

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE GEOQUÍMICA



ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE CARBONO, NITRÓGENO Y AZUFRE EN LOS
SEDIMENTOS MARINOS DE LA ISLA DE MARGARITA-VENEZUELA

Trabajo Especial de Grado presentado
ante la ilustre Universidad Central de
Venezuela por la **Br. Jeniree
Velásquez V.** requisito para optar al
Título de Licenciado en Química

Caracas, Octubre del 2013

DEDICATORIA

Al profesor Armando Ramírez por confiar y creer en mí, sin conocerme, agradecida infinitamente. A Anais Velásquez mi mayor orgullo y admiración este como todos mis logros son tuyo y A Dios padre.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada a DIOS y a mi Virgen del Valle, San Judas Tadeo, San Miguel Arcángel y Jesús de la Misericordia por ser mis guías, protectores y mi fuerzas para seguir adelante, pese a todos los obstáculos que se puedan encontrar en esta vida, por iluminarme en cada paso dado durante toda la carrera y por sobre todo nunca abandonarme en este sueño.

A mi segunda casa, mi querida Universidad Central de Venezuela, y a todos los profesores que la conforman, pero que especialmente me dieron clases durante toda la carrera, juntos forman lo que llamamos “La casa que vence las sombras”.

A la facultad de ciencias, mi lugar de formación académica, que poco a poco aprendí a querer, hasta convertirse no en solo mi casa de estudio en donde aprendí química, sino también a crecer como persona, a soñar, luchar pero sobre todo ser perseverante.

Al Instituto de Ciencias de La Tierra, en donde pude desarrollar la Tesis; requisito para optar al título de licenciada en química, a toda las personas que la conforman, desde el personal de mantenimiento hasta el director, por el apoyo recibido.

A todo el personal que conforma, la facultad de Ciencias, el personal de mantenimiento, Alexis por todos los libros prestados, sin cotas y por varios días y a todas esas personas que hacen que esta casa de estudio funcione y sea excelente.

A mi amada mami, Anais Velásquez, por ser mí apoyo, mi soporte, mis fuerzas, mi aliento, mi amiga, mi todo, no solo durante mi carrera, sino durante toda mi vida, gracias por ser mi mama, la verdad es que fui bendecida al tener la mejor mama, pero sobre todo gracias por ayudarme a cumplir mis sueños sin ti no estaría donde estoy. Te amo.

A mis hermanos Jhonattan y Jesiree, son los más grandes regalos que DIOS me ha podido dar, gracias por todos los ánimos que me subieron, por confiar en mí, por comprenderme cuando no podía estar en fechas importantes, por estar cumpliendo compromisos en la universidad, gracias por todos los abrazos que me dieron en el aeropuerto y siempre decían falta poco aun cuando sabíamos que no era cierto, los amo infinitamente.

A mi abuela Calletana Ordaz, por ser la fortaleza y el muro de toda mi familia, por sacar adelante a todos sus hijos y todavía tener fuerzas para luchar y consentir a todos sus

nietos, por su apoyo, por todas las bendiciones y oraciones que me enviaste y todos los ¡SI SE PUEDE! en cada llamadas que me hiciste. Te amo abuela ojala y fueses eterna.

A mi segunda madre Amarilys, no tengo palabras para agradecerte y decir todo lo que significas para mi, sin duda alguna no tuve un padre en mi crianza, pero salí premiada con dos mamás, que me cuidaron y formaron la persona que soy, gracias por querernos como a tus hijos y estar siempre pendiente de mi. Agradecida siempre a mi querida familia Marcano Rodríguez, los amo y a veces no hace falta llevar la misma sangre para saber que somos familias.

A mi amada madrina Mila, no me alcanzara la vida para agradecerle todo lo que ha hecho por mí, ha velado por mi salud, pero sobre todo por mis estudios, por eso que desde mi diploma de preescolar, hasta todos los que pueda obtener son tuyos, estoy orgullosa de usted y siempre ha sido mi inspiración, que cuando se quiere algo se lucha y se consigue, pese a cualquier obstáculo en el camino. Bendiciones siempre.

A mi tutor Williams Meléndez, por todo su apoyo y confianza, a usted le agradezco la oportunidad de cumplir este sueño y ser egresada de mi amada UCV, usted sin duda es una excelente persona, que con su autoridad y respeto, me dio fortaleza y guio para la culminación de esta etapa del nivel académico.

A la profesora Luisa Rodríguez, por no solo ser mi tutora, sino creer en mí y conseguir que este sueño, dejarlo de serlo, cuando me ayudaste a lograrlo, siempre estaré agradecida. Al igual que a Fundación La Salle, lugar que prácticamente me vio crecer, y a todas esas personas que siempre estuvieron pendiente de mi; Agradecida siempre.

A Franco por ayudarme con todos los mapas que se encuentran en esta investigación, por toda la información facilitada, por toda su paciencia y tiempo dedicado para resolver dudas de esta TESIS. A Fernanda y Vílchez por la enseñanza brindada. A el profe Ramón, Santiago y Carlos Barrios por todo su apoyo y colaboración. Al Sr. Fernando y Ángel por no solo ayudarme con dudas en mi trabajo de investigación, sino también por levantarme el ánimo cuando estaba caída, por escucharme y darme consejos, por siempre estar cuando los necesite y sacarme una sonrisa con sus ocurrencias. A Judith Cámara por su colaboración en la toma de muestras, que Dios te tenga en su gloria.

A mis tíos, que siempre me apoyaron y me llevaron al aeropuerto, dejándome un gran abrazo y un cuídate para seguir brillando, bendiciones tíos, a mi querida tía rosita, mi tío Carlitos por brindarme su apoyo, y a mis primos Fernando y Betsy por todas las veces que me escucharon triste y me levantaron el ánimo y por ayudarme en la presentación,

gracias infinitas a todas mis primas y primos por su apoyo. A mi tío Jesús por darme hospedaje en su casa, a su esposa gloria, mis primas, Giovanna y sin duda los trillizos que me divertieron y me volvieron loca.

A mi hermana María, Diomarys y mis amigos del alma Elio, Lina, Carlys, Gerson, Edexys y Deya, por su cariño, por sus porras y apoyo incondicional los quiero infinitamente.

A mis amigos Evelyn, Yomaira, Anelvis, Gisleny, Marvin, Joel, Sailis, Cesar, Humberto, Nercy y Johan P. fue una fortuna a verlos conocidos desde el primer semestre, gracias a ustedes se me hizo más llevadera este comienzo y esta locura de ciudad, fueron como mi familia. A Leidy, Nelson, Verónica, Abril, Víctor, Laura y Ariday nunca podre olvidar todas las experiencias vividas con ustedes, sus consejos y su apoyo los quiero muchachos. A Flor, Lourdes, Daniela, María Eugenia, Nurayma, Kizzy y Gustavo, gracias por estar pendiente de cómo iba la tesis, de que comiera, de darme animo y de celebrar cada detalle, son geniales. A todos ustedes les estaré siempre agradecida por que cada uno me enseñó algo diferente pero algo en común esta carrera es llevadera si se cuentan con amigos como ustedes.

A la familia Padrón, por estar presente en una etapa fuerte en mi carrera, por su apoyo y consejos; a Zaida por ser como una tía y escucharme, a Mercedes y Manuela por preocuparse y estar pendiente de mi, agradecidas con todos y a Juan por sus enseñanzas, comprensión y cariño.

A todos aquellos que no nombre y que se cruzaron en mi camino para dejarme alguna enseñanza... Gracias.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal, determinar la distribución espacial del C, N y S en la fracción limo-arcilla de los sedimentos marinos de Punta de Piedras, Bella Vista, Laguna de La Restinga y de Las Marites, en la Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta. Para ello fueron colectadas un total de 121 muestras en las zonas de estudios anteriormente señaladas y en dos meses Abril y Septiembre del 2008.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se llevaron a cabo las siguientes metodología; para la concentración de carbono y azufre total fueron determinadas a través de un equipo analizador marca LECO modelos C-144 para carbono total (CT), y SC-432 para azufre total (ST), los cuales están basados en el método de la combustión seca. El carbono orgánico (CO) se determinó por el método de Walkley Black (1934) el cual se fundamenta por la oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), el carbono inorgánico (CI) por diferencia entre el carbono total y orgánico. Finalmente el nitrógeno total (NT) en las muestras fue determinado por la metodología planteada por Kjeldahl, modificado por Jackson (1976), el cual está basado en la conversión de nitrógeno a sulfato de amonio.

En la fracción limo-arcilla en Punta de Piedras en el mes de abril las concentraciones de CT, CO, CI, NT Y ST fueron: 2,24-5,57%, 0,75-1,91%, 0,85-4,35%, 0,08-0,30% y 0,14-0,50% respectivamente en cuanto al mes de septiembre fueron: 1,52-4,90%, 0,77-1,95%, 0,75-3,01%, 0,12-0,30% y 0,20-0,97% respectivamente. Por otra parte en Bella Vista las concentraciones obtenidas de CT, CO, CI, NT y ST en Abril fueron: 4,06-11,45%, 1,67-3,38%, 1,29-8,59%, 0,24-0,42% y 0,25-0,88% respectivamente en cuanto a septiembre las concentraciones oscilaron entre: 2,63-8,07%, 1,10-3,69%, 0,24-6,23%, 0,15-0,35% y 0,23-1,18% respectivamente. De manera general la mayor concentraciones de estas especies se encontraron en los puntos que tiene una

influencia antrópica. Sin embargo en las lagunas se obtuvieron concentraciones más altas en comparación a las zonas de estudios mencionadas anteriormente, en La Restinga los valores de CT, CO, CI, NT y ST oscilaron en abril entre: 1,16-13,38%, 0,78-8,75%, 0,38-4,63%, 0,13-0,99% y 0,33-2,46% respectivamente, por otra parte en septiembre los valores obtenidos variaron entre: 1,71-17,80%, 1,10-13,80%, 0,57-4,00%, 0,16-1,43% y 0,35-2,09% respectivamente. En cuanto a Las Marites las concentraciones de CT, CO, CI, NT y ST fueron en el mes de abril: 4,16-10,35%, 1,76-7,33%, 0,88-4,72%, 0,24-0,78% y 0,57-2,51% respectivamente, en el mes de septiembre los valores oscilaron entre: 3,95-8,00%, 1,40-4,27%, 2,07-5,18%, 0,32-0,65% y 0,35-2,36% respectivamente. Estas lagunas al presentar nivel energético bajo y al poseer numerosos manglares hace propicio la depositación y acumulación del sedimento; aunque también están siendo alterados estos ecosistemas por influencia del hombre, como plantas de tratamientos adyacentes y desbordamientos de pozos sépticos.

La relación C/N mostró en Punta de Piedras un valor máximo de 10,27% para la estación 14 en las inmediaciones del terminal de Ferrys en el mes de abril y en el mes de septiembre el valor máximo fue la estación 1 con 9,34% en la cercanía de la Laguna de esta localidad. En Bella Vista en abril la razón C/N arrojó el valor más alto en la estación 10 con 8,37% localizada en la boca de la Laguna el Morro y en el mes de septiembre en la estación 4 con 11,40% en la cercanía de la quebrada de Guaraguao. Por otra parte en La Restinga la relación C/N en abril el valor más alto se obtuvo en la estación 7 con 11,60% el cual se encuentra en el canal principal por donde pasan las embarcaciones para hacer el recorrido y en cuanto al mes de septiembre el valor más alto fue la estación 17 con 12,09% en la cercanía del centro poblado Boca del Rio; sin embargo en Las Marites los valores más alto oscilaron entre 10,03% y 12,89% situadas en las zonas más somera de dicha laguna. Esta relación permitió establecer el origen de la materia orgánica, el cual de acuerdo con los resultados obtenidos se le atribuye al fitoplancton y a un aporte antropogénico en las lagunas y un aporte marino a las playas.

