agua debido al incremento del nivel medio del mar (MSL) por una fuerte profundización de la termoclina en el mar [61].

El pH y la diversidad Zooplactónica no están relacionados de manera positiva ( $r=0,02$ ;  $p=0,94$ ); en contraste de la diversidad fitoplactónica que se correlaciona de manera inversa ( $r=-0,34$ ;  $p=0,05$ ). El pH es una de las variables importantes para determinar la calidad del agua, y su distribución en un estuario es el indicador del grado de descomposición y remineralización de los compuestos orgánicos. Hay especies que son sensibles a los cambios en el pH y requieren un sistema estable para sobrevivir. El Océano puede ser considerado como un sumidero ya que sus niveles de pH se mantienen constantes incluso ante las lluvias ácidas, sin

embargo, los niveles de pH pueden ser cambiados por procesos que llevan grandes cantidades de CO<sub>2</sub> como la fotosíntesis y la respiración (INOCAR, 2008).

El Oxígeno disuelto ( $r= 0,05;p=0.77$ ) y turbidez ( $r=-0,21;p=0,26$ ) no se correlaciona con la diversidad fitoplactónica, es decir son independientes.

La turbidez ( $r=0,21; p=0,25$ ) estuvo correlacionada con la diversidad zooplanctónicas y respecto los valores de ( $r=0,32;p=0,07$ ) en el oxígeno disuelto , señala que no hay suficiente evidencia estadística para saber si hubo o no hubo correlación positiva con la diversidad zooplanctónicas

## CONCLUSIONES

Al finalizar este estudio, podemos mencionar su contribución para un mejor alcance en el manejo de grandes cantidades de datos, con el aporte de metodologías no implementadas en el Ecuador en la diversidad del ecosistema estuarino del Estero Salado.

1. La diversidad fitoplactónica en el canal de acceso al puerto marítimo de Guayaquil durante los inviernos 2011 y 2013 en arrastre vertical, se encuentran entre los valores normales de diversidad biológica en un medio estuarino.
2. Existió diferencias significativas según el análisis de varianza DGC de todos los años en la diversidad fitoplactónica y zooplanctónicas
3. Los géneros fitoplanctónicos más abundantes fueron: *Pleurosgma sp*, *Bacteriastrum sp*, *Rhizolenia sp*, *Pseudo-Nitzschia sp*, *Gossleriella sp*, *Stephanopxis sp*, *Thalasionema sp*, *Chaetoceros sp*, *Coscinodiscus sp*, *Bidulphia sp*, *Skelotema sp*, *Thalasiotrix sp*, *Cyclotella sp*, *Melosira sp*, *Actinoptychus sp*, *Ulotrix sp*, *Eucarpia sp*, *Pyxidicula sp* y *Lithodesmus sp*. Los géneros zooplanctónicas con mayor abundancia

fueron *Sagitta sp*, *Labidocera sp*, *Cypridina sp*, *Acartia sp*, *Balanus sp* y *Atelecyclus sp*, presentes en su mayoría en los años 2013 y 2014

4. El 2012 y 2014 fueron años con menores diversidades, pero con mayor abundancia de los generos *Ulotrix sp* (Chlorophyta) y el género *Skelotema sp* (dinoflegelado); a diferencia del zooplancton los años con mayor diversidad y abundancia fueron 2014-2013 y los de menor diversidad y abundancia 2012-2011.
5. Los géneros menos abundantes fueron: *Dinophysis sp*, *Dictyocha sp*, *Lauderia sp*, *Leptocylindrus sp*, *Stauronesis sp*, *Pyrocystis sp*, *Triceratum sp*, *Protoperidum sp*, *Surinella sp*, *Ceratium sp*, *Navicula sp*, *Anabaena sp*, *Gyrosigma sp*, *Dactylosolen sp*, *Pseudo-Enotia sp*.
6. Se comprobó que el índice de Shannon y Weaver es una herramienta útil para medir la diversidad biológica en medios estuarinos.
7. El pH esta correlacionado con la diversidad planctónica de manera negativa, es decir a menor pH, mayor es la diversidad del fitoplancton.
8. El O.D y turbidez no estas correlacionados con la diversidad fitoplactónica y respecto a la temperatura no hubo suficiente videncia estadística para decir que a mayor temperatura menor diversidad, sin

embargo los textos corroboran la relación inversa entre temperatura y biodiversidad.

