



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE VENEZUELA  
PROGRAMA DE MAESTRIA EN BIOLOGÍA MARINA

**COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON EN EL NORORIENTE  
DE VENEZUELA**

Lcda. Marianna José Esteves Astudillo

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL TITULO DE MAGISTER SCIENTIARUM EN CIENCIAS MARINAS  
MENCION BIOLOGÍA MARINA

CUMANÁ, 2018



TG - 10-2017

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
NÚCLEO DE SUCRE  
POSTGRADO EN CIENCIAS MARINAS

### ACTA DE DEFENSA DE TRABAJO DE GRADO

Nosotros, *M.Sc.* José Rafael Díaz, *M.Sc.* Amelia La Barbera, *M.Sc.* Olga Gómez, integrantes del jurado designado por la Comisión Coordinadora del Programa de Postgrado en Ciencias Marinas, para examinar el Trabajo de Grado intitulado: **"COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON EN EL NORORIENTE DE VENEZUELA"**, presentado por la **Lcda. Marianna José Esteves Astudillo, C.I.: 17.447.154**, a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al grado de *Magíster Scientiarum* en Ciencias Marinas, Mención Biología Marina.

Hacemos constar que hemos examinado el mismo e interrogado al postulante en sesión pública celebrada hoy, a las 10:00 a.m., en la Sala de Reuniones "Dr. Pedro Roa Morales", del Instituto Oceanográfico de Venezuela.

Finalizada la defensa del trabajo por parte de la postulante, el jurado decidió APROBARLO por considerar, sin hacerse solidario de las ideas expuestas por la autora, que el mismo, se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado de la institución.

En fe de lo anterior, se levanta la presente acta, que firmamos conjuntamente con la Coordinadora del Postgrado en Ciencias Marinas en la ciudad de Cumaná, a los veintidos días del mes de noviembre de dos mil diecisiete.

Jurado Examinador:

*M.Sc.* José Rafael Díaz

(Tutor).....  
C.I.: 5.039.123

*M.Sc.* Amelia La Barbera

.....  
C.I.: 3.870.256

*M.Sc.* Olga Gómez

.....  
C.I.: 9.276.655

Coordinadora Programa de Postgrado:

Dra. Mary Isabel Segnini de Bravo  
C.I.: 3.818.434

-----  
Firma y Sello

**COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON EN EL NORORIENTE  
DE VENEZUELA**

APROBADO POR:

---

Prof. José Rafael Díaz Ramos

Asesor

---

Jurado Principal

---

Jurado Principal

## **DEDICATORIA**

A Jehová Dios todopoderoso mi creador por darme la fuerza para seguir adelante cada día, ser mi fortaleza, mi ayuda y proveerme todo para la realización de este trabajo de investigación.

A mis padres Rosa Astudillo y Wladimir Esteves.

A la memoria de mi abuelo Amilcar Esteves.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor académico, prof. José Rafael Díaz Ramos por su apoyo y enseñanzas.

Al prof. Luis Troccoli por sus sugerencias a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A mi familia, Esteves Vivenes por todo el apoyo que siempre me han brindado durante mis estudios universitarios.

Al equipo de trabajo del Proyecto Sardina año 2012 del INIA Sucre y a los pescadores artesanales del estado Sucre, quienes mensualmente salieron al campo a coleccionar las muestras, una labor ardua.

A mi amigo Albert Torrelles por su apoyo y colaboración durante la realización de este trabajo.

A mis amigos de la universidad Luis Ariza, Mariela Narvaez y José Núñez por compartir experiencias de aprendizaje y motivación.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
LISTA DE TABLAS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	7
General .....	7
Específicos .....	7
METODOLOGÍA.....	8
Área de estudio. ....	8
Recolección de las muestras. ....	8
Determinación de las variables ambientales. ....	9
Determinación de las variables biológicas. ....	10
Análisis estadísticos.....	11
RESULTADOS .....	12
Análisis temporal de las variables ambientales en tres localidades del estado Sucre.....	12
Variables ambientales .....	13
Análisis Estadístico Multivariado.....	25
Análisis comparativo de las variables ambientales entre periodos (surgencia y relajación).....	40
Variables ambientales .....	41
Análisis Estadístico Multivariado.....	47
Análisis espacial de la comunidad fitoplanctónica en el nororiente de Venezuela .....	55
DISCUSIÓN.....	58
Variación temporal de la abundancia del fitoplancton en tres localidades del estado Sucre .....	58
Aspectos abióticos.....	58
Aspectos bióticos.....	59
Estructura y abundancia del fitoplancton en un mes de los dos periodos (surgencia y relajación) en el nororiente de Venezuela .....	63
Aspectos abióticos.....	63
Aspectos bióticos.....	64
CONCLUSIONES .....	70
BIBLIOGRAFÍA .....	72
Hoja de Metadatos.....	79

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo seleccionadas para la evaluación de la composición y distribución del fitoplancton en el nororiente de Venezuela.....	9
Tabla 2. Estadísticos básicos de las variables ambientales y biológicas medidas en el estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. ....	13
Tabla 3. Riqueza (N.º de especies) de los grupos del fitoplancton identificados en el estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. ....	21
Tabla 4. Porcentajes de la varianza total explicada por los tres primeros componentes del Análisis de Componentes Principales (ACP) aplicados a las variables medidas en el estado Sucre A, Surgencia; B, Transición y C, Relajación. ....	26
Tabla 5. Porcentajes de similaridad de especies que caracterizaron a los meses muestreados en el estado Sucre, según el análisis SIMPER.....	30
Tabla 6. Porcentaje de disimilaridad y especies que contribuyen a la misma entre los meses muestreados en el estado Sucre, según el análisis SIMPER. ....	32
Tabla 7. Porcentajes de similaridad de especies que caracterizaron a las localidades: Santa Fe, Guaca y San Juan de Las Galdonas, estado Sucre, según el análisis SIMPER.....	39
Tabla 8. Porcentaje de disimilaridad y especies que contribuyen a la misma entre las localidades: Santa Fe, Guaca y San Juan de Las Galdonas, estado Sucre, según el análisis SIMPER.....	40
Tabla 9. Estadísticos básicos de las variables ambientales y biológicas medidas en el periodo de surgencia y relajación en la región nororiental de Venezuela. ....	41
Tabla 10. Valores estadísticos de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis aplicada a los datos de las variables ambientales medidas en el periodo de surgencia y relajación en la región nororiental de Venezuela.....	41
Tabla 11. Riqueza (N.º de especies) de los grupos del fitoplancton identificados en el periodo de surgencia y relajación, en la región nororiental de Venezuela.....	46
Tabla 12. Porcentajes de la varianza total explicada por los tres primeros componentes del Análisis de Componentes Principales (ACP) aplicados a las variables medidas en la región nororiental de Venezuela. A, Surgencia y B, Relajación.....	48
Tabla 13. Lista de especies residentes presentes en el 10% de las muestras en la región nororiental de Venezuela, durante el periodo enero – diciembre 2012, con sus respectivos valores de abundancia (cél ml <sup>-1</sup> ).....	50
Tabla 14. Porcentajes de similaridad de especies que caracterizaron a cada uno de los periodos surgencia (marzo 2012) y relajación (octubre 2012) muestreados en la región nororiental de Venezuela, según el análisis SIMPER.....	54
Tabla 15. Porcentaje de disimilaridad y especies que contribuyen a la misma entre los periodos surgencia (marzo 2012) y relajación (octubre 2012) muestreados en la región nororiental de Venezuela, según el análisis SIMPER.....	54

Tabla 16. Porcentajes de similaridad de especies que caracterizaron a cada una de las áreas en la región nororiental de Venezuela, según el análisis SIMPER. .... 56

Tabla 17. Porcentaje de disimilaridad y especies que contribuyen a la misma entre las cuatro áreas evaluadas en la región nororiental de Venezuela, según el análisis SIMPER..... 57



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio indicando las estaciones de muestreo, ▲temporal ●espacial.....	9
Figura 2. Transparencia (m) medida en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.....	15
Figura 3. Salinidad (UPS) medida en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.....	16
Figura 4. Temperatura del agua (°C) medida en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.....	17
Figura 5. Concentración de oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) medido en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.....	18
Figura 6. Abundancia total del fitoplancton ( $\text{cél ml}^{-1}$ ) medida en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.....	19
Figura 7. Variación temporal de la abundancia relativa del fitoplancton en dos estaciones de: A, Santa Fe; B, Guaca y C, San Juan de Las Galdonas, estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.....	20
Figura 8. Representaciones de Lohmann para las cinco especies más abundantes y frecuentes en Santa Fe, estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.....	22
Figura 9. Representaciones de Lohmann para las cinco especies más abundantes y frecuentes en Guaca, estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012....	23
Figura 10. Representaciones de Lohmann para las cinco especies más abundantes y frecuentes en San Juan de Las Galdonas, estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.....	24
Figura 11. Diversidadde Shannon-Wiener ( $\text{bits ind}^{-1}$ ) medida en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.....	25
Figura 12. Proyección ortogonal de las variables fisicoquímicas y biológicas en el espacio definido por los dos primeros componentes del ACP de los datos recolectados en el estado Sucre A, Surgencia; B, Transición y C, Relajación. ABUN: abundancia total del fitoplancton; DIVE: diversidad; TRAN: transparencia; SALI: salinidad; TEMP: temperatura del agua; OXIG: concentración de oxígeno disuelto.	27
Figura 13. Ordenaciones multivariadas (nMDS) de los centroides por mes (A) y de las muestras de las localidades (B) en el estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.....	29
Figura 14. Variación de las variables ambientales durante el periodo de surgencia (marzo 2012) y relajación (octubre 2012) en la región nororiental de Venezuela. A, transparencia; B, salinidad; C, temperatura y D, concentración de oxígeno.....	42

Figura 15. Variación de la abundancia total del fitoplancton durante el periodo de surgencia y relajación en la región nororiental de Venezuela.....	43
Figura 16. Variación espacial de la abundancia relativa de los grupos fitoplanctónicos en el periodo de relajación, en la región nororiental de Venezuela. A, Surgencia y B, Relajación. Santa Fe, A; Golfo de Cariaco, B; Guayacán-Guaca, C; Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare, D.....	45
Figura 17. Representaciones de Lohmann para las tres especies más abundantes y frecuentes en el periodo de surgencia, en la región nororiental de Venezuela. ....	46
Figura 18. Representaciones de Lohmann para las tres especies más abundantes y frecuentes en el periodo de relajación, en la región nororiental de Venezuela. ....	47
Figura 19. Variación de la diversidad del fitoplancton durante el periodo de surgencia y relajación en la región nororiental de Venezuela.....	47
Figura 20. Proyección ortogonal de las variables fisicoquímicas y biológicas en el espacio definido por los dos primeros componentes del ACP de los datos recolectados en la región nororiental de Venezuela. A, Surgencia y B, Relajación. ABUN: abundancia total del fitoplancton; DIVE: diversidad; TRAN: transparencia; SALI: salinidad; TEMP: temperatura del agua; OXIG: concentración de oxígeno disuelto.....	49
Figura 21. Ordenación multivariada (nMDS) de las muestras de los periodos surgencia (marzo 2012) y relajación (octubre 2012) colectadas en la región nororiental de Venezuela.....	53
Figura 22. Ordenación multivariada (nMDS) de los centroides por área muestreada en la región nororiental de Venezuela.....	55

## RESUMEN

La dinámica del fitoplancton concita el interés científico y de administradores pesqueros ya que permite conocer mejor el funcionamiento del ecosistema y de sus recursos. Por tal motivo, para evaluar la variación temporal y espacial del fitoplancton en el nororiente de Venezuela, se realizaron muestreos en Santa Fe, Guaca y San Juan de Las Galdonas mensualmente, durante 2012. En ese mismo año, se efectuaron dos muestreos, uno en marzo (surgencia) y otro en octubre (relajación), tomando las muestras en 70 estaciones, a lo largo de la costa del estado Sucre. Se midió: transparencia, salinidad, temperatura del agua, concentración de oxígeno disuelto, abundancia microalgal y diversidad. Para determinar las diferencias temporales y espaciales de las variables se efectuó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis y para establecer las posibles relaciones entre las variables se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Adicionalmente, para determinar diferencias temporales y espaciales en la estructura de la comunidad del fitoplancton se realizó un análisis de similaridad (ANOSIM); y para identificar las especies responsables de la similitud se utilizó SIMPER. La transparencia exhibió diferencias espaciales; en Santa Fe el promedio fue 11,58 m, mientras que en Guaca y San Juan de Las Galdonas fue de 7,40 m y 7,70 m; respectivamente. La salinidad (32,77 y 37,64 UPS), temperatura (21,92 y 29,53°C) y concentración de oxígeno (0,04 y 9,47 ml l<sup>-1</sup>) presentaron diferencias temporales. La abundancia total del fitoplancton sólo varió temporalmente, los valores estuvieron entre 0,113 y 1244,172 cél ml<sup>-1</sup>. Se identificaron 147 especies de microalgas; Santa Fe (35 especies residentes), Guaca (56 especies residentes) y San Juan de Las Galdonas (39 especies residentes). La abundancia relativa mostró que en Santa Fe los cocolitofóridos fueron dominantes; mientras que en Guaca y San Juan de Las Galdonas, las diatomeas dominaron la comunidad. Las especies dominantes fueron: *Thalassiosira subtilis*, *Streptotheca tamesis*, *Guinardia flaccida*, *Guinardia striata*, *Chaetoceros compressus*, *Cyclotella* sp., *Pseudonitzschia* sp., *Thalassiosira* sp., *Skeletonema costatum*, *Pseudonitzschia seriata*. La diversidad presentó diferencias temporales y espaciales. El ACP para el periodo de surgencia demostró que hubo un incremento del fitoplancton por influencia de aguas de baja temperatura y menor concentración de oxígeno; por efecto del crecimiento del fitoplancton las aguas fueron menos transparentes. Mientras que el ACP para relajación demostró que el descenso de la abundancia tuvo relación con aguas cálidas en la zona. La variación temporal del fitoplancton estuvo asociada a las características fisicoquímicas de las masas de agua y a la dinámica ambiental. Por otra parte, la transparencia, salinidad y temperatura presentaron diferencias entre periodos; los valores más bajos de estas variables se presentaron en surgencia y los más altos se registraron en relajación. La concentración de oxígeno no presentó diferencias entre periodos. La abundancia total del fitoplancton mostró diferencias entre periodos; para surgencia (1 y 176,07 cél ml<sup>-1</sup>) y en relajación (1 y 241,09 cél ml<sup>-1</sup>). Se identificaron 180 especies de microalgas; en surgencia (21 especies residentes) y en relajación (32 especies residentes). La abundancia relativa también permitió diferenciar los periodos, en surgencia las diatomeas fueron dominantes mientras que en relajación lo fueron los cocolitofóridos. Las especies dominantes fueron: *P. seriata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros* sp., *Thalassiosira* sp. y *Dactyliosolen fragilissimus*. La diversidad presentó diferencias entre periodos; los valores más bajos se observaron en surgencia, lo cual es típico de áreas de surgencia y altos en relajación lo que indicó posiblemente etapas avanzadas de la sucesión. Las diferencias espaciales de la estructura comunitaria del fitoplancton en la región nororiental de Venezuela fueron el resultado de los procesos oceanográficos (hidrodinámica, hidrografía, hidroquímica) y climáticas imperantes en las diferentes áreas que integran la región.

## INTRODUCCIÓN

Las especies del fitoplancton son predominantemente auxótrofas (fabrican materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas, vitaminas y hormonas presentes en su entorno). El fitoplancton marino es el productor más importante de sustancias orgánicas y la velocidad a la que la energía se almacena por estos diminutos organismos determina la productividad primaria del ecosistema (REYNOLDS, 2006). En condiciones favorables, el fitoplancton es capaz de duplicar su masa algunas veces en periodos de 24 horas, produciéndose una tasa mayor que la que puede conseguirse por las plantas terrestres (MARSHALL, 1991). El resto de las formas de vida de los niveles tróficos superiores dependen directa o indirectamente del fitoplancton para el suministro de energía y, por lo tanto, la realización de las funciones vitales (CHANDY *et al.*, 1991).

TOWNSEND *et al.* (2000) y CONDE *et al.* (2007), señalaron que las comunidades planctónicas sirven como bases para las cadenas alimenticias que soportan la pesca comercial. En este sentido, VALLS & PAREDES (2010), consideraron que de todos los recursos pesqueros disponibles en el nororiente de Venezuela la sardina *Sardinella aurita*, un pez planctófago, es la especie de mayor importancia comercial. Esto se debe a que su volumen anual de captura es de (87.604 tn en 2016), lo cual hace que su pesca sea la fuente principal de sustento e ingreso para las comunidades de pescadores del país.

La composición y la abundancia del fitoplancton determina en gran parte la organización trófica de los ecosistemas pelágicos y por lo tanto la eficiencia con la que la materia orgánica producida por la fotosíntesis es canalizada hacia los niveles tróficos superiores o exportados al interior de los océanos (MARAÑÓN *et al.*, 2012). El fitoplancton marino es responsable de casi la mitad de la producción primaria mundial (50 Gt de carbono por año) y tiene la capacidad para responder rápidamente a las alteraciones del medio ambiente (FALKOWSKI *et al.*, 1998). Sin embargo, no está claramente definido cómo los diferentes procesos del cambio global, que involucran la temperatura y el suministro de nutrientes, entre otros

factores, podrían afectar el tamaño del fitoplancton y sus propiedades funcionales asociadas (MARAÑÓN *et al.*, 2012).

El fitoplancton marino es una comunidad diversa constituida por alrededor de 5.000 especies de microalgas, distribuidas en aproximadamente 19 clases de 7 divisiones (TETT & BARTON, 1995; LEE, 1999; HERNÁNDEZ *et al.*, 2003); entre las que destacan por su riqueza y abundancia, Bacillariophyta (diatomeas) y Dinophyta (dinoflagelados).

Las diatomeas constituyen un importante componente de las comunidades acuáticas, considerando a las de mayor tamaño, especies clave en los estuarios y en el océano después de eventos físicos como la surgencia, los cuales inyectan nutrientes a la zona eufótica (GOLDMAN & MCGILLICUDDY, 2003). Los estudios comunitarios en la Bahía de San Francisco y en sistemas de afloramiento apoyan la tesis de que las diatomeas responden rápidamente a episodios en condiciones de alta iluminación y altas concentraciones de nutrientes (CLOERN & DUFFORD, 2005). Las diatomeas se dividen más rápido que otros taxones por su acelerada asimilación de nitrógeno en aguas ricas en nitrato y su alta eficiencia para crecer con poca luz (CLOERN & DUFFORD, 2005). Otra razón para su proliferación puede ser la pared celular de sílice que presentan, la cual es resistente a las mandíbulas de los copépodos y al ataque por pequeños depredadores flagelados o patógenos (CLOERN & DUFFORD, 2005).

Otro grupo principal lo constituyen los dinoflagelados. Estos organismos son en gran parte responsables de las floraciones algales nocivas (HABs, siglas en inglés) o mareas rojas. GÁRATE *et al.* (2006), mencionaron que los florecimientos algales nocivos (FANs) son frecuentes cuando ocurre el rompimiento de la termoclina y la concentración de nutrientes aumenta en la columna de agua. Los autores señalaron que especies como *Cochlodinium polykrikoides* y *Gonyaulax polygramma* desarrollan quistes de resistencia que al ser llevados a la superficie germinan y dan origen a florecimientos puntuales o masivos. FERRAZ (1976), para el Oriente de Venezuela publicó que el dinoflagelado *Gyrodinium fisum* ocasionó un “turbio” o marea roja en septiembre de 1970. FERRAZ (1987), mencionó que las especies

*Gyrodinium* sp. y *Gonyaulax tamarensis* var. *excavata* han sido señaladas como responsables de mareas rojas en el Golfo de Cariaco, Venezuela.

En México, en el Mar de Cortés, LÓPEZ *et al.* (2006), registraron que en el periodo abril-junio, cuando se inicia la estratificación de la columna de agua o bien en condiciones de surgencia locales. La especie *Scrippsiella trochoidea* puede florecer y ocasionar mareas rojas.

Los microfósiles de los dinoflagelados son indicadores paleogeográficos y estadigráficos de los cuales se encuentran registros desde el Triásico (FENSOME *et al.*, 1993). Además, presentan características celulares y bioquímicas inusuales (LARA *et al.*, 1996).

La composición y abundancia del fitoplancton en el océano, puede ser afectada por factores meteorológicos, físicos, químicos y/o biológicos (D'CROZ *et al.*, 1991; SHIAH *et al.*, 1996). Entre los factores meteorológicos destacan el viento, la precipitación y las corrientes (WEHDE *et al.*, 2001; MOISAN *et al.*, 2002). Sin embargo, PIRELA *et al.* (2008), refieren que los principales procesos reguladores del fitoplancton son la surgencia costera y las celdas de Langmuir, la cual provoca la distribución del fitoplancton. Los factores físicos de mayor importancia son luz, temperatura y salinidad. GHOSAL *et al.* (2000), mencionaron que la temperatura del agua y la salinidad tienen un efecto selectivo sobre la producción del plancton, ya que algunas especies están adaptadas a sobrevivir a un cierto intervalo de temperatura y salinidad. Además, estas variables controlan la estabilidad de la columna de agua, y por consiguiente, el grado de mezcla turbulenta.

SHIAH *et al.* (1996) destacaron que la disponibilidad de nutrientes y el consumo herbívoro son factores importantes que regulan la producción y la biomasa del fitoplancton. De estos dos factores, el elemento que normalmente condiciona la producción primaria del fitoplancton es la disponibilidad de las "sales nutritivas" (compuestos de nitrógeno, fósforo y silicio, y en ocasiones el hierro).

La composición y dominancia en el fitoplancton cambia de manera natural. Los factores físicos y químicos se combinan con eventos como la competencia específica y la depredación lo cual provoca la sustitución, a lo largo del tiempo, de unas especies por otras (ÁLVAREZ, 1981; WETZEL, 1981). En tal sentido, MARGALEF (1995), señaló que la sucesión del fitoplancton presenta tres etapas bien definidas: la fase I, corresponde a las especies oportunistas, caracterizada por organismos de pequeño tamaño, con rápida captación de nutrientes o constantes de saturación y tasa reproductiva alta. La fase II, representada por organismos de menor constante de saturación y de mayor tamaño, y por último, la fase III, caracterizada por géneros típicos de aguas oligotróficas que presentan una constante de saturación y una tasa reproductiva baja.

FERRAZ (1987) para el Golfo de Cariaco, Venezuela, describió la sucesión del fitoplancton durante el periodo enero-diciembre de 1974; registró que durante los pulsos de surgencia (enero-junio), se observó un rápido crecimiento y predominio de diatomeas (*Nitzschia seriata*, *Cylindrotheca closterium*, *L. danicus*, *Chaetoceros* sp.), las cuales fueron sustituidas por dinoflagelados (*Peridinium trochoideum*, *Gymnodinium albulum*, *G. polygramma*, *Exuviaella baltica*). Al comenzar el periodo de lluvias, observó una disminución de la densidad poblacional y predominaron los flagelados en general.

MARGALEF (1978), señaló la importancia ecológica de la variabilidad entre especies en su forma (tamaño, densidad) y función (motilidad, comportamiento) como adaptaciones a un ambiente turbulento e inestable. Margalef, citado por CULLEN *et al.* (2002), sugiere que las formas de vida del fitoplancton son adaptaciones a determinados tipos de hábitats pelágicos definidos a lo largo de gradientes de la intensidad de turbulencia y concentraciones de nutrientes.

En el Oriente de Venezuela se han realizado diversos trabajos sobre el fitoplancton marino. Entre estos, destacan: el realizado por HULBURT (1963), quien estudio la distribución del fitoplancton a lo largo de la costa nororiental de Venezuela. Este investigador señaló que las diatomeas eran el grupo dominante en la comunidad fitoplanctónica; MARGALEF (1968), analizó la composición y distribución del

fitoplancton al noreste de Venezuela, y lo dividió en cinco áreas con distintos grados de productividad. Este autor estableció que lugares como la Ensenada Guaca-Guatapanare y el Golfo de Cariaco estaban entre las zonas más productivas; FERRAZ (1992), analizó el fitoplancton de la Ensenada de Canguas, Península de Paria, y señaló que la composición fitoplanctónica estaba influenciada por las aguas estuarinas del Golfo de Paria; RIVAS *et al.* (2007), en un estudio realizado en playa San Luis, estado Sucre, determinaron que en la época de surgencia la abundancia del fitoplancton estaba entre 90 y 554 cel ml<sup>-1</sup> y lo atribuyeron al alto suministro de nutrientes típico de esa época; PIRELA *et al.* (2008), realizaron un estudio en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, y concluyeron que las variaciones temporales de la composición y abundancia fitoplanctónica estuvieron asociadas a la ocurrencia estacional del proceso de surgencia, pero con un aparente desfase entre los procesos meteorológicos, hidrográficos y biológicos; CALVO *et al.* (2015), analizaron la variación a corto plazo del fitoplancton en la Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela, durante la época de lluvias y publicaron que la comunidad fitoplanctónica estuvo dominada por formas flageladas y cambió en un periodo inferior a una semana; por último, SOTO *et al.* (2015), estudiaron la variabilidad a corto plazo de la hidrografía y fitoplancton en la Ensenada de Turpialito y registraron altas concentraciones de nutrientes que favorecieron la proliferación de la biomasa fitoplanctónica durante el periodo de surgencia y estabilidad de las variables ambientales y del fitoplancton durante el periodo de transición.

Si las condiciones hidrográficas que imperan en las costas venezolanas impulsan el aumento de la biomasa del fitoplancton durante los primeros meses; entonces es necesario realizar estudios exhaustivos que puedan brindar información sobre la biomasa, abundancia y composición del fitoplancton, ya que el conocimiento de este eslabón aportará mayor información sobre la red trófica en el ambiente marino.

Los cambios en la estructura de la comunidad fitoplanctónica repercuten en el ecosistema afectando la tasa de supervivencia de las larvas y el reclutamiento de peces planctófagos como la sardina *S. aurita*, esto además ponen en riesgo el futuro de las próximas generaciones de las diferentes formas de vida de los niveles tróficos



superiores quienes dependen directa o indirectamente del suministro de energía proporcionada por el fitoplancton.