CONTENIDO

	Pág.
1) INTRODUCCIÓN.....	I
2) OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivos Específicos.....	4
3) REVISION BIBLIOGRAFICA	5
3. LOS SEDIMENTOS	5
3.1 Origen y composición.....	6
3.2 Sedimentos	6
3.3 Sedimentos marinos.....	7
3.4 Procesos Físicos.....	8
3.5 Ciclos Biogeoquímico.....	9
3.5.1 Ciclo del Carbono	10
3.5.2 Ciclo del Nitrógeno.....	12
3.5.2.1 Relación C/N.....	13
3.5.3 Ciclo del Fósforo.....	14
3.5.3.1 Relación C/P.....	15
3.5.4 Ciclo del Azufre	16
4) ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
4.1 Antecedentes Internacionales	18
4.2 Antecedentes Nacionales.....	21
5) ZONA DE ESTUDIO	27
5.1 Relieve	27
5.2 Clima y vegetación.....	28
5.3 Geología.....	28
5.5 Características de las zonas de estudio.....	29
5.5.1 Punta de Piedras	29

5.5.2	Lagunas Las Marites	30
5.5.3	Bella vista	32
5.5.4	Laguna de La Restinga	33
6)	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	35
6.1.	Trabajo de Campo.....	35
6.2.	Trabajo de laboratorio.	35
6.2.1.	Tratamiento físico de las muestras.	35
6.2.2.	Determinación del Carbono total (CT).	37
6.2.3.	Determinación de Carbono Orgánico (Corg)	37
6.2.4	Determinación de Carbono Inorgánico (Ci).....	38
6.2.5	Determinación del Nitrógeno Total (NT)	38
6.2.6.	Determinación de Azufre Total (ST).....	39
6.2.7.	Termogravimetría.....	40
6.3.	Tratamiento estadístico.	40
7)	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
7.1.	Carbono, nitrógeno, fosforo y azufre en los sedimentos de las diferentes zonas de estudio.	41
7.1.1	Carbono Total (CT).....	41
7.1.2	Carbono Orgánico (CO).....	49
7.1.3	Carbono Inorgánico (CI)	61
7.1.4	Nitrógeno Total (NT)	72
7.1.5	Azufre Total (ST).....	79
7.1.6.	Relaciones entre CO y NT	85
7)	CONCLUSIONES	95
8)	RECOMENDACIONES.....	98
10)	BIBLIOGRAFIA	99
11)	APENDICE	107

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1. Playa el agua, Isla de Margarita con marea baja.	8
Figura N° 2. Ciclo del carbono, con énfasis en el flujo de carbono entre la atmosfera y la hidrosfera, la litosfera y la biosfera	11
Figura N° 3. Ciclo del Nitrógeno	13
Figura N° 4. Ciclo del Fósforo	15
Figura N° 5. Ciclo del Azufre	16
Figura N° 6. Mapa del Estado Nueva Esparta.....	27
Figura N° 7. Zona de estudio Punta de Piedra	30
Figura N° 8. Zona de estudio Laguna de Las Marites	31
Figura N° 9. Zona de estudio Bella Vista.....	33
Figura N° 10. Zona de estudio Laguna Las Restinga.....	34
Figura N° 11. Draga Tipo Van Veen.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 12. Metodología seguida para el análisis termogravimétrico de la fracción limo-arcilla en las muestras de sedimento.....	40
Figura N° 13. Distribución espacial del %CT en los sedimentos limo-arcilla de Punta de Piedras en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	42
Figura N° 14. Distribución espacial de %CT en los sedimentos limo-arcilla de Bella Vista en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	44
Figura N° 15. Distribución espacial de %CT en los sedimentos limo-arcilla de la laguna Las Marites en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.	46
Figura N° 16. Mapa Batimétrico de la Laguna de Las Marites	32
Figura N° 17. Distribución espacial de %CT en los sedimentos limo-arcilla de la Laguna La Restinga en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	47
Figura N° 18. Distribución espacial de %CO en los sedimentos limo-arcilla de Punta de Piedra en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	50

Figura N° 19. a y b descargas de agua residual de la planta de tratamiento Las Mercedes en el mar.....	51
Figura N° 20. Distribución espacial de %CO en los sedimentos limo-arcilla de Bella Vista en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	53
Figura N° 21. Distribución espacial de %CO en los sedimentos limo-arcilla de la laguna Las Marites en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.	55
Figura N° 22. Planta de tratamiento “Valle Verde”, en temporada de	56
Figura N° 23. Distribución espacial de %CO en los sedimentos limo-arcilla de la laguna La Restinga en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	57
Figura N° 24. Distribución de materia orgánica en la Laguna de La Restinga	58
Figura N° 25. Balneario y muelle de desembarco en la estación 5	59
Figura N° 26. Pozos sépticos desbordados	60
Figura N° 27. Distribución espacial de %Cl en los sedimentos limo-arcilla de Punta de Piedra en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	61
Figura N° 28. Distribución espacial granulométrica de la fracción Limo-Arcilla en Punta de Piedra en el mes de abril del 2008.....	62
Figura N° 29. Distribución espacial granulométrica de la fracción Limo-Arcilla en Punta de Piedra en el mes de septiembre del 2008.	64
Figura N° 30. Distribución espacial de %Cl en los sedimentos limo-arcilla de Bella Vista en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	65
Figura N° 31. Distribución espacial granulométrica de la fracción Limo-Arcilla en Bella Vista en el mes de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	66
Figura N° 32. Distribución espacial de %Cl en los sedimentos limo-arcilla de la laguna Las Marites en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.	67
Figura N° 33. Distribución de la textura sedimentaria en la Laguna de Las Marites	68
Figura N° 34. Viento intenso en abril- 2008 en la laguna de Las Marites	69
Figura N° 35. Distribución espacial de %Cl en los sedimentos limo-arcilla de la laguna La Restinga en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	70
Figura N° 36. Distribución de la textura sedimentaria en la Laguna de La Restinga.....	71

Figura N° 37. Distribución espacial de %NT en los sedimentos limo-arcilla de Punta de Piedras en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.....	72
Figura N° 38. Distribución espacial de %NT en los sedimentos limo-arcilla de Bella Vista en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.	74
Figura N° 39. Distribución espacial de %NT en los sedimentos limo-arcilla de la laguna Las Marites en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.	76
Figura N° 40. Distribución espacial de %NT en los sedimentos limo-arcilla de la laguna La Restinga en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.	78
Figura N° 41. Distribución espacial de %ST en los sedimentos limo-arcilla de Punta de Piedras en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.	80
Figura N° 42. Distribución espacial de %ST en los sedimentos limo-arcilla de Bella Vista en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.	81
Figura N° 43. Distribución espacial de %ST en los sedimentos limo-arcilla de la laguna Las Marites en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.	83
Figura N° 44. Distribución espacial de %ST en los sedimentos limo-arcilla de la laguna La Restinga en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.	84
Figura N° 45. Relación de %CO y %NT en la fracción limo- arcilla en sedimentos de fondo de Punta de Piedras en los meses abril y septiembre del 2008.	86
Figura N° 46. Relación de CO y NT en la fracción limo- arcilla en sedimentos de fondo de Bella Vista en los meses de Abril y Septiembre de 2008.	89
Figura N° 47. Relación de CO y NT en la fracción limo- arcilla en sedimentos de fondo de la Laguna Las Marites en los meses de Abril y Septiembre de 2008.	91
Figura N° 48. Relación de CO y NT en la fracción limo- arcilla en sedimentos de fondo de la Laguna La Restinga en los meses de Abril y Septiembre de 2008	93
Figura N° 49. Precipitación media registradas en varios periodos; Error! Marcador no definido.	

INDICE DE TABLAS**Pág.**

Tabla N° 1. Contenido en carbono y dióxido de carbono en algunas litologías, agua de mar y aire seco.....	11
Tabla N° 2. Relación C/N con la materia orgánica	14
Tabla N° 3. Relación C/P con la materia orgánica	15
Tabla N° 4. Sitios estratégicos de las muestras de los sedimentos marinos.....	36

1) INTRODUCCIÓN

Las zonas marinas y costeras han sido consideradas como un espacio geográfico de gran importancia ambiental debido a que estas sostienen una rica diversidad biológica acuática que contribuye al progreso económico, cultural, nutricional, industrial, social y recreativo de las poblaciones humanas ^[1]. Este desarrollo, ha traído como consecuencia un aumento de la calidad de vida para el ser humano pero también un inherente deterioro y perjuicio de la calidad de los ambientes naturales debido al incremento de las actividades antrópicas ^[2].

Los océanos y mares son el depósito final de la mayoría de las sustancias desechadas por el hombre. Con el tiempo la actividad biológica favorece la descomposición de los compuestos orgánicos a dióxido de carbono y agua como producto final. Sin embargo, las especies inorgánicas, especialmente los metales, son continuamente acumulados en el medio marino, excepto una porción menor que pueden ser ingeridos por los organismos persistentes en estos ambientes ^[3].

Las recientes investigaciones de las masas de aguas y sedimentos de las zonas costeras de mares y océanos han demostrado que los ecosistemas son muy fértiles y tienen un gran potencial de productividad biológica y orgánica, producto de las surgencias costeras, las cuales proveen un gran aporte de nutrientes al mar ^[4].

Venezuela cuenta con una extensión de 2.813 kilómetros de costa, de la cual el Estado Nueva Esparta tiene una extensión de 315 kilómetro de costa. Extensas zonas de playa con inmediato acceso a sistemas montañosos han venido configurando centros turísticos de calidad internacional, en esta zona del país. Sin embargo, debido al crecimiento poblacional que ha experimentado la Isla de Margarita en los últimos 10 años y a la creciente demanda de servicios turísticos, se ha venido incrementando de igual forma, la cantidad de vertidos de desechos líquidos (aguas servidas) y sólidos a los ambientes naturales y cuerpos de agua (lagunas y costas), generando un problema

de contaminación que afecta, tanto a los habitantes, como a la misma actividad turística [5].

Además, del incremento del tráfico marítimo y de la velocidad del flujo de descarga, estos pueden producir alteraciones en las condiciones naturales de los diferentes ecosistemas que conforman la Isla de Margarita, lo cual podría causar una disminución sensible en los recursos pesqueros, afectando las principales fuentes de producción y alimentación del Estado Nueva Esparta y de Venezuela [6] [7]. Este material es aportado por todas las actividades antrópicas que tienen como destino final las aguas y sedimentos de las zonas marinas y costeras

De allí, que una de las principales fases que conforma el sedimento, es la materia orgánica que juega un papel fundamental ya que, proporciona un reservorio importante de los agentes contaminantes en los ciclos biogeoquímicos. La presencia de esta fase en los sedimentos depende de varios factores entre ellos: el aporte por los organismos bentónicos y plantónicos que habitan en las aguas, otro factor es la velocidad de su descomposición una vez depositado y finalmente el movimiento de las aguas en la cual la materia orgánica se deposita. La principal fuente de materia orgánica en los ambientes marinos es el fitoplancton, constituidos por algas microscópicas unicelulares que residen en la capa superior de la columna de agua. Otra fuente es la que proviene del ambiente continental que es aquella transportada por los ríos, la cual está constituida por polen, esporas, restos de plantas y sustancias húmicas [8] [9].

Entre los principales constituyentes de la materia orgánica y que son importantes en el ciclo de vida de los organismos marinos se encuentran: carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, azufre, hidrógeno y oxígeno los cuales conforman los elementos básicos en la estructura y actividad metabólica de los organismos [7] [8]. Estos elementos son necesarios para un buen funcionamiento del ecosistema, ya que son nutrientes esenciales en el mantenimiento de las especies. Sin embargo, niveles excesivamente altos de estos elementos dan lugar a proliferaciones masivas de algas, una vez que

estas algas mueren generan una gran acumulación de materia orgánica, lo que a su vez supone un excesivo consumo de oxígeno, y por consiguiente deterioro del entorno para los seres vivos^[10].

De acuerdo a esto se plantea como parte fundamental de esta investigación el estudio de la concentración de C, N y S en las fracciones limo-arcilla de los sedimentos superficiales de la región marino – costero de la Isla de Margarita; lo cual permitirá conocer el estado actual de la concentración de estos elementos, lo cual podría servir como referencia para el monitoreo de esta importante zona del país para la cual no se cuenta con información reciente acerca de la abundancia y distribución de estos elementos.

En función de lo anteriormente expuesto, se propone los siguientes objetivos del trabajo.

2) OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Estudio de la distribución espacial en términos de concentración de Carbono, Nitrógeno y Azufre en la fracción limo-arcilla en los sedimentos marinos de Punta de Piedra, Bella Vista, Laguna de La Restinga y Las Marites en la Isla de Margarita.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de Carbono (total, orgánico e inorgánico), Nitrógeno total y Azufre total en la fracción limo-arcilla en los sedimentos marinos de la Isla de Margarita.
- Proponer en función de los resultados obtenidos, las principales fuentes de aportes de estos elementos en la zona de estudio.

3) REVISION BIBLIOGRAFICA

Las áreas costeras son algunos de los ecosistemas más productivos y biológicamente más diversos en el planeta. Áreas como los humedales, manglares, estuarios y arrecifes coralinos soportan no sólo una enorme variedad de vida, sino también son el punto de partida de las principales cadenas de alimento oceánicas. Los ecosistemas costeros también proporcionan una gama de servicios que benefician al hombre en todo el mundo: como un hábitat, ayuda a reponer las pesquerías, atrae el turismo y otros negocios, y actúan como filtros naturales de las aguas residuales. Además, los arrecifes y manglares protegen el litoral absorbiendo por lo menos entre el 70-90 por ciento de la energía de olas generadas por el viento ^[11].

Las costas pueden ser alteradas por diversos factores que tienen un origen natural o antrópico. Sustancias tales como elementos radiactivos y metales trazas están naturalmente en suelos, agua, plantas y sedimentos y por tanto es importante conocer sus concentraciones y sus flujos naturales y hasta qué punto pueden ser aumentadas por las actividades humanas. Los contaminantes pueden ser tomados por organismos directamente del sedimento, por absorción o por ingestión de partículas y pueden ser transportados a niveles más altos en la cadena trófica ^[1]. La materia orgánica en los sedimentos marinos juega un papel importante, ya que proporciona un reservorio en el ciclo global del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre, y se vincula con la diagénesis temprana contribuyendo en la química del océano ^[10].

3. LOS SEDIMENTOS

Los sedimentos en las áreas costeras varían desde fracciones gruesas a finos. En las zonas más profundas, predomina los sedimentos de tipo limo y arcilla y en las zonas más planas predomina la fracción de gravas y arenas ^[14].

composición orgánica e inorgánica ^[13]. Desde el punto de vista textural, los sedimentos se dividen en cuatro grupos: gravas (> 2mm), arenas (2 – 0,062 mm), limos y arcilla (<0,062 mm).

3.3 Sedimentos marinos

Los sedimentos marinos son una mezcla de materiales que provienen de varias fuentes: una completamente terrígena, aportada por los ríos que drenan los continentes; otra próximo-costera, sustentada principalmente por los sedimentos deltaicos, mezcla terrígena y marina; y finalmente la netamente marina, material autóctono generado en los mares y océanos ^[14]. Los carbonatos son uno de los principales constituyentes de los sedimentos marinos, formados por restos de organismos planctónicos y bentónicos, y coralinos. La proporción de carbonato, en los sedimentos marinos, con respecto al aporte terrígeno, debe ser una función de la tasa de aporte y acumulación de ambos materiales y de la disolución del carbonato de calcio, la cual depende de la profundidad ^[15].