9. Mayor afinidad en la biodiversidad presentaron las boyas 72,33,48,17,09 ubicadas en la parte media y exterior del canal de acceso , y menores diversidades se encontraron en las boyas 66,67 y 59 , cercanas a la ciudad donde las concentraciones de materia orgánica y escaso aporte de agua dulce hacen que las diversidades sean menores.

10. La diversidad fitoplactónica no se mostró correlacionada con la diversidad zooplanctónicas, es decir fueron independientes.

11. No hubo correlación entre los parámetros físico-químicos temperatura, pH, y turbidez con la diversidad Zooplacntónica; sin embargo para el O.D no hubo suficiente evidencia estadística para determinar la correlación positiva.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar estudios continuos para verificar el o los cambios que se producen durante el dragado del Estero Salado o vía de entrada y salida de buques que utilizan el canal de acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, los sedimentos movilizados proceden del aporte del Río Guayas .

Además de estos factores, es importante realizar estudios sobre la erosión de las riberas de los manglares, que son los lugares donde se desarrollan muchas especies de organismos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Erftemeijer, P., L., Riegl, B., Hoeksema, B., W. y Todd, P., A. (2012). Environmental Impacts of Dredging and other Sediment Disturbances on Corals: A Review. *Marine Pollution Bulletin*, 64 (2012), 1737–1765.
2. Erftemeijer, P., L. y Lewis, R., R. (2006). Environmental Impacts of Dredging on Seagrasses: A Review. *Marine Pollution Bulletin*, 52(2006), 1553–1572. DOI:10.1016/j.marpolbul.2006.09.006
3. Balvanera, P., H. (2009). Estado y Tendencias de los Servicios ecosistémicos, en Capital Natural de México (Vol. 2). *Estado de Conservación y Tendencias de Cambio* (pp 185-245). México: CONABIO.
4. Casanoves, F., Pla, L., y Di Rienzo, J.A. (2011). Valoración y Análisis de la Diversidad Funcional y su Relación con los Servicios Ecosistémicos. *Informe Técnico*, 384. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
5. Zhang S., Zhou Q., Xu D., Lin J., Cheng S. and Wu Z. (2009). Effects of Sediment Dredging on water Quality and Zooplankton Community Structure in a Shallow of Eutrophic Lake. *Journal of Environmental Sciences*, 22(2), 218-224. DOI: 10.1016/S1001-0742(09)60096-6.
6. Schindler, D. (1987). Detecting Ecosystem Responses to Anthropogenic Stress. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44(1), 6-25.



7. Gustaaf, M. y Hallegraeff (2010). Ocean Climate Change, Phytoplankton Community Responses, and Harmful Algal Blooms: A Formidable Predictive Challenge. *Journal of Phycology*, 46(2), 220-235. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2010.00815.x.
8. Información estadística. *Banco Central del Ecuador*. Recuperado el 05 de enero del 2015 de: <http://www.bce.fin.ec/index.php/informacion-estadistica>
9. FAO Noticias (2013). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 07 de enero del 2015 de: <http://www.fao.org/news/story/es/item/175495/icode/>
10. Rueda, M., E. y Mancera, J., E. (1995). Alteraciones Fisicoquímicas de la Columna de Agua, Generadas por el uso del Boliche (Método de Pesca Artesanal) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR*, 24(1).
11. Vo, T. (2001). Quality Management Programme Based on Haccp in a Cooked Shrimp Processing Plant. *Science and Technology Departament, Ministry of Fisheries*. Vietnam. United Nations University .
12. Cambio Climático y Salud Humana. *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 30 de enero del 2015 de: <http://www.who.int/globalchange/ecosystems/biodiversity/es>