Debido a la importancia ecológica del fitoplancton marino, esta propuesta de investigación estuvo enmarcada dentro del proyecto "Evaluación del potencial del recurso sardina vinculando a las comunidades pesqueras de la región nororiental de Venezuela" (N° 2010000247), financiado por el Fondo Nacional de Ciencia, tecnología e Innovación (FONACIT), con fecha de ejecución desde 01/02/2011 hasta 31/12/2012. Por tal motivo, se planteo evaluar la composición y distribución del fitoplancton en el nororiente de Venezuela.

## OBJETIVOS

### General

Evaluar la composición y distribución del fitoplancton en el nororiente de Venezuela.

### Específicos

Medir las variables abióticas transparencia, salinidad, temperatura del agua y concentración de oxígeno disuelto en el nororiente de Venezuela.

Identificar las especies del fitoplancton presentes en el nororiente de Venezuela.

Determinar la variación espacial y temporal de la abundancia y diversidad del fitoplancton en el nororiente de Venezuela.

Establecer las relaciones entre las condiciones hidrográficas, la abundancia y la diversidad del fitoplancton en el nororiente de Venezuela.

Describir los patrones de distribución espacial y temporal de la estructura comunitaria del fitoplancton en el nororiente de Venezuela.

## METODOLOGÍA

### **Área de estudio.**

La región nororiental de Venezuela está constituida por las áreas costeras de los estados Sucre, Nueva Esparta y Anzoátegui; esta zona del país está influenciada por el evento de surgencia, el cual enriquece sus aguas durante la primera mitad del año. El evento exhibe una máxima intensidad y una amplia extensión durante el periodo comprendido entre diciembre y abril, además de un segundo incremento a mitad de año (junio-julio). Los principales elementos que controlan este proceso son el viento y ocasionalmente la presencia de remolinos que penetran el mar Caribe (ASTOR *et al.*, 2003). Estas variaciones anuales producen cambios estacionales drásticos en la hidrografía, la biología y el flujo de sedimentos hacia el fondo, los cuales han sido estudiados en detalle por varios autores (SCRANTON *et al.*, 2001). Adicionalmente, el sistema ha mostrado una amplia variabilidad interanual que requiere de un mayor número de observaciones para ser entendida plenamente (MÜLLER-KARGER *et al.*, 2004).

### **Recolección de las muestras.**

Los muestreos se llevaron a cabo con una embarcación tipo peñero en horas de la mañana. Para determinar la variación temporal del fitoplancton se fijaron dos estaciones ubicadas aproximadamente a 200 (Interna) y 600m (Externa) de la orilla en las localidades de Santa Fe (municipio Sucre), Guaca (municipio Bermúdez) y San Juan de Las Galdonas (municipio Arismendi) desde enero hasta diciembre de 2012, excepto en junio y noviembre, donde no se realizaron los muestreos por problemas de logística. En ese mismo año, para obtener una mayor información de la variabilidad espacial del fitoplancton se realizaron muestreos en marzo (periodo de surgencia) y en octubre (periodo de relajación), en los cuales se recolectaron muestras en 70 puntos; estableciéndose cuatro áreas: Santa Fe (A), Golfo de Cariaco (B), Guayacán-Guaca (C) y Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare (D; Figura 1; Tabla 1).

### Determinación de las variables ambientales.

La transparencia (m) se midió con un disco de Secchi mientras que la temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto ( $^{\circ}\text{C}$ , UPS y mg/L; respectivamente) se midieron con una sonda multiparamétrica (YSI Inc. modelo 650 MDS). Las muestras de fitoplancton fueron recolectadas a nivel superficial directamente con botellas plásticas (500 mL). Se utilizó formalina para la preservación de las muestras debido a la extensión de tiempo para su análisis.

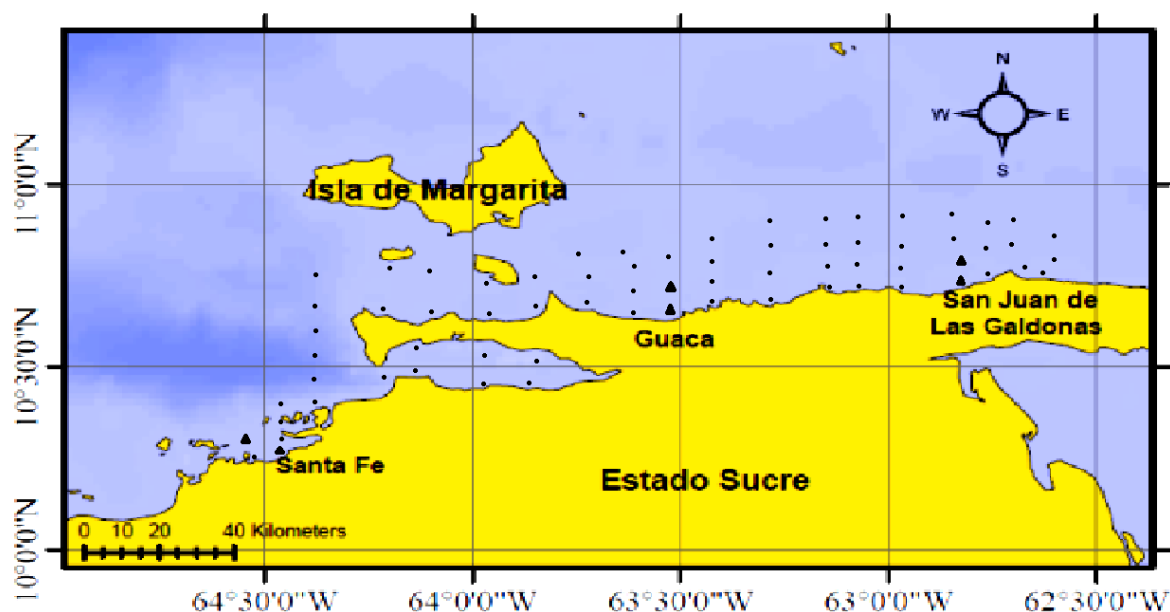


Figura 1. Mapa del área de estudio indicando las estaciones de muestreo,  $\blacktriangle$  temporal  $\bullet$  espacial.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo seleccionadas para la evaluación de la composición y distribución del fitoplancton en el nororiente de Venezuela.

Localidad	Est.	Latitud	Longitud	Localidad	Est.	Latitud	Longitud
	1	10° 29' N	-64° 59' W		36	10° 78' N	-63° 47' W
	2	10° 34' N	-64° 59' W		37	10° 85' N	-63° 47' W
	3	10° 29' N	-64° 47' W		38	10° 71' N	-63° 36' W
Santa Fe	4	10° 36' N	-64° 47' W		39	10° 78' N	-63° 36' W
	5	10° 42' N	-64° 47' W	Guayacán-	40	10° 85' N	-63° 36' W
	6	10° 49' N	-64° 47' W	Guaca	41	10° 91' N	-63° 36' W
	7	10° 43' N	-64° 34' W		42	10° 91' N	-63° 25' W
	8	10° 49' N	-64° 35' W		43	10° 85' N	-63° 25' W
Golfo de Cariaco	9	10° 55' N	-64° 36' W		44	10° 78' N	-63° 25' W
	10	10° 62' N	-64° 36' W		45	10° 70' N	-63° 25' W

Tabla 1. Continuación

Golfo de	11	10° 48' N	-64° 22' W	Morro-San Juan	46	10° 73' N	-63° 14' W
----------	----	-----------	------------	----------------	----	-----------	------------

Cariaco	12	10° 49' N	-64° 12' W	de Las Galdonas-San Juan de Unare	47	10° 78' N	-63° 14' W
	13	10° 56' N	-64° 12' W		48	10° 86' N	-63° 15' W
	14	10° 47' N	-63° 97' W		49	10° 92' N	-63° 15' W
	15	10° 52' N	-63° 97' W		50	10° 73' N	-63° 04' W
	16	10° 48' N	-63° 84' W		51	10° 78' N	-63° 04' W
	17	10° 53' N	-63° 84' W		52	10° 85' N	-63° 05' W
	18	10° 69' N	-64° 36' W		53	10° 92' N	-63° 05' W
	19	10° 76' N	-64° 36' W		54	10° 92' N	-62° 95' W
	20	10° 68' N	-64° 23' W		55	10° 85' N	-62° 95' W
	21	10° 76' N	-64° 23' W		56	10° 78' N	-62° 94' W
	22	10° 69' N	-64° 11' W		57	10° 73' N	-62° 94' W
	23	10° 76' N	-64° 12' W		58	10° 72' N	-62° 84' W
Guayacán- Guaca	24	10° 67' N	-63° 97' W	59	10° 78' N	-62° 84' W	
	25	10° 75' N	-63° 97' W	60	10° 86' N	-62° 85' W	
	26	10° 68' N	-63° 84' W	61	10° 93' N	-62° 85' W	
	27	10° 76' N	-63° 84' W	62	10° 79' N	-62° 75' W	
	28	10° 70' N	-63° 72' W	63	10° 86' N	-62° 75' W	
	29	10° 78' N	-63° 73' W	64	10° 93' N	-62° 75' W	
	30	10° 85' N	-63° 73' W	65	10° 94' N	-62° 66' W	
	31	10° 85' N	-63° 60' W	66	10° 86' N	-62° 66' W	
	32	10° 72' N	-63° 59' W	67	10° 77' N	-62° 65' W	
	33	10° 71' N	-63° 59' W	68	10° 75' N	-62° 55' W	
	34	10° 65' N	-63° 59' W	69	10° 79' N	-62° 56' W	
	35	10° 70' N	-63° 47' W	70	10° 85' N	-62° 56' W	

### Determinación de las variables biológicas.

La abundancia microalgal se determinó con el método de sedimentación de UTERMÖHL (1958). Para esto, la muestra se agitó suavemente y se vertió una alícuota de 50 mL en una cámara de sedimentación durante un periodo de tiempo no menor a 24 horas. Luego, la muestra se examinó con un microscopio invertido Wild Heerbrugg M 40 y se contaron los organismos con los objetivos de 10X y 40X.

Para calcular la abundancia de cada especie (org. ml<sup>-1</sup>) se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Abundancia (org. ml}^{-1}\text{)} = \text{Sc} * \text{N} / [(\text{sc} * \text{vc})]$$

donde:

Sc: superficie de la cámara = 383, 13 mm<sup>2</sup>.

N: número de organismos contados.

sc: superficie contada = N° de bandas x ancho de banda (mm) x alto de banda 10 (mm).

vc: volumen de la cámara = 50 ml.

ancho de la banda en 10X = 0,4 mm.

ancho de la banda en 40X = 0,1 mm.

La identificación de los organismos se realizó según los trabajos de: CUPP (1943), CLEVE (1951), HENDEY (1964), THOMAS (1997) y BERARD-THERRIault *et al.* (1999), entre otros. La diversidad de las especies se calculó con el Índice de SHANNON-WIENER (1949) a través de la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i$$

(Usando  $\ln$  en vez de  $\log_{10}$ , convertible a bits/ individuo al multiplicarse por 1,442697).

donde:

$p_i$ :  $n_i/N$ .

$n_i$ : abundancia de la especie  $i$ .

$N$ : abundancia total.

Debido a que los cocolitofóridos no se identificaron hasta nivel específico en todos los muestreos, se decidió excluirlos de los análisis de diversidad.

### **Análisis estadísticos.**

Para determinar las diferencias espaciales y temporales de las variables estudiadas se efectuó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis (BOYER *et al.*, 1997). También se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), a partir de una matriz de correlación múltiple para establecer las posibles relaciones entre las variables fisicoquímicas y biológicas (JOHNSON & WICHERN, 1992). Adicionalmente, para determinar las diferencias en la estructura de la comunidad del fitoplancton de acuerdo a los meses y áreas se realizó un análisis de similitud ANOSIM (CLARKE & WARWICK, 2001). Por otra parte, se hicieron análisis de ordenación (MDS) con base en los datos biológicos para ilustrar la distribución de las especies, usando Bray Curtis como medida de similitud. Finalmente, para identificar las especies que caracterizaron los meses y áreas a través de su abundancia, se utilizó la rutina SIMPER (CLARKE, 1993).

## RESULTADOS

### **Análisis temporal de las variables ambientales en tres localidades del estado Sucre**

En el periodo enero – diciembre 2012, se registraron las características ambientales típicas de la región nororiental de Venezuela. Se observó que los primeros cuatro meses del año la dirección predominante del viento fue NE, lo que produjo la agitación de la superficie marina. Durante el segundo semestre del año, la dirección predominante del viento fue Oeste. Según la escala de Beauford, el grado de agitación de la superficie marina estuvo entre 0 y 1.

En relación a las características generales de las localidades, en Santa Fe, las aguas eran transparentes y se observaron corales y praderas de *Thalassia* sp.; esta zona tiene una afluencia de turistas importante; la actividad pesquera está dirigida a la captura de diferentes especies. En el caso de Guaca se encontraron aguas más turbias con agitación constante. Esta localidad tiene una gran actividad pesquera, dirigida específicamente a la captura de la sardina, *S. aurita*, y a la extracción del mejillón *Perna perna*. En San Juan de Las Galdonas, las montañas llegan al mar y la vegetación es abundante; se observaron aguas de color verde oscuro y la actividad pesquera es menos intensa que en las dos localidades anteriores. Los estadísticos básicos de las variables ambientales y biológicas analizadas en esta sección se presentan en la Tabla 2.

## VARIABLES AMBIENTALES

Tabla 2. Estadísticos básicos de las variables ambientales y biológicas medidas en el estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.

	VARIABLE	N	Promedio	SD	Mínimo	Máximo
<b>Santa Fe</b>	Transparencia (m)	18	11,58	5,41	2	22
	Salinidad (UPS)	20	35,72	1,13	33,92	37,64
	T_agua (°C)	20	26,09	2,01	22,98	29,53
	Oxígeno disuelto (ml l <sup>-1</sup> )	20	4,68	2,45	0,22	7,67
	Abundancia total (cél ml <sup>-1</sup> )	20	117	297,94	1	1244
	H' (bits ind <sup>-1</sup> )	20	2,77	0,87	0,94	3,71
<b>Guaca</b>	Transparencia (m)	18	7,40	3,71	1,5	15
	Salinidad (UPS)	22	35,85	0,98	34,23	37,56
	T_agua (°C)	22	25,25	1,46	22,42	27,75
	Oxígeno disuelto (ml l <sup>-1</sup> )	22	5,07	2,32	0,04	9,47
	Abundancia total (cél ml <sup>-1</sup> )	22	135	243,45	1	956
	H' (bits ind <sup>-1</sup> )	22	3,20	1,21	0	4,57
<b>San Juan de Las</b>	Transparencia (m)	20	7,70	3,33	2	17
	Salinidad (UPS)	20	35,22	1,35	32,77	37,36
	T_agua (°C)	20	25,41	1,53	21,92	28,38



Oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ )	20	4,98	1,91	0,39	7,09
Abundancia total ( $\text{cél ml}^{-1}$ )	22	79,83	146,71	1	678
H' ( $\text{bits ind}^{-1}$ )	22	2,64	1,04	0	4,10

---

N: Tamaño de la muestra; SD: Desviación estándar; T\_agua: Temperatura del agua; H': Diversidad de Shannon-Wiener.

La transparencia del agua no presentó diferencias con respecto al tiempo ( $KW=8,06$ ;  $p>0,05$ ; Figura 2A) y las estaciones ( $KW=2,77$ ;  $p>0,05$ ; Figura 2B). Sin embargo, si se detectaron diferencias significativas con respecto a las localidades ( $KW=8,69$ ;  $p<0,05$ ; Figura 2C). Se observó una disminución de esta variable de Oeste a Este; el valor promedio de Santa Fe fue 11,58 m, mientras que en Guaca y San Juan de Las Galdonas, fue de 7,40 m y 7,70 m; respectivamente.

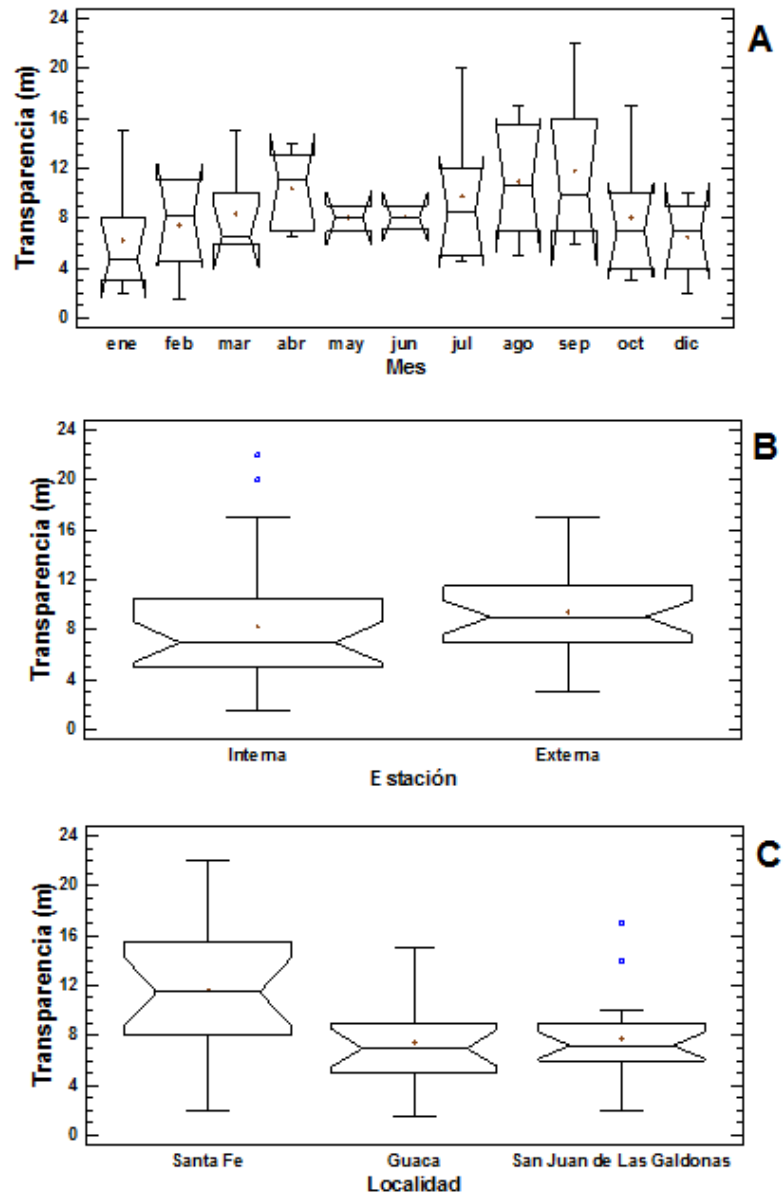


Figura 2. Transparencia (m) medida en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.

Con relación a la salinidad se detectaron diferencias temporales significativas ( $KW=45,48$ ;  $p<0,05$ ); durante los tres primeros meses hubo un descenso en el valor promedio. El valor mínimo 32,77 UPS se midió en marzo. Por otro lado, se observó que a partir de junio la salinidad aumentó progresivamente registrándose el valor máximo 37,64 UPS en diciembre (Figura 3A). No se encontraron diferencias espaciales significativas en la salinidad (estaciones,  $KW=0,01$ ;  $p>0,05$ ; localidades,  $KW=3,74$ ;  $p>0,05$ ; Figuras 3B y 3C).

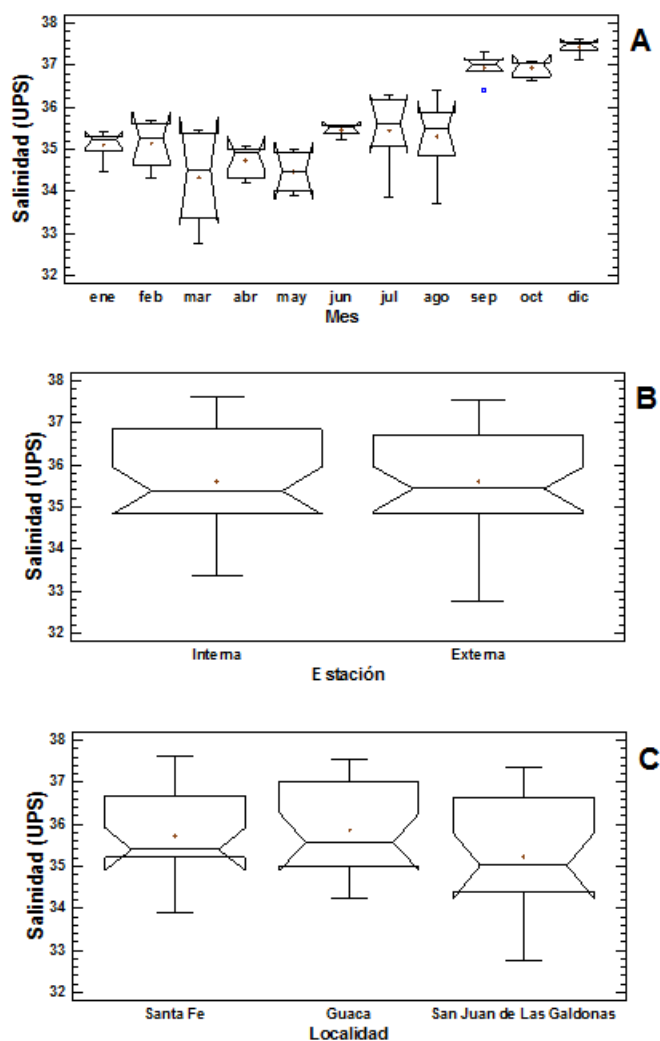


Figura 3. Salinidad (UPS) medida en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.

Al igual que la salinidad, la temperatura del agua presentó diferencias temporales significativas ( $KW=48,35$ ;  $p<0,05$ ). Los valores más bajos de esta variable se registraron los primeros cuatro meses del año ( $<25,87$  °C); luego desde mayo hasta octubre se observó un incremento de la temperatura ( $>26,58$  °C) para disminuir nuevamente en diciembre ( $<26,24$  °C). El valor mínimo  $21,92$  °C se midió en febrero y el máximo  $29,53$  °C en octubre (Figura 4A). No se encontraron diferencias espaciales significativas en la temperatura del agua (estaciones,  $KW=0,00$ ;  $p>0,05$ ; localidades,  $KW=2,35$ ;  $p>0,05$ ; Figuras 4B y 4C).

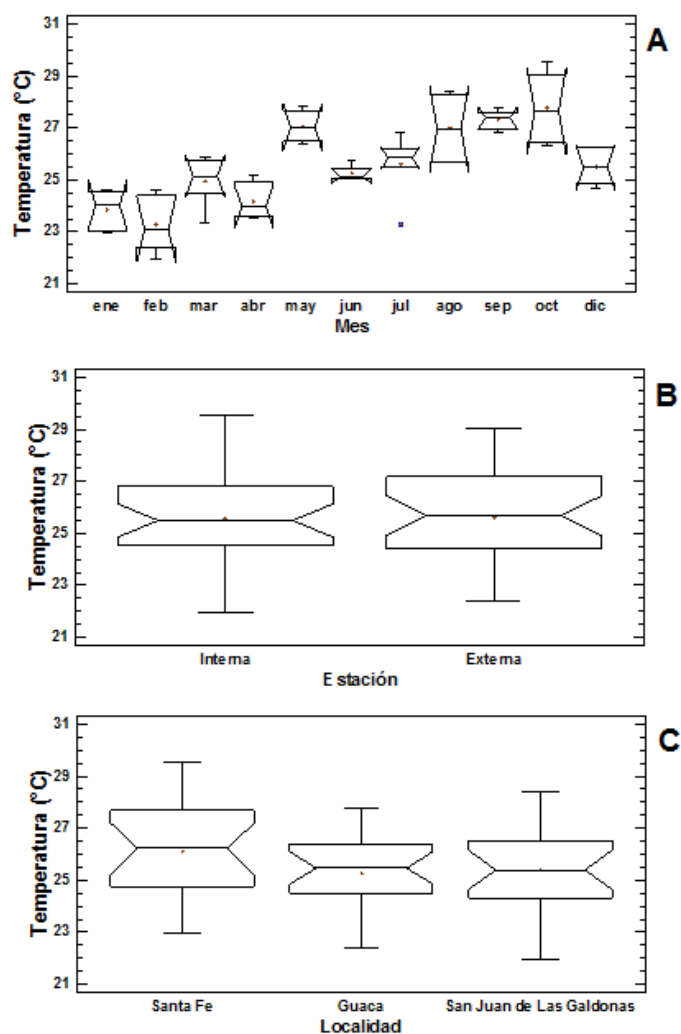


Figura 4. Temperatura del agua (°C) medida en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.

Por otra parte, la concentración de oxígeno disuelto registró diferencias significativas con respecto al tiempo ( $KW=25,26$ ;  $p<0,05$ ). En enero, febrero y mayo se observó una amplia variación en los valores de esta variable ( $0,04-9,47$   $ml\ l^{-1}$ ). Posteriormente desde julio hasta diciembre, los valores fueron mayores que  $3\ ml\ l^{-1}$ . El valor mínimo  $0,04\ ml\ l^{-1}$  se midió en mayo y el máximo  $9,47\ ml\ l^{-1}$  en enero (Figura 5A). No se detectaron diferencias espaciales significativas en la concentración de oxígeno disuelto (estaciones,  $KW=0,00$ ; localidades,  $KW=0,05$ ;  $p>0,05$ ; Figuras 5B y 5C).

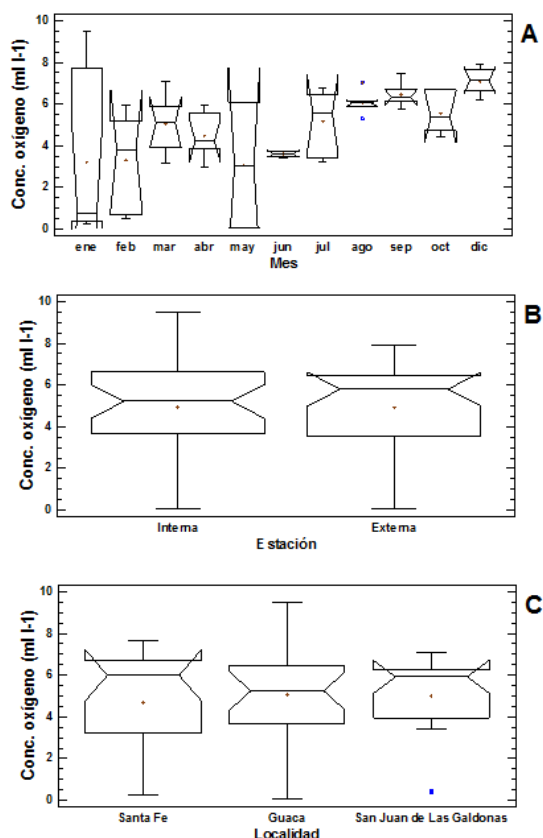


Figura 5. Concentración de oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) medido en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.