Los sedimentos químicos derivan del material que es transportado en solución a los lagos y los mares. Sin embargo, este material no permanece disuelto indefinidamente en el agua. Una parte precipita para formar los sedimentos químicos, que se convierten en rocas como la caliza, el sílex y la sal de roca. Esta precipitación del material se produce de dos maneras, mediante procesos inorgánicos como la evaporación o por la actividad de organismos lo que puede producir sedimentos cuyo origen se dice que es bioquímico ^[16].

En las playas existen dos direcciones de transporte de los sedimentos que se superponen: una hacia tierra y otra paralela a la costa. Otro factor a considerar es la alternancia de períodos de buen tiempo y tormenta. Durante el buen tiempo, las olas de período corto mueven el sedimento hacia tierra y la playa

crece. Durante las tormentas, las olas tienen períodos mucho mayores y actúan más sobre el fondo, erosionando la playa y llevando sedimento hacia el mar debido sobre todo al gran desarrollo que alcanzan las corrientes de resaca ^[17].

3.4 Procesos Físicos

El nivel del mar controla el tipo y magnitud de todos los procesos costeros: el intervalo mareal, el tipo de rompiente, la velocidad de corrientes a lo largo de la costa, la velocidad de sedimentación, entre otros ^[18].

3.4.1 Mareas: Las mareas son elevaciones y caídas periódicas del nivel del mar que resultan de la atracción de la tierra y su hidrósfera por el sol, la luna y otros cuerpos celestes. Las mareas en las costas controlan la posición y amplitud de la zona de acción del oleaje, generando corrientes que pueden rodar y transportar sedimentos, así como también controla la circulación de algunos cuerpos de agua (ver figura N°1) ^[18].

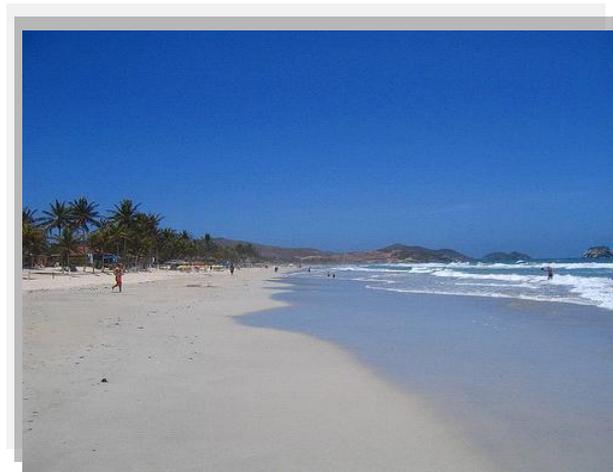


Figura N° 1. Playa el agua, Isla de Margarita con marea baja.

3.4.1.2 Olas: Las olas son la fuerza dominante en los procesos litorales de costas abiertas, proveen la energía para formar playas, seleccionar sedimentos y transportar materiales; llegando a ser determinantes en la geometría y composición de las playas. Las olas se generan por la transferencia de energía desde los vientos al soplar sobre una superficie de agua ^[18].

3.4.1.3 Vientos: Los vientos son causados por gradientes de Presión Atmosférica a través de un área. El viento tiene gran influencia sobre la línea de costa. Directamente es un agente de erosión y transporte de sedimentos costeros. Indirectamente es responsable de la formación de las olas y de mucha de la circulación marina ^[18].

Estos procesos físicos influyen en los ciclos de la materia, que a menudo basados en los ciclos elementales, son de suma importancia para el medio ambiente. Los ciclos geoquímicos pueden considerarse como una perspectiva de varios reservorios, como los océanos, los sedimentos y la atmósfera, conectados por conductos a través de los cuales la materia se mueve continuamente.

3.5 Ciclos Biogeoquímico.

Los elementos químicos, incluyendo todos los esenciales para la vida, circulan en la biosfera a través de diferentes vías que van desde el medio ambiente a los organismos y de regreso otra vez al medio ambiente. Estas vías pueden ser consideradas más o menos cíclicas y se denominan ciclos biogeoquímicos ^[19]. Algunos autores consideran los ciclos biogeoquímicos como el movimiento o migración de cantidades masivas de elementos químicos como el carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, calcio, sodio, azufre, fósforo, y otros elementos, entre los componentes del ambiente, atmósfera y sistemas acuáticos, mediante una serie de procesos de producción y descomposición ^[20].

Los ciclos biogeoquímicos de los principales elementos están conectados a muchos niveles. El P es utilizado para activar una proteína de transcripción que estimula la fijación de nitrógeno en bacterias cuando el aporte de nitrógeno es limitante. En ecosistemas marinos, la productividad primaria neta se calcula a menudo a partir de la relación entre C:N:P en la biomasa fitoplanctónica. A cualquier nivel de análisis, desde el nivel molecular al nivel de ecosistemas enteros, los movimientos de N, P, y C están fuertemente ligados a través de su biogeoquímica. La fijación de nitrógeno por bacterias de vida libre está inversamente correlacionada con la relación N/P en el suelo ^[21]. Los ciclos biogeoquímicos, tienen una estrecha relación con el ciclo del agua, que es indispensable para el intercambio de elementos en la dinámica que se da en los distintos ciclos con los que interactúa la tierra. Estos se pueden dividir en dos tipos básicos: los ciclos de nutrientes gaseosos o atmosféricos (ciclo del agua, ciclo del carbono y ciclo del nitrógeno) y los ciclos de los nutrientes sedimentarios (ciclo del fósforo y ciclo del azufre) ^[22].

3.5.1 Ciclo del Carbono

El carbono es el elemento fundamental de todas las sustancias orgánicas. Su concentración en los organismos es superior del 15-20%. En la materia viva se presenta el carbono principalmente en los hidratos de carbono, en los lípidos y en las proteínas ^[24]. Una pequeña proporción se encuentra como carbono orgánico, mientras que la mayor proporción está como carbonato. Se ha estimado que el 18% del carbono total en las rocas sedimentarias, corresponde a carbono orgánico y el 82% restante se encuentra como carbonato ^[7].

Tabla N° 1. Contenido en carbono y dióxido de carbono en algunas litologías, agua de mar y aire seco ^[23].

Materia	CO ₂ (g/ton)	C (g/ton)
Rocas ígneas (Clarke, 1924)	1010	280
Areniscas (Clarke, 1924)	50400	13800
Arcillas pizarrosas (Clarke, 1924)	26400	7200
Calizas (Clarke, 1924)	415800	113500
Agua del mar (Noddack, 1937)	50	14
Aire seco (Humphreys, 1940)	460	130

El intercambio anual de CO₂ con los océanos es algo mayor, de modo que el tiempo medio de residencia global del CO₂ atmosférico es de unos cinco años. Las oscilaciones del contenido de CO₂ atmosférico son el resultado de la absorción estacional de CO₂ durante la fotosíntesis, y de diferencias estacionales en el uso de combustibles fósiles y el intercambio de CO₂ con el océano (ver figura N°2). El desprendimiento de CO₂ de combustibles fósiles, que actualmente es de 6×10^{15} g C/año, es uno de los valores mejor conocidos del ciclo global del carbono ^[21].

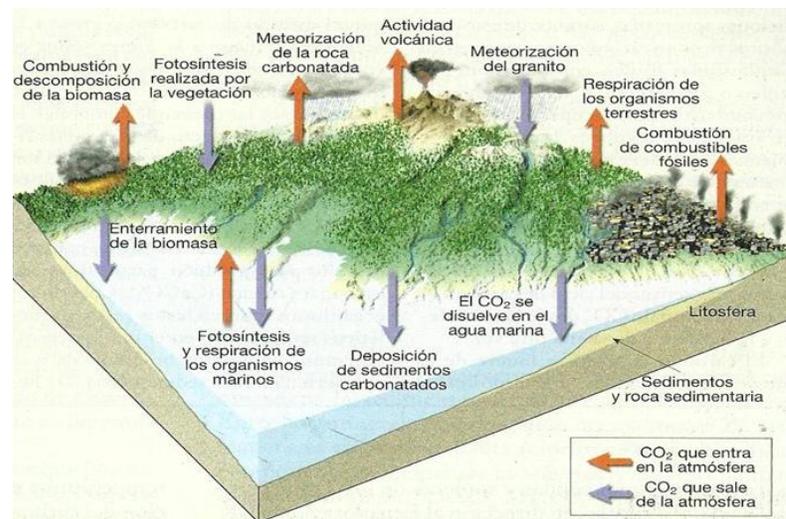


Figura N° 2. Ciclo del carbono, con énfasis en el flujo de carbono entre la atmósfera y la hidrosfera, la litosfera y la biosfera ^[16].

El carbono es el componente básico de la vida, ya que se combina fácilmente con el hidrógeno y el oxígeno para formar los compuestos orgánicos fundamentales que constituyen los seres vivos ^[21].

3.5.2 Ciclo del Nitrógeno

El nitrógeno existe en todos los seres vivos, por lo general formando parte de las proteínas. Además, la mayoría de las sustancias recientes y fósiles de origen orgánico contienen nitrógeno ^[23]. El Nitrógeno constituye 78% del volumen de la atmósfera terrestre, donde se encuentra en forma de moléculas de N_2 . En la naturaleza, la mayor parte del nitrógeno disponible se encuentra en forma inorgánica, como (NH_3) , nitratos (NO_3^-) , o nitrógeno (N_2) y como nitrógeno orgánico, siendo además el principal constituyente de las proteínas. El nitrógeno orgánico deriva de la materia orgánica y de sus productos de descomposición, así como los procedentes de la contaminación industrial se encuentran en forma de ácido nitroso, HNO_2 ; ácido nítrico HNO_3 , y sus sales. En el agua de lluvia existe también nitrógeno es probable que sea cíclico, como el amoníaco, nitrato y nitrito. Es probable que todo el nitrógeno orgánico sea cíclico y sean transportadas al mar cantidades notable de nitrógeno, allí es absorbido por las plantas, que lo transforman en sustancia celular ^[23]. En ecosistemas terrestres, el nitrógeno es absorbido por las plantas que lo convierten en aminoácidos y proteínas. Los aminoácidos son transferidos a los consumidores, que los convierten en sus propias proteínas. Finalmente, los excrementos de animales, plantas muertas y los tejidos de animales muertos son descompuestos por bacterias y hongos con liberación de amoníaco; el cual puede perderse en la atmósfera como gas, transformarse en NO_3^- , por la acción de bacterias nitrificantes o ser absorbido directamente por las plantas ^[24].

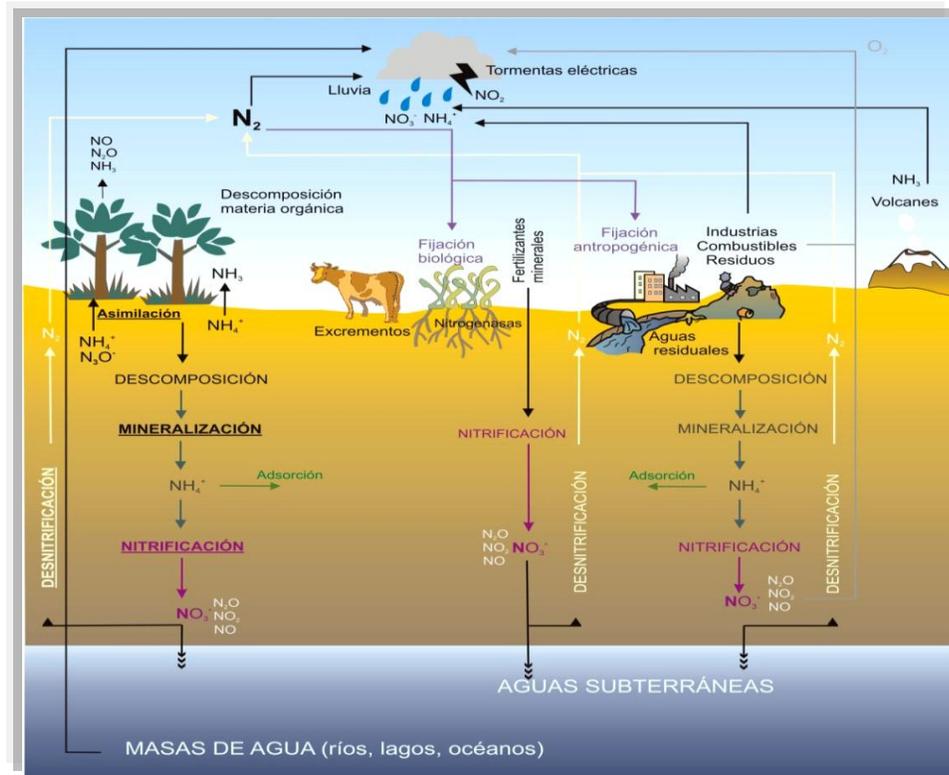


Figura N° 3. Ciclo del Nitrógeno [25].

Los procesos que componen el ciclo del nitrógeno son cinco, la fijación del nitrógeno, la toma de nitrógeno (crecimiento de organismos), la mineralización del nitrógeno (desintegración), la nitrificación y la desnitrificación [25].