13. Dredging and the Environment: Moving Sediments in Natural Systems. *Central Dredging Association*. Recuperado el 10 de noviembre del 2014 de:  
[http://www.dredging.org/documents/ceda/downloads/publications-ceda\\_informationpaper](http://www.dredging.org/documents/ceda/downloads/publications-ceda_informationpaper).
14. United Nations, Department of Economic and Social Affairs , Population Division (2013). World Population Prospects: The 2012 Revision, DVD Edition.
15. Seto, K.C., Güneralp, B., y Hutyra, L.R. (2012). Global Forecasts of Urban Expansion to 2030 and Direct Impacts on Biodiversity and Carbon Pools. *PNAS*, 109(40), 16083–16088. doi:10.1073/pnas.1211658109
16. Adger, W.N., Hughes, T.P., Folke, C. Carpenter, C.R., y Rockstro, J. (2005). Social-Ecological Resilience to Coastal Disasters. *Science*, 309, 1036-1039. DOI:10.1126/science.1112122
17. Coviello, M., y Altomonte, H. (2003). Sostenibilidad Energética en América Latina y el Caribe: El Aporte de las Fuentes Renovables. *Promoción del Desarrollo Económico en América Latina y el Caribe, por medio de la Integración de Propuestas de Políticas Ambientales y Sociales*. Conferencia Regional para América Latina y el Caribe sobre Energías Renovables, Brasilia, 29 y 30 de octubre de 2003.

18. Dredging in Figures (2013). *International Association of Dredging Companies*. Recuperado el 30 de septiembre del 2014 de:  
<http://www.iadc-dredging.com/en/76/publications/dredging-in-figures/>
19. Coastal Protection. *Dredging International*. Recuperado el 24 de junio del 2014 de: <http://www.deme-group.com/dredging/expertises/coastal-protection>
20. Review of Marine Transport (2013). *United Nations Conference on Trade and Development*. Recuperado el 10 de Febrero del 2015 de:  
[http://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-Transport-\(Series\).aspx](http://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-Transport-(Series).aspx)
21. Plan del Buen Vivir (2013). *Autoridad Portuaria de Guayaquil*. Recuperado el 17 de agosto del 2014 de:  
<http://www.apg.gob.ec/files/Plan%20Vivir%202013.pdf>
22. Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2013). Concesión de las Terminales de Contenedores y Multipropósito del Puerto de Aguas Profundas de Manta. Plan Estratégico de Movilidad 2013-2037, Estudio de demanda
23. Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2012). Estadísticas Portuarias y de Transporte Acuático. Ecuador Recuperado el 10 de febrero del 2015 de : <http://www.obraspublicas.gob.ec/biblioteca/>

24. World Data Bank, World Development Indicator. *The World Bank*. Recuperado el 23 de enero del 2015 de: <http://www.worldbank.org/>
25. Naciones Unidas (2013). El Transporte Marítimo. *UNCTAD*, Nueva York y Ginebra, 2012.
26. Newell, R.C., Seiderer, L.J., y Hitchcock, D.R. (1998). The Impact of Dredging Works in Coastal Waters: A Review of the Sensitivity to Disturbance and Subsequent Recovery of Biological Resources on the Sea Bed. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 36,127-78.
27. Herbich, J., B. (2000). Handbook of Coastal Engineering. (1a ed.) Texas: McGraw-Hill.
28. Lee, K., Park, S., R. y Kim, Y., K. (2007). Effects of Irradiance, Temperature, and Nutrients on Growth Dynamics of Seagrasses: A Review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350 (2007), 144–175. DOI:10.1016/j.jembe.2007.06.016
29. DAY, J.W. and YÁÑEZ-ARANCIBIA A. *Cienc. Int. (Mar. Sci)* Coastal lagoons and estuaries, ecosystem approach. OAE1982.11-26.22 (12)
30. Pritchard, D. (1967). What is an estuary: Physical viewpoint. In Lauff GH, ed *Estuaries. American Association for the Advancement of Science*, Washington, DC, pp. 93-99.