La abundancia total del fitoplancton presentó diferencias temporales significativas ( $\text{KW}=20,16$ ;  $p<0,05$ ). Se observó una alta variabilidad de la abundancia total. Los valores más bajos ( $27,299 \text{ cél ml}^{-1}$ ) se registraron en febrero-mayo y julio; luego los valores fueron moderados ( $73,239 \text{ cél ml}^{-1}$ ) en agosto-octubre y diciembre mientras que los más altos ( $448,860 \text{ cél ml}^{-1}$ ) se presentaron en enero y junio (Figura 6A). No se encontraron diferencias espaciales significativas en la abundancia total (estaciones,  $\text{KW}=0,02$ ;  $p>0,05$ ; localidades,  $\text{KW}=2,18$ ;  $p>0,05$ ; Figuras 6B y 6C).

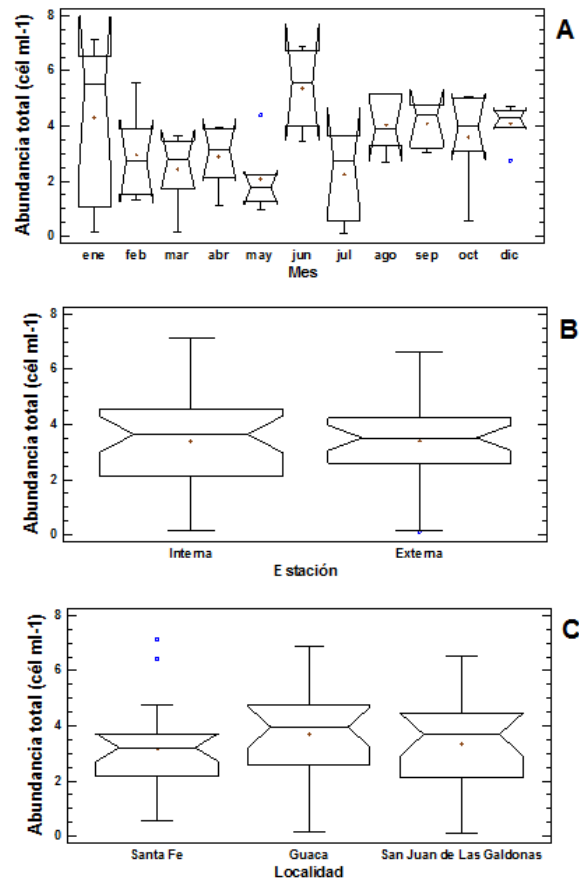


Figura 6. Abundancia total del fitoplancton (cél ml<sup>-1</sup>) medida en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.

La abundancia relativa de los grupos fitoplanctónicos mostró una gran variación mensual con respecto a la localidad. En Santa Fe, los cocolitofóridos y diatomeas fueron los grupos dominantes. Las diatomeas representaron entre 38% y 99% el primer trimestre del año, luego fueron superadas por los cocolitofóridos en abril. Posteriormente, los dinoflagelados fueron más numerosos en mayo, nuevamente los cocolitofóridos dominaron en julio y agosto. En septiembre, fueron superados por las diatomeas; el grupo denominado “otros” representaron el 35% en octubre y finalmente los cocolitofóridos volvieron a dominar en diciembre (Figura 7A).

En Guaca, las diatomeas y cocolitofóridos fueron los grupos dominantes. Las diatomeas representaron más del 60% de los organismos en enero, luego fueron superadas por los dinoflagelados en febrero, nuevamente las diatomeas fueron más numerosas en marzo, siendo desplazadas por los cocolitofóridos en abril. Las

diatomeas aumentaron progresivamente en mayo y luego dominan los coccolitofóridos en junio y julio; se observó que las diatomeas fueron más abundantes en agosto y los coccolitofóridos en septiembre y octubre. Por último, las diatomeas dominaron en diciembre (Figura 7B).

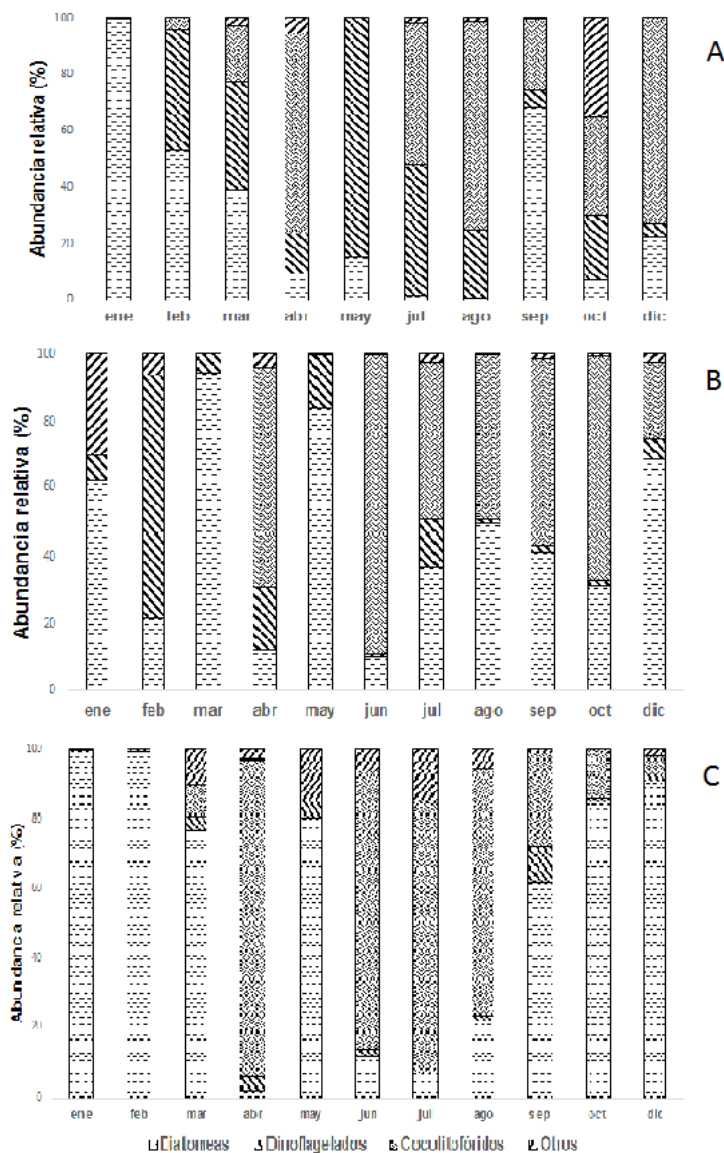


Figura 7. Variación temporal de la abundancia relativa del fitoplancton en dos estaciones de: A, Santa Fe; B, Guaca y C, San Juan de Las Galdonas, estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.

En San Juan de Las Galdonas, las diatomeas y coccolitofóridos fueron los grupos dominantes. Las diatomeas representaron entre 76% y 99% el primer trimestre del año, luego fueron superadas por los coccolitofóridos en abril; se observó que las diatomeas fueron abundantes en mayo y los coccolitofóridos fueron numerosos

nuevamente desde junio hasta agosto. Finalmente, las diatomeas aumentaron progresivamente a partir de septiembre dominando hasta el final del muestreo (Figura 7C).

Se identificaron 147 taxones de microalgas (Tabla 3; Tabla 13). El grupo más diverso fue el de las diatomeas (73 especies), seguido de los dinoflagelados (62 especies) y “otros” (12 especies).

Tabla 3. Riqueza (N.º de especies) de los grupos del fitoplancton identificados en el estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.

Localidad	Diatomeas	Dinoflagelados	“Otros”	N.º total de especies	N.º de especies residentes
Santa Fe	37	39	8	84	35
Guaca	57	37	10	104	56
San Juan de Las Galdonas	49	26	7	82	39

En Santa Fe las diatomeas *T. subtilis* y *S. tamesis* fueron abundantes en enero. Por su parte, *G. flaccida* y *G. striata* dominaron en enero y se encontraron nuevamente en febrero. Mientras *Ch. compressus* estuvo presente en septiembre como una especie dominante (Figura 8).



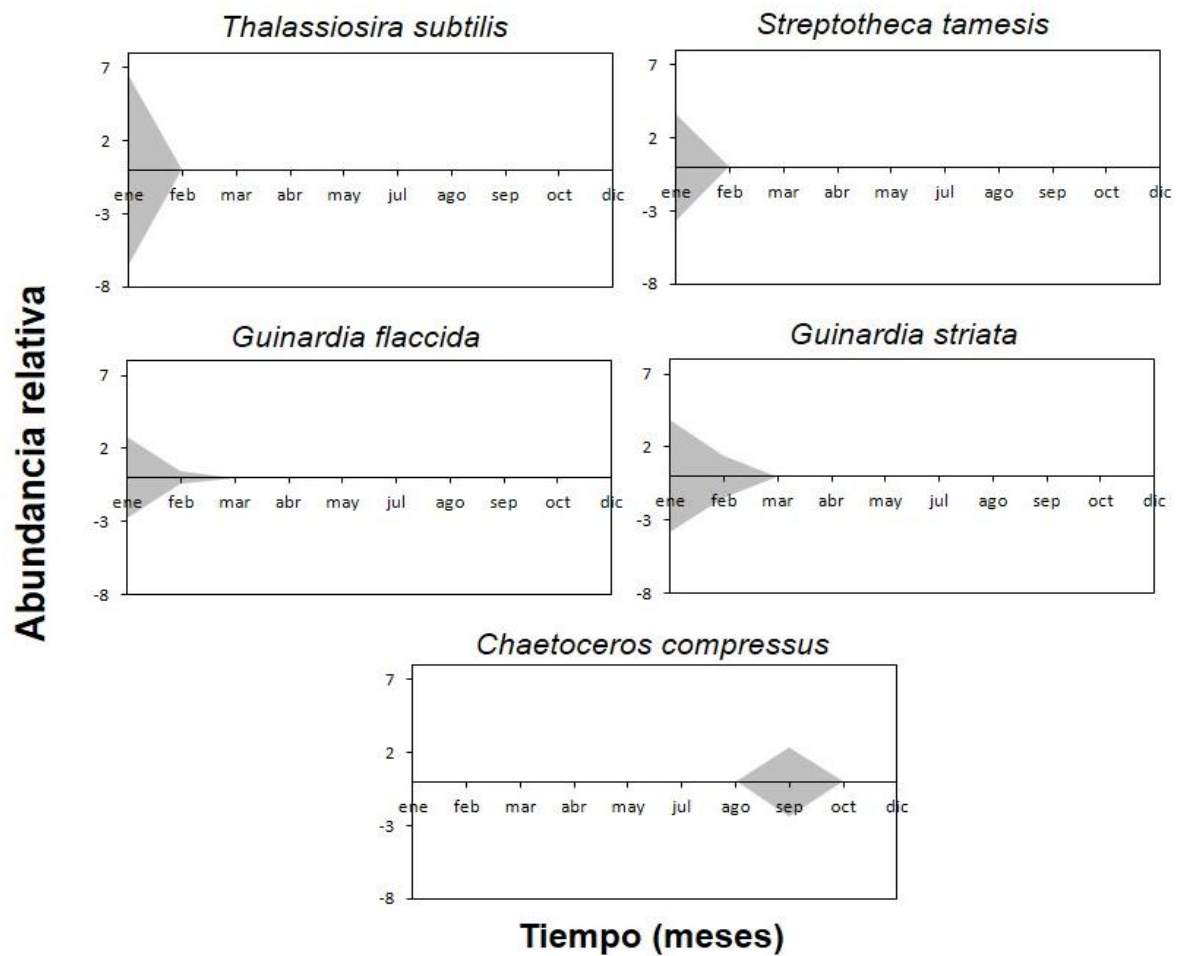


Figura 8. Representaciones de Lohmann para las cinco especies más abundantes y frecuentes en Santa Fe, estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.

En Guaca se observó que la diatomea *Cyclotella* sp. estuvo presente en enero, marzo-junio siendo abundante éste ultimo mes. Las especies *Ch. compressus* y *Pseudonitzschiasp.* fueron abundantes en agosto, mientras que *Thalassiosira* sp. estuvo presente desde julio hasta octubre y fue dominante en diciembre. Finalmente, *G. striata* se encontró en mayo y desde julio hasta el final del estudio (Figura 9).

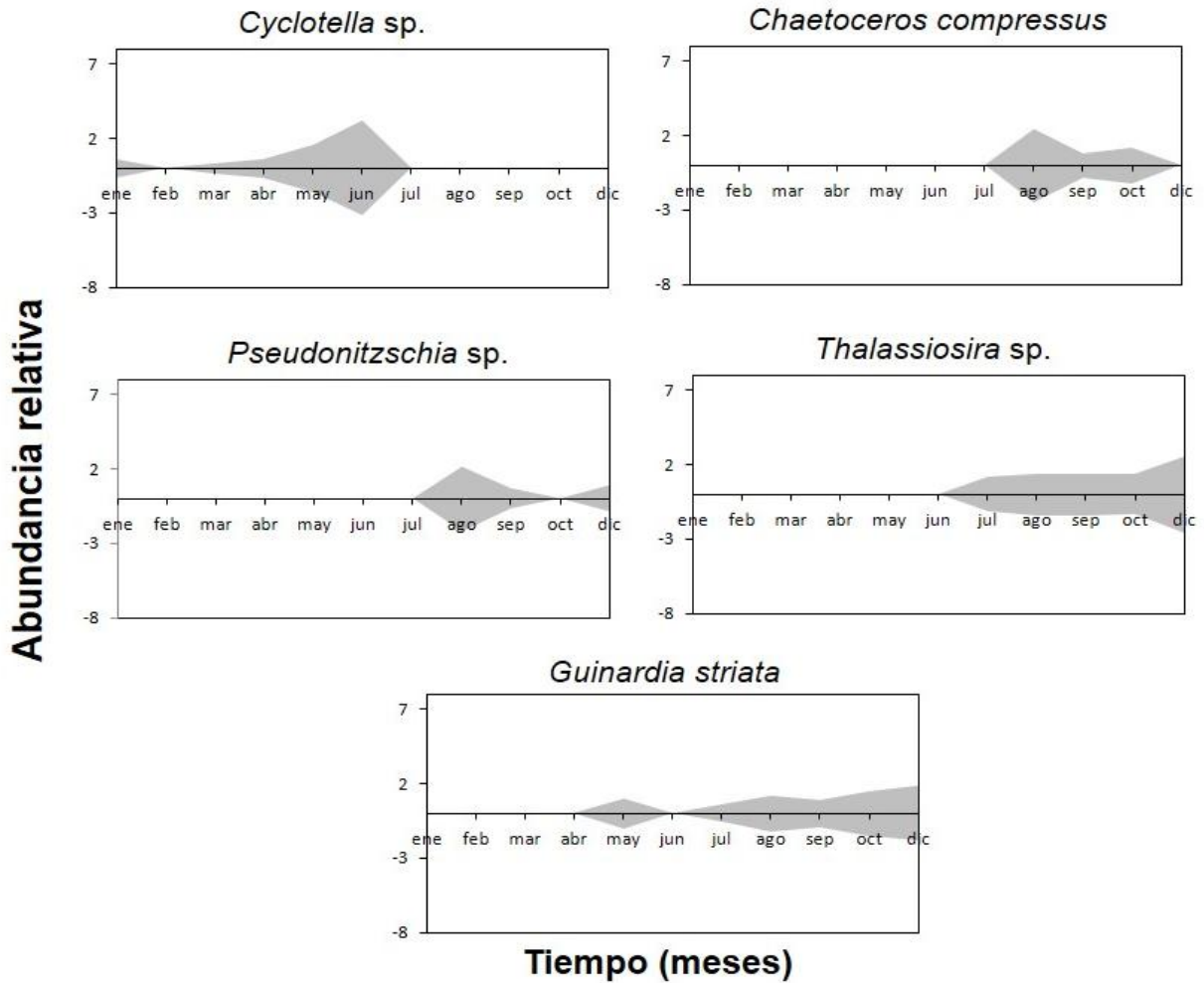


Figura 9. Representaciones de Lohmann para las cinco especies más abundantes y frecuentes en Guaca, estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.

En San Juan de Las Galdonas *S. costatum* fue la especie dominante en enero y apareció nuevamente en mayo en menor abundancia. *T. subtilis* fue dominante solo en febrero. Mientras que *P. seriata* fue una diatomea abundante en enero y se observó nuevamente en febrero, mayo-junio y diciembre. *Thalassiosira* sp. fue una diatomea frecuente durante el tiempo de muestreo y dominó en octubre. Por su parte, *Pseudonitzschia* sp. estuvo presente desde julio hasta octubre siendo abundante en diciembre (Figura 10).

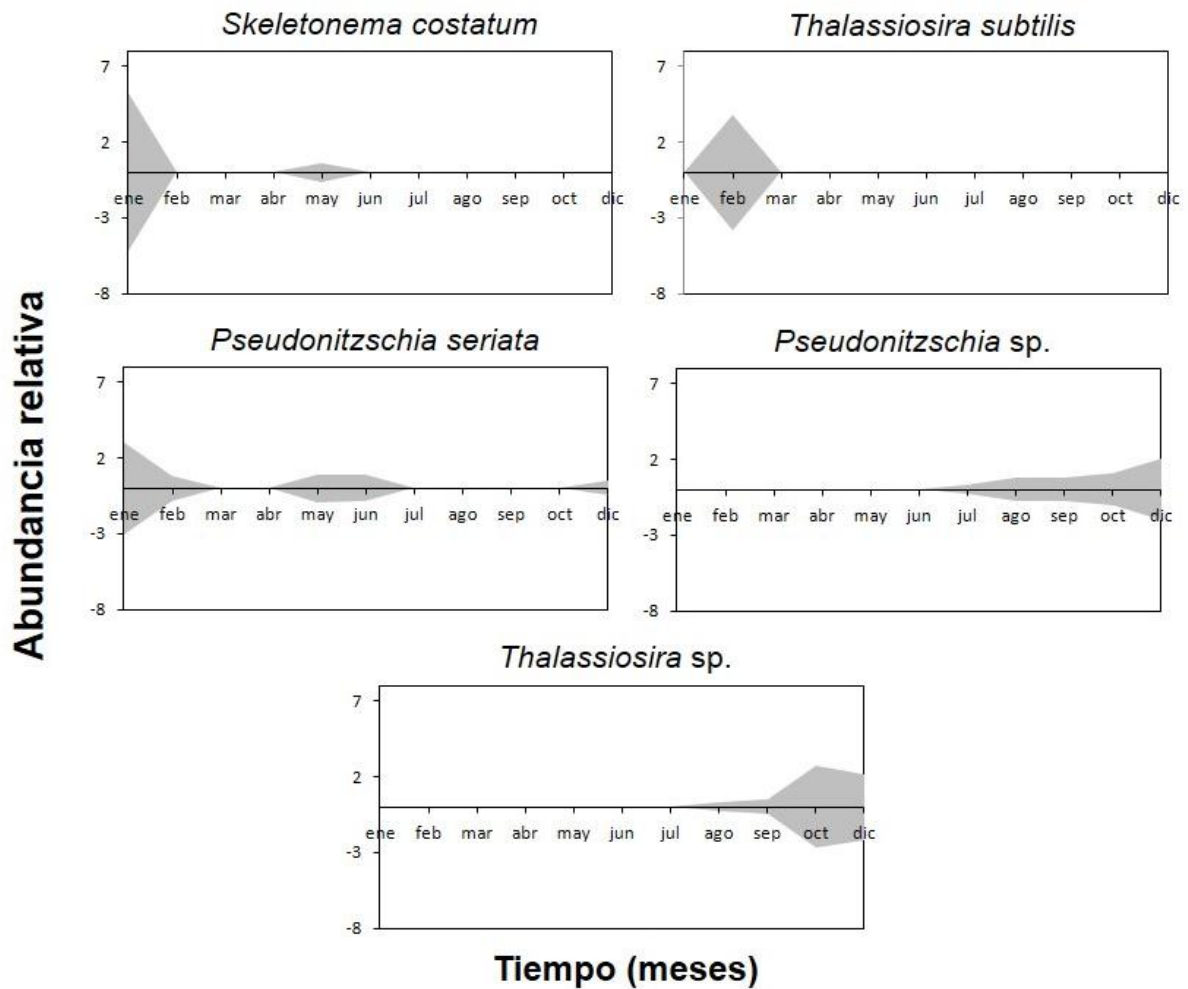


Figura 10. Representaciones de Lohmann para las cinco especies más abundantes y frecuentes en San Juan de Las Galdonas, estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.

Con relación a la diversidad de Shannon-Wiener se detectaron diferencias temporales significativas ( $KW=21,01$ ;  $p<0,05$ ; Figura 11A); los valores más bajos ( $1,38 \text{ bits ind}^{-1}$ ) se presentaron en el primer trimestre del año, a partir de mayo se observó un aumento progresivo de la diversidad hasta el final del muestreo ( $2,14 - 4,57 \text{ bits ind}^{-1}$ ). No se encontraron diferencias con respecto a las estaciones ( $KW=0,02$ ;  $p>0,05$ ; Figura 11B). Sin embargo, si se detectaron diferencias con respecto a las localidades ( $KW=6,45$ ;  $p<0,05$ ; Figura 11C). El valor promedio de Santa Fe fue  $2,77 \text{ bits ind}^{-1}$ , mientras que en Guaca y San Juan de Las Galdonas, fue de  $3,20 \text{ bits ind}^{-1}$  y  $2,64 \text{ bits ind}^{-1}$ ; respectivamente.

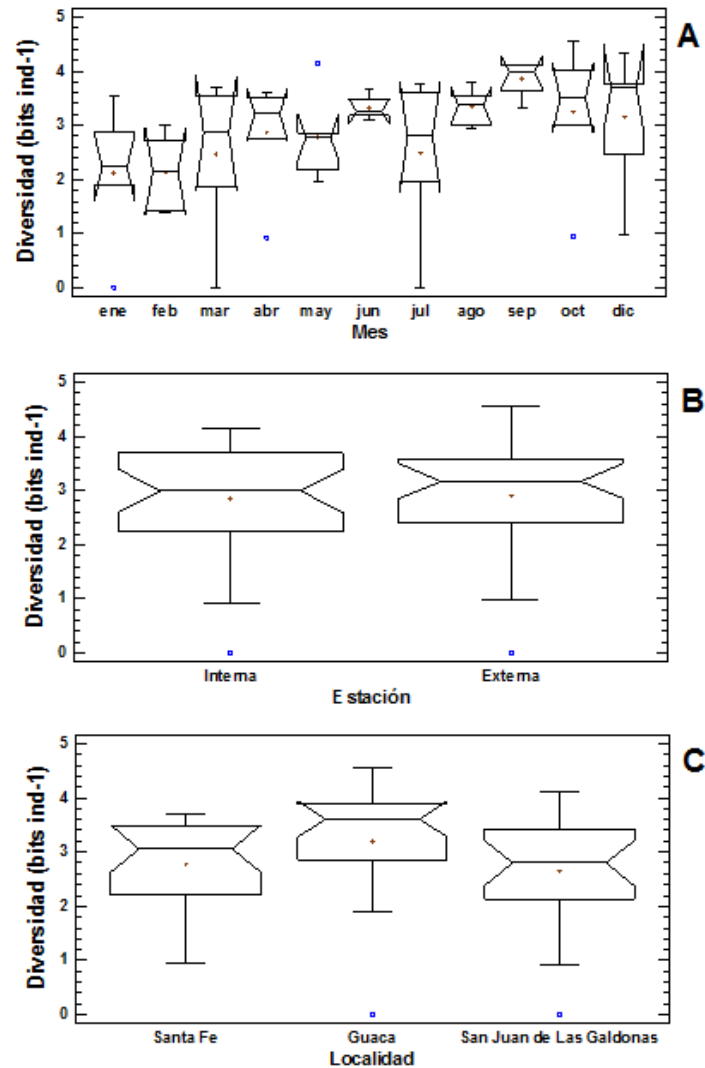


Figura 11. Diversidad de Shannon-Wiener (bits ind<sup>-1</sup>) medida en las costas del estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012. A: variación temporal, B: variación en relación a la distancia de la costa, C: variación por localidad.

### Análisis Estadístico Multivariado

En cuanto al ACP, se determinó que la varianza acumulada por los tres primeros componentes fue 72,61% del total (Tabla 4A). En el periodo de surgencia, se observó que en el primer componente la abundancia total del fitoplancton y la diversidad se correlacionaron positivamente; a su vez estas variables se correlacionaron de manera negativa con la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura del agua y la transparencia. Mientras que el segundo componente solo mostró correlación positiva la salinidad y la diversidad (Figura 12A).

El ACP durante el periodo de transición mostró que la varianza acumulada por los tres primeros componentes fue 71,49% del total (Tabla 4B). En el primer componente la abundancia total, la diversidad y la salinidad se correlacionaron positivamente y estas a su vez se correlacionaron de manera negativa con la transparencia. En el segundo componente la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura del agua se correlacionaron de manera positiva (Figura 12B).

El ACP mostró que la varianza acumulada por los tres primeros componentes fue 83,02% del total en el periodo de relajación (Tabla 4C). En el primer componente se reveló que existe una correlación positiva entre la abundancia total, la diversidad y salinidad; a su vez estas variables se correlacionaron negativamente con la temperatura del agua. Mientras que en el segundo componente solo se encontró una correlación positiva entre la concentración de oxígeno disuelto y la transparencia (Figura 12C).

Tabla 4. Porcentajes de la varianza total explicada por los tres primeros componentes del Análisis de Componentes Principales (ACP) aplicados a las variables medidas en el estado Sucre A, Surgencia; B, Transición y C, Relajación.