3.5.2.1 Relación C/N

La relación C/N es un parámetro utilizado en la caracterización del nitrógeno y su relación con la materia orgánica del suelo. Para su cálculo se consideran los valores de N total, que están constituidos hasta en un 98% por la fracción orgánica. El carbono y el nitrógeno son dos elementos indispensables para el desarrollo de la vida ya que afectan directa o indirectamente a todos los procesos biológicos [26]. Los valores de C/N sirven para clasificar el origen de la materia orgánica (Tabla N°2).

Tabla N° 2. Relación C/N con la materia orgánica ^[25].

Fuente de materia orgánica	Relación C/N
Fitoplancton	5-8
Macrofitas	10-30
Plantas terrestres	15-50

3.5.3 Ciclo del Fósforo

El fósforo constituye el 0,12% de la corteza terrestre, lo cual lo hace relativamente abundante, además de ser crucial para el medio ambiente. Durante la meteorización se desprende gran parte del fósforo de los minerales. Las soluciones que resultan de la meteorización contienen fosfato alcalino y fosfato cálcico disuelto o coloidal. Una parte del fósforo reprecipita en seguida en forma de fosfato cálcico, pero la mayor parte es transportada al mar. El fósforo desaparece del mar, debido a que pasa a las estructuras esqueléticas de los organismos marinos de los cuales pueden ser muy rico en fosforo ^[23]. En los sedimentos fosfatados puede verificarse un enriquecimiento secundario en fósforo, debido a la lixiviación de las calizas fosfáticas. El fósforo es considerado como un nutrimento esencial para los organismos vivos, y la biodisponibilidad del mismo en los sistemas marinos está controlada por factores que incluyen la profundidad de la columna de agua, estado redox de los sedimentos, producción primaria, pH, y la temperatura ^[27]. El fósforo que llega a los mares es generado, principalmente, por dos fuentes; una natural y otra antropogénica. Entre las fuentes de origen natural cabe mencionar los depósitos minerales de rocas fosfóricas, las cuales desprenden este elemento, principalmente, en forma de ortofosfato, mediante la meteorización y erosión. Las fuentes antropogénicas puntuales incluyen las aguas servidas, domésticas e industriales, las fuentes no puntuales están asociadas con las escorrentías agrícolas y domésticas ^[28].

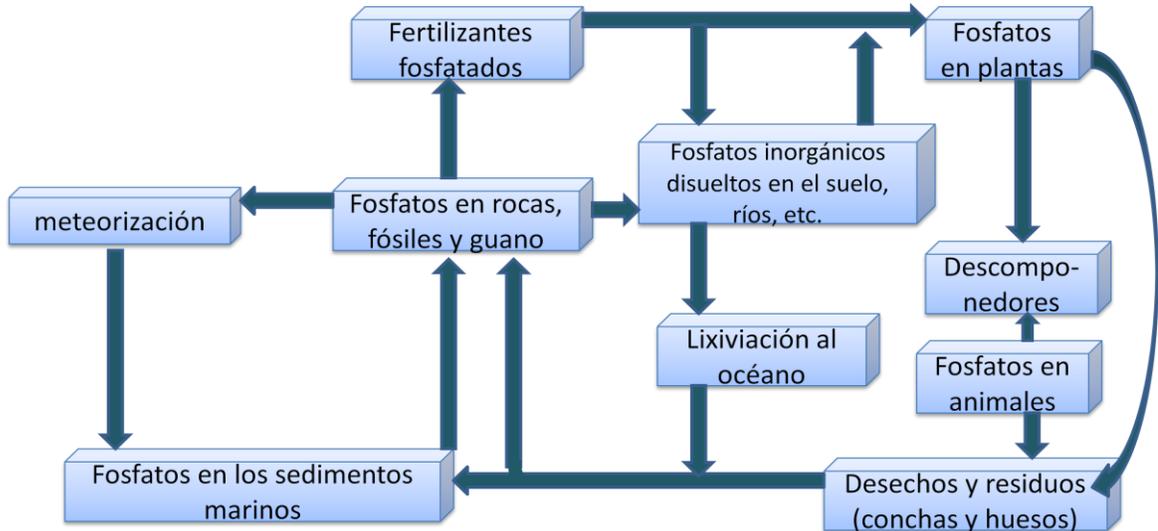


Figura N° 4. Ciclo del Fósforo ^[24].

3.5.3.1 Relación C/P

La estrecha relación entre el fósforo disponible para los microorganismos y el contenido de carbono orgánico presente en el sedimento, indica el importante efecto de la materia orgánica sobre la disponibilidad del fósforo, tal como se muestra en la figura N° 4. Los compuestos orgánicos en los sedimentos incrementan el fósforo disponible porque recubren los óxidos de hierro y aluminio, formando una cubierta protectora que reduce la adsorción del fósforo o por el reemplazo de los aniones H_2PO_4^- en los sitios de adsorción por aniones orgánicos tales como citrato, oxalato, tartrato o malato ^[29]. Según el trabajo de Ramírez y Rose, los valores de C/P sirven para clasificar el origen de la materia orgánica ^[30].

Tabla N° 3. Relación C/P con la materia orgánica ^[30].

Fuentes de materia orgánica	C/P
Bacterias	5-8
Animales	10-30
Hongos	15-50

3.5.4 Ciclo del Azufre

El azufre es un componente universal de las plantas, en las cuales se presenta en forma de sulfatos inorgánicos, sulfuros orgánicos y gran número de compuestos orgánicos [23]. Este elemento es muy abundante en la Tierra, pero la mayor parte se encuentra concentrada en el núcleo (5 %), combinada con metales como el hierro y el níquel. Aunque es menos común en la corteza terrestre, posee un grado de versatilidad química que le permite combinarse con muchos elementos y desempeñar un papel fundamental en el ambiente natural [31]. Durante la meteorización los sulfuros se oxidan, produciendo sulfatos $[\text{SO}_4]$ [31].

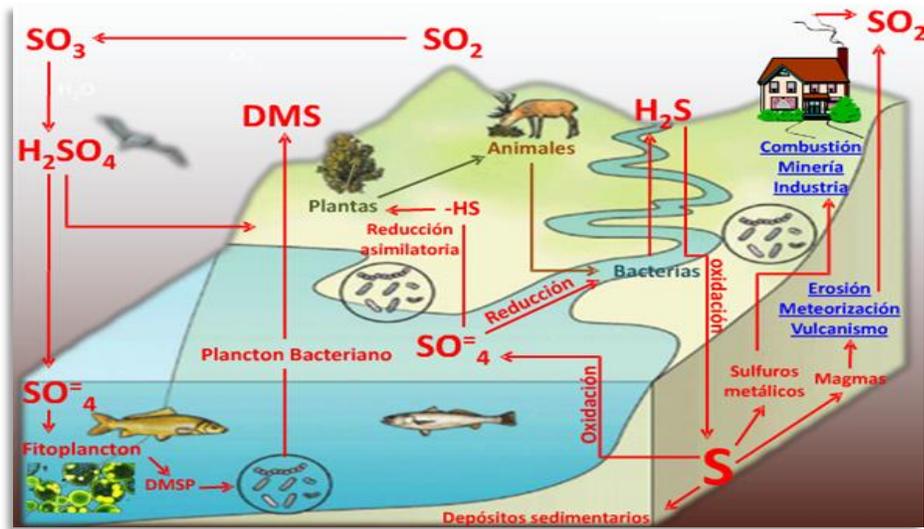


Figura N° 5. Ciclo del Azufre [30].

Los océanos son una gran fuente de aerosoles que contienen SO_4^{2-} , pero su mayor parte se vuelven a depositar en el océano con la precipitación y la depositación seca. El dimetilsulfuro (DMS) es el principal gas biogénico que emiten los mares y es considerado como la principal fuente natural de azufre para la atmósfera (ver figura N°5). El tiempo medio de residencia del DMS es de aproximadamente 1 día, debido a que se oxida a SO_4^{2-} . Por lo que, acaba por depositarse de nuevo en los océanos. Las emisiones derivadas de las actividades humanas constituyen las entradas más

cuantiosas de gases de azufre a la atmósfera. A causa de la gran reactividad de los gases de azufre en la atmósfera, la mayor parte de la emisión antropogénica de SO_2 se deposita localmente con la precipitación y la depositación seca ^[21].

4) ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se han consultado documentos basados en el estudio de C, N, P y S de sedimentos provenientes de diferentes regiones de Venezuela y otros países a fin de establecer valores de línea base y posible influencia antrópica, la cual pudiera afectar a la vida acuática, y al hombre como el mayor escalafón de la cadena alimenticia y así promover una concientización para detener este tipo de contaminación sobre ríos, lagos, lagunas y mares.

4.1 Antecedentes Internacionales

A continuación se presentan una serie de trabajos publicados a nivel internacional, basados en el estudio de la distribución geoquímica de los elementos de estudio, ya que ha sido un tema de interés, debido a la importancia que estos elementos representan en los ciclos biogeoquímicos, así como para el desarrollo de los organismos de estos ambientes naturales. En los siguientes apartados se reúnen alguno de ellos:

Ryba et al. (2002) esta investigación se basó en la preparación de muestra en cuanto a la digestión, para el análisis elemental; se hizo una práctica común para acidificar el sedimento y eliminar el carbonato antes de medir las concentraciones de carbono orgánico (Corg). En la actualidad los efectos de acidificación, en las concentraciones de hidrógeno (H), nitrógeno (N), oxígeno (O) y azufre (S) en los sedimentos marinos no se han abordado explícitamente. La acidificación puede contaminar o alterar las muestras de sedimentos y crear experimentalmente errores que afectan a la validez del resultado C/H, C/N y C/O. El objetivo de este estudio fue cuantificar cómo las diversas técnicas de preparación de las muestras afectan a las concentraciones medidas de C, H, N, S y O en los sedimentos marinos. Se realizaron pretratamientos diferentes: una se acidificó (toda), la acidificación con HCl, la acidificación mediante la adición directa de HCl, y la combustión, se evaluaron usando cinco sedimentos marinos y un material de referencia

estándar. Los carbonatos fueron más eficazmente eliminados mediante la adición directa de HCl, y los resultados coinciden con los encontrados de otros estudios, por lo que ha de ser el método más preciso para medir carbono orgánico. Sin embargo, el tratamiento de ácido elevó la concentración aparente de H y O, y en algunos casos las concentraciones de N y S fueron significativamente afectados por la acidificación. En general, la combustión reduce significativamente todas las concentraciones elementales en la totalidad de la muestra. Basándose en estos resultados, se recomienda para el análisis del sedimento, no tratar toda la muestra, para determinar N, H, O y S ^[31].

Montalvo, J. (2006) los sedimentos superficiales de las bahías de Cárdenas y Santa Clara fueron muestreados en mayo de 2002 y julio de 2005, evaluándose los parámetros orgánicos e inorgánicos que tienen mayor peso en los ciclos biogeoquímicos (carbono, nitrógeno, fósforo, carbonatos). Los sedimentos de las bahías de Cárdenas y Santa Clara, poseen notables contenidos de carbón orgánico que oscila entre (0,91–4,73)% y concentraciones de nitrógeno inferiores a 0,2%, evidenciando que la fuente principal de materia orgánica en estos cuerpos de agua es la vegetación periférica y acuática, rica en carbono y pobre en nitrógeno. En estas bahías las concentraciones promedio de carbonatos son superiores al 35%, aunque la mayor riqueza de carbonato corresponde a la bahía de Santa Clara, sobre todo en los puntos más alejados de la línea de costa ^[32].

Zhou et al. (2006) estudiaron los sedimentos superficiales y tres núcleos de sedimentos, las cuales se obtuvieron de la marisma del estuario del Yangtze con el fin de examinar la distribución de P, C, N, y S. De igual forma se captaron muestras de plantas del pantano y muestra particulada en suspensión (MPS) y analizaron para determinar sus composiciones elementales. Los niveles de carbono orgánico total (0,1-0,7%) y C/N (6-11) en los sedimentos superficiales del estuario de Yangtze fueron relativamente bajos en comparación con los reportados para otras salinas en Europa y Norte América ubicadas en zonas costeras. El carbono orgánico total (COT) y el nivel de relación C/N de los sedimentos superficiales fueron similares a los del MPS en el

estuario del Yangtsé, pero fueron mucho menores que los de las muestras de plantas de la marisma. El fósforo total (PT) mostró una variación irregular en su distribución espacial, mientras que para el nitrógeno total (NT) y azufre total (ST) las concentraciones fueron más altas en las zonas profundas y más bajas en las áreas menos profundas. Este patrón se relaciona con la variabilidad espacial del tamaño de grano del sedimento (es decir, ricos en arcilla sedimentos en las zonas de alto pantano dio lugar a elevados concentración de COT, NT y ST) ^[33].

Calva et al. (2011) en este estudio se analizaron la distribución textural de los sedimentos superficiales y el contenido de carbono orgánico (CO) en áreas costeras asociadas a praderas del pasto marino *Thalassia testudinum* (vegetación acuática), en dos ambientes costeros diferentes: sistemas estuario-lagunar y arrecifes coralinos, localizados en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. La distribución del tamaño de grano y del CO fue heterogénea entre los dos tipos de sistemas costeros. En los ambientes de estuarios se cuantificaron contenidos superiores tanto de las fracciones finas (limos y arcillas) como de CO. En los ambientes de arrecifes predominaron las arenas y porcentajes menores de CO. Sin embargo, en Quintana Roo (zona de arrecifes) el porcentaje de CO promedio (2,72%) fue similar a los reportados para áreas de estuarios. En Tenabo (Campeche) se determinaron los valores promedio de CO más altos (8,37%), de entre todas las localidades estudiadas. Las praderas del pasto marino *T. testudinum* se desarrollaron mejor en áreas someras, protegidas y con poca circulación (exceptuando Champotón), tanto en sedimentos arenosos como de lodos ^[34].