31. Stuardo, J., y Valdovinos, C. (1989). Estuarios y Lagunas Costeras: Ecosistemas Importantes del Chile Central. *Amb. y Des.*, 5(1), 107-115.
32. Yáñez-Arancibia, A. (1987). Lagunas Costeras y Estuarios: Cronología, Criterios y Conceptos para una Clasificación Ecológica de Sistemas Costeros. *Academia de Ciencias Saõ Paulo*, 54(3), 1-36.
33. Garcés-Vargas, J., Ruiz, M., Pardo, L.M., Núñez, S., y Pérez-Santos, I. (2013). Caracterización Hidrográfica del Estuario del Río Valdivia, Centro-Sur de Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(1), 113-125. DOI:103856/vol41-issue1-fulltext-9.
34. Halpin, P. M., Strub, P. T., Peterson, W. T. & Baungartner, T. M. 2004. An Overview of Interactions among oceanography, marine ecosystems, climatic and human descriptions along the eastern margins of the Pacific Ocean. *Revista Chilena de Historia Natural*. 77: 371 – 409.
35. Kennish MJ. 1991. Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects. *CRC Press*, Boca Raton, Florida.
36. Rada, F. (1986). Morfología y Sedimentación del Sistema Estuarino Estero Salado – Río Guayas. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 3(1).
37. Gottfried, R., (1997). The Utility of a Dynamic Model To Address Ecological- Economic Interactions: Shrimps, Ponds and Mangroves in

the Guayas River Estuary. Guadalajara, Latin American Studies Associations.

38. Stevenson, M. (1981). Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil. Bol. Cient. Y Téc. *Instituto Nacional de Pesca (INP)*. Vol. 4. No. 11 – 133pp.
39. Naranjo, C. (2002). Zooplancton en el Estuario Interior del Golfo de Guayaquil, Durante Mayo del 2001. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 11(1), 101-112.
40. INOCAR. (2005). Derrotero de la Costa continental e insular del Ecuador. Publicación - 4ta Edición
41. Vera, T., 2003. Manejo Ambiental Integrado de la Acuicultura Del Camaron en el Golfo de Guayaquil Apoyado en Sistemas de Informacion Geográficas, Guayaquil. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Guayaquil, Ecuador
42. Cruz, M., De Gonzales., M., Gualancañay, E., y Villamar, F. (1980). Lista de la Fauna Sublitoral Bentónica del Estero Salado Inferior, Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 1(1).
43. Tapia, M.A. (2002). Estudio de las Comunidades del Fitoplancton en los Ríos Daule, Guayas y Estero Salado. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 11(1), 79-90.

44. Marshall, G. (1986). Identification Manual for Phytoplankton of the United States Atlantic Coast. *National Technical Information Service*. U.S. Department of Commerce.
45. Rodríguez, P., Soberón, J., y Arita, H. (2003). El Componente Beta de la Diversidad de Mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 89, 241-259.
46. Núñez, I. Gonzáles-Gaudiano y E. Barahona, A. (2003). La Biodiversidad: Historia y Contexto de un Concepto. *Interciencia*, 28(7).
47. Hamilton, A., J. (2004). Species Diversity or Biodiversity. *Journal of Environmental Management*, 75(2005), 89-92.
48. Naciones Unidas (1992). Convenio Sobre la Diversidad Biológica. Río de Janeiro. Recuperado el 08 de junio del 2014 de: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
49. Pereyra, L., C. y Moreno, C., E. (2013). Divide y Vencerás: Revisión de Métodos para la Partición de la Diversidad Regional de Especies en sus Componentes Alfa y Beta. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86(3)
50. Valverde, T., Meave, J., Carabias, J. y Cano-Santana, Z. (2005). *Ecología y Medio Ambiente*. (1a ed.) México: Pearson Educación.
51. Brown, B., E., Clarke, K., R. y Warwick, R., M. (2002). Serial Patterns of Biodiversity Change in Corals Across Shallow Reef Flats in Ko Phuket, Thailand, due to the Effects of Local (Sedimentation) and

Regional (Climatic) Perturbations. *Marine Biology*, 141(2002), 21–29.

DOI:10.1007/s00227-002-0810-0

52. Halffter, G. y Moreno, E. (2005). Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma (pp 5-18). (Vol. 4) Zaragoza, España: m3m.
53. Moreno, C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA. (Vol. 1), Zaragoza
54. LANDE R (1996) Statistics and partitioning of species diversity and similarity among multiple communities. *Oikos* 76: 5-13.
55. Martín-López, B., González, J.A., Díaz, S., Castro, I., y García-Llorente, M. (2007). Biodiversidad y Bienestar Humano: El Papel de la Diversidad Funcional. *Ecosistemas*, 16 (3), 69-80
56. Díaz, S., Lavore, S., Chapin, F., Tecco, P., Gurvich, D., y Grigulis, K. (2007). Functional Diversity – at the Crossroads between Ecosystem Functioning and Environmental Filters, en Canadell, J,G,, Pataki, D., Pitelka L., *Terrestrial Ecosystems in a Changing World. The IGBP Series*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
57. Hernández-Becerril, D. (2014). Biodiversidad de Algas Planctónicas Marinas (Cyanobacteria, Prasinophyceae, Euglenophyta, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatophyceae, Parmophyceae, Raphidophyceae, Bacillariophyta, Cryptophyta,