	Número de componente	Valor	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
A	1	2,1077	35,128	35,128
	2	1,28844	21,474	56,602
	3	0,961018	16,017	72,619
B	1	1,7904	29,840	29,840
	2	1,42736	23,789	53,629
	3	1,07166	17,861	71,490
C	1	2,72543	45,424	45,424
	2	1,28981	21,497	66,921
	3	0,966183	16,103	83,024

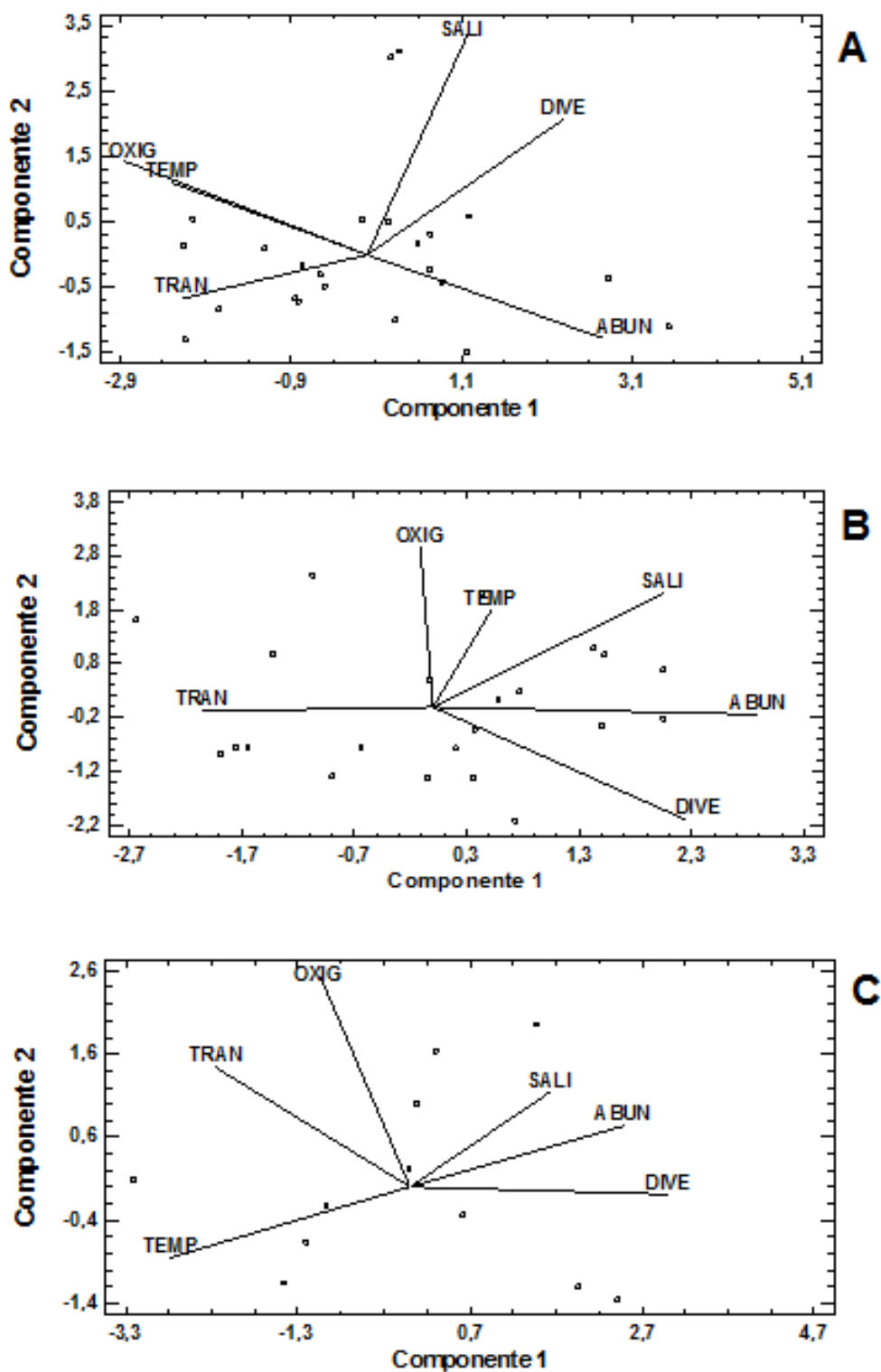


Figura 12. Proyección ortogonal de las variables fisicoquímicas y biológicas en el espacio definido por los dos primeros componentes del ACP de los datos recolectados en el estado Sucre A, Surgencia; B, Transición y C, Relajación. ABUN: abundancia total del fitoplancton; DIVE: diversidad; TRAN: transparencia; SALI: salinidad; TEMP: temperatura del agua; OXIG: concentración de oxígeno disuelto.

El análisis de ordenación nMDS mostró una agrupación entre las muestras recolectadas de febrero a mayo, separadas claramente de las recolectadas de julio a diciembre (Figura 13A). Las muestras recolectadas en enero y junio se separaron claramente de los grupos anteriores. Por otra parte, no se observaron patrones claros de separación entre las muestras recolectadas en cada localidad (Figura 13B).

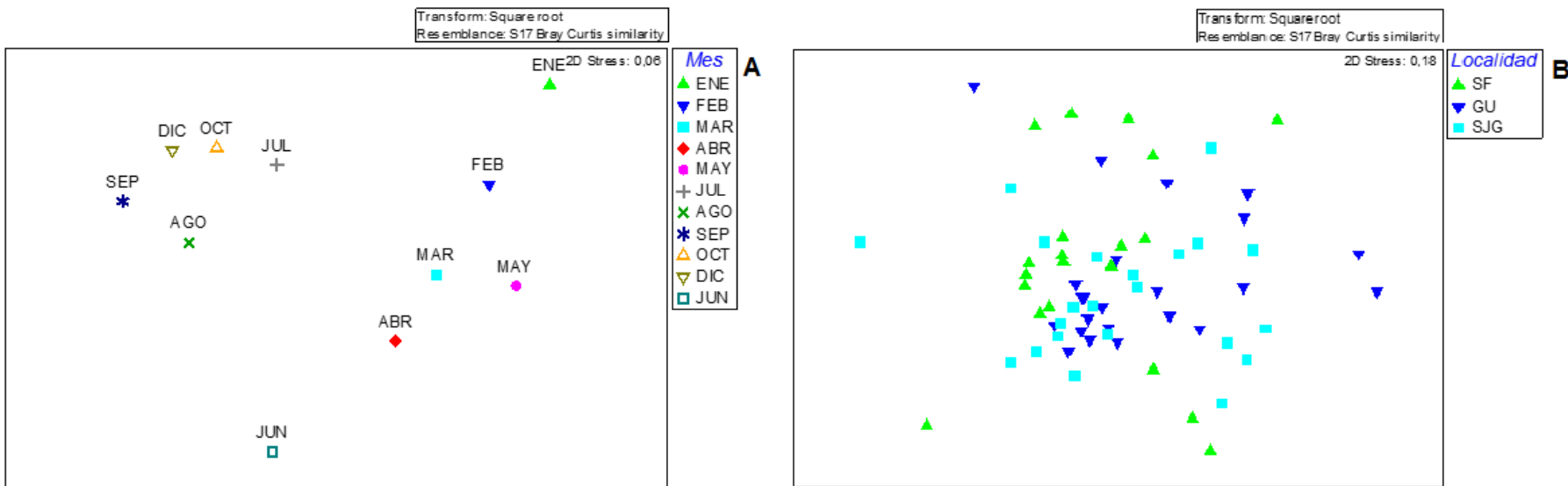


Figura 13. Ordenaciones multivariadas (nMDS) de los centroides por mes (A) y de las muestras de las localidades (B) en el estado Sucre, durante el periodo enero – diciembre 2012.



De acuerdo a la prueba ANOSIM, se detectó la existencia de diferencias temporales significativas de la abundancia por especie del fitoplancton ( $R= 0,343$ ;  $p<0,05$ ) y por las localidades muestreadas ( $R= 0,106$ ;  $p<0,05$ ). Sin embargo, esto no ocurrió con respecto a las estaciones ( $R= 0,042$ ;  $p>0,05$ ).

*Pseudonitzschia seriata* y *T. nitzschoides* presentaron un porcentaje de contribución por encima del 30% el primer trimestre del año; luego, los cocolitofóridos contribuyeron un 41,3% en abril. El dinoflagelado *Prorocentrum gracile* y la diatomea *P. seriata* aportaron en su conjunto el 38,85% de contribución en mayo. Posteriormente, los cocolitofóridos registraron un porcentaje de contribución por encima del 30% desde junio hasta diciembre (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentajes de similaridad de especies que caracterizaron a los meses muestreados en el estado Sucre, según el análisis SIMPER.

<b>Enero SM: 11,72%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Sim</b>	<b>Sim/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	3,92	0,64	33,44	33,44
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0,2	2,04	0,3	17,45	50,89
<i>Guinardia striata</i>	3,67	1,51	0,74	12,85	63,75
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	1,08	0,26	9,22	72,97
<i>Streptothecca tamesis</i>	3,4	0,8	0,26	6,79	79,75
<b>Febrero SM: 6,75%</b>					
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0,68	2,39	0,4	35,41	35,41
<i>Ceratium tripos</i>	0,49	1,82	0,46	26,89	62,31
<i>Euglena</i> sp.	0,44	0,95	0,26	14,04	76,34
Fil. Cianobacteria	0,29	0,47	0,26	6,91	83,25
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,44	0,41	0,26	6,13	89,38
<b>Marzo SM: 18,70%</b>					
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	1,6	8,72	1,12	46,65	46,65
<i>Coscinodiscus</i> sp.	1,09	2,02	0,6	10,79	57,44
Cocolitofóridos	1,04	1,96	0,48	10,46	67,9
<i>Prorocentrum micans</i>	0,35	1,86	0,63	9,97	77,86
<i>Euglena</i> sp.	0,51	1,24	0,46	6,62	84,49
<b>Abril SM: 28,55%</b>					
Cocolitofóridos	3,36	11,79	0,66	41,3	41,3
<i>Prorocentrum micans</i>	0,46	3,06	1,24	10,73	52,03
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0,5	2,27	0,47	7,96	59,99
<i>Prorocentrum gracile</i>	0,55	1,93	0,7	6,75	66,74
Diatomea pennada	0,46	1,41	0,48	4,92	77,18

Tabla 5. Continuación

<b>Mayo SM: 11,27%</b>					
<i>Prorocentrum gracile</i>	0,51	3,01	0,61	26,74	26,74
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,93	1,36	0,44	12,11	38,85
<i>Diatomea pennada</i>	0,37	1,2	0,26	10,61	49,46
<i>Prorocentrum micans</i>	0,19	1,16	0,26	10,28	59,74
<i>Dinophysis caudata</i>	0,39	1,01	0,41	8,93	68,68
<b>Junio SM: 47,04%</b>					
Cocolitofóridos	17,26	26,39	1,96	56,1	56,1
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2,24	5,81	2,72	12,35	68,44
Fil. Cianobacteria	1,4	3,7	1,4	7,87	76,32
<i>Cyclotella</i> sp.	4,36	3,13	0,65	6,65	82,97
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	1,26	2,74	2,22	5,82	88,78
<b>Julio SM: 18,56%</b>					
Cocolitofóridos	2,39	8,07	0,77	43,49	43,49
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,48	4,8	0,54	25,88	69,37
<i>Prorocentrum gracile</i>	0,74	2,28	0,76	12,26	81,63
<i>Nitzschia</i> sp.	0,47	0,66	0,48	3,53	85,17
<i>Euglena</i> sp.	0,35	0,61	0,48	3,28	88,44
<b>Agosto SM: 36,01%</b>					
Cocolitofóridos	6,18	22,01	3,38	61,12	61,12
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1,04	2,62	0,58	7,26	68,39
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	1,71	1,54	0,7	4,28	72,67
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,75	1,5	0,67	4,17	76,84
<i>Guinardia striata</i>	0,86	0,98	0,48	2,74	79,57
<b>Septiembre SM: 40,18%</b>					
Cocolitofóridos	4,92	12,64	3,25	31,47	31,47
<i>Chaetoceros</i> sp.	2,24	5,88	1,9	14,62	46,1
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	1,72	4,78	2,68	11,9	58
<i>Scrippsiella</i> sp.	1,2	2,68	1,83	6,67	64,67
<i>Nitzschia</i> sp.	1,15	1,98	0,91	4,92	69,6
<b>Octubre SM: 20,37%</b>					
Cocolitofóridos	3,9	6,55	1,14	32,16	32,16
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	1,2	3,94	1,79	19,35	51,51
<i>Thalassiosira</i> sp.	2,56	3,01	1,13	14,76	66,28
<i>Thalassiosira gravida</i>	1,25	1,02	0,41	5,01	71,29
<i>Nitzschia</i> sp.	0,55	0,77	0,77	3,8	75,09
<b>Diciembre SM: 37,06%</b>					
Cocolitofóridos	3,9	12,77	1,54	34,46	34,46
<i>Thalassiosira</i> sp.	3,5	5,65	0,78	15,26	49,72
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	1,76	4,18	1,17	11,27	60,99
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	2	3,21	0,94	8,67	69,65
<i>Nitzschia</i> sp.	1,17	2,56	1,26	6,9	76,55

SM: Similitud promedio; Av. Abun: Promedio abundancia; Contrib. %: Contribución; Cum. %: Acumulado

Las diatomeas *T. subtilis*, *P. seriata*, *T. nitzschioides* y *S. costatum* fueron las especies que destacaron por sus valores altos de abundancia el primer trimestre del año con un porcentaje de contribución >8%. Por su parte, los cocolitofóridos registraron valores altos de abundancia en junio, agosto-octubre y diciembre (contribución >20%; Tabla 6).

Tabla 6. Porcentaje de disimilaridad y especies que contribuyen a la misma entre los meses muestreados en el estado Sucre, según el análisis SIMPER.

	Enero		Febrero			
<b>DS: 93,32%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	2,58	13,21	0,7	14,16	14,16
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	0,44	9,66	0,81	10,35	24,51
<i>Skeletonema costatum</i>	4,18	0	8,25	0,44	8,84	33,35
	Enero		Marzo			
<b>DS: 93,08%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	0,59	10,21	0,79	10,96	10,96
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	0	8,76	0,61	9,42	20,38
<i>Skeletonema costatum</i>	4,18	0	8,28	0,44	8,9	29,28
	Febrero		Marzo			
<b>DS: 87,23%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
<i>Thalassiosira subtilis</i>	2,58	0	7,95	0,43	9,11	9,11
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,68	1,6	7,64	1,14	8,76	17,87
<i>Gonyaulax digitale</i>	0,96	0,3	4,8	0,52	5,5	23,37
	Enero		Abril			
<b>DS: 95,29%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	3,36	13,15	0,8	13,8	13,8
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	0,33	9,42	0,84	9,88	23,68
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	0	8,7	0,61	9,13	32,81
<i>Skeletonema costatum</i>	4,18	0	8,14	0,44	8,54	41,35
	Febrero		Abril			
<b>DS: 91,95%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0,19	3,36	16,21	1,09	17,63	17,63
<i>Thalassiosira subtilis</i>	2,58	0	7,67	0,44	8,34	25,97
<i>Gonyaulax digitale</i>	0,96	0	3,82	0,43	4,15	30,12
	Marzo		Abril			
<b>DS: 81,27%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,04	3,36	16,32	1,1	20,08	20,08
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1,6	0,26	7,25	1,26	8,92	29
<i>Coscinodiscus</i> sp.	1,09	0,16	3,97	1	4,89	33,88

Tabla 6. Continuación

<b>DS: 94,78%</b>	<b>Enero</b>	<b>Mayo</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	0,93	10,91	0,88	11,51	11,51
<i>Skeletonema costatum</i>	4,18	0,53	9,73	0,51	10,27	21,78
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	0	8,87	0,6	9,36	31,15
<b>DS: 93,25%</b>	<b>Febrero</b>	<b>Mayo</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
<i>Thalassiosira subtilis</i>	2,58	0	8,28	0,43	8,87	8,87
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,68	0,35	4,52	0,94	4,85	13,72
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,44	0,93	4,49	0,99	4,82	18,54
<b>DS: 90,01%</b>	<b>Marzo</b>	<b>Mayo</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1,6	0,35	8,73	1,19	9,7	9,7
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,59	0,93	6,14	0,81	6,82	16,52
Cocolitofóridos	1,04	0	5,02	0,86	5,58	22,1
<b>DS: 84,71%</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	3,36	0	17,89	1,12	21,12	21,12
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,33	0,93	4,1	1,02	4,84	25,96
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0,5	0,13	3,65	0,8	4,31	30,27
<b>DS: 97,99%</b>	<b>Enero</b>	<b>Julio</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	0	9,7	0,73	9,9	9,9
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	0	8,83	0,61	9,01	18,92
Cocolitofóridos	0	2,39	8,52	0,78	8,69	27,61
<i>Skeletonema costatum</i>	4,18	0	8,4	0,43	8,57	36,18
<b>DS: 94,86%</b>	<b>Febrero</b>	<b>Julio</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0,19	2,39	10,75	1,19	11,34	11,34
<i>Thalassiosira subtilis</i>	2,58	0	8,16	0,43	8,6	19,94
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,68	0,06	4,84	0,71	5,1	25,04
<b>DS: 90,04%</b>	<b>Marzo</b>	<b>Julio</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,04	2,39	11,41	1,15	12,67	12,67
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1,6	0,06	9,34	1,06	10,38	23,05
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0,48	4,65	0,57	5,16	28,21
<b>DS: 83,78%</b>	<b>Abril</b>	<b>Julio</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	3,36	2,39	17,99	1,2	21,47	21,47
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0,5	0	4,28	0,65	5,11	26,58
<i>Prorocentrum gracile</i>	0,55	0,74	3,62	1,16	4,32	30,9

Tabla 6. Continuación

<b>DS: 93,88%</b>	<b>Mayo</b>	<b>Julio</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	2,39	11,65	1,16	12,42	12,42
<i>Prorocentrum gracile</i>	0,51	0,74	4,53	0,98	4,83	17,24
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,93	0	4,31	0,75	4,59	21,83
<b>DS: 96,05%</b>	<b>Enero</b>	<b>Agosto</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	6,18	16,05	1,45	16,71	16,71
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	0	7,82	0,6	8,15	24,85
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	0	7,4	0,8	7,7	32,56
<i>Skeletonema costatum</i>	4,18	0	6,94	0,43	7,22	39,78
<b>DS: 93,40%</b>	<b>Febrero</b>	<b>Agosto</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0,19	6,18	20,18	2,62	21,61	21,61
<i>Thalassiosira subtilis</i>	2,58	0	6,13	0,43	6,56	28,17
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	1,04	4,27	0,88	4,57	32,74
<b>DS: 85,78%</b>	<b>Marzo</b>	<b>Agosto</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,04	6,18	17,97	1,84	20,95	20,95
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	1,04	4,35	0,85	5,08	26,03
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1,6	0,75	4,34	1,11	5,05	31,08
<b>DS: 76,84%</b>	<b>Abril</b>	<b>Agosto</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	3,36	6,18	13,61	1,58	17,72	17,72
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0	1,71	4,08	0,93	5,31	23,03
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	1,04	4,04	0,91	5,26	28,28
<b>DS: 93,77%</b>	<b>Mayo</b>	<b>Agosto</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	6,18	22,08	2,86	23,55	23,55
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	1,04	4,59	0,87	4,9	28,44
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0	1,71	4,35	0,93	4,64	33,08
<i>Chaetoceros compressus</i>	0	1,88	4,15	0,68	4,42	37,51
<b>DS: 78,11%</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	2,39	6,18	15,47	1,27	19,81	19,81
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	1,04	4,58	0,83	5,86	25,67
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0,05	1,71	4,29	0,95	5,49	31,16
<i>Chaetoceros compressus</i>	0	1,88	4,1	0,68	5,26	36,41
<b>DS: 96,60%</b>	<b>Enero</b>	<b>Septiembre</b>				
	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	4,92	10,29	1,61	10,65	10,65
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	0	7,37	0,61	7,63	18,28
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	0	6,52	0,84	6,75	25,03

Tabla 6. Continuación

	<b>Febrero</b>	<b>Septiembre</b>				
<b>DS: 94,61%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0,19	4,92	12,81	2,43	13,53	13,53
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	2,24	6,57	1,86	6,95	20,48
<i>Chaetoceros compressus</i>	0	1,92	5,61	0,78	5,93	26,41
	<b>Marzo</b>	<b>Septiembre</b>				
<b>DS: 87,87%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,04	4,92	11,07	1,75	12,6	12,6
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	2,24	6,63	1,81	7,54	20,14
<i>Chaetoceros compressus</i>	0	1,92	5,66	0,78	6,44	26,59
	<b>Abril</b>	<b>Septiembre</b>				
<b>DS: 83,13%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	3,36	4,92	9,69	1,62	11,66	11,66
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	2,24	6,37	1,97	7,66	19,32
<i>Chaetoceros compressus</i>	0	1,92	5,44	0,79	6,55	25,87
	<b>Mayo</b>	<b>Septiembre</b>				
<b>DS: 94,15%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	4,92	13,91	2,69	14,77	14,77
<i>Chaetoceros</i> sp.	0,3	2,24	6,55	1,59	6,96	21,73
<i>Chaetoceros compressus</i>	0	1,92	5,9	0,78	6,26	28
	<b>Julio</b>	<b>Septiembre</b>				
<b>DS: 78,59%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	2,39	4,92	9,5	1,33	12,09	12,09
<i>Chaetoceros</i> sp.	0,55	2,24	5,9	1,36	7,51	19,6
<i>Chaetoceros compressus</i>	0	1,92	5,83	0,77	7,42	27,01
	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>				
<b>DS: 63,36%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	6,18	4,92	6,48	1,34	10,23	10,23
<i>Chaetoceros compressus</i>	1,88	1,92	5,57	1,03	8,79	19,02
<i>Chaetoceros</i> sp.	0,96	2,24	4,5	1,49	7,11	26,12
	<b>Enero</b>	<b>Octubre</b>				
<b>DS: 96,13%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	3,9	8,59	0,88	8,93	8,93
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	0	7,77	0,6	8,08	17,02
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	0,25	7,5	0,76	7,8	24,82
	<b>Febrero</b>	<b>Octubre</b>				
<b>DS: 95,59%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0,19	3,9	10,94	1,08	11,44	11,44
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	2,56	7,08	0,96	7,41	18,85
<i>Thalassiosira subtilis</i>	2,58	0	6,18	0,41	6,46	25,31

Tabla 6. Continuación

	<b>Marzo</b>	<b>Octubre</b>				
<b>DS: 90,77%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,04	3,9	10,65	1,04	11,73	11,73
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	2,56	7,5	0,92	8,26	19,99
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1,6	0,64	5,58	0,83	6,15	26,14
	<b>Abril</b>	<b>Octubre</b>				
<b>DS: 87,50%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	3,36	3,9	13,83	1,1	15,81	15,81
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	2,56	6,82	0,95	7,79	23,6
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	1,2	4,27	1,16	4,88	28,49
	<b>Mayo</b>	<b>Octubre</b>				
<b>DS: 94,61%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	3,9	11,67	1,08	12,34	12,34
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	2,56	7,46	0,98	7,89	20,22
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0,12	1,2	4,44	1	4,69	24,92
	<b>Julio</b>	<b>Octubre</b>				
<b>DS: 83,72%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	2,39	3,9	11,44	0,99	13,67	13,67
<i>Thalassiosira</i> sp.	0,61	2,56	7,84	0,95	9,36	23,03
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	1,2	5,85	0,67	6,98	30,01
	<b>Agosto</b>	<b>Octubre</b>				
<b>DS: 74,84%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	6,18	3,9	11,57	1,14	15,46	15,46
<i>Thalassiosira</i> sp.	0,86	2,56	5,26	0,9	7,03	22,49
<i>Chaetoceros compressus</i>	1,88	0,68	4,03	0,89	5,38	27,88
	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>				
<b>DS: 71,76%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	4,92	3,9	8,19	1,24	11,41	11,41
<i>Thalassiosira</i> sp.	0,89	2,56	4,63	0,91	6,45	17,86
<i>Chaetoceros</i> sp.	2,24	0,36	4,58	1,32	6,38	24,25
	<b>Enero</b>	<b>Diciembre</b>				
<b>DS: 93,92%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	3,9	11,67	0,78	12,43	12,43
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	0	7,56	0,6	8,05	20,48
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	0,48	7,02	0,81	7,48	27,96
	<b>Febrero</b>	<b>Diciembre</b>				
<b>DS: 93,51%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0,19	3,9	13,98	1,16	14,95	14,95
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	3,5	8,69	1,23	9,3	24,25
<i>Thalassiosira subtilis</i>	2,58	0	5,75	0,42	6,15	30,4

Tabla 6. Continuación

	<b>Marzo</b>	<b>Diciembre</b>				
<b>DS: 87,24%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,04	3,9	12,37	0,88	14,18	14,18
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	3,5	8,74	1,23	10,02	24,2
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0	2	5,55	1,14	6,36	30,56
	<b>Abril</b>	<b>Diciembre</b>				
<b>DS: 81,47%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	3,36	3,9	10,53	1,19	12,93	12,93
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	3,5	8,52	1,26	10,45	23,38
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0	2	5,37	1,16	6,59	29,97
	<b>Mayo</b>	<b>Diciembre</b>				
<b>DS: 94,90%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	3,9	15,65	1,21	16,49	16,49
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	3,5	9,03	1,22	9,52	26
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0	2	5,76	1,14	6,07	32,07
	<b>Julio</b>	<b>Diciembre</b>				
<b>DS: 79,26%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	2,39	3,9	11,27	0,71	14,22	14,22
<i>Thalassiosira</i> sp.	0,61	3,5	8,84	1,31	11,15	25,37
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0,05	2	5,64	1,14	7,11	32,48
	<b>Agosto</b>	<b>Diciembre</b>				
<b>DS: 67,26%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	6,18	3,9	6,81	1,49	10,12	10,12
<i>Thalassiosira</i> sp.	0,86	3,5	6,8	1,29	10,11	20,24
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	1,71	2	4,69	1,2	6,97	27,21
	<b>Septiembre</b>	<b>Diciembre</b>				
<b>DS: 65,68%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
<i>Thalassiosira</i> sp.	0,89	3,5	6,01	1,37	9,15	9,15
Cocolitofóridos	4,92	3,9	5,1	1,36	7,77	16,91
<i>Chaetoceros</i> sp.	2,24	0,3	4,46	1,51	6,8	23,71
	<b>Octubre</b>	<b>Diciembre</b>				
<b>DS: 72,34%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	3,9	3,9	9,01	0,76	12,46	12,46
<i>Thalassiosira</i> sp.	2,56	3,5	7,88	1,37	10,89	23,35
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0,55	2	4,08	1,02	5,65	28,99
	<b>Enero</b>	<b>Junio</b>				
<b>DS: 92,98%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	17,26	28,12	1,78	30,25	30,25
<i>Thalassiosira subtilis</i>	7,31	0	6,97	0,59	7,49	37,74
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3,92	1,26	6,4	1,05	6,89	44,63
<i>Cyclotella</i> sp.	0,16	4,36	5,92	1,13	6,37	51