Costa et al. (2011) realizaron estudios del impacto de la actividad humana en los sedimentos de la Bahía de Todos os Santos en Brasil, se determino por análisis elemental y Resonancia Magnética Nuclear ¹³C (RMN ¹³C). Se estudiaron seis núcleos recolectados en diferentes profundidades y regiones de Todos os Santos. El rango de profundidades de los núcleos corresponde a unos 50 años atrás, coincidiendo con la implantación de las principales industrias costeras. Se obtuvieron elevados

contenidos de materia orgánica de origen terrestre, que queda cerca de una refinería de petróleo. El contenido de azufre de las muestras aumentó con la profundidad en los núcleos. La investigación demostró que todos los núcleos tenían grandes cantidades de carbono alifáticos, típico de los sedimentos costeros ^[35]

4.2 Antecedentes Nacionales

En Venezuela se han realizado diversas investigaciones en diferentes zonas costeras, incluyendo las zonas de estudios, con el fin de caracterizar los sistemas naturales, además de estar relacionado con el tema de interés. Entre ellos se citan los siguientes:

Rivas et al. (1998) determinaron los niveles de nitrógeno y fósforo en sedimentos recolectados a lo largo del lecho del Río Catatumbo, hasta su desembocadura en el Lago de Maracaibo. El nitrógeno total se realizó por el método de Kjeldahl además de nitrato-nitrito. El amonio, ortofosfato y nitrato se determinaron usando métodos estándar después de las etapas de extracción, mientras que el fósforo total se determinó por digestión con HCl agregando ácido ascórbico. Las concentraciones medias determinadas a lo largo del lecho del río se encuentran en un intervalo de 0,035 y 1,492 mg g⁻¹ en sedimentos secos para el nitrógeno. El fósforo oscila entre 0,027 y 1,039 mg g⁻¹, con un nivel de confianza del 95%. La relación media molar N/P en el lecho del río se ubicó en 4,42 y 3,46 para las zonas de desembocadura del río hacia el lago, lo que indica que el nitrógeno es el nutriente limitante. Estos autores concluyeron que el Río Catatumbo es una fuente de nutrientes para el Lago de Maracaibo, ya que las concentraciones de dichos nutrientes en los sedimentos estudiados eran mayores en el río ^[36].

Zuloaga (2002) estudió la distribución de carbono orgánico y carbonatado en la fracción limo-arcilla de los sedimentos superficiales marinos de la Fachada Atlántica. Se determinó azufre total (ST) y carbono total (CT), por el método de combustión seca, carbono carbonatado (CC) por medio de una titulación coulombimétrica y carbono

orgánico (CO) por diferencia. Los resultados obtenidos indican que la concentración de CC oscila entre 0,2 y 2,7%; CO entre 0,2 y 1,1%; mientras que el ST varía entre 0,08 y 0,23%. La concentración de CC tiende a incrementarse con la profundidad (>75m), coincidiendo con la distribución de gravas y arenas. En cambio el CO presenta concentraciones altas en la plataforma menos profunda (<75m). La distribución de estos elementos está controlada por la acción de las corrientes marinas sobre la materia orgánica terrestre y marina presente en los sedimentos de la región. La convergencia de la corriente de Guayana, la cual transporta la materia orgánica terrestre aportada por el río Orinoco y el Amazonas, con la corriente ecuatorial que desplaza principalmente el fitoplancton, probablemente producen corrientes ascendentes que desplazan hacia el margen de la plataforma deltaica, nutrientes que incrementan la productividad planctónica en esta zona, aumentando la concentración de materia orgánica y azufre que se deposita en los sedimentos de este ambiente ^[37].

Salazar et al (2003) estudiaron algunos aspectos de la sedimentología de la Laguna de La Restinga, determinando la distribución espacial de sedimentos y algunas de sus características químicas, tales como contenido hídrico, materia orgánica y carbonato de calcio. Para la realización del estudio se tomaron 31 muestras de sedimentos superficiales, 25 en la Laguna y 6 en el mar adyacente a la boca. Se determinó un fondo lagunar areno-limoso, con la fracción gruesa localizadas en las principales bocas o canales y la fina en las áreas más amplias e internas. La materia orgánica y el contenido hídrico, en la laguna, estuvieron asociados al sedimento de textura fina y se localizaron en las áreas más amplias, someras y protegidas por cinturones de manglares, donde las corrientes de fondo fueron escasas o nulas. El alto porcentaje de carbonato de calcio estuvo asociado con la fracción gruesa del sedimento y se localizó en la boca y los caños que interconectan a las sub lagunas internas, donde las corrientes de fondo son rápidas. Los autores señalaron que el grado de escogimiento del sedimento fue muy pobre ^[38].

López et al. (2006) determinaron la concentración de los metales Fe, Cd, Cr y Pb, en muestras de los sedimentos superficiales de la Laguna de Píritu, Edo. Anzoátegui, Venezuela. Se captaron 23 muestras, se aplicó la técnica de extracción química selectiva, en cuatro fracciones operacionalmente definidas. F1: iones intercambiables; F2: metales asociados a carbonatos; F3: asociados a óxidos de Fe y Mn y materia orgánica y F4: asociados a minerales, usándose para la cuantificación espectroscopia de absorción atómica. Los resultados señalaron que al menos 50 % del Fe, Cr y Pb estuvo asociado a la fracción residual. Mientras que, el Cd estuvo relacionado principalmente a los iones intercambiables (en un 28 %) y carbonatos (24 %). Las concentraciones obtenidas en el trabajo de investigación del fraccionamiento de los elementos metálicos estudiados y su biodisponibilidad, estos se pueden agrupar en dos categorías. En la primera estarían aquellos que se encontraron casi en su totalidad en las fracciones residuales y asociados a los oxihidróxidos de Fe, Mn y materia orgánica, que por lo tanto son de origen principalmente litogénico (Fe y Cr). La segunda contendrían a los que exhibieron altos niveles (al menos el 40 %) como iones intercambiables y asociados a los carbonatos, con origen antropogénico y que por su reconocida toxicidad necesitan vigilarse continuamente (Cd y Pb) ^[39].

Márquez et al. (2007) se estudió la presencia del nitrógeno y fósforo total en el sedimento de la laguna de Los Patos, estado Sucre. Adicionalmente se analizó la especiación de fósforo en el sedimento de este ecosistema. Los resultados muestran niveles altos de nitrógeno y fósforo total que alcanzan valores de 1380,63 mg/kg y 950,63 mg/kg, específicamente en las inmediaciones de la planta de tratamiento de aguas servidas, situada en extremo sur de la laguna. Los autores cuestionan la eficiencia del tratamiento de las aguas servidas que están siendo descargadas en el interior de dicha laguna. También se determinó que el fósforo se encuentra principalmente como fósforo orgánico ligado a minerales fosfatados de calcio (48,53%) y en segundo término como: fósforo muy lábil o absorbido (13,89%), fosfato de hierro (13,54%), fósforo moderadamente lábil (7,35%) y por último en forma refractaria

(6,87%). Las relaciones N/P, las cuales alcanzan valores de 9,58, en conjunto con los altos porcentajes de fósforo orgánico, revelan una fertilidad de tipo orgánico dentro de la laguna ^[40].

Pinto et al (2008) los autores determinaron la concentración y distribución de los elementos Al, Na, K, Rb, Mn, Pb, Ni, Cr, V, As, Ca, Zn, Fe, Cd, Co, Mo, Cu, Mg, Sr, Ba y P, en los sedimentos de Las Islas de Margarita, Coche y Cubagua, Estado Nueva Esparta. El estudio incluyó un análisis granulométricos y tamizados en húmedos y tratado con extracciones secuenciales de HCL 4M y agua regia para la digestión de las muestras. Los extractos fueron analizados por la técnica de Espectrometría de Emisión Atómica Inductivamente Acoplado a Plasma. Los resultados indican que las fracciones granulométricas predominantes en los sedimentos en Nueva Esparta son las arenas. Las concentraciones más altas para la mayoría de los elementos fueron encontradas en la fracción correspondiente a limo-arcilla. Las zonas de la Laguna de la Restinga, las Marites y Bella Vista poseen los mayores valores de concentración de la mayoría de los elementos estudiados. Por lo que los autores sugieren la presencia de fuentes antrópicas ^[41].

González (2009) estudió la composición química y distribución espacial en términos de las concentraciones de C, N y P en la fracción fina (<63µm) de los sedimentos de fondo depositados en el Golfete de Cuare, Estado Falcón. Las muestras fueron analizadas por combustión seca y espectrometría de Absorción Molecular para carbono total y fosforo respectivamente. La concentración de carbono orgánico se determino por Walkley-black, la de nitrógeno total por el método Kjeldahl, mientras que fosforo por el método de Murphy – Riley. La autora determinó que la relación C/N (7/9) calculada para las muestras captadas en la región podría ser consecuencia de una proporción apreciable de materia orgánica de origen marino, la cual contiene una mayor proporción de proteínas cuando se compara con el material leñoso de plantas terrestres o de manglares. Por otro lado, la concentración de fósforo total para las muestras de sedimento superficial oscilaron entre: 202 y 835 µg/g. De igual forma la distribución

espacial del fósforo total a lo largo de la zona estudiada es de origen litológico, está controlada principalmente por la fracción inorgánica ^[42].

Burbano (2010) determinó la distribución espacial de carbono y nitrógeno en los sedimentos superficiales del Lago de Valencia, Estado Carabobo. Las muestras fueron recolectadas a lo largo de todo el lago, en la determinación del N, se aplicó el método de Kjeldahl, mientras que el carbono se determinó como carbono total, carbono orgánico y carbono inorgánico. Los resultados indican que las fracciones tamaño arcilla y limo controlan en su mayoría la composición total de los sedimentos en el sistema estudiado. La autora concluye que el carbono inorgánico en los sedimentos del Lago de Valencia fue acumulado en mayor proporción en los sedimentos de grano grueso, especialmente en las fracciones de arena gruesa, arena muy gruesa y gravas, encontrándose hacia las periferias del lago; mientras que el carbono orgánico, carbono total y nitrógeno en los sedimentos del Lago de Valencia son acumuladas en mayor proporción en los sedimentos de grano fino, especialmente en la fracción menor a 0,045mm ^[43].

Martínez et al (2011) caracterizó los elementos C, N y P presentes en sedimentos superficiales de la región marino-costera al norte y sur de la península de Paria, Estado Sucre. La autora determinó el carbono total por la técnica de combustión seca, al igual que el carbono orgánico, mientras que el nitrógeno total y el fósforo total por el método de Valderrama. Los resultados obtenidos indican las siguientes relaciones: C/N un promedio de 23,67; para C/P una razón de 48,20 y para N/P un promedio de 2,23. De manera general, se llegó a la conclusión de que la distribución espacial de estos elementos puede estar influenciada por las corrientes marinas y patrones de afloramiento costero, además del efecto generado en la producción, distribución y sedimentación de materia orgánica en el área estudiada, originados por la descarga del río Orinoco que impacta directamente las aguas y sedimentos superficiales del Golfo de Paria, y las del río Amazonas a través de la corriente de Guayana. De acuerdo con los resultados obtenidos, pudo deducir que la materia orgánica en los sedimentos de la

Plataforma Norte de la Península de Paria es de origen autóctono como consecuencia de la productividad primaria. En el caso del Golfo de Paria, existe una mayor variabilidad de materia orgánica, ya que posee diversas fuentes, como las marinas y continentales ^[44].

5) ZONA DE ESTUDIO

La isla de Margarita pertenece al estado Nueva Esparta y está situada en la costa norte de Suramérica, en el mar Caribe, su superficie es de 934 Km² y su distancia al continente es de 23 Km. aprox. El clima, típicamente tropical, es seco y ventilado, con una temperatura entre 28 y 30 °C.



Figura N° 6. Mapa del Estado Nueva Esparta ^[45].

5.1 Relieve

La Isla de Margarita, está dividida en dos macizos montañosos, dispuestos en sentido este-oeste, unidos entre sí por un istmo de relieve muy bajo, una albufera. El macizo oriental conocido como Paraguachoa presenta tres pequeñas serranías, alineadas en sentido sureste-noroeste, cuyos topos de altitud son los cerros Copey, Matasiete, La Guardia y Guayamurí; hacia el suroeste el relieve es plano, con excepción de unas elevaciones moderadas, conocidas como Las Tetas de María Guevara. Por su parte el sector occidental, conocido como la península de Macanao, ostenta un macizo alargado

en sentido Este-Oeste, entre los cerros Macanao y Guarataro. El resto son llanuras costeras que descienden hacia playas de gran amplitud, así como albuferas y macizos montañosos ^[46].

5.2 Clima y vegetación

El Clima de la Isla de Margarita es marítimo, cálido y muy seco, lo cual favorece a la vegetación de ambientes áridos; sin embargo, en la Isla de Margarita se presentan algunas variaciones propias que propician la existencia de una mayor diversidad de especies. Los efectos climáticos han producido variados ecosistemas que comprenden desde la maleza desértica tropical, en las zonas bajas y secas, hasta el bosque seco tropical en zonas de mayor altura ^[46].

5.3 Geología

La Isla de Margarita es considerada como parte del Sistema Montañoso del Caribe, separado de la costa continental por la Depresión de Cariaco, geológicamente caracterizado por eventos sucesivos de vulcanismo, sedimentación, emersión, deposición y levantamiento. Está ubicada en la plataforma continental, la cual, en esta región es excepcionalmente ancha, más de 95 Km, y exhibe una compleja topografía de fondo, aparentemente determinada por la estructura regional ^[46].