- Haptophyta, Dinoflagellata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, S44-S53. DOI:10.7550/rmb.32037.
58. Meave del Castillo, M.E. (2014). Plancton Marino Introducido por agua de Lastre, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México* pp. 289-308. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, México.
59. Ptacnik, P., Solimini, A., Andersen, T., Tamminen, T., Brettum, P., Lepisto, L., Wille, E., Rekolainen, S. (2008). Diversity Predicts Stability and Resource use Efficiency in Natural Phytoplankton Communities. *PNAS*, 15(13), 5134–5138. DOI:10.1073\_pnas.0708328105
60. Miloslavich, P., Klein, E., Diaz, J., M., Hernandez, C., E., Bigatti, G., et al. (2011). Marine Biodiversity in the Atlantic and Pacific Coasts of South America: Knowledge and Gaps. *PLoS ONE*, 6(1), e14631. DOI:10.1371/journal.pone.0014631.
61. CEMA-ESPOL.(2011) Auditoria y Monitoreo Ambiental del Dragado de Mantenimiento del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil., 2009-2014.
62. INOCAR.(2008). Estudio de Impacto Ambiental para los Trabajos de Dragado Permanente del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de la Ciudad de Guayaquil. *Plan de Manejo Ambiental*. Guayaquil, Ecuador

63. Boltoskoy, D (1981).Atlas de Zooplancton del Atlántico Suoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino .*INIEP*. Mar de la plata, Argentina.
64. Ferrario, M., Sar, E y Sala S (1995) Metodología Básica para el Estudio del Fitoplancton con Especial Referencia a las Diatomeas. Departamento Científico de Ficología. Facultad de Ciencias Naturales y Museo Paseo del Bosque. La Plata, Argentina
65. Semina, M. (1978). Phytoplankton manual. Using the standard microscope .Treatment of an aliquot simple. *UNESCO*, 181 p.p
66. Jiménez R. (1983). Diatomeas y Silicoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*,Ecuador 2(2).
67. Pesantes, F. (1983)a. Dinoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, Ecuador, 2(2): 283-399 (44).
68. Zambrano, I. (1983). Tintinnidos del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, Ecuador, 2(2): 443-507.
69. Balech, E. (1988). Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. *Instituto Español de Oceanografía*, 1: 1-300
70. Tomas, C R. (1997): Identifying marine phytoplankton. *Academic Press*, New York, 858 pp.

71. Needham, J. & P. Needham. (1990). Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Ed. Reverte S. A
72. Pesantes F. (1979). Distribución del *Ceratium tripos* subsp. *Semipulchellum* (Jorg)- Graham y Bronikovsky, 1944 (Dinoflagellata) en agua ecuatorianas durante "El Niño" de 1972. Bol. Erfen. Lima, Perú, 3(1,2):8.
73. UNESCO .(1968). Zooplankton sampling. Monographs on Oceanographic Methodology. *The Unesco Press*, Paris, 174pp
74. Jiménez, R. (1975). Composición y variaciones del fitoplancton marino del Golfo de Guayaquil y áreas adyacentes. Tesis Doctoral. *Universidad de Guayaquil*. Facultad de Ciencias Naturales, 44p.
75. FAO. (1979). Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. Documentos técnicos de pesca. No. 175. Roma
76. McLaughlin, P.A. (1980). Comparative morphology of Recent Crustacea. . *W.H. Freeman and Company*, San Francisco. pp. 1-177
77. Newell, G. E. and Newell, R. C. (1963). Marine plankton. A practical guide. Hutchinson ed, London, 5<sup>a</sup> ed., 244pp.
78. Smith, D. (1977). Marine Coastal Plankton y Marine Invertebrate Larvae. *Kendall/Hunt Publishing Company*. 157 pp.
79. Tréouboff, G. y M. Rose.(1957). Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. Pub. *Centre National de la Recherche Scientifique*. Paris - Francia. 570 p.(56)