Tabla 6. Continuación

	<b>Febrero</b>	<b>Junio</b>				
<b>DS: 90,05%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0,19	17,26	35,09	2,81	38,97	38,97
<i>Cyclotella</i> sp.	0	4,36	7,47	1,25	8,3	47,27
<i>Thalassiosira subtilis</i>	2,58	0	4,95	0,41	5,49	52,76
	<b>Marzo</b>	<b>Junio</b>				
<b>DS: 80,55%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,04	17,26	33,36	2,36	41,42	41,42
<i>Cyclotella</i> sp.	0,07	4,36	7,46	1,26	9,26	50,68
Fil. Cianobacteria	0,1	1,4	4,12	1,3	5,12	55,79
	<b>Abril</b>	<b>Junio</b>				
<b>DS: 74,85%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	3,36	17,26	27,77	1,83	37,11	37,11
<i>Cyclotella</i> sp.	0,36	4,36	7,17	1,3	9,58	46,68
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,26	2,24	4,84	2,49	6,46	53,14
	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>				
<b>DS: 89,42%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	0	17,26	36,91	2,98	41,28	41,28
<i>Cyclotella</i> sp.	0,69	4,36	7,77	1,32	8,69	49,97
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,35	2,24	5,29	1,87	5,92	55,88
	<b>Julio</b>	<b>Junio</b>				
<b>DS: 85,20%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	2,39	17,26	30,88	1,83	36,24	36,24
<i>Cyclotella</i> sp.	0	4,36	7,6	1,25	8,92	45,17
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,06	2,24	5,78	2,29	6,78	51,95
	<b>Agosto</b>	<b>Junio</b>				
<b>DS: 72,56%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	6,18	17,26	19,24	1,42	26,52	26,52
<i>Cyclotella</i> sp.	0	4,36	6,36	1,2	8,76	35,28
Fil. Cianobacteria	0	1,4	3,28	1,49	4,52	39,81
	<b>Septiembre</b>	<b>Junio</b>				
<b>DS: 79,40%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	4,92	17,26	18,59	1,44	23,41	23,41
<i>Cyclotella</i> sp.	0	4,36	5,82	1,19	7,33	30,75
<i>Chaetoceros</i> sp.	2,24	0	4,1	1,7	5,17	35,91
	<b>Octubre</b>	<b>Junio</b>				
<b>DS: 82,33%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	3,9	17,26	23,85	1,58	28,96	28,96
<i>Cyclotella</i> sp.	0	4,36	6,33	1,18	7,69	36,65
<i>Thalassiosira</i> sp.	2,56	0	4,39	0,83	5,33	41,98

Tabla 6. Continuación

	Diciembre	Junio		Diss/SD	Contrib. %	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund	Av. Diss			
<b>DS: 79,28%</b>						
Cocolitofóridos	3,9	17,26	20,13	1,51	25,39	25,39
<i>Cyclotella</i> sp.	0	4,36	6,07	1,18	7,66	33,05
<i>Thalassiosira</i> sp.	3,5	0	5,8	1,16	7,31	40,36

DS: Porcentaje de disimilitud; Av. Abun: Promedio abundancia; Contrib. %: Contribución; Cum. %: Acumulado

Los cocolitofóridos fueron abundantes y registraron un porcentaje de contribución >32% en Santa Fe, Guaca y San Juan de Las Galdonas. Así mismo, otras especies como *Prorocentrum gracile*, *Thalassiosira* sp. y *T. nitzschioides* destacaron por su porcentaje de contribución a la abundancia en cada localidad (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentajes de similaridad de especies que caracterizaron a las localidades: Santa Fe, Guaca y San Juan de Las Galdonas, estado Sucre, según el análisis SIMPER.

	Av. Abund	Av. Sim	Sim/SD	Contrib. %	Cum. %
<b>Santa Fe SM: 15,08%</b>					
Cocolitofóridos	2,26	6,68	0,62	44,31	44,31
<i>Prorocentrum gracile</i>	0,42	2,05	0,64	13,61	57,92
<i>Prorocentrum micans</i>	0,33	1,17	0,5	7,78	65,7
<i>Scrippsiella</i> sp.	0,51	0,82	0,33	5,45	71,15
<i>Prorocentrum mínimum</i>	0,35	0,49	0,37	3,27	74,42
<b>Guaca SM: 17,43%</b>					
Cocolitofóridos	5,73	5,64	0,62	32,38	32,38
<i>Thalassiosira</i> sp.	1,34	1,34	0,48	7,67	40,05
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,82	1,09	0,59	6,26	46,31
<i>Prorocentrum gracile</i>	0,58	0,97	0,51	5,57	51,87
<i>Chaetoceros</i> sp.	0,87	0,86	0,44	4,91	56,78
<b>San Juan de Las Galdonas SM: 16,16%</b>					
Cocolitofóridos	2,41	5,88	0,63	36,39	36,39
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,99	3,22	0,71	19,94	56,33
<i>Euglena</i> sp.	0,44	0,99	0,36	6,13	62,46
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	1	0,74	0,3	4,57	67,03
Fil. Cianobacteria	0,34	0,71	0,33	4,42	71,45

SM: Similitud promedio; Av. Abun: Promedio abundancia; Contrib. %: Contribución; Cum. %: Acumulado

Las algas cocolitoforales fueron responsables por sus valores de abundancia a que cada localidad no se pareciera una de otra. Destacando, que los cocolitofóridos fueron más abundantes en Guaca, seguido de San Juan de Las Galdonas y por último Santa Fe (Tabla 8).

Tabla 8. Porcentaje de disimilaridad y especies que contribuyen a la misma entre las localidades: Santa Fe, Guaca y San Juan de Las Galdonas, estado Sucre, según el análisis SIMPER.

	Santa Fe	Guaca				
<b>DS: 86,97%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	2,26	5,73	13,74	1,01	15,8	15,8
<i>Guinardia striata</i>	1,12	0,94	3,28	0,7	3,78	19,57
<i>Thalassiosira</i> sp.	0,02	1,34	3,27	0,71	3,76	23,33

Tabla 6. Continuación

	Santa Fe	San Juan de Las Galdonas				
<b>DS: 87,55%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	2,26	2,41	11,03	0,96	12,6	12,6
<i>Thalassiosira subtilis</i>	2,19	0,7	4,32	0,36	4,93	17,54
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,3	0,99	4,04	0,84	4,61	22,14

Tabla 8. Continuación

	Guaca	San Juan de Las Galdonas				
<b>DS: 85,56%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	5,73	2,41	13,8	1,04	16,13	16,13
<i>Thalassiosira</i> sp.	1,34	0,94	4,27	0,8	4,99	21,11
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,66	1	3,76	0,56	4,4	25,51

DS: Porcentaje de disimilitud; Av. Abun: Promedio abundancia; Contrib. %: Contribución; Cum. %: Acumulado

### **Análisis comparativo de las variables ambientales entre periodos (surgencia y relajación)**

En el muestreo realizado en marzo de 2012, se registraron vientos de moderados a intensos con dirección NE y oleaje constante; mientras que en octubre de 2012, los vientos fueron débiles y con dirección O; en algunas ocasiones sin viento durante los muestreos. Los estadísticos básicos de las variables ambientales y biológicas analizadas en esta sección se presentan en la Tabla 9.

### Variables ambientales

Tabla 9. Estadísticos básicos de las variables ambientales y biológicas medidas en el periodo de surgencia y relajacion en la región nororiental de Venezuela.

	VARIABLE	N	Promedio	SD	Mínimo	Máximo
<b>Surgencia</b>	Transparencia (m)	69	7,89	3,42	2,00	30,00
	Salinidad (UPS)	70	34,23	1,02	32,00	38,68
	T_agua (°C)	70	24,62	1,43	21,43	26,68
	Oxígeno disuelto (ml l <sup>-1</sup> )	70	5,93	1,77	1,28	11,45
	Abundancia total (cél ml <sup>-1</sup> )	68	30,73	40,62	1	176,07
	H' (bits ind <sup>-1</sup> )	68	2,08	0,84	0	3,72
<b>Relajación</b>	Transparencia (m)	70	11,90	5,37	3,00	28,00
	Salinidad (UPS)	70	36,82	1,58	24,00	37,86
	T_agua (°C)	70	28,28	0,97	26,08	30,62
	Oxígeno disuelto (ml l <sup>-1</sup> )	66	6,24	0,90	4,03	9,54
	Abundancia total (cél ml <sup>-1</sup> )	68	47,94	47,07	1	241,09
	H' (bits ind <sup>-1</sup> )	68	2,97	0,95	0,75	4,77

N: Tamano de la muestra; SD: Desviacion estándar; T\_agua: Temperatura del agua; H': Diversidad de Shannon-Wiener

La transparencia, salinidad y temperatura del agua presentaron diferencias significativas entre periodos ( $p < 0,05$ ; Figuras 14A, 14B y 14C); se observó que los valores más bajos de la transparencia (7,89 m), salinidad (34,23 UPS) y temperatura del agua (24,62 °C) se presentaron en el periodo de surgencia y los más altos se registraron en el periodo de relajación. En cuanto a la concentración de oxígeno disuelto no se detectaron diferencias significativas entre periodos ( $p > 0,05$ ; Figura 14D). En la tabla 10 se presentan los valores estadísticos de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.

Tabla 10. Valores estadísticos de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis aplicada a los datos de las variables ambientales medidas en el periodo de surgencia y relajación en la región nororiental de Venezuela.

Variable	KW
Transparencia	28,20
Salinidad	91,69
Temperatura del agua	102,43
Concentración de oxígeno	1,65

KW= estadístico de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.

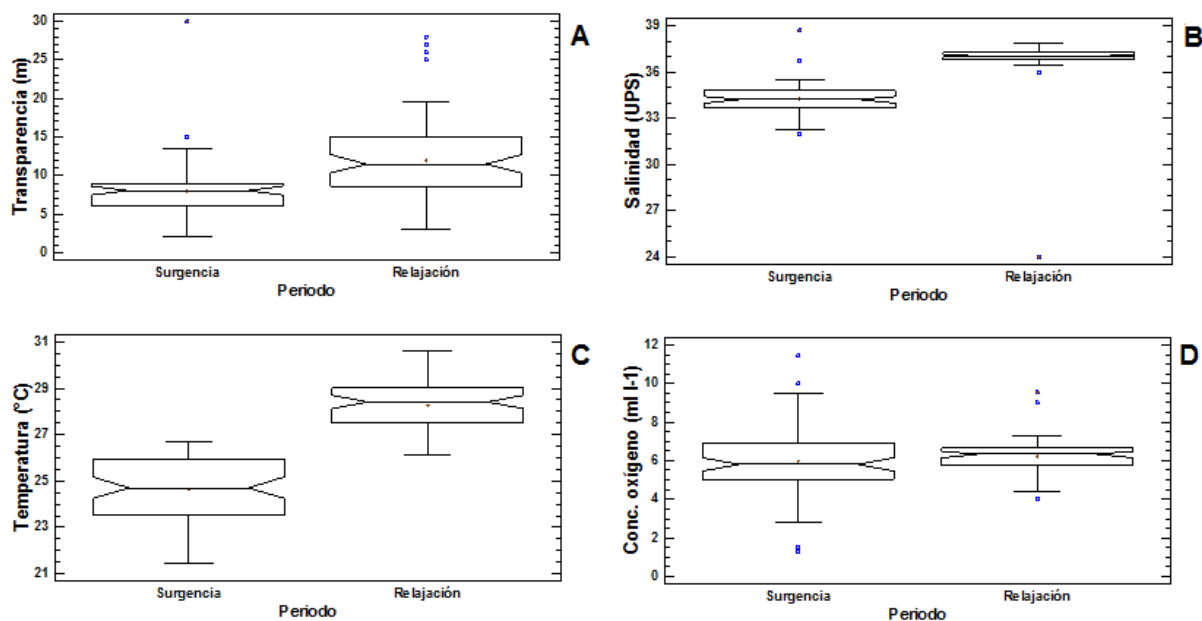


Figura 14. Variación de las variables ambientales durante el periodo de surgencia (marzo 2012) y relajación (octubre 2012) en la región nororiental de Venezuela. A, transparencia; B, salinidad; C, temperatura y D, concentración de oxígeno.

La abundancia total del fitoplancton presentó diferencias entre periodos (KW=12,79;  $p < 0,05$ ; Figura 15); se observó que los valores más bajos (30,73 cél ml<sup>-1</sup>) se registraron en el periodo de surgencia y los más altos (47,94 cél ml<sup>-1</sup>) se presentaron en el periodo de relajación.

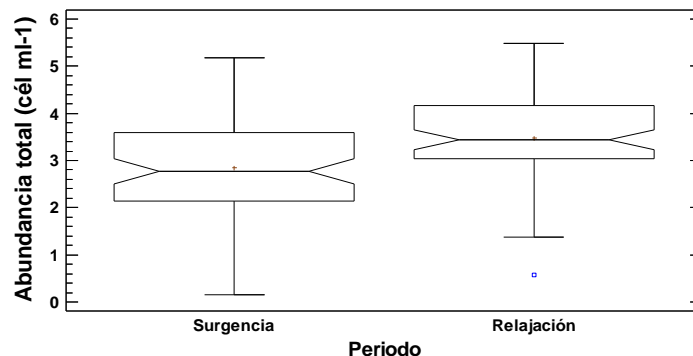


Figura 15. Variación de la abundancia total del fitoplancton durante el periodo de surgencia y relajación en la región nororiental de Venezuela.

Al igual que la abundancia total, la abundancia relativa de los grupos del fitoplancton mostró diferencias con respecto al periodo. Las diatomeas y coccolitofóridos fueron los grupos dominantes. En el periodo de surgencia (marzo 2012) en Santa Fe (área A) las diatomeas dominaron la comunidad en las siete estaciones muestreadas; observándose homogeneidad con respecto al grupo fitoplanctónico dominante. Por otra parte, en el Golfo de Cariaco y las áreas ubicadas geográficamente al NE del estado Sucre se evidenció como las estaciones que las conforman mostraron heterogeneidad con respecto al grupo fitoplanctónico dominante. En el Golfo de Cariaco (área B) los coccolitofóridos dominaron en las estaciones 8-10 y 14; las diatomeas dominaron en la 11, 13, 15 y 16 y los dinoflagelados en la estación 12. En Guayacán-Guaca (área C) los coccolitofóridos dominaron en las estaciones 17, 19-23, 27, 28, 31 y 36; las diatomeas fueron dominantes en las estaciones 18, 24-26, 29, 30, 33 y 34 mientras que los dinoflagelados dominaron en la 32 y 35. Por último, en el Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare (área D), los coccolitofóridos fueron dominantes en las estaciones 37-40, 43, 44, 50, 52, 53, 55, 58, 59, 61, 66 y 67; las diatomeas dominaron en la 41, 42, 45-49, 51, 54, 56, 57, 60, 62-65 y 68 (Figura 16A).

Con relación al periodo de relajación (octubre 2012) se observó que los coccolitofóridos y las diatomeas fueron los grupos dominantes. Por otro lado, mostró que las estaciones que conformaron las cuatro áreas fueron heterogéneas con respecto al grupo fitoplanctónico dominante. En Santa Fe (área A) las diatomeas dominaron en las estaciones 1, 3 y 4; el grupo "otros" domino en la estación 2

mientras que los cocolitofóridos fueron dominantes en las estaciones 5-7. En el Golfo de Cariaco (área B) el grupo “otros” domino en las estaciones 8 y 9; por su parte, los cocolitofóridos dominaron en las estaciones 10-16. En Guayacán-Guaca (área C) los cocolitofóridos fueron dominantes en las estaciones 17-22, 25, 29, 30, 32, 33, 35 y 36 mientras que las diatomeas dominaron en la 23, 24, 26-28, 31 y 34. Finalmente, en el Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare (área D) los cocolitofóridos dominaron en las estaciones 37, 40, 41, 45, 47, 53, 54, 61, 62, 64-66 y 68; por otro lado, las diatomeas dominaron la comunidad en las estaciones 38, 39, 42-44, 46, 48-52, 56-60, 63 y 67; los dinoflagelados solo fueron dominantes en la estación 55 (Figura 16B).

Se identificaron 180 especies de microalgas (Tabla 11; Tabla 13). El grupo más diverso fue el de las diatomeas (101 especies), seguido de los dinoflagelados (65 especies) y “otros” (14 especies).

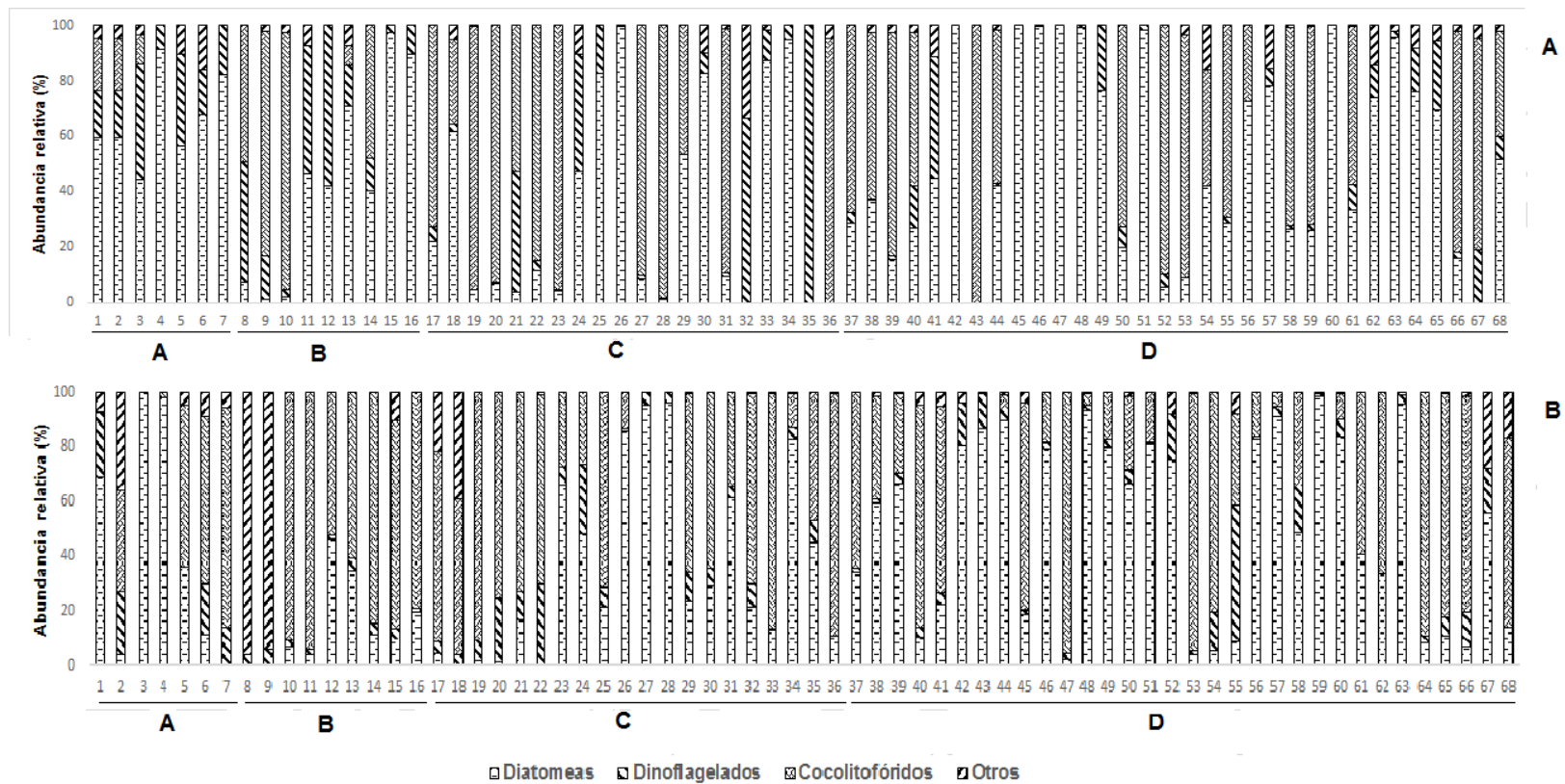


Figura 16. Variación espacial de la abundancia relativa de los grupos fitoplanctónicos en el periodo de relajación, en la región nororiental de Venezuela. A, Surgencia y B, Relajación. Santa Fe, A; Golfo de Cariaco, B; Guayacán-Guaca, C; Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare, D.



Tabla 11. Riqueza (N.º de especies) de los grupos del fitoplancton identificados en el periodo de surgencia y relajación, en la región nororiental de Venezuela.

Periodo	Diatomeas	Dinoflagelados	“Otros”	Nº total de especies	Nº de especies residentes
Surgencia	33	32	3	68	21
Relajación	93	51	13	157	32

En el periodo de surgencia se observó que las diatomeas *P. seriata* y *T. nitzschoides* fueron dominantes y frecuentes en todas las áreas (Santa Fe, Golfo de Cariaco, Guayacán-Guaca y Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare). Mientras que la especie *L. danicus* solo fue dominante en Santa Fe (Figura 17).

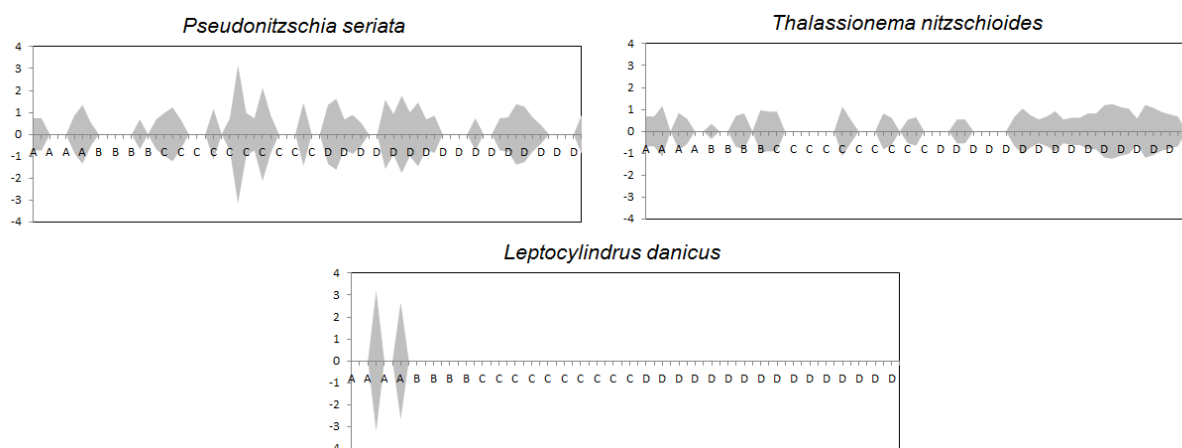


Figura 17. Representaciones de Lohmann para las tres especies más abundantes y frecuentes en el periodo de surgencia, en la región nororiental de Venezuela.

Con respecto al periodo de relajación se observó que las especies *D. fragilissimus* y *Thalassiosira* sp. fueron dominantes y frecuentes en las áreas (Santa Fe, Guayacán-Guaca y Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare). La especie *Chaetoceros* sp. fue dominante y frecuente en el Golfo de Cariaco, Guayacán-Guaca y Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare (Figura 18).

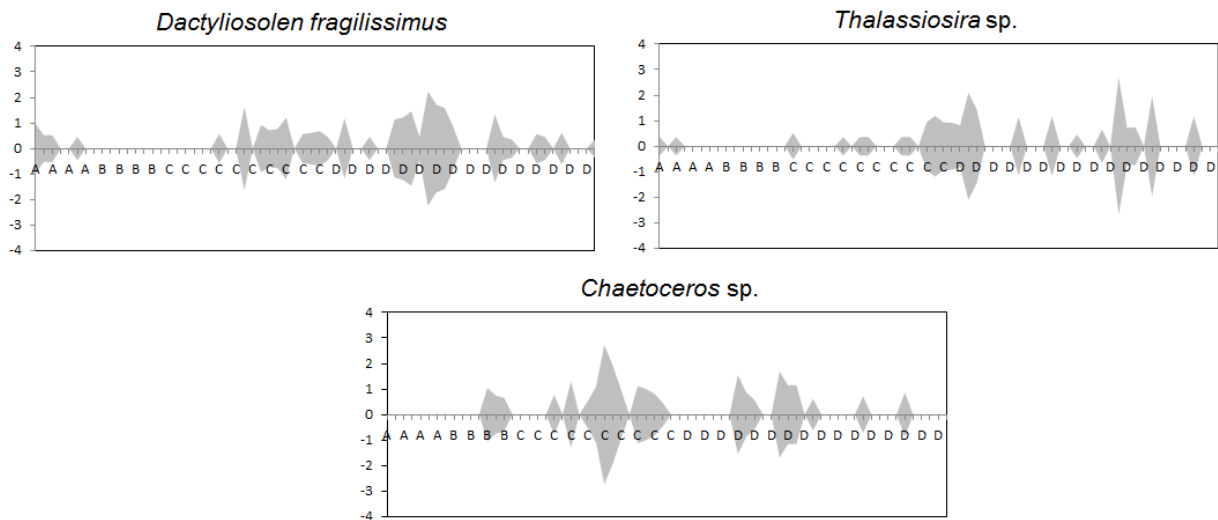


Figura 18. Representaciones de Lohmann para las tres especies más abundantes y frecuentes en el periodo de relajación, en la región nororiental de Venezuela.

La diversidad de Shannon-Wiener presentó diferencias entre periodos (KW=28,10;  $p < 0,05$ ; Figura 19); se observó que los valores más bajos de diversidad se presentaron en el periodo de surgencia y los más altos se registraron en el periodo de relajación.