5.4 Meteorología

El clima de la zona sur de la Isla de Margarita es del tipo semiárido, presentando una época lluviosa de julio a enero, correspondiendo a los meses de noviembre, diciembre y enero los de mayor intensidad y una época seca de febrero a junio, correspondiendo a marzo, abril y mayo el período de máxima sequía. Asimismo, del primero de junio al 30 de noviembre es la época de formación de tormentas y huracanes en el Atlántico ^[46].

Otro fenómeno que influye en las condiciones meteorológicas de Venezuela es el evento El Niño (ENSO), el cual determina una época de escasas precipitaciones en

Venezuela; también puede suceder un evento contrario como LA NIÑA, producto del enfriamiento de las aguas del Pacífico, las precipitaciones disminuyen en el Pacífico Peruano y aumentan en el norte de Colombia, Venezuela y Centro-América. Aumenta además la ocurrencia e intensidad de los huracanes en el Caribe.

5.5 Características de las zonas de estudio.

Entre las diferentes zonas de estudios, para el desarrollo de este trabajo de investigación, están caracterizadas por la alta biodiversidad abundancia y comercialización de moluscos bivalvos destinados al consumo humano. Además, en las adyacencias de estas localidades se presentan diversas actividades humanas que podrían estar afectando la calidad del agua, el sedimento y por su puesto la biota.

5.5.1 Punta de Piedras

Es una de las ciudades del estado de Nueva Esparta, capital del municipio de Tubores, está situada a 5 m de altitud, en el extremo sur de Isla Margarita. Se comunica por carretera con el resto de las poblaciones insulares y cuenta con tres puertos marítimos en donde funcionan tres compañías navieras importantes (Conferry, Naviarca y Navibus), empresas dedicadas al transporte marítimo, fluvial de carga y pasajeros, lo que la consolida como una importante ciudad comercial y turística. Se localizan industrias ligeras conserveras de pescado, así como una planta de tratamiento en la población de las Mercedes. Al norte de la población de Punta de Piedras se encuentra la laguna de esta localidad y adyacente a ella se encuentra Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Esta laguna tiene un área total de 76,18 hectáreas y forma parte del Sistema de El Atolladar, parte del Monumento Natural "Tetas de María Guevara" ^[47].

Esta zona es influenciada por aguas de escorrentía, aguas servidas, que en algunos casos no pasan por plantas de tratamiento, descargas de origen industrial y la laguna de Punta de Piedras ^[48]. Además, esta zona está totalmente influenciada por las aguas

servidas de las casas que se encuentran en los alrededores de la laguna de Punta de Piedra [47] [48].

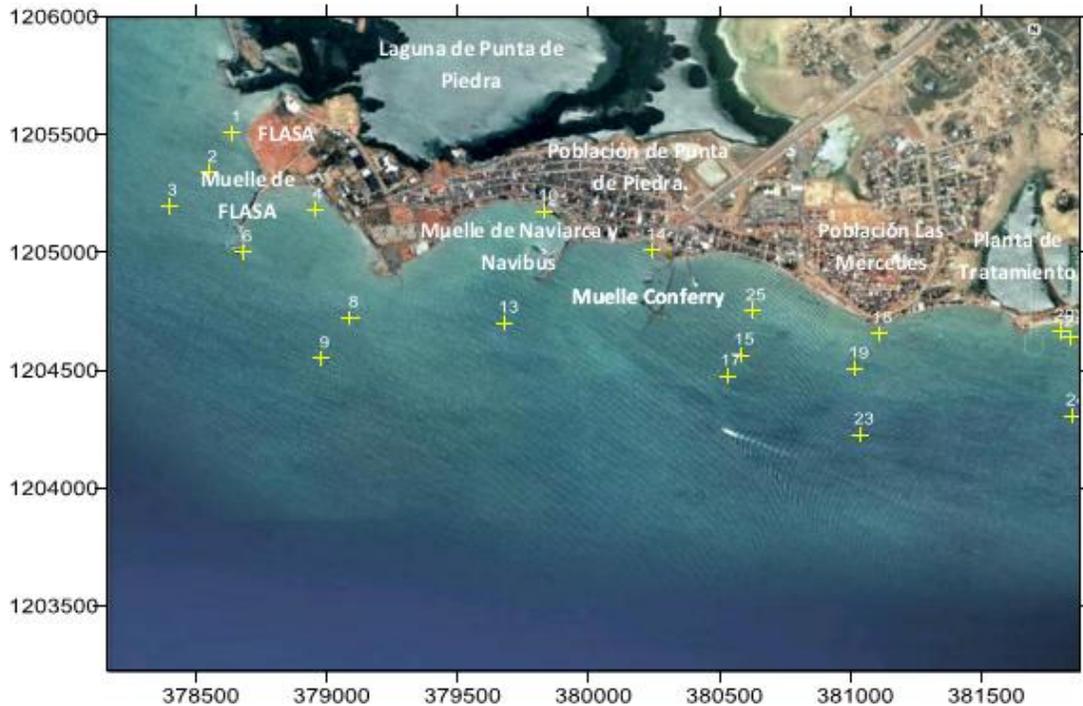


Figura N° 7. Zona de estudio Punta de Piedra [46].

5.5.2 Lagunas Las Marites

Situada en la costa sur-oriental de la Isla de Margarita, el cuerpo principal de la laguna se comunica permanentemente con el mar a través de un canal que se bifurca en dos bocas conocidas como Boca Vitorio y el Yaque, ubicada a barlovento y sotavento, respectivamente, formando entre ambas una formación arenosa llamada Isla del Yaque, de configuración variable según la época del año. La parte profunda de la laguna esta circunscrita al área cercana a la boca; con una profundidad máxima de 9 m en la parte norte de la boca Vitorio. No obstante, el interior de la laguna presenta una profundidad máxima entre 4 y 5 m aproximadamente [46].

Casi todo su perímetro está colonizado por manglares (*Rhizophora mangle*, Linnaeus). En general la laguna tiene fondos llanos cubiertos por una densa población de thalasis (espermatofitas) [49].



Figura N° 8. Zona de estudio Laguna de Las Marites [46].

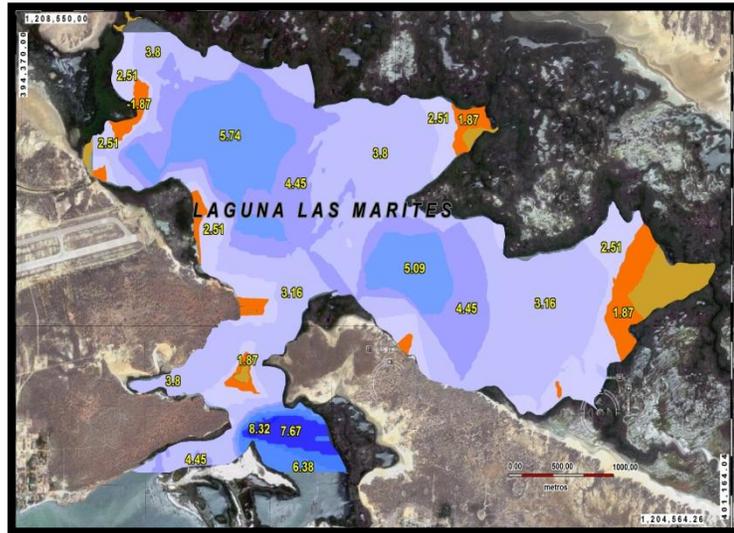


Figura N° 9. Mapa Batimétrico de la Laguna de Las Marites [46].

5.5.3 Bella vista

Esta bahía pertenece al municipio Mariño, en la parte sureste de la Isla de Margarita, cercana a la ciudad de Porlamar. En sus adyacencias existen numerosos hoteles, balnearios y rancherías. Está conformado por dos playas: playa Bella Vista y playa El Concorde. Ambas playas tienen oleaje suave y arena fina. La bahía de Bella Vista es una localidad caracterizada por presentar una de las principales marinas del estado Nueva Esparta (Marina Concorde), también se encuentran en esta localidad la laguna El Morro (o laguna Blanca) y el río El Valle que atraviesa todo el municipio y desemboca en la bahía. Además, hacia el lado este se encuentra una estación de servicio de gasoil [46].

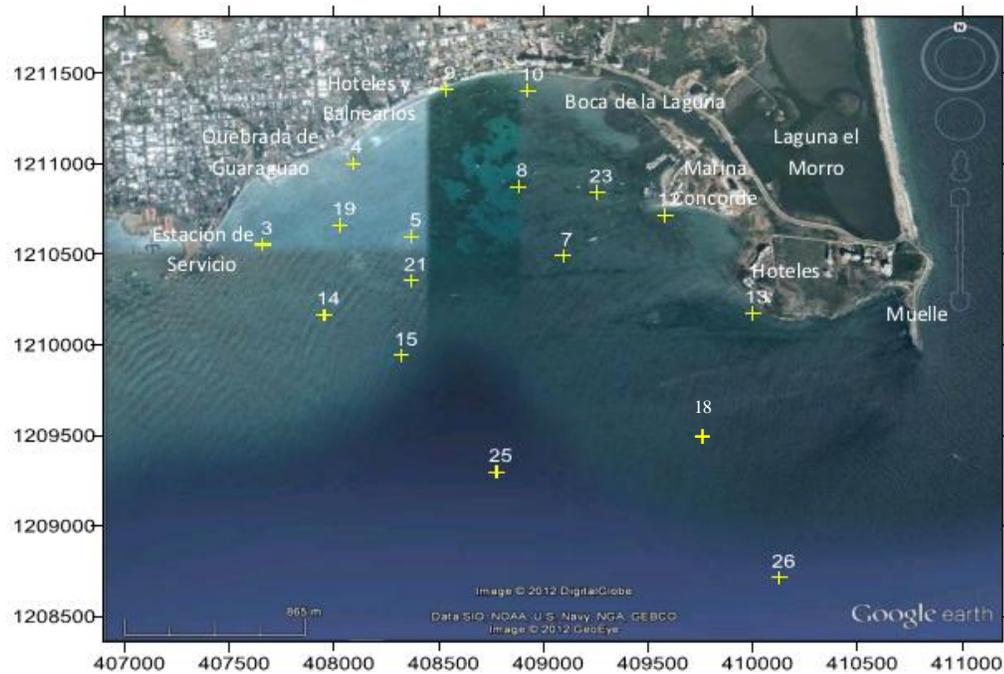


Figura N° 10. Zona de estudio Bella Vista ^[46].

5.5.4 Laguna de La Restinga

La laguna de la Restinga es una laguna costera, ubicada en la parte intermedia, entre el cuerpo oriental y occidental de la Isla de Margarita. Se comunica con el mar por una boca (canal) de 800 m de largo, de 80 a 100 m de ancho, con profundidad aproximada de 6m, situada al sur, en las cercanías del pueblo de Boca de Río, y a través de filtraciones de la barra arenosa. Tiene un área total de 26106m²; profundidad entre 0,5 y 3m, siendo su rango de marea de 50cm. Está separada del mar, al norte, por un istmo o restinga (barra arenosa) de 23,5Km de longitud y 300m de ancho, en su sector occidental, la cual se va estrechando hacia el este, donde llega a alcanzar anchos de hasta 50m ^[38] ^[50]. Esta laguna es hipersalina y es considerada como un estuario negativo. Toda la laguna, salvo sus extremos oriental y occidental, está rodeada de manglares (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa*) ^[51].

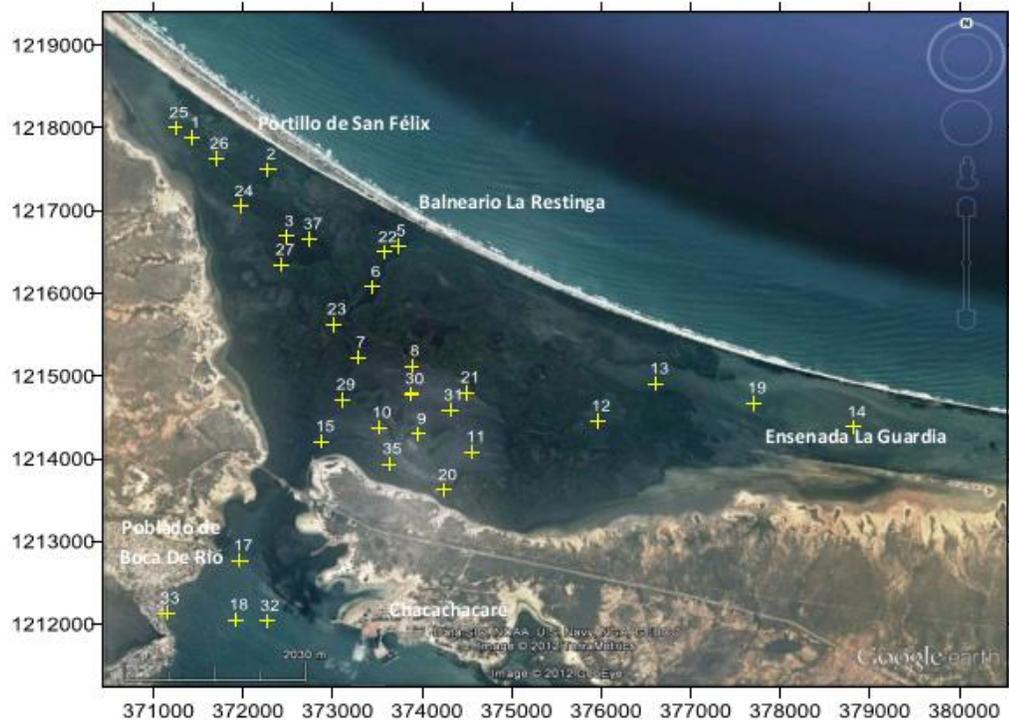


Figura N° 11. Zona de estudio Laguna Las Restinga ^[46].