80. Wimpenny, J. (1966). *Plankton of the Sea*. Faber & Faber Ltd, London 426 pp.
81. Wickstead, J. (1965). *An Introduction to the Tropical zooplankton*. *Hutchinson Monographs*, London 160 pp.
82. Shannon, C.E., y Weaver, W. (1964) *The mathematical theory of communication*. Illinois, Estados Unidos Urbana: University of Illinois Press. 125p.
83. Pla ,L.,y Matteucci S. D.(2001) .Intervalos de confianza bootstrap del índice de biodiversidad de Shannon.*Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 18, 222-234
84. Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J.A., Robledo, C.W. (2008). *Manual del Usuario*. Brujas, Córdoba, Argentina.
85. Margalef, R. (1981). *Ecología*. Editorial Planeta. Barcelona. 252 pp.
86. Di Rienzo, J.A., Guzmán A.W., Casanoves F. (2002). A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 7 (2):129-142.
87. Torres-Orozco R. (1994). *Los Peces*. México. Universidad Nacional Autónoma de México. De la Lanza Espino G & C Cáceres Martínez ed, pp. 269-304.

88. INHAMI (2012). *Análisis Climatológico Decadal*. Recuperado el 18 de Febrero en [http://186.42.174.231/meteorologia/boletines%20historicos/BCLIMA2012/DECADAL/MAYO/MAYO-01/bol\\_may\\_dec1.pdf](http://186.42.174.231/meteorologia/boletines%20historicos/BCLIMA2012/DECADAL/MAYO/MAYO-01/bol_may_dec1.pdf)
89. Bulit, C., y Díaz-Ávalos, C. (2009). Patrones de diversidad de ciliados del plancton en la laguna de Chautengo,. *Revista Hidrobiológica*.19 (2): 109-118.
90. Frutos, S. (1998) .Densidad y diversidad del Zooplancton en los Ríos Ralado y Negro – Planicie del Río Paraná – Argentina. *Rev. Brasil. Biol.*, 58(3): 431.
91. Mardia, K. V., Kent, J. T., and Bibby, J. M. (1979), *Multivariate Analysis*, London: Academic Press.
92. Cajas,L.,Prado,M.,Coello,D.,Cajas, J. (2000). Fitoplancton y mezoplancton en piscinas camaroneras en la costa ecuatoriana durante el evento del síndrome de la mancha blanca. *Boletín INP*. P.p 57-85.
93. Jiménez, C. 1998. Arrecifes y comunidades coralinas de Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica (Golfo de Papagayo): Aspectos ecológicos. Tesis M.Sc., Univ. Costa Rica, San Pedro, San Jos
94. Avaria S. 1965. Diatomeas y sílicoflagelados de la Bahía de Valparaíso. *Revista de Biología Marina*, 12 (1-3): 61-120.

95. Tapia, M; Naranjo. C. (2003) Diversidad del Plancton en el Estuario Interior de Puerto Bolívar. *Acta Oceanográfica del Pacífico* Vol. 12 .INOCAR, 2002.
96. Peña, V., y Pinilla, G. (2006). Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplactónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano .*Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(1): 35 -43.
97. Navarro-Rodríguez, M., González, L., González, M., Carrillo, F.(2006). Composición y variabilidad del ictioplancton de la laguna “El Quelele”, Nayarit, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(1): 35-43.
98. Solórzano, L., & G. Viteri. 1993. Investigación química del Estero Salado. *Revista de Ciencias Marinas y de Limnología* .3(1) 41- 48 p.
99. Cucalón, E., (1997). Aspectos Oceanográficos Físicos y Químicos. Plan de Monitoreo Ambiental del Campo Amistad en el Golfo de Guayaquil. *Informe de Consultoría PATRA-MMA-EDC*. Pp. 72.
100. Reynolds, C. S., (1988). *Functional morphology and adaptative strategies of freshwater phytoplankton*. Sandgren .Londres.