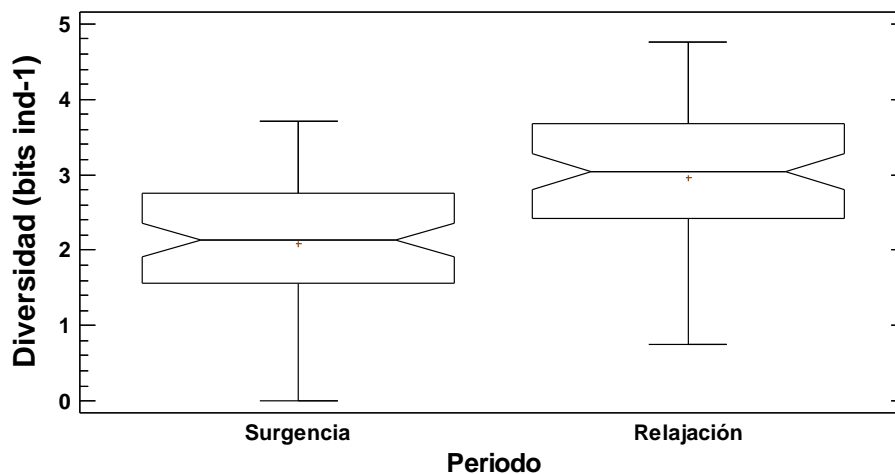


Figura 19. Variación de la diversidad del fitoplancton durante el periodo de surgencia y relajación en la región nororiental de Venezuela.

### Análisis Estadístico Multivariado

En cuanto al ACP, se determinó que la varianza acumulada por los tres primeros componentes fue 69,79% del total (Tabla 12A). En el periodo de surgencia, se

observó que en el primer componente existe una correlación positiva entre la abundancia total del fitoplancton y la salinidad; a su vez estas variables se correlacionaron de manera negativa con la temperatura del agua y la transparencia. Por otra parte, en el segundo componente la concentración de oxígeno disuelto y la diversidad se correlacionaron de manera negativa (Figura 20A).

El ACP mostró que la varianza acumulada por los tres primeros componentes fue 75,60% del total (Tabla 12B). En el periodo de relajación, se registró que en el primer componente la abundancia total del fitoplancton y la diversidad se correlacionaron positivamente entre sí; a su vez estas variables presentaron una correlación negativa con la transparencia, la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto. La salinidad se correlacionó de manera positiva con el segundo componente (Figura 20B).

Tabla 12. Porcentajes de la varianza total explicada por los tres primeros componentes del Análisis de Componentes Principales (ACP) aplicados a las variables medidas en la región nororiental de Venezuela. A, Surgencia y B, Relajación.

	Numero de componente	Valor	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
A	1	1,91238	31,873	31,873
	2	1,24821	20,804	52,677
	3	1,02684	17,114	69,791
B	1	2,60246	43,374	43,374
	2	1,20501	20,084	63,458
	3	0,728803	12,147	75,605

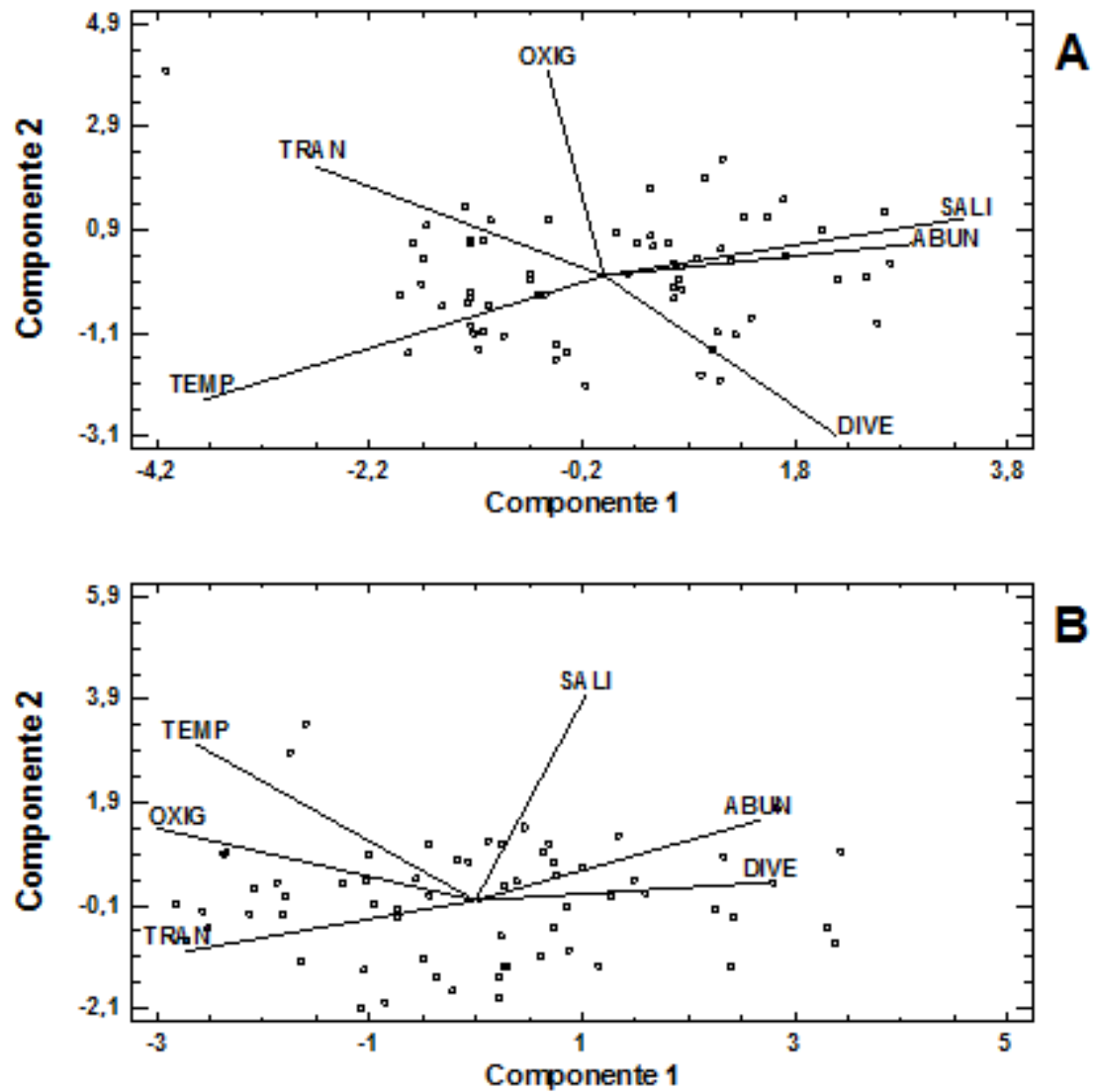


Figura 20. Proyección ortogonal de las variables fisicoquímicas y biológicas en el espacio definido por los dos primeros componentes del ACP de los datos recolectados en la región nororiental de Venezuela. A, Surgencia y B, Relajación. ABUN: abundancia total del fitoplancton; DIVE: diversidad; TRAN: transparencia; SALI: salinidad; TEMP: temperatura del agua; OXIG: concentración de oxígeno disuelto.

Tabla 13. Lista de especies residentes presentes en el 10% de las muestras en la región nororiental de Venezuela, durante el periodo enero – diciembre 2012, con sus respectivos valores de abundancia (cél ml<sup>-1</sup>).

Especies Residentes	Santa Fe		Guaca		San Juan de Las Galdonas		Surgencia		Relajación	
	Abun.	FA (%)	Abun.	FA (%)	Abun.	FA (%)	Abun.	FA (%)	Abun.	FA (%)
<b>Diatomeas</b>										
<i>Bacteriastrum</i> sp.					7	18				
<i>Biddulphia</i> sp.					1	18				
<i>Cerataulina pelágica</i>			2	27						
<i>Chaetoceros compressus</i>			74	27						
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>Compressus</i>			5	27	3	18				
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>			13	18					64	10
<i>Chaetoceros</i> sp.	44	20	45	55					219	34
<i>Coscinodiscus</i> sp.			5	82	3	36	31	34		
<i>Cyclotella</i> sp.			158	55	2	18	6	21		
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1	20	20	45	9	36			27	32
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	14	40	18	36	29	36			179	46
<i>Diatomea pennada</i>	6	40			6	36	7	12	21	26
<i>Eucampia zodiacus</i>					5	18				
<i>Guinardia fláccida</i>	93	20	1	18	1	18				
<i>Guinardia striata</i>	252	20	56	55	13	45	13	12	121	40
<i>Haslea wawrikan</i>			3	18					13	32
<i>Hemiaulus hauckii</i>									30	21
<i>Hemiaulus sinensis</i>	3	20	1	18	2	18			22	24
<i>Leptocylindrus danicus</i>			17	27	6	27			29	10
<i>Licmophora abbreviata</i>					1	18				
<i>Navicula</i> sp.	2	30	5	36	1	18				
<i>Nitzschia longissima</i>	4	40	6	55	26	64			28	26
<i>Nitzschia</i> sp.	2	40	22	45	17	27			13	28
<i>Paralia sulcata</i>			17	27						

Tabla 13. Continuación

<i>Pleurosigma</i> sp.	1	20	3	27	1	18				
<i>Proboscia alata</i>			2	45	1	18		10	18	
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>			1	18						
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>					11	18				
<i>Pseudonitzschia lineola</i>			6	27	11	27				
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	37	30	37	55	129	45	367	56		
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	3	20	47	27	47	45			54	26
<i>Rhizosolenia hialina</i>					1	18				
<i>Rhizosolenia setigera</i>			1	18						
<i>Rhizosolenia</i> sp.			1	27						
<i>Schroederella delicatula</i>			2	18						
<i>Skeletonema costatum</i>					630	18				
<i>Synedra</i> sp.								6	15	
<i>Thalassiosira gravaida</i>			2	18	24	18				
<i>Thalassiosira rotula</i>			13	45			16	19		
<i>Thalassiosira</i> sp.			114	45	129	36			214	35
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>			3	18						
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	11	20	33	82	37	73	111	60	72	37
<i>Thalassionema</i> sp.			1	18						
<i>Thalassiothrix</i> sp.	1	20			1	18				
<b>Dinoflagelados</b>										
<i>Alexandrium</i> cf. <i>sousae</i>	9	20								
<i>Alexandrium</i> sp.			4	27					2	10
<i>Amphidinium</i> sp.					1	18				
<i>Brachydinium capitatum</i>			1	18						
<i>Ceratium azoricum</i>			4	18						
<i>Ceratium furca</i>	3	50	8	55			2	12	2	15
<i>Ceratium kofoidii</i>	1	20								
<i>Ceratium tripos</i>	2	20	4	27			4	10		

Tabla 13. Continuación

<i>Dinophysis acuminata</i>	1	30	1	45			7	21		
<i>Dinophysis caudata</i>	1	30	3	36			2	10		
<i>Dinophysis</i> sp.	1	20								
<i>Diplopsalis</i> sp.			1	18						
<i>Exuviaella</i> sp.									4	13
<i>Gonyaulax digitale</i>							7	12		
<i>Gymnodinium</i> sp.	2	60	10	64	3	45	54	43	5	13
<i>Gyrodinium spirale</i>							5	13		
<i>Gyrodinium</i> sp.			1	18						
<i>Heterocapsa</i> sp.							8	12		
<i>Prorocentrum compressum</i>	1	20	4	27					12	18
<i>Prorocentrum dentatum</i>					2	18				
<i>Prorocentrum gracile</i>	6	70	15	64	1	18	2	12	16	44
<i>Prorocentrum micans</i>	5	60	2	27	1	27	3	15	2	13
<i>Prorocentrum mínimum</i>	10	60	7	55			16	15	15	34
<i>Prorocentrum scutellum</i>	9	30								
<i>Prorocentrum triestinum</i>	7	40	2	18						
<i>Prorocentrum</i> sp.	1	20								
<i>Pyrophacus steinii</i>			1	18						
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	10	30	3	18					9	21
<i>Scrippsiella</i> sp.	16	50	2	27	10	36			52	54
<i>Torodinium</i> sp.									2	13
<b>Otros</b>										
<i>Dictyocha</i> sp.			1	18						
<i>Euglena</i> sp.	4	60	11	64	11	73	15	28	7	13
<i>Eutreptia</i> sp.			1	27	4	18				
Fil. Cianobacteria			4	27	9	55	8	28	110	18
<i>Oscillatoria</i> sp.	8	20	1	18					14	21

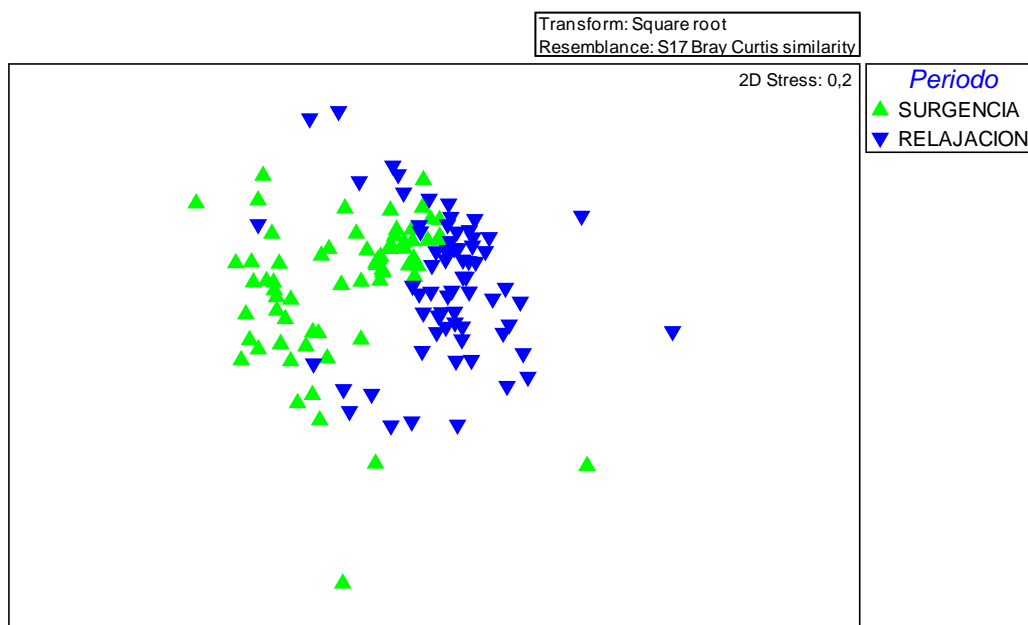


Figura 21. Ordenación multivariada (nMDS) de las muestras de los periodos surgencia (marzo 2012) y relajación (octubre 2012) colectadas en la región nororiental de Venezuela.

El análisis de ordenación nMDS mostró la presencia de dos grupos; las muestras recolectadas en el periodo de surgencia presentan una disposición en el espacio diferente a las muestras recolectadas en el periodo de relajación (Figura 21). De acuerdo a la prueba ANOSIM, se detectó la existencia de diferencias significativas de la abundancia por especie del fitoplancton entre los periodos ( $R= 0,273$ ;  $p<0,05$ ). Se observó que en el periodo de surgencia los cocolitofóridos y las diatomeas *T. nitzschioides* y *P. seriata* en su conjunto aportaron el 80,36% de contribución mientras que en el periodo de relajación los cocolitofóridos y el dinoflagelado *Scrippsiella* sp. aportaron un 66,47% de contribución (Tabla 14).



Tabla 14. Porcentajes de similaridad de especies que caracterizaron a cada uno de los periodos surgencia (marzo 2012) y relajación (octubre 2012) muestreados en la región nororiental de Venezuela, según el análisis SIMPER.

<b>Surgencia SM: 23,99%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Sim</b>	<b>Sim/SD</b>	<b>Contrib. %</b>	<b>Cum. %</b>
Cocolitofóridos	2,49	9,15	0,58	38,15	38,15
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,91	5,28	0,64	22,01	60,17
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	1,34	4,85	0,58	20,2	80,36
<i>Gymnodinium</i> sp.	0,38	1,04	0,4	4,32	84,68
Fil. Cianobacteria	0,17	0,57	0,25	2,4	87,07
<b>Relajación SM: 24,43%</b>					
Cocolitofóridos	3,5	14,78	1,06	60,5	60,5
<i>Scrippsiella</i> sp.	0,59	1,46	0,52	5,97	66,47
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0,84	1	0,43	4,1	70,57
<i>Chaetoceros</i> sp.	0,82	0,78	0,32	3,18	73,75
<i>Guinardia striata</i>	0,67	0,74	0,38	3,03	76,78

SM: Similitud promedio; Av. Abun: Promedio abundancia; Contrib. %: Contribución; Cum. %: Acumulado

Los cocolitofóridos fueron los organismos responsables por su abundancia a que el periodo de surgencia sea diferente al periodo de relajación. Se encontró que los cocolitofóridos fueron más abundantes en el periodo de relajación que en el de surgencia (Tabla 15).

Tabla 15. Porcentaje de disimilaridad y especies que contribuyen a la misma entre los periodos surgencia (marzo 2012) y relajación (octubre 2012) muestreados en la región nororiental de Venezuela, según el análisis SIMPER.

	<b>Surgencia Relajación</b>					
<b>DS: 83,59%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib. %</b>	<b>Cum. %</b>
Cocolitofóridos	2,49	3,5	14,4	1,21	17,23	17,23
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	1,34	0,11	5,8	0,71	6,94	24,17
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,91	0,54	4,58	0,94	5,48	29,64
<i>Chaetoceros</i> sp.	0,08	0,82	3,01	0,56	3,61	33,25
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0,01	0,84	2,71	0,7	3,24	36,49

DS: Porcentaje de disimilitud; Av. Abun: Promedio abundancia; Contrib. %: Contribución; Cum. %: Acumulado

## Análisis espacial de la comunidad fitoplanctónica en el nororiente de Venezuela

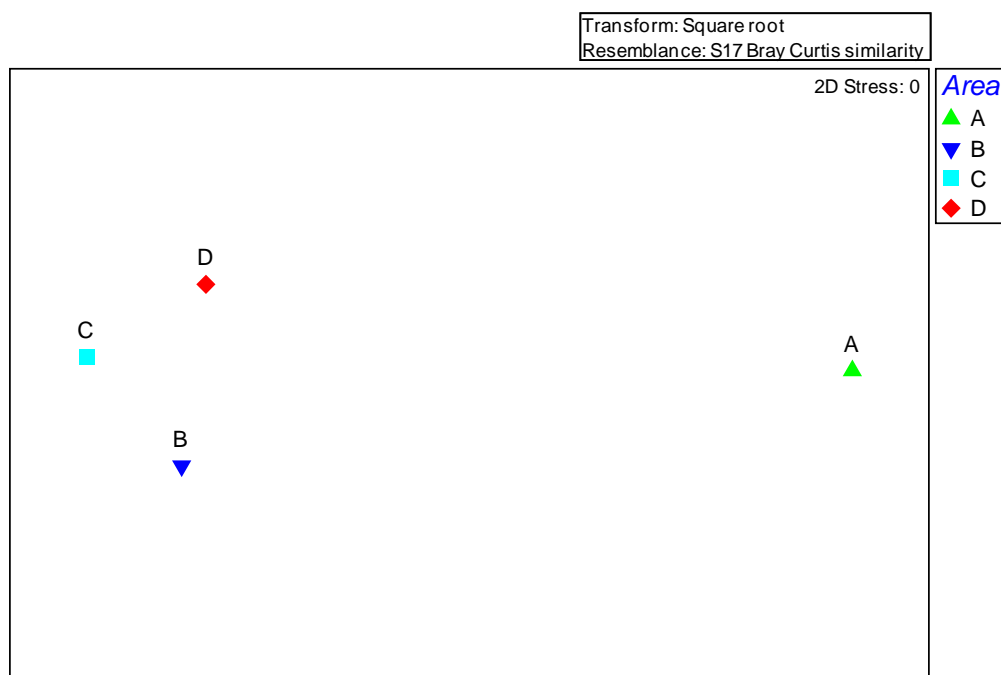


Figura 22. Ordenación multivariada (nMDS) de los centroides por área muestreada en la región nororiental de Venezuela.

El análisis de ordenación nMDS mostró que las muestras recolectadas en Santa Fe (área A) se separaron claramente de la agrupación formada por las recolectadas en el Golfo de Cariaco (área B), Guayacán-Guaca (área C) y Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare (área D; Figura 22). De acuerdo a la prueba ANOSIM, se detectó la existencia de diferencias significativas de la abundancia por especie del fitoplancton entre las áreas ( $R= 0,109$ ;  $p<0,05$ ).

Los cocolitofóridos estuvieron presentes en todas las áreas y su mayor abundancia se observó en Guayacán-Guaca; adicionalmente, se detalla que estos organismos fitoplanctónicos registraron un porcentaje de contribución  $>35\%$  (Tabla 16). Sin embargo, es importante mencionar que las siguientes especies contribuyeron a la caracterización de las áreas: en Santa Fe: *T. nitzschioides* (7,75%), *Coscinodiscus* sp. (6,55%); para el Golfo de Cariaco: *T. nitzschioides* (6,1%), *Gyrodinium spirale* (5,57%); para Guayacán-Guaca: *P. seriata* (5,32%), *Gymnodinium* sp. (4,37%) y para el Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare: *T. nitzschioides* (18,19%), *P. seriata* (8,62%).

Tabla 16. Porcentajes de similitud de especies que caracterizaron a cada una de las áreas en la región nororiental de Venezuela, según el análisis SIMPER.

<b>Área A SM: 15,16%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Sim</b>	<b>Sim/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,19	5,33	0,58	35,17	35,17
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,52	1,17	0,34	7,75	42,92
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0,65	0,99	0,26	6,55	49,47
<i>Euglena</i> sp.	0,32	0,92	0,42	6,05	55,52
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,52	0,78	0,25	5,16	60,68
<b>Área B SM: 20,12%</b>					
Cocolitofóridos	2,34	13,99	0,76	69,5	69,5
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,42	1,23	0,27	6,1	75,6
<i>Gyrodinium spirale</i>	0,3	1,12	0,36	5,57	81,16
<i>Prorocentrum gracile</i>	0,16	0,43	0,33	2,14	83,31
<i>Thalassiosira rotula</i>	0,21	0,36	0,2	1,81	85,12
<b>Área C SM: 23,19%</b>					
Cocolitofóridos	4,24	15,14	0,93	65,29	65,29
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,96	1,23	0,28	5,32	70,61
<i>Gymnodinium</i> sp.	0,47	1,01	0,4	4,37	74,98
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,58	0,91	0,37	3,91	78,89
<i>Scrippsiella</i> sp.	0,41	0,72	0,31	3,12	82
<b>Área D SM: 22,79%</b>					
Cocolitofóridos	2,79	11,4	0,75	50,01	50,01
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,94	4,14	0,6	18,19	68,2
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,77	1,96	0,33	8,62	76,82
Fil. Cianobacteria	0,23	0,84	0,34	3,71	80,53
<i>Guinardia striata</i>	0,52	0,61	0,29	2,67	83,2

SM: Similitud promedio; Av. Abun: Promedio abundancia; Contrib. %: Contribución; Cum. %: Acumulado

Se observó que los cocolitofóridos fueron mayormente responsables por su abundancia a la disimilaridad entre las áreas. Por tanto, es importante señalar que los cocolitofóridos fueron más abundantes en Guayacán-Guaca seguido del Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare, luego el Golfo de Cariaco y por último Santa Fe (Tabla 17).

Tabla 17. Porcentaje de disimilitud y especies que contribuyen a la misma entre las cuatro áreas evaluadas en la región nororiental de Venezuela, según el análisis SIMPER.

	Área A	Área B				
<b>DS: 85,54%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,19	2,34	12,17	1,1	14,22	14,22
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1,5	0	4,91	0,4	5,74	19,97
Fil. Cianobacteria	0,1	0,77	4,71	0,4	5,51	25,48
	Área A	Área C				
<b>DS: 84,95%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,19	4,24	15,42	1,13	18,15	18,15
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,52	0,96	5,42	0,55	6,38	24,53
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1,5	0,09	4,42	0,41	5,2	29,73
	Área B	Área C				
<b>DS: 79,99%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	2,34	4,24	16,85	1,2	21,06	21,06
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,17	0,96	5,18	0,5	6,48	27,55
Fil. Cianobacteria	0,77	0,06	3,99	0,37	4,99	32,54
	Área A	Área D				
<b>DS: 84,53%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	1,19	2,79	11,51	1,11	13,62	13,62
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,52	0,77	5,03	0,74	5,95	19,56
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,52	0,94	4,9	0,92	5,79	25,36
	Área B	Área D				
<b>DS: 80,81%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	2,34	2,79	13,89	1,19	17,18	17,18
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,42	0,94	5,44	0,99	6,73	23,91
Fil. Cianobacteria	0,77	0,23	5,06	0,46	6,26	30,18
	Área C	Área D				
<b>DS: 78,42%</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Abund</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Diss/SD</b>	<b>Contrib.%</b>	<b>Cum.%</b>
Cocolitofóridos	4,24	2,79	14,97	1,1	19,1	19,1
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0,96	0,77	6,25	0,63	7,98	27,07
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,58	0,94	4,54	0,87	5,79	32,86

DS: Porcentaje de disimilitud; Av. Abun: Promedio abundancia; Contrib. %: Contribución; Cum. %: Acumulado; Santa Fe, A; Golfo de Cariaco, B; Guayacán-Guaca, C; Morro-San Juan de Las Galdonas-San Juan de Unare, D

## DISCUSIÓN

### Variación temporal de la abundancia del fitoplancton en tres localidades del estado Sucre

#### Aspectos abióticos

La transparencia del agua en Santa Fe presentó los valores más altos, debido posiblemente a la poca influencia de procesos causantes de turbidez. Por su parte, en Guaca y San Juan de Las Galdonas se observaron los valores más bajos, lo cual puede ser producto de su ubicación geográfica, NEste del estado Sucre, estando expuestas y sometidas a la constante agitación del agua, lo cual permite que los sedimentos puedan ser resuspendidos, por la acción del viento que caracteriza a estas localidades. Al respecto, SANTAMARÍA DEL ANGEL *et al.* (1996), indicaron que la mayoría de los cuerpos costeros tienen una alta energía cinética turbulenta, la cual mantiene en suspensión sedimentos terrígenos, dando como resultado alta turbidez. Una situación similar fue señalada por FERRAZ-REYES (1992), para la Ensenada de Canguas, Península de Paria.