La cuenca de la laguna se encuentra situada en una llanura baja aluvial cuaternaria, en la que afloran esporádicamente terrenos Pliocenos y Miocenos, así como las rocas metamórficas de las Tetras de María Guevara por el extremo sur. Los extremos este y oeste de la cuenca están formados en su mayoría por complejos de rocas metamórficas de diferentes grados. El material de la cuenca es en su mayoría aluvial y diluvial suelto, lo que facilita su erosión y transporte ^{[50] [52]}.

6) METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para alcanzar los objetivos propuestos en el presente trabajo de investigación se llevó a cabo, primero un trabajo de campo, seguido por el trabajo de laboratorio, el cual se divide en el tratamiento físico de las muestras y diferentes técnicas analíticas para el estudio y determinación del CT, CO, CI, NT y ST en las diferentes zonas de estudio.

6.1. Trabajo de Campo

La campaña de recolección de las muestras de los sedimentos marinos, fue realizada en 4 puntos estratégicos de la Isla de Margarita (Punta de Piedras, Bella Vista, Laguna Las Marites, Laguna La Restinga), durante los meses de Abril (69 muestras) y Septiembre (54 muestras), para un total de 123 muestras en el año 2008. Las muestras fueron recolectadas por el personal de la Estación de Investigación Marina (EDIMAR) a unos 15cm de la superficie, usando una draga tipo Van Veen (Figura N° 12). Estas muestras fueron almacenadas en doble bolsas plásticas y refrigeradas en una cava con hielo a 4°C, hasta llegar al laboratorio y posteriormente fueron congeladas a -10°C.



Figura N° 12. Draga Tipo Van Veen

6.2. Trabajo de laboratorio.

6.2.1. Tratamiento físico de las muestras.

El tratamiento físico de las muestras incluyó el tamizado por vía húmeda utilizando tamices de acero inoxidable (ASTM-E) con un tamaño variable de malla en el intervalo de los 2000 μm hasta los 63 μm , separando la muestra en diferentes clases granulométricas desde las gravas hasta la fracción lodo, esta última incluye las arcillas

(<2 μm) y los limos (2 – 63 μm), siendo la fracción limo-arcilla de interés para esta investigación ^[46].

Tabla N° 4. Sitios estratégicos de las muestras de los sedimentos marinos.

	CAMPAÑA SEPTIEMBRE 2008			
	Punta de Piedra	Bella Vista	Laguna de Las Marites	Laguna de La Restinga
Sitios de muestreo	PP-1	BV-3	LM-1	LR-5
	PP-3	BV-4	LM-2	LR-6
	PP-4	BV-5	LM-4	LR-7
	PP-10	BV-8	LM-5	LR-8
	PP-13	BV-9	LM-7	LR-9
	PP-14	BV-10	LM-8	LR-11
	PP-15	BV-13	LM-9	LR-12
	PP-17	BV-15	LM-10	LR-13
	PP-26		LM-11	LR-15
			LM-13	LR-17
			LM-14	LR-18
			LM-15	LR-19
			LM-18	LR-21
			LM-19	LR-22
			LM-20	LR-23
			LM-22	LR-24
				LR-29
				LR-30
				LR-33
			LR-35	
TOTAL	9	8	16	20
	CAMPAÑA ABRIL 2008			
	Punta de Piedra	Bella Vista	Laguna de Las Marites	Laguna de La Restinga
Sitios de muestreo	PP-1	BV-8	LM-4	LR-1
	PP-2	BV-9	LM-2	LR-2
	PP-3	BV-10	LM-5	LR-6
	PP-6	BV-12	LM-6	LR-7
	PP-8	BV-14	LM-7	LR-8
	PP-9	BV-15	LM-8	LR-10
	PP-13	BV-18	LM-10	LR-11
	PP-14	BV-19	LM-11	LR-13
	PP-15	BV-21	LM-12	LR-14
	PP-17	BV-25	LM-13	LR-15
	PP-18	BV-26	LM-14	LR-17
	PP-19		LM-15	LR-19
	PP-20		LM-18	LR-20
	PP-21		LM-19	LR-21
	PP-23		LM-20	LR-23
	PP-24		LM-21	LR-24
	PP-25			LR-25
				LR-26
				LR-27
			LR-29	
			LR-31	
			LR-32	
			LR-33	
			LR-37	
TOTAL	17	11	16	24

6.2.2. Determinación del Carbono total (CT).

En la investigación se determinó la concentración de tres formas de carbono, a saber: carbono total, carbono orgánico y carbono inorgánico. Para determinar la concentración de carbono total (CT) se obtuvo a partir del método de combustión seca, empleando un analizador elemental modelo LECO C- 144. En el análisis se pesaron cerca de 200 mg de muestra pulverizada empleando una capsula de porcelana. A esta porción de la muestra se le agregó un catalizador (trióxido de tungsteno WO_3). La mezcla se introdujo en el horno a una temperatura de $1490^{\circ}C$, presión de gas 40 psi y una corriente de 19amp. Esto provocó la oxidación de carbono a dióxido de carbono (CO_2), el cual fue detectado mediante una celda infrarrojo que posteriormente midió la absorbancia correspondiente a la vibración de “stretching” o estiramiento del doble enlace $C=O$. A partir de esta absorción, el sistema computarizado convirtió el resultado de la absorción en porcentaje de carbono total presente en la muestra ^[44].

6.2.3. Determinación de Carbono Orgánico (Corg)

La concentración de carbono orgánico se determinó por el método de Walkley-Black, el cual se fundamenta en la oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). La cantidad de carbono oxidado es equivalente a la cantidad de iones dicromato reducidos, determinando estos últimos mediante una titulación con una solución de sulfato ferroso amónico ^[42].

Para la determinación del Corg, se pesaron entre 0,1 y 0,5 gramos de la muestra, y se agregó de una solución 10ml de dicromato de potasio y 20mL de ácido sulfúrico concentrado, esto produjo la oxidación de la muestra, esta solución se dejó en reposo por 30 minutos, para posteriormente agregar aproximadamente 50ml de agua destilada y se dejó nuevamente en reposo durante 12 horas. Finalmente, la solución de cada muestra se le realizó una titulación por retroceso con sulfato ferroso amónico

previamente estandarizado utilizando como indicador 5 gotas de ferroina ^[42]. Determinándose el %CO mediante la siguiente ecuación:

$$\%CO = ((3 * (1 - (V_{sal} \text{ (ml)} / V_{blanco} \text{ (ml)}))) / P_{muestra} \text{ (g)})$$

6.2.4 Determinación de Carbono Inorgánico (Ci)

Para la determinación del carbono inorgánico, se realizó la diferencia entre las concentraciones del carbono total y el carbono orgánico.

$$\text{Carbono inorgánico} = \text{Carbono total} - \text{Carbono orgánico}$$

6.2.5 Determinación del Nitrógeno Total (NT)

Para la determinación del nitrógeno se utilizó el método de Kjeldahl, modificado por Jackson (1976), el cual estuvo basado en la conversión de nitrógeno a sulfato de amonio. Este proceso consistió en agregar en los tubos de Kjeldahl 0,2g de sedimentos; luego se pulverizaron varias pastillas del catalizador Kjeldahl (sulfato de potasio y sulfato de cobre II). Una vez pulverizadas se agregaron 2g del catalizador a cada uno de los tubos digestores. Luego se agregaron 3mL de ácido sulfúrico concentrado junto con dos perlas de ebullición. Seguidamente, los tubos de digestión se colocaron con la trampa para humos en el bloque para digestión marca *TECATOR digestion system 40*, con una rampa de calentamiento gradual desde 90 hasta 360 °C, por cuatro horas, al transcurrir este tiempo los tubos se dejaron alcanzar la temperatura ambiente. Finalmente se agregó agua des ionizada y se filtro ^[53].

La destilación se llevó a cabo en un equipo *Kjeltec system 1002 distilling unit-TECATOR*, a través del cual, el amoniaco es liberado de la solución por destilación del vapor, en presencia de exceso de álcali (NaOH). Primeramente, se tomó la solución obtenida en la etapa de digestión y se colocó en el matraz Kjeldahl de destilación, se ensambló al aparato de destilación conectando el matraz con una fiola, este último contenía 10mL de ácido bórico al 2% y cinco gotas de indicador mixto (rojo de metilo y

azul de metileno en una relación 2:1). La destilación termina cuando la coloración de la fiola cambió de rosado a azul, se dejó reposar por cinco minutos y se realizó la titulación [42].

En la última etapa se llevó a cabo una titulación ácido-base empleando ácido clorhídrico estandarizado 0,01M, en la que el ión borato es neutralizado con los protones del medio, formándose ácido bórico y cloruro de amonio, mediante esta titulación se determinó la cantidad de nitrógeno en la muestra directamente, calculando los moles de ácido clorhídrico consumido durante la titulación y relacionándolo con la masa inicial de la muestra utilizada, esta relación se muestra en la siguiente ecuación [54].

$$\%N = \frac{V(L) \times M(\text{mol/L}) \times 50 \text{ (mL)} / 15 \text{ (mL)} \times 14,007 \text{ (g/mol)} \times 100}{\text{Masa de muestra (g)}}$$

Donde:

V: volumen de ácido consumido en la valoración

M: concentración del ácido clorhídrico en mol/L

15 mL: es la alícuota tomada de los 50 mL de solución total después de la digestión

14,007 g/mol: es el peso molecular del nitrógeno

6.2.6. Determinación de Azufre Total (ST)

En la determinación del porcentaje de azufre total se empleó un analizador LECO SC-432. Para ello se pesó alrededor de 0,2g de la muestra la cual se colocó en una celda de combustión, esta se introdujo en el horno del analizador a una temperatura de 1350°C. Como catalizador de la reacción se agregó trióxido de tungsteno (WO₃). Al pasar una corriente de oxígeno tuvo lugar la combustión total de la muestra y el dióxido de azufre (SO₂) generado pasó por una serie de sólidos en los que se produce la absorción de agua y de sólidos suspendidos. El SO₂ que salió es llevado a un detector de infrarrojo que midió la absorción correspondiente a la vibración de “stretching” o estiramiento del doble enlace S=O. Un procesador convirtió la señal en forma digital y el resultado directo es el porcentaje de azufre (%S) [37] [54].

6.2.7. Termogravimetría

Consistió en una calcinación secuencial en una mufla a diferentes temperaturas. Como se muestra en la figura 13. Este método se empleó, para corroborar los resultados obtenidos de CT, CO y CI en las muestras analizadas.

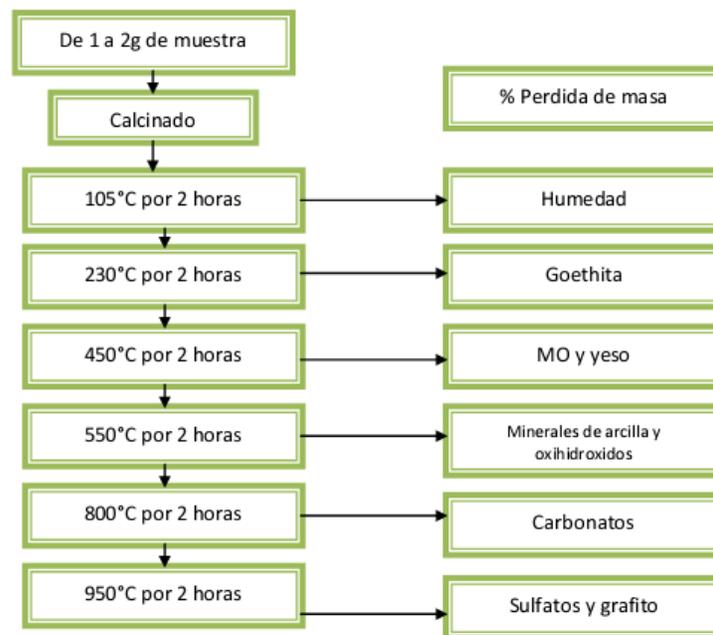


Figura N° 13. Metodología seguida para el análisis termogravimétrico de la fracción limo-arcilla en las muestras de sedimento.

6.3. Tratamiento estadístico.

A los resultados obtenidos se les realizó el análisis por triplicado de algunas muestras escogidas aleatoriamente, para de esta manera establecer la reproducibilidad y grado de confianza de los métodos analíticos utilizados, mientras que la precisión analítica de los resultados obtenidos fue evaluada a través del cálculo del promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las muestras escogidas. Para la exactitud de los resultados se utilizó estándar de referencia.

7) PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En los siguientes apartados se presentan los resultados obtenidos en los análisis realizados a la fracción limo-arcilla de los sedimentos superficiales en dos playas (Punta de Piedras y Bella Vista) y en dos lagunas costeras (La Restinga y Las Marites) en la Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta; con la finalidad de entender el comportamiento de estos ecosistemas al impacto antropogénico que están expuestos dichos ambientes.

7.1. Carbono, nitrógeno y azufre en los sedimentos de las diferentes zonas de estudio.

A continuación se presenta y discute en detalle la distribución espacial de los porcentajes de carbono total (%CT), carbono orgánico (%CO), carbono inorgánico (%CI), nitrógeno total (%NT) y azufre total (%ST), así como las correlaciones entre carbono-nitrógeno (C/N) en las diferentes zonas de estudio. Las concentraciones de las distintas formas de carbono determinadas en el presente trabajo se muestran en el apéndice B.