Los valores de salinidad obtenidos en este estudio son similares a los descritos por OKUDA *et al.* (1968), para la Bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo, Golfo de Cariaco. Los valores más bajos de salinidad se midieron en marzo de 2012, lo cual pudo deberse a la ocurrencia de precipitaciones provocando una disminución de la salinidad. De manera similar RIVAS *et al.* (2007), para Playa San Luis, Cumaná, registraron que el valor más bajo de salinidad durante su estudio resultó ser producto de precipitaciones anómalas durante el periodo muestreado.

Los valores más bajos de temperatura del agua reflejan la intensidad de la surgencia, generalmente el agua con baja temperatura ocupa casi toda la columna de agua durante el periodo comprendido entre enero y mayo (OKUDA, 1975). Los valores más altos están relacionados con la época de menor intensidad de la surgencia, tal como lo señaló (OKUDA, 1975). Los resultados obtenidos coinciden con los publicados por OKUDA (1975); MOIGIS (1986); FERRAZ-REYES *et al.* (1987);

FERRAZ-REYES & FERNANDEZ (1990); QUINTERO *et al.* (2004) y PIRELA *et al.* (2008) en el Oriente Venezolano.

Con respecto a la concentración de oxígeno disuelto se registró que los valores altos pueden ser atribuidos a la actividad fotosintética de los organismos fitoplanctónicos ó como resultado de la interacción entre la masa de agua y la atmósfera (FERRAZ-REYES *et al.*, 1987). Mientras que los valores bajos pueden deberse al consumo del oxígeno por la actividad biológica o la oxidación de materia orgánica (OKUDA, 1975). Los resultados obtenidos coinciden con los referidos por FERRAZ-REYES *et al.* (1987) para la Laguna Grande del Obispo, Golfo de Cariaco.

### **Aspectos bióticos**

Los valores de la abundancia fitoplanctónica obtenidos en este estudio son similares a los publicados por FERRAZ-REYES (1992) en la Ensenada de Canguas, Península de Paria, GÓMEZ *et al.* (2000) en Playa San Luis, Cumaná y PIRELA *et al.* (2008) para la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua. Sin embargo, los valores no son tan altos como los descritos por FERRAZ-REYES (1976) para Guatapanare, donde el máximo número de organismos registrados fue de 36.909 org.ml<sup>-1</sup> en marzo de 1971.

Los valores más altos de abundancia de fitoplancton se encontraron en enero y junio; lo cual puede estar relacionado con la ocurrencia de la surgencia en la zona, tal como lo publicó FERRAZ-REYES (1987) para el Golfo de Cariaco. Es importante destacar que el ACP para el periodo de surgencia demostró la existencia de una correlación negativa entre la abundancia total del fitoplancton y la temperatura del agua, transparencia y concentración de oxígeno disuelto, lo que permitió inferir que hubo un incremento del fitoplancton por influencia de aguas de baja temperatura y menor concentración de oxígeno; y por efecto del crecimiento del fitoplancton las aguas son menos transparentes. Por otra parte, los valores más bajos de la abundancia fitoplanctónica pueden estar asociados con aguas más cálidas, tal como lo reveló el ACP realizado para el periodo de relajación. Una situación similar fue descrita por FERRAZ-REYES *et al.* (1987) para el Oriente de Venezuela.

La abundancia relativa por grupos de cada localidad permite diferenciarlas. En Santa Fe los cocolitofóridos fueron dominantes. El dominio de los cocolitofóridos pudiera

deberse a que estos organismos habitan la zona eufótica de las aguas marinas y junto con las diatomeas, dinoflagelados y bacterias forman la mayor parte del fitoplancton marino, se asocian a determinadas masas de agua, y sus asociaciones se modifican o ajustan en función de las características de aquellas (GRAVALOSA *et al.*, 2005). De manera similar GÓMEZ *et al.* (2000) durante su investigación en Playa San Luis, Cumaná informaron que los cocolitofóridos fueron abundantes en el periodo de surgencia; adicionalmente, registraron que dentro del Golfo de Cariaco, los cocolitofóridos son una fracción importante del plancton.

JIMÉNEZ (1983) publicó el rol importante que juegan los cocolitofóridos en la productividad de las aguas costeras, así como en el océano abierto; además señaló que la especie *Emiliana huxleyi* presenta una distribución muy amplia, constituyendo en determinadas ocasiones el mayor componente del fitoplancton marino originando floraciones importantes de hasta más de  $2 \times 10^6$  cél l tanto en aguas costeras como en el océano abierto.

En Guaca y San Juan de Las Galdonas dominaron las diatomeas. Resultados similares han sido publicados para las costas del estado Sucre por: FERRAZ- REYES (1976) en Guatapanare, FERRAZ- REYES (1992) en la Ensenada de Canguas, Península de Paria y LA BARBERA *et al.* (1999) en el Golfo de Cariaco. Esto se debe a que en áreas costeras con aguas turbulentas y ricas en nutrientes, las diatomeas han sido tradicionalmente consideradas como el grupo dominante (HERNÁNDEZ *et al.* 2008).

La riqueza de especies del fitoplancton en Santa Fe, Guaca y San Juan de Las Galdonas y su distribución en las diferentes categorías taxonómicas es similar con lo registrado por FERRAZ- REYES (1992) para la Ensenada de Canguas, Península de Paria y GÓMEZ *et al.* (2002) para Playa San Luis, Cumaná. Sin embargo, los valores no son tan altos como los publicados por PIRELA *et al.* (2008) para la Isla de Cubagua, quienes identificaron 320 especies de fitoplancton.

Las especies fitoplanctónicas que dominaron en Santa Fe difieren de las registradas por FERRAZ- REYES *et al.* (1987) en la Laguna Grande del Obispo, Golfo de Cariaco, quien informó la dominancia casi absoluta de diatomeas del género *Nitzschia* y los

dinoflagelados constituyeron el segundo grupo importante; lo cual es normal por ser ambientes diferentes.

En Guaca y San Juan de Las Galdonas la comunidad del fitoplancton estuvo dominada principalmente por especies de diatomeas. Un comportamiento similar fue publicado por FERRAZ- REYES (1976; 1992) para Guatapanare y la Ensenada de Canguas, Península de Paria, respectivamente. Es importante señalar que la ubicación geográfica de Guaca y San Juan de Las Galdonas presenta condiciones hidrodinámicas favorables para el crecimiento y establecimiento de diatomeas, debido a que independientemente del periodo del año estudiado, siempre se observa agitación de la columna de agua, que resuspende los sedimentos y a su vez diatomeas y hace que exista un aporte continuo de nutrientes siendo propicio para el crecimiento de este grupo.

*T. subtilis*, ha sido descrita por AVARIA (1965) como una especie nerítica, cosmopolita eurioica, muy abundante en aguas templadas y cálidas. SANTANDER *et al.* (2003) señalaron entre las cualidades más sobresalientes de esta especie el hecho que sus células (de un tamaño promedio de 20  $\mu\text{m}$ ) se encuentran embebidas en un mucilago, formando grandes agrupaciones, lo que le confiere mayor habilidad para explotar escenarios de surgencia costera y exhibir un carácter monoespecífico. Por su parte, *S. tamesis* ha sido señalada como una diatomea planctónica habitual con mayor representación en el litoral atlántico (RIVERA & SÁNCHEZ, 2011).

Las especies *S. costatum* y *G. flaccida* han sido catalogadas como adiafóricas, es decir, presentes tanto en zonas neríticas como oceánicas (PEÑA & PINILLA, 2002). FERRAZ- REYES (1992) para la Ensenada de Canguas, Península de Paria, refirió que *S. costatum* fue una especie dominante; atribuido a la alta pluviosidad de la zona entre uno de los factores que incide en la disminución de la salinidad favoreciendo su desarrollo. Por otro lado, *C. compressus* se considera una especie nerítica, cosmopolita eurioica, muy abundante en aguas templadas (AVARIA, 1965).

El género *Pseudonitzschia* ha sido representado por diatomeas pennadas cosmopolitas de hábitos planctónicos marinos distribuidas desde los trópicos hasta las regiones polares, así como en ambientes oceánicos y costeros (HASLE, 1995;



2002). La diatomea meroplanctónica *Cyclotella* sp. fue observada por FERRAZ-REYES, (1976) para Guatapanare, entre las especies dominantes en abril y mayo de 1971.

Los valores bajos de diversidad se detectaron en el periodo enero-abril de 2012. Cabe destacar que estos meses presentaron características del periodo de surgencia entre las cuales destaca valores bajos de la temperatura del agua y de diversidad de especies. Un comportamiento similar registro OCHOA & TARAZONA (2003) para Bahía Independencia, Perú. La mayor diversidad de especies puede presentarse a etapas avanzadas de la sucesión; la cual aparece cuando estacionalmente descienden los nutrientes, dando lugar a grandes diatomeas junto con un número creciente de dinoflagelados y cocolitofóridos (CALIJURI *et al.*, 2002). Resultados similares fueron obtenidos por MARGALEF (1967). Por otro lado, las diferencias espaciales de la diversidad de especies pueden estar asociadas a las condiciones químicas de las aguas.

Los cambios temporales de la estructura comunitaria del fitoplancton pueden deberse a que en los ecosistemas marinos las alteraciones en las condiciones meteorológicas, físicas y el aporte de nutrientes afectan fuertemente la diversidad, la estructura de la comunidad y la dinámica temporal del fitoplancton (WINDER & SOMMER, 2012). Un comportamiento similar fue observado por FERRAZ-REYES (1983) para la Cuenca Tuy-Cariaco, FERRAZ-REYES (1987) para el Golfo de Cariaco y GÓMEZ *et al.* (2000) para Playa San Luis, Cumaná.

Con relación a lo anterior, CULLEN *et al.* (2002) señalaron que las formas de vida del fitoplancton son adaptaciones a tipos de hábitats pelágicos específicos, definidos a lo largo de gradientes de intensidad de turbulencia y concentraciones de nutriente.

Por otro lado, la estructura comunitaria del fitoplancton entre las localidades presentó diferencias, lo cual puede estar relacionado con las condiciones locales como los aportes de nutrientes y dinámica costera. Los cocolitofóridos se registraron en las tres localidades. Resultados similares fueron publicados por MARGALEF 1968; FERRAZ-REYES, 1992 y GÓMEZ *et al.*, 2002 para el oriente de Venezuela, quienes mencionaron su ocurrencia y han señalado diversas especies de cocolitofóridos entre las más abundantes.

Los sistemas tropicales suponen muy pocas variaciones a lo largo de un ciclo anual. Sin embargo, la dinámica oceanográfica de las costas del estado Sucre podría ser la responsable de las fluctuaciones temporales de la estructura y abundancia fitoplanctónica (SALAZAR *et al.*, 2011). Por tanto, durante el periodo enero-diciembre de 2012, se puede decir que esta dinámica influyó significativamente en los cambios de las variables fisicoquímicas y biológicas del estado Sucre.

### **Estructura y abundancia del fitoplancton en un mes de los dos periodos (surgencia y relajación) en el nororiente de Venezuela**

#### **Aspectos abióticos**

En el periodo de surgencia, la transparencia del agua presentó los valores más bajos debido a la densidad del fitoplancton y a la resuspensión de sedimentos. Esta condición también fue mencionada por FERRAZ-REYES (1992) para la Ensenada de Canguas, Península de Paria. Los valores más altos de esta variable se observaron en el periodo de relajación, debido posiblemente a la disminución de la velocidad del viento, disminuyendo la resuspension de sedimentos, aumentando la penetración de luz en la columna de agua. Resultados similares fueron registrados por FERRAZ-REYES *et al.* (1987) para el Golfo de Cariaco. Al respecto, DÍAZ-RAMOS & FERRAZ-REYES (1988) señalaron en las costas del estado Sucre, que uno de los factores principales que afecta la transparencia del agua es la cantidad de biomasa microalgal, de tal manera que el fitoplancton puede estar controlado por los cambios de irradiancia en el año.

Las diferencias de salinidad entre los periodos, podrían ser explicados por el hecho de que las condiciones hidrográficas a lo largo de la costa nororiental de Venezuela están influenciadas principalmente por las variaciones de los procesos de surgencia, que están íntimamente ligados al régimen de vientos que prevalece en la zona, tal como lo señaló OKUDA (1981) para la Bahía de Pozuelos y sus áreas adyacentes. Los resultados obtenidos concuerdan con los publicados por (FUKUOKA, 1965; OKUDA, 1975; BONELLS *et al.*, 1990 y QUINTERO *et al.*, 2004).

En marzo de 2012, la temperatura del agua mostró los valores más bajos; lo cual está relacionado con la ocurrencia de la surgencia que de manera característica se

registra en la zona nororiental de Venezuela durante este periodo del año (OKUDA *et al.*, 1978). Resultados similares fueron informados por OKUDA *et al.* (1968); HERRERA & FEBRES (1975); FERRAZ- REYES *et al.* (1987); FERRAZ- REYES (1992) y RIVAS *et al.* (2007). Los valores más altos se midieron en octubre de 2012; este fenómeno según OKUDA (1975, 1981), es típico de la débil intensidad de surgencia que se presenta en éste periodo del año. De manera similar, BONELLS *et al.* (1990) para la región circunvecina a la Isla de Margarita, PIRELA *et al.* (2008) para la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua y SALAZAR *et al.* (2011) para la Bahía de Mochima, también midieron las mayores temperaturas en el periodo de relajación.

La ausencia de cambios en la concentración de oxígeno disuelto entre los periodos puede ser el resultado de la constante interacción entre la capa superficial y la atmósfera, provocando homogeneidad. BONELLS *et al.* (1990) registraron que en las capas superficiales altamente productivas los procesos físicos y la eficiente actividad biológica aumenta la concentración de oxígeno.

### **Aspectos bióticos**

Las diferencias de la abundancia del fitoplancton en marzo y octubre de 2012, pueden estar asociadas al cambio estacional de la intensidad de la surgencia, la cual está estrechamente relacionada con el régimen de los Vientos Alisios. Al respecto, MANDELLI & FERRAZ (1982) y FERRAZ- REYES (1989) mencionaron que las frecuentes fluctuaciones en el patrón de los vientos causan cambios en la intensidad de la surgencia y en la distribución estacional de la biomasa fitoplanctónica.

La abundancia del fitoplancton presentó los valores más bajos en marzo de 2012, lo cual puede estar relacionado a las corrientes marinas, pastoreo por parte del zooplancton herbívoro o a la alimentación de organismos filtradores. En relación a esto, CALVO *et al.* (2015) señalaron que la abundancia del fitoplancton es afectada por la dinámica de organismos predadores como zooplancton y peces, entre otros; de igual forma a la influencia que tienen ciertas variables físicas sobre el desarrollo de estos organismos. Los resultados de abundancia obtenidos en este estudio en marzo de 2012 son similares a los mencionados por GÓMEZ *et al.* (2000) para Playa San Luis, Cumaná. Sin embargo, los valores no son tan altos como los señalados por FERRAZ- REYES (1976) para Guatapanare quien registró una abundancia

fitoplanctónica de  $36.909 \text{ cél ml}^{-1}$  a finales de marzo de 1971 y FERRAZ- REYES *et al.* (1987) para la región centro-occidental de la costa sur de la Península de Araya determinaron un máximo de  $19 \times 10^3 \text{ cél ml}^{-1}$ .

Por otra parte, los valores más altos se obtuvieron en octubre de 2012 lo cual puede ser producto de un mayor suministro de nutrientes por efecto de las aguas de escorrentía, adecuados para el crecimiento del fitoplancton. Un comportamiento similar fue detectado por RIVAS *et al.* (2007) para Playa San Luis, Cumaná y SALAZAR *et al.* (2011) para la Bahía de Mochima, Venezuela. Los resultados obtenidos en octubre de 2012 son similares a los referidos por FERRAZ- REYES (1983) para la Cuenca Tuy-Cariaco. Sin embargo, valores más altos fueron publicados por RIVAS *et al.* (2007) para Playa San Luis, Cumaná y CALVO *et al.* (2015) para la Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco.

La abundancia relativa por grupos de cada periodo permite diferenciarlos. En el periodo de surgencia las diatomeas fueron dominantes. El dominio de las diatomeas es típico de ambientes de surgencia costera (BRULAND *et al.*, 2001; SANTANDER *et al.*, 2003). El grupo de las diatomeas es cosmopolita, muy diverso, con un muy elevado número de formas marinas (MC CONNAUGHEY, 1974; ROUND *et al.*, 1990), y presenta adaptaciones a aguas turbulentas como las del Caribe, que aseguran su permanencia en el medio (BALECH, 1977; CORREDOR, 1979). De manera similar MARGALEF (1968), FERRAZ- REYES *et al.* (1987), LA BARBERA *et al.* (1999) y PIRELA *et al.* (2008) para la región nororiental de Venezuela informaron la dominancia de estos organismos. Por otro lado, en el periodo de relajación, los coccolitofóridos dominaron la comunidad del fitoplancton. La dominancia de los coccolitofóridos puede deberse a que son un grupo importante en la fertilidad del mar pudiendo en ciertas épocas o en áreas localizadas del océano, constituir poblaciones más importantes que otros componentes del fitoplancton marino como las diatomeas y los dinoflagelados (JIMÉNEZ, 1983). Sin embargo, el clima y los aportes nutritivos a la columna de agua podrían ser otras de las razones para su crecimiento. PIRELA *et al.* (2008) para la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, registraron la presencia y mayor abundancia de coccolitofóridos en agosto, diciembre de 2003 y marzo de 2004.

FERRAZ- REYES (1976; 1983), FERRAZ- REYES *et al.* (1987) y PIRELA *et al.* (2008) para la plataforma nororiental de Venezuela han descrito en sus investigaciones que en

temporada de surgencia la estructura comunitaria del fitoplancton estuvo dominada por especies oportunistas de alto índice de crecimiento como las diatomeas. En contraposición, durante la temporada de relajación la estructura comunitaria cambia a especies que suelen asociarse con índices de crecimientos menores como el caso de los dinoflagelados (TARRAN *et al.*, 2001). Un aspecto que llamó la atención en este estudio fue que en el periodo de relajación (octubre 2012) dominaron los cocolitofóridos y no los dinoflagelados, lo que permite suponer la presencia de una alteración en las condiciones climáticas ó el aporte de elementos nutritivos que favoreció la proliferación de estos organismos.

Por tanto, se pudo observar el comportamiento de la estructura comunitaria del fitoplancton durante los dos muestreos apreciándose la modificación que presentó estacionalmente; encontrándose, como para el periodo de relajación dominaron los cocolitofóridos, y de cómo esta modificación pudiera quizás afectar o comprometer el reclutamiento de peces planctófagos como la sardina *S. aurita*, poniendo en riesgo el futuro de las próximas generaciones de las diferentes formas de vida de los niveles tróficos superiores. Por tanto, las variaciones temporales de la biomasa y de la productividad primaria en el nororiente de Venezuela, reflejan el delicado ajuste y respuesta del fitoplancton a las condiciones cambiantes del medio ambiente (FERRAZ-REYES, 1987).

En el periodo de surgencia el número total de especies fue menor comparado con el periodo de relajación donde hubo mayor riqueza; posiblemente debido a las condiciones hidrográficas imperantes de cada periodo y a la manera de como responden fisiológicamente las especies a ellos, que produjo que unas especies aparecieran en marzo y otras en octubre de 2012. Los resultados obtenidos son menores comparados con los referidos por PIRELA *et al.* (2008) para la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua y OKOLODKOV (2003) para el Golfo de México, Mar Caribe y aguas cubanas.

Una de las especies dominantes en el periodo de surgencia fue *P. seriata*, descrita por GALEANO & ARTEAGA (2010) para la Cuenca Pacífica Colombiana como una diatomea abundante a nivel superficial de la columna de agua coincidiendo con los menores registros de temperatura del agua y los mayores de salinidad. La misma es

considerada una especie residente, puesto que se le encuentra en el periodo de surgencia.

Otra especie dominante fue *T. nitzschioides*, esta diatomea colonial mantiene alta eficiencia en términos de captación de luz, incorporación de nutrientes y crecimiento, dado que cada célula conserva su individualidad, viéndose favorecida por una mayor relación superficie/volumen, lo que se traduce en un mayor aprovechamiento de las condiciones propias de un evento de surgencia costera (BALECH, 1977; SANTANDER *et al.*, 2003).

*Leptocylindrus danicus* fue descrita por RIVERA & SANCHEZ (2011) como una diatomea protagonista de numerosas floraciones, dominando muchas veces en la taxocenosis de las diatomeas planctónicas. FERRAZ- REYES & FERNANDEZ (1990) para el Golfo de Cariaco, refirieron que durante el periodo de surgencia, las diatomeas dominaron de enero a marzo con especies de *Chaetoceros*, *Nitzschia* y *L. danicus*. En el periodo de relajación destacó entre las especies dominantes *Chaetoceros* sp. lo cual pudo deberse a que son euritéricas, eurihalinas y producen hipnosporas (RAMÍREZ *et al.*, 2010), lo que les atribuye amplios ámbitos de supervivencia, incluso en condiciones desfavorables (PITCHER, 1990). Otra especie dominante fue *Thalassiosira* sp. FERRAZ- REYES (1992) para la Ensenada de Canguas, Península de Paria, registró la especie *Thalassiosira decipiens* entre sus organismos dominantes; atribuido a que el área recibe la influencia de las bajas salinidades y de nutrientes del Golfo de Paria y regiones adyacentes, siendo uno de los factores que favorece el desarrollo de esta diatomea. Por último, *D. fragilissimus* se observó entre las especies dominantes y fue registrada para el Mar Caspio por BAGHERI *et al.* (2012) entre las especies fitoplanctónicas más abundantes; los investigadores mencionaron que su abundancia estuvo asociada a los aportes de agua dulce, por parte de las precipitaciones y las descargas de los ríos, aumentando las concentraciones de nutrientes, especialmente de silicato inorgánico, importante para la elaboración de sus frústulos.

En el periodo de surgencia, la diversidad de Shannon-Wiener presentó los valores más bajos; lo cual es característico de un área de surgencia, con dominancia de diatomeas que tipifican la primera fase de la sucesión, con índices de diversidad

bajos que corresponden a poblaciones en activo crecimiento y con pocas especies dominantes, tal como lo señalaron OCHOA & TARAZONA (2003) para Bahía Independencia, Pisco, Perú. Cabe destacar que el número de especies en este periodo resultó ser menor encontrándose 68 especies mientras que en el periodo de relajación se registraron 157 especies. En el periodo de surgencia el valor promedio fue 2,08 bits ind<sup>-1</sup>; lo cual es típico del fitoplancton costero, tal como lo señaló MARGALEF (1972) el investigador indicó que la diversidad del fitoplancton en zonas costeras oscila entre 1,0 y 2,5 bits ind<sup>-1</sup> y que tiende a ser baja en aguas con procesos de surgencias. Con respecto al periodo de relajación los valores de diversidad fueron altos (max. 4,77 bits ind<sup>-1</sup>); lo que pudiera estar relacionado a la confluencia de aguas neríticas, estuarinas y oceánicas (PEÑA & PINILLA, 2002) o estar indicando etapas posteriores (avanzada) de la sucesión fitoplanctónica (MARGALEF, 1967).

Las diferencias espaciales de la estructura comunitaria del fitoplancton en la región nororiental de Venezuela puede deberse a que los patrones de distribución de las comunidades planctónicas en las aguas costeras presentan una alta heterogeneidad a nivel espacial, modulados principalmente por el patrón de circulación de las aguas (tanto a escala local como regional) y por procesos oceanográficos multiescalares que determinan las características físicas, químicas y biológicas de la columna de agua, tal como ha sido señalado por PARSONS *et al.* (1984).

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que los cocolitofóridos estuvieron presentes en todas las áreas lo cual coincide con lo señalado por MARGALEF (1968) para el Oriente de Venezuela, el autor logró distinguir cinco áreas basado en la composición florística de las poblaciones planctónicas y señaló que los cocolitofóridos *C. huxleyi* y *C. pelagicus* se encontraron en todas las áreas, siendo especialmente abundante en la denominada Área III-Zona muy productiva entre Margarita y el continente, con el Golfo de Cariaco, incluyendo además Mochima y Área IV-Zona productiva al oeste de Margarita.

Finalmente, es importante mencionar la constancia temporal y espacial así como la proporción de los cocolitofóridos durante el desarrollo de este trabajo, lo que podría estar indicando alteración en las condiciones climáticas ó el aporte de elementos

nutritivos. Al respecto, DIMIZA *et al.* (2001) publicaron que la composición y distribución de los cocolitofóridos depende directamente del clima y de las condiciones oceanográficas de los océanos. Por su parte, CLOERN & DUFFORD (2005) registraron que la dinámica de la población de fitoplancton sigue patrones recurrentes de ocurrencia de especies cada año. Observaciones sostenidas y evaluaciones de microfósiles (por ejemplo, DALE, 2001) han revelado que las comunidades y los patrones cambian, y que estos cambios son coherentes con la variabilidad anual y tendencias interdecadas del cambio climático (MCGOWAN *et al.*, 1998). Así mismo, las fluctuaciones interanuales y subdecádicas de las oscilaciones climáticas a gran escala pueden tener una influencia sobre las condiciones climáticas locales (MANTUA *et al.*, 2002), lo que conlleva a largo plazo vínculos entre las fluctuaciones en los procesos climáticos y ecológicos que afectan la dinámica del fitoplancton (PAERL & HUISMAN, 2008).



## CONCLUSIONES

Las condiciones hidrográficas y la abundancia total del fitoplancton de las aguas superficiales a lo largo de la costa del estado Sucre están afectadas por el proceso de surgencia que muestran variaciones temporales como consecuencia del cambio de la intensidad de la misma.

Los coccolitofóridos dominaron la comunidad del fitoplancton en Santa Fe, debido quizás a su asociación con aguas de surgencia que no favorecen a las diatomeas mientras que estas fueron dominantes en Guaca y San Juan de Las Galdonas, debido a las condiciones hidrodinámicas imperantes.

Las especies dominantes en las tres localidades fueron: *T. subtilis*, *S. tamesis*, *G. flaccida*, *G. striata*, *C. compressus*, *Cyclotella* sp., *Pseudonitzschia* sp., *Thalassiosira* sp., *S. costatum* y *P. seriata*.

Las diferencias de la abundancia total del fitoplancton entre periodos se encuentran asociadas al cambio estacional de la intensidad de la surgencia, la cual está estrechamente relacionada con el régimen de los Vientos Alisios.

En el periodo de surgencia dominaron las diatomeas, resultados similares han sido publicados por diversos autores para el Oriente del país; mientras que en relajación los coccolitofóridos dominaron la comunidad del fitoplancton, siendo diferente a lo registrado por otros investigadores en el área de estudio, lo cual podría estar relacionado con el cambio climático que ocurre actualmente.

Las especies dominantes en los periodos estudiados fueron: *P. seriata*, *T. nitzschoides*, *L. danicus*, *Chaetoceros* sp., *Thalassiosira* sp. y *D. fragilissimus*.

Las diferencias espaciales de la estructura comunitaria del fitoplancton en la región nororiental de Venezuela fueron el resultado de los procesos oceanográficos (hidrodinámica, hidrografía, hidroquímica) y climáticas imperantes en las diferentes áreas que integran la región.

A pesar de que en este trabajo los grupos del fitoplancton y las especies residentes identificadas coinciden con lo informado por otros trabajos realizados en la región, la abundancia y dominancia de los cocolitofóridos podría estar indicando algún cambio en las condiciones fisicoquímicas del agua asociado posiblemente al cambio climático actual.

El género *Pseudonitzschia* se registró entre los organismos más abundantes en la costa norte del estado Sucre, contribuyendo con el aporte de información sobre la distribución de esta especie, debido a los problemas de salud pública que pudieran generarse por la producción de su toxina.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, F. 1981. *Introducción a la ecología del mar*. Fascículos de ecología II. Editorial Mejoras, Bogotá, 90 pp.
- ASTOR, Y., F. MULLER-KARGER & M. SCRANTON. 2003. Seasonal and interannual variation in the hydrography of the Cariaco basin: Implications for basin ventilation. *Cont. Shelf. Res.* 23(1):125-144.
- AVARIA, S. 1965. Diatomeas y silicoflagelados de la Bahía de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar.* 12(1,2&3):61-119.
- BALECH, E. 1977. *Introducción al fitoplancton marino*. Universitaria, Buenos Aires, 194 pp.
- BAGHERI, S., M. MANSOR, M. TURKOGLU, M. MAKAREMI, W. OMAR & H. NEGARESTAN. 2012. Phytoplankton species composition and abundance in the Southwestern Caspian Sea. *Ekoloji* 21 83:32-43.
- BERARD-TERRIAULT, L., M. POULIN & L. BOSSE. 1999. *Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du saint-laurent*. CNRC. Ottawa, Canada.
- BONELLS, P., T. OKUDA, J. BONILLA, B. GAMBOA & G. CEDEÑO. 1990. Algunas características hidrográficas en la región circunvecina a la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 29(1&2):27-41.
- BOYER, J., R. FOURQUREAN & R. JONES. 1997. Spatial characterization of the water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: Zones of similar influence. *Estuarine* 20(4):743-758.
- BRULAND, K., E. RUE & G. SMITH. 2001. Iron and macronutrients in California coastal upwelling regimes: Implications for diatom blooms. *Limnol. Oceanogr.* 46(7):1661-1674.
- CALIJURI, M., A. DOS SANTOS & S. JATI. 2002. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, S. P.-Brasil). *J. Plankton Res.* 24(7):617-634.
- CALVO, A., J. DÍAZ, S. SUBERO, L. CHARZEDDINE, K. RINCONES, L. TROCCOLI, M. ELGUEZABAL, B. MARÍN & B. MÁRQUEZ. 2015. Variación a corto plazo del fitoplancton en la Bahía de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela, durante la época de lluvias. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 53(1):13-24.
- CHANDY, J., I. AI-TISAN, H. MUNSHI & H. AHD EL REHEIM. 1991. Marine phytoplankton: a study on seasonal abundance and distribution in Al-Jubail. Issued as Technical Report No. SWCC (RDC) 17:618-652.
- CLARKE, K. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18:117-143.
- CLARKE, K. & R. WARWICK. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E Ltd., Plymouth, 82 pp.
- CLEVE, A. 1951. *Die diatomeen von Schweden and Finnland*. Alqunvist and wikselle boktryckeri A.S. Stockholm, Sweden. Covering, J. (ed). Sheridan Press. Hanover, Pennsylvania, USA.

- CLOERN, J. & R. DUFFORD. 2005. Phytoplankton community ecology: principles applied in San Francisco Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 285:11-28.
- CONDE, D., S. BONITA, L. AUBRIOT, R. DE LEON & W. PINTOS. 2007. Relative contribution of planktonic and benthic microalgae production in a eutrophic coastal Lagoon of South America. *J. Limnol.* 78:207-212.
- CORREDOR, J. 1979. Phytoplankton response to low level nutrient enrichment through upwelling in the colombian Caribbean basin. *Deep Sea Res.* 1 26:731-741.
- CULLEN, J., P. FRANKS, D. KARL & A. LONGHUSRT. 2002. *Physical influences on marine ecosystem dynamics. In: The sea.* Eds. A. Robinson, J. McCarthy, B. Rothschild, J. Wiley, New York, 12:297-336.
- CUPP, E. 1943. Marine plankton of the west North America. *Bull. Scripps. Inst. Oceanogr. Tech. Ser.* 5:1-238.
- DALE, B. 2001. The sedimentary record of dinoflagellate cysts: looking back into the future of phytoplankton blooms. *Sci. Mar.* 65:257-272.
- D'CROZ, L., J. DEL ROSARIO & J. GOMEZ. 1991. Upwelling and phytoplankton in the Bay of Panama. *Rev. Biol. Trop.* 39(2):233-241.
- DÍAZ, J. & E. FERRAZ. 1988. Dinámica de algunos parámetros hidrográficos y biológicos del canal de entrada de la Laguna de Los Patos, Cumana, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 28(1&2):239-244.
- DIMIZA, M., M. TRIANTAPHYLLOU & M. DERMITZAKIS. 2001. Vertical distribution and ecology of living coccolithophores in the marine ecosystems of Andros Island (Middle Aegean Sea) during late summer 2001. *Hell. J. Geosci.* 43:7-20.
- FALKOWSKI, P., R. BARBER & V. SMETACEK. 1998. Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production. *Science* 281:200-206.
- FENSOME, R., R. TAYLOR, G. NORRIS, W. SARJEANT, D. WHARTON & G. WILLIAMS. 1993. A classification of fossil and living dinoflagellates. Micropaleontology Press Special Publication Number 7.
- FERRAZ, E. 1976. Ciclo anual del fitoplancton en zonas de bancos naturales y de cultivo del mejillón *Perna perna* (L), en el Oriente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 15(2):119-132.
- FERRAZ, E. 1983. Estudio del fitoplancton en la Cuenca Tuy-Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 22(1&2):111-124.
- FERRAZ, E. 1987. Productividad primaria del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 26(1&2):97-110.
- FERRAZ, E., E. MANDELLI & G. REYES. 1987. Fitoplancton de la Laguna Grande del Obispo, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 26(1&2):111-124.
- FERRAZ, E. 1989. Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctonica en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 28(1&2):47-56.
- FERRAZ, E. & E. FERNANDEZ. 1990. Ciclo anual de las bacterias heterótrofas planctónicas y del fitoplancton en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 29(1&2):43-56.

- FERRAZ, E. 1992. Fitoplancton de la Ensenada de Canguas, Península de Paria, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 31(1&2):17-26.
- FUKUOKA, J. 1965. Coastal upwelling near Venezuela.(I). Year to year change of upwelling. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 4(2):223-233.
- GALEANO, A. & E. ARTEAGA. 2010. Distribución y abundancia de diatomeas del genero *Pseudo-nitzschia* en condición de el Niño 2007 sobre la Cuenca Pacifica colombiana. *Bol. Investig. Mar. Cost.* 39(1).
- GÁRATE, I., M. MUÑETÓN & V. MALDONADO. 2006. Florecimiento del dinoflagelado *Gonyaulax polygramma* frente a la Isla Espíritu Santo, Golfo de California, México. *Rev. Invest. Mar.* 27(1):31-39.
- GHOSAL, S., M. ROGERS & A. WRAY. 2000. The turbulent life of phytoplankton. Proceedings of the Summer Program 2000.
- GOLDMAN, J. & D. MCGILLICUDDY. 2003. Effect of large marine diatoms growing at low light on episodic new production. *Limnol. Oceanogr.* 48:1176-1182.
- GÓMEZ, E., J. DÍAZ & I. SÁNCHEZ. 2000. Abundancia y biomasa del fitoplancton de la Playa San Luis, Cumana, Venezuela (Junio 1995-Mayo 1996). *Ciencia* 8(1):41-52.
- GÓMEZ, E., I. SÁNCHEZ & J. DÍAZ. 2002. Fitoplancton de playa San Luis (Cumana): composición y origen. *Ciencia* 10(4):340-352.
- GRAVALOSA, J., J. FLORES, F. SIERRA & R. GERSONDE. 2005. Distribución espacial del coccolitoforido *Emiliania huxleyi* en el sector Pacifico del océano Antártico: nuevos datos para la reconstrucción paleoambiental y caracterización de eventos bioestratigraficos. *Geogaceta* 38.
- HASLE, G. 1995. *Pseudo-nitzschia pungens* and *P. multiseriata* (Bacillariophyceae) – nomenclatural history, morphology, and distribution. *J. Phycol.* 31:428-435.
- HASLE, G. 2002. Are most of the domoic acid-producing species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* cosmopolites?. *Harmful Algae* 1:137-146.
- HENDEY, J. 1964. An introduction account of smaller algae of british coastal waters. V. Bacillariophyceae (diatoms). *Fish. Inv. London, Ser.* 4:1-315.
- HERRERA, L. & G. FEBRES. 1975. Procesos de surgencia y de renovación de aguas en la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 14(1):31-44.
- HERNÁNDEZ, D., M. MEAVE & C. FLORES. 2003. *Dinoflagelados del Orden Dinophysiales en las Costas Mexicanas. En: Planctología Mexicana.* M. Barreiro, M. Meave del Castillo, G. Figueroa & M. Signoret. Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. México, D.F., México, 19-42 pp.
- HERNÁNDEZ, D., GARCÍA, J., SALAS, D., MONREAL, M., SIGNORET, M. & J. ADELCO. 2008. Fracción de nanoplancton en la estructura del fitoplancton en el sur del Golfo de Mexico (abril de 2000). *Cienc. Mar.* 34(1):77-90.
- HULBURT, E. 1963. Distribution of phytoplankton in coastal waters of Venezuelan. *Ecology* 44:169-171.
- HUTCHINSON, G. 1961. The paradox of the plankton. *Amer. Naturalist.* 95:137-149.

- JIMÉNEZ, R. 1983. Cocolitoforidos identificados en el fitoplancton de aguas ecuatorianas. *Acta Oceanogr. Pac.* 2(2):401-441.
- JOHNSON, R. & D. WICHERN. 1992. *Applied multivariate statistical analysis*. Tercera edición. Prentice-Hall Int., New York, USA.
- LA BARBERA, A., J. GAMBOA & W. SENIOR. 1999. Fitoplancton del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 47(1):57-63.
- LARA, V., R. MORENO & M. AMARO. 1996. *Fitoplancton*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México.
- LEE, R. 1999. *Phycology*. Cambridge University Press. Cambridge, USA, 614 pp.
- LÓPEZ, D., J. BUSTILLOS & I. GÁRATE. 2006. Unusual mortality of krill in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Pac. Sci.* 60(2):235-242.
- MANDELLI, E. & E. FERRAZ. 1982. Primary production and phytoplankton dynamics in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Inter. Revue. Ges. Hydrobiol.* 57(1):85-95.
- MANTUA, N., S. HARE, Y. ZHANG, J. WALLACE & R. FRANCIS. 2002. The Pacific decadal oscillation. *J. Oceanogr.* 58:35-44.
- MARAÑÓN, E., P. CERMEÑO, M. LATASA & R. TADONLÉKÉ. 2012. Temperature, resources, and phytoplankton size structure in the ocean. *Limnol. Oceanogr.* 57(5):1266-1278.
- MARGALEF, R. 1967. Some concepts relative to the organization of plankton. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 5:257-289.
- MARGALEF, R. 1968. Estudios sobre el ecosistema pelágico del NE de Venezuela. Composición y distribución del fitoplancton. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* (70,71&72):139-205.
- MARGALEF, R. 1972. Regularidades en la distribución de la diversidad del fitoplancton en un área del mar Caribe. *Inv. Pesq.* 36(2):241-264.
- MARGALEF, R. 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Acta Oceanol.* 1:493-509.
- MARGALEF, R. 1995. *Ecología*. Octava edición. Editorial Omega, Barcelona, España.
- MARSHALL, D. 1991. *Biología de las algas, enfoque fisiológico*. Limusa, México, 167 pp.
- MCCONNAUGHEY, B. 1974. *Introducción a la biología marina*. Editorial Acribia, Zaragoza, 445 pp.
- MCGOWAN, J., D. CAYAN & L. DORMAN. 1998. Climate-ocean variability and ecosystem response in the northeast Pacific. *Science* 281:210-217.
- MOIGIS, A. 1986. Variación de la producción primaria del fitoplancton en el Golfo y en la Fosa de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 25(1&2):115-126.
- MOISAN, J., T. MOISAN & M. ABBOTT. 2002. Modelling the effect of temperature on the maximum growth rates of the phytoplankton populations. *Ecol. Mod.* 157:197-215.

- MORENO, G., A. ROJAS, J. GONZÁLEZ, J. VIOLANTE, J. ROSAS & S. GARCÍA. 2015. Variación temporal de la abundancia y composición de especies de fitoplancton colectado con red, en la Bahía de Acapulco, México. *Rev. Bio Cienc.* 3(2):88-102.
- MULLER-KARGER, F., R. VARELA, R. THUNELL, M. SCRANTON, G. TAYLOR, J. CAPELO, Y. ASTOR, E. TAPPA, J. AKL & T-Y. HO. 2004. Características de la Fosa de Cariaco y su importancia desde el punto de vista oceanográfico. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 161-162:215- 234.
- OCHOA, N. & J. TARAZONA. 2003. Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de Bahía Independencia, Pisco, Perú. *Rev. Peru. Biol.* 10(1):59-66.
- OKOLODKOV, Y. 2003. A review of Russian plankton research in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea in the 1960-1980s. *Hidrobiologica* 13(3).
- OKUDA, T., J. BENITEZ, A. GARCIA & E. FERNANDEZ. 1968. Condiciones hidrográficas y químicas en la Bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo desde 1964 a 1966. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 7(2):7-37.
- OKUDA, T. 1975. Características hidroquímicas del Golfo de Santa Fe y áreas adyacentes. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 14(2):251-268.
- OKUDA, T., A. GARCÍA, J. BONILLA & G. CEDEÑO. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 17: 69-88.
- OKUDA, T. 1981. Análisis hidroquímicos de la Bahía de Pozuelos y sus áreas adyacentes, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 20(1&2):11-22.
- PARSONS, R., M. TAKAHASHI & B. HARGRAVE. 1984. *Biological oceanographic processes*. Pergamon Press, London. 330 pp.
- PEARL, H. & J. HUISMAN. 2008. Blooms like it hot. *Science* 320(5872):1-57.
- PEÑA, V. & G. PINILLA. 2002. Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la Ensenada de Utria, Pacífico colombiano. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 37(1):67-81.
- PIRELA, E., L. TROCCOLI & I. HERNÁNDEZ. 2008. Hidrografía y cambios en la comunidad del microfitoplancton de la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 47(1):3-15.
- PITCHER, G. 1990. Phytoplankton sea populations of the Cape Peninsula upwelling plume, with particular reference to resting spores of *Chaetoceros*(Bacillariophyceae) and their role in seeding upwelling waters. *Est. Coast. Shelf. Sci.* 31:283-301.
- QUINTERO, A., J. BONILLA, L. SERRANO, M. AMARO, B. RODRÍGUEZ, G. TEREJOVA & Y. FIGUEROA. 2004. Características ambientales de la Bahía de Mochima y adyacencias de la Cuenca de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 43(1&2):49-64.
- RAMÍREZ, J., A. FRANCO, L. GARCÍA & D. LÓPEZ. 2010. La comunidad fitoplanctónica durante eventos de surgencia y no surgencia, en la zona costera del

- departamento del Magdalena, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 39(2):233-263.
- REYNOLDS, C. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press. USA, 535 pp.
- RIVAS, T., J. DIAZ, L. TROCCOLI, L. CHARZEDDINE, S. SUBERO & A. MÁRQUEZ. 2007. Variación diaria de algunas variables físico-químicas y de la biomasa del fitoplancton en una playa tropical, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 46(1):13-21.
- RIVERA, M. & P. SÁNCHEZ. 2011. Diatomeas planctónicas del Litoral de Andalucía (España). *Acta Bot. Malac.* 36:5-31.
- ROUND, F., R. CRAWFORD & D. MANN. 1990. *The diatoms: Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Londres, 747 pp.
- SALAZAR, I., J. DÍAZ, K. RINCONES, L. CHARZEDDINE, S. SUBERO, L. TROCCOLI, B. MÁRQUEZ, B. MARÍN, A. MÁRQUEZ & D. HERNÁNDEZ. 2011. Cambios diarios de la biomasa fitoplanctónica en la Bahía de Mochima, Venezuela, durante la época de lluvias. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 50(1):69-77.
- SANTAMARIA DEL ÁNGEL, E. R. MILLÁN & G. DE LA PEÑA. 1996. Efecto de la turbidez en la productividad primaria en dos estaciones en el área del Delta del Rio Colorado. *Cienc. Mar.* 22(4): 483-493.
- SANTANDER, E., L. HERRERA & C. MERINO. 2003. Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S): II. Composición específica y abundancia celular. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 38(1):13-25.
- SCRANTON, M., Y. ASTOR, R. BOHRER, T. HO & F. MULLER-KARGER. 2001. Controls on temporal variability of the geochemistry of the geochemistry of the deep Cariaco Basin. *Deep Sea Res.* I 48:1605-1625.
- SHANNON, C. & W. WIENER. 1949. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, Urbana, USA.
- SHIAH, F., S. KAO, G. GONG & K. LIU. 1996. Spatial variability of phytoplankton production and the implications of its controlling mechanisms in the coastal zone near the river mouth of the Lanyang Hsi. *Bot. Bull. Acad. Sinica*, 37:9-15.
- SOTO, P., L. TROCCOLI, J. DÍAZ, G. MARTÍNEZ & R. CRESCINI. 2015. Variabilidad a corto plazo de la hidrografía y fitoplancton en la Ensenada de Turpialito, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 54(2):125-137.
- TARRAN, G., M. ZUBKOV, M. SLEIGH, P. BURKILL & M. YALLOP. 2001. Microbial community structure and standing stocks in the NE Atlantic in June and July of 1996. *Deep Sea Res.* II 48:963-985.
- TETT, P. & E. BARTON. 1995. Why are there about 5000 species of phytoplankton in the sea?. *J. Plank. Res.* 17:1693-1704.
- THOMAS, C. 1997. *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press, New York, USA.
- TOWNSEND, C., J. HARPER & M. BEGON. 2000. *Essentials of Ecology*. Tercera edición, Blackwell Science, London, U.K.



- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methoding. *Mitt. Verein. Theor. Angew. Limnol.* 9:1-38.
- VALLS, J. & A. PAREDES. 2010. Caracterización física y química de la sardina (*Sardinella aurita*). *Rev. Cient.* 20(5):546-554.
- WEHDE, H., J. BACKHAUS & E. HEGSETH. 2001. The influence of oceanic convection in primary production. *Ecol. Mod.* 138:15-126.
- WETZEL, R. 1981. *Limnología*. Editorial Omega, Barcelona, 679 pp.
- WINDER, M. & U. SOMMER. 2012. Phytoplankton response to a changing climate. *Hydrobiologia* 698:5-16.

## Hoja de Metadatos

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	Composición y distribución del fitoplancton en el nororiente de Venezuela
<b>Subtítulo</b>	

### Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Marianna José Esteves Astudillo	<b>CVLAC</b>	<b>17447154</b>
	<b>e-mail</b>	mariannaestevesa@gmail.com
	<b>e-mail</b>	

### Palabras o frases claves:

Composición, distribución, fitoplancton

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología

### Resumen (abstract):

La dinámica del fitoplancton concita el interés científico y de administradores pesqueros ya que permite conocer mejor el funcionamiento del ecosistema y de sus recursos. Por tal motivo, para evaluar la variación temporal y espacial del fitoplancton en el nororiente de Venezuela, se realizaron muestreos en Santa Fe, Guaca y San Juan de Las Galdonas mensualmente, durante 2012. En ese mismo año, se efectuaron dos muestreos, uno en marzo (surgencia) y otro en octubre (relajación), tomando las muestras en 70 estaciones, a lo largo de la costa del estado Sucre. Se midió: transparencia, salinidad, temperatura del agua, concentración de oxígeno disuelto, abundancia microalgal y diversidad. Para determinar las diferencias temporales y espaciales de las variables se efectuó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis y para establecer las posibles relaciones entre las variables se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Adicionalmente, para determinar diferencias temporales y espaciales en la estructura de la comunidad del fitoplancton se realizó un análisis de similaridad (ANOSIM); y para identificar las especies responsables de la similitud se utilizó SIMPER. La transparencia exhibió diferencias espaciales; en Santa Fe el promedio fue 11,58 m, mientras que en Guaca y San Juan de Las Galdonas fue de 7,40 m y 7,70 m; respectivamente. La salinidad (32,77 y 37,64 UPS), temperatura (21,92 y 29,53°C) y concentración de oxígeno (0,04 y 9,47 ml l<sup>-1</sup>) presentaron diferencias temporales. La abundancia total del fitoplancton sólo varió temporalmente, los valores estuvieron entre 0,113 y 1244,172 cél ml<sup>-1</sup>. Se identificaron 147 especies de microalgas; Santa Fe (35 especies residentes), Guaca (56 especies residentes) y San Juan de Las Galdonas (39 especies residentes). La abundancia relativa mostró que en Santa Fe los cocolitofóridos fueron dominantes; mientras que en Guaca y San Juan de Las Galdonas, las diatomeas dominaron la comunidad. Las especies dominantes fueron: *Thalassiosira subtilis*, *Streptotheca tamesis*, *Guinardia flaccida*, *Guinardia striata*, *Chaetoceros compressus*, *Cyclotella* sp., *Pseudonitzschia* sp., *Thalassiosira* sp., *Skeletonema costatum*, *Pseudonitzschia seriata*. La diversidad presentó diferencias temporales y espaciales. El ACP para el periodo de surgencia demostró que hubo un incremento del fitoplancton por influencia de aguas de baja temperatura y menor concentración de oxígeno; por efecto del crecimiento del fitoplancton las aguas fueron menos transparentes. Mientras que el ACP para relajación demostró que el descenso de la abundancia tuvo relación con aguas cálidas en la zona. La variación temporal del fitoplancton estuvo asociada a las características fisicoquímicas de las masas de agua y a la dinámica ambiental. Por otra parte, la transparencia, salinidad y temperatura presentaron diferencias entre periodos; los valores más bajos de estas variables se presentaron en surgencia y los más altos se registraron en relajación. La concentración de oxígeno no presentó diferencias entre periodos. La abundancia total del fitoplancton mostró diferencias entre periodos; para surgencia (1 y 176,07 cél ml<sup>-1</sup>) y en relajación (1 y 241,09 cél ml<sup>-1</sup>). Se identificaron 180 especies de microalgas; en surgencia (21 especies residentes) y en relajación (32 especies residentes). La abundancia relativa también permitió diferenciar los periodos, en surgencia las diatomeas fueron dominantes mientras que

en relajación lo fueron los cocolitofóridos. Las especies dominantes fueron: *P. seriata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros* sp., *Thalassiosira* sp. y *Dactyliosolen fragilissimus*. La diversidad presentó diferencias entre periodos; los valores más bajos se observaron en surgencia, lo cual es típico de áreas de surgencia y altos en relajación lo que indicó posiblemente etapas avanzadas de la sucesión. Las diferencias espaciales de la estructura comunitaria del fitoplancton en la región nororiental de Venezuela fueron el resultado de los procesos oceanográficos (hidrodinámica, hidrografía, hidroquímica) y climáticas imperantes en las diferentes áreas que integran la región.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
José Rafael Díaz Ramos	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/>
	CVLAC	5039123
	e-mail	jrdiazramos@yahoo.com
	e-mail	
Amelia La Barbera	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	3870256
	e-mail	alabarbe@hotmail.com
	e-mail	
Olga Gómez	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	9276655
	e-mail	olgaegme@gmail.com
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año      Mes      Día

2017	11	22
------	----	----

Lenguaje: spa

**Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6****Archivo(s):**

<b>Nombre de archivo</b>	<b>Tipo MIME</b>
<b>PG-Esteves.Doc</b>	<b>Aplication/Word</b>

**Alcance:**

**Espacial :    Nacional                      (Opcional)**

**Temporal:    Temporal                      (Opcional)**

**Título o Grado asociado con el trabajo: MAGISTER SCIENTIARUM EN CIENCIAS MARINAS MENCIÓN BIOLOGÍA MARINA**

**Nivel Asociado con el Trabajo: MAGISTER SCIENTIARUM**

**Área de Estudio: Biología**

**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:**

**Universidad de Oriente**

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

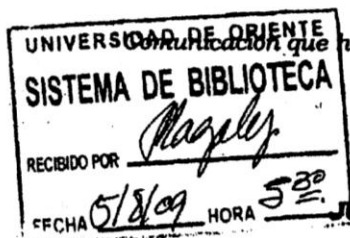
Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

**JUAN A. BOLANOS CUNVELO**  
Secretario

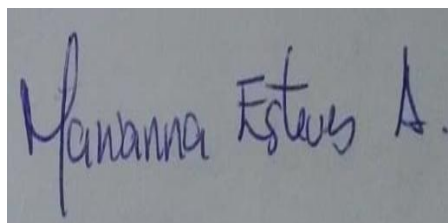


C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

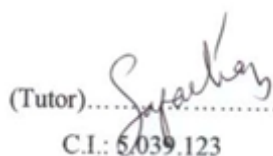
## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):** “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink that reads "Marianna Esteves A.".

Marianna J. Esteves A.

Autor

A handwritten signature in black ink that reads "José Rafael Díaz".

(Tutor).....  
C.I.: 5.039.123

MSc. José Rafael Díaz