7.1.1 Carbono Total (CT)

➤ Punta de Piedras

El porcentaje de CT osciló entre 2,24 y 5,57%, con un valor promedio de 3,34% para el mes de abril y para septiembre oscilaron entre 1,52 y 4,90%, con un valor promedio de 2,73%. En la figura N°14 se muestra la distribución espacial de %CT. Donde puede notarse que en el mes de abril se obtuvieron los valores más altos en las estaciones 9(4,69%), 21(5,57%) y 23(5,03%), estas últimas ubicadas al sureste de esta localidad, al frente de la población de Las Mercedes. En esta población funciona una planta de tratamiento “Las Mercedes”, que descarga el agua directamente hacia el mar.

Por su parte, los valores más bajo se registraron en las estaciones ubicadas en la boca de la laguna de Punta de Piedras, zona noroeste (1 y 2) y en la estación 14 ubicada en la zona central, en las inmediaciones del terminal del ferry.

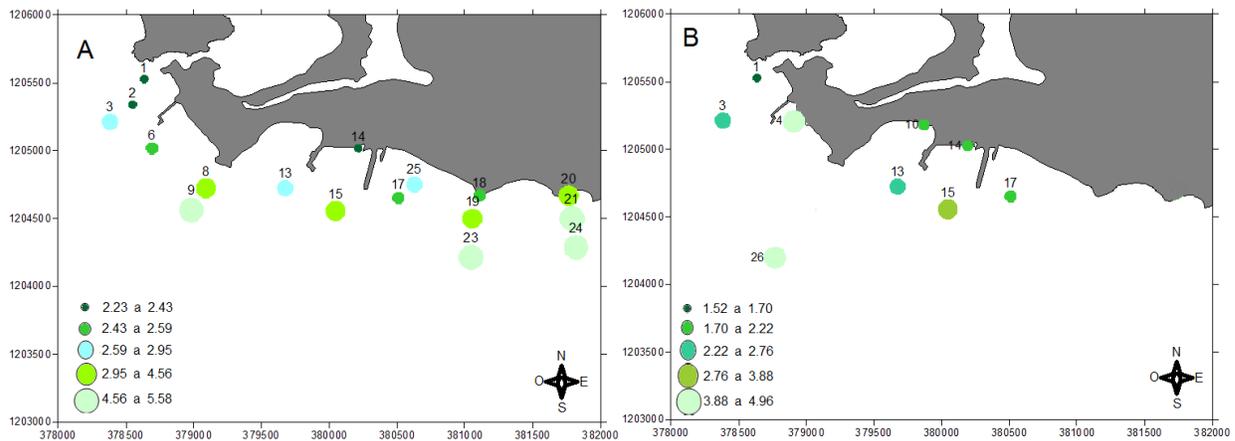


Figura N° 14. Distribución espacial del %CT en los sedimentos limo-arcilla de Punta de Piedras en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos se encontraron en la estación 4(3,88%) cercana a la costa, y en la estación 26(4,90%) alejada de la costa. Mientras que el valor más bajo se encontró en la estación 1(1,52%), nuevamente en la boca de la laguna.

En general, en ambos mapas se refleja un aumento del %CT de la costa hacia el mar, probablemente debido a que estos sedimentos y los procesos que determinan su transporte, juegan un papel preponderante en la conformación y dinámica de la playa, que en este caso transporta el sedimento a zonas más alejadas de la línea costera; ya que de acuerdo a Cuevas, (2009) existe una relación entre el transporte del sedimento y factores ambientales tales como el oleaje, la marea, los vientos y las corrientes, así como con la batimetría y el tamaño del sedimento ^[55].

Otro factor que influye en el transporte de los sedimentos y que ocasiona zonas de acumulación, son las provocadas por acciones del hombre, como la construcción inadecuada de infraestructura marítima como es el caso de muelles ^[55]. De acuerdo a las características de esta localidad descrita en el apartado de la zona de estudio, cuenta con tres muelles de compañías navieras importantes.

Por otra parte, cabe destacar que en Punta de Piedras, la mayoría de las investigaciones que se han realizado, han estado enfocadas principalmente a la Laguna de Punta de Piedras. Estos estudios han indicado que en dicha laguna son descargadas aguas residuales procedente de la población de Punta de Piedras, presentando un alto nivel de contaminación especialmente en las zonas más cercanas a la población y cerca a las bocas de las tuberías de drenajes de aguas de lluvias (Bonaguro y Marcano, 1984; Iriarte, 2001; Achury, 1995; Guaregua, 1996; Iriarte, 2003; Iriarte, 2007; Rodríguez *et al.* 2008). Además, según Barceló *et al.*, (2008) la zona costera de Punta de Piedras es en general, rica en carbonatos y materia orgánica que pueden deberse a una fuerte y constante influencia antrópica ^[48].

➤ **Bella Vista**

El porcentaje de CT osciló entre 4,06 y 11,45%, con un valor promedio de 7,13% para el mes de abril y para septiembre oscilaron entre 2,63 y 8,07%, con un valor promedio de 5,01%. En la figura N°15 se muestra la distribución espacial de %CT. Allí puede notarse que en el mes de abril se obtuvieron los valores más altos en la estación 26(11,45%) que se encuentra ubicada al sureste de esta localidad, seguido de las estaciones 14(8,19%), 15(8,16%), 21(8,36%), 25(8,21%).

Por su parte, el valor más bajo se encontró en la estación 10(4,67%) situada en la cercanía de la boca de la laguna El Morro, seguido de la estación 12(4,06%) ubicada en las adyacencias de Marina Concorde.

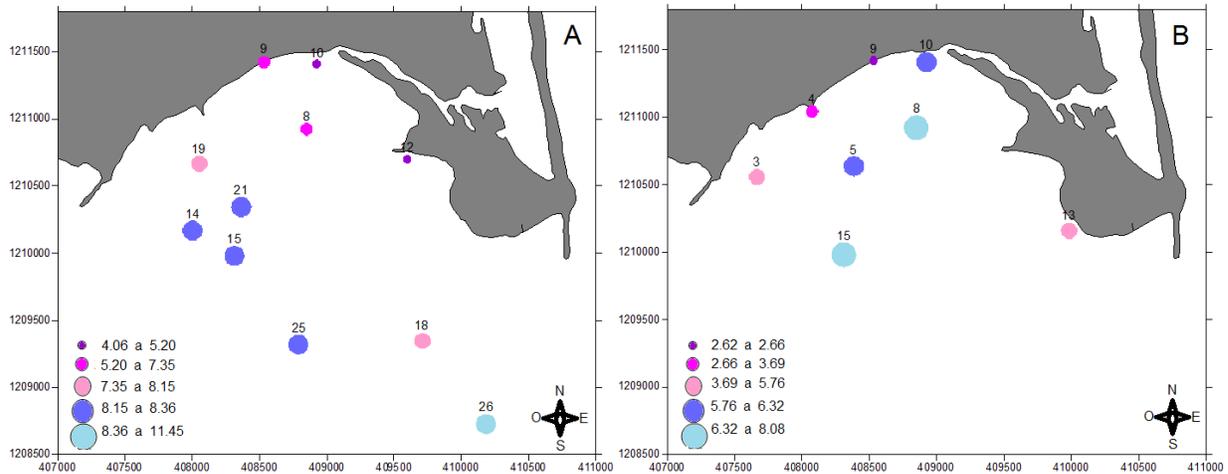


Figura N° 15. Distribución espacial de %CT en los sedimentos limo-arcilla de Bella Vista en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, el valor más alto se registró en la estación 8(6,04%) ubicada en el centro de esta bahía, seguida de la estación 15(8,07%) situada al suroeste de la misma. Por otra parte, las concentraciones más bajas se encontraron en las estaciones 4(2,67%) y 9(2,63%) situadas en la cercanía de la costa de la playa.

Los estudios ambientales en esta bahía son escasos, aunque cabe destacar que los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los reportados por Valdez (2009) en la bahía de Mejillones en Chile, donde señala que el %CT osciló entre 1 y 8%, obteniendo los valores más altos en las adyacencias de las zonas residenciales y comerciales de esa localidad ^[56].

Por otra parte, al comparar los resultados obtenidos para %CT en la fracción limo-arcilla en los sedimentos de ambas playas con la región marino-costera al norte y sur de la Península de Paria, en el Estado Sucre, se obtuvieron valores comprendidos entre 0,90 y 7,24% con un promedio de 2,28% para la fracción limo. Para la fracción arcilla oscilaron entre 0,65 y 5,99%, con un valor promedio de 1,64% en el estudio realizado

por Martínez *et al.*, (2011); siendo estos similar a los determinados en Punta de Piedras. Es importante destacar que este autor concluye que estos valores pueden estar influenciados por las corrientes marinas y producción primaria ^[44].

Sin embargo, los valores reportados en la Península de Paria, son inferiores a los registrados en la bahía de Bella Vista, por lo que pudiera deberse a que esta zona de estudio además de los procesos oceanográficos que allí se desarrollan, también pudiera estar influenciada por las diversas fuentes antropogénicas (contaminación de la Laguna El Morro, según el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, descargas del Río El Valle, presencia de una Marina (terminal de lanchas) y Hoteles).

➤ **Laguna de Las Marites.**

El porcentaje de CT osciló entre 4,16 y 10,35%, con un valor promedio de 7,28% para el mes de abril y para septiembre oscilaron entre 3,95 y 8,00%, con un valor promedio de 6,62%. En la figura N°16 se muestra la distribución espacial de %CT en la zona estudio en ambos meses. En la misma puede observarse que en el mes de abril los valores más altos se situaron en las estaciones 11(10,35%) y 13(8,57%) ubicadas en la parte este y más somera de la laguna (ver mapa batimétrico de la zona de estudio en la figura N°9), seguido de las estaciones 7(8,51%) y 19(8,44%) ubicadas en la zona noroeste, cercana a las dos plantas de tratamiento. Por su parte, el valor más bajo de concentración se encontró en el punto 5(4,16%) situado en el extremo noroeste de esta laguna.

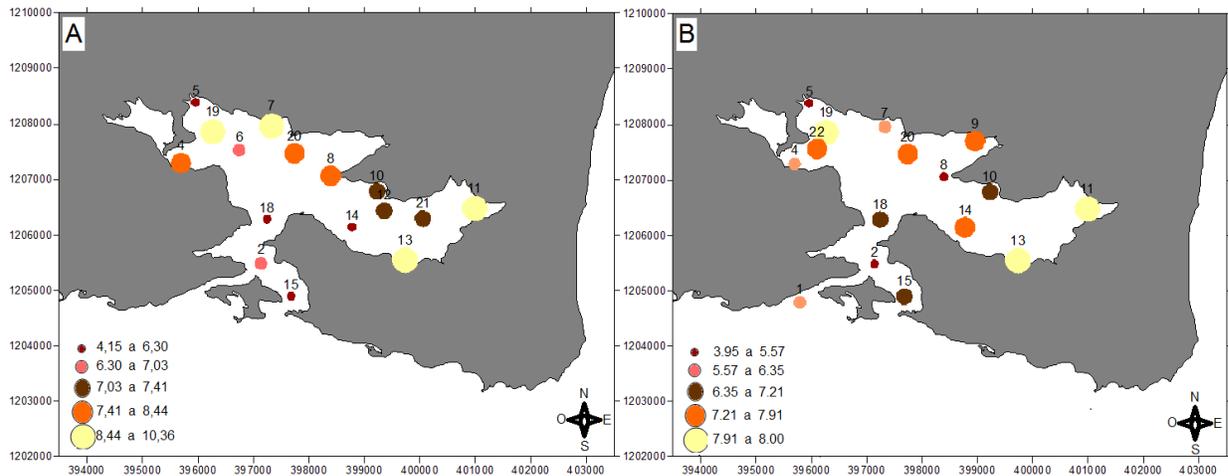


Figura N° 16. Distribución espacial de %CT en los sedimentos limo-arcilla de la laguna Las Marites en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos se registraron en las estaciones 11(8%), 13(7,96%) y 19(7,92); mientras que los valores más bajos se encontraron en las estaciones 2(3,95%), 5(5,03%) y 8(5,40%); coincidiendo con el mes de abril, a excepción de la estación 8 que se localiza en la zona central.

Las estaciones con los valores más altos, estuvieron localizados en la zona este de esta laguna, la cual es una de las zona más somera. Según Fernández *et al.*, (2003) en zonas someras al no presentar fluctuaciones por mareas de agua o fuertes lluvias, las convierten en espacios reductores, los cuales liberan nutrientes que posteriormente van acumulándose en los sedimentos [57].

Por otra parte, Mendoza (2013) establece que las lagunas costeras, son consideradas como contribuyentes importantes de carbono, siendo una de sus características más importantes la vegetación asociada a estos ecosistemas, como manglares que pueden incorporar el carbono inorgánico y residuos orgánicos, que posteriormente quedan retenidos en los sedimentos [58].

➤ Laguna de La Restinga

El porcentaje de CT osciló entre 1,16 y 13,38%, con un valor promedio de 6,79% para el mes de abril y para septiembre oscilaron entre 1,71 y 17,80%, con un valor promedio de 6,88%. En la siguiente figura N°17 se muestra la distribución espacial de %CT. En esta puede observarse que en el mes de abril los valores más altos están ubicados en las estaciones 6(13,38%), 23(10,01%), 24(10,54%), 27(8,96%) y 37(8,79%) localizadas al noroeste de esta laguna.

Por otra parte, los valores más bajos de concentración se encontraron en las estaciones 17(3,37%), 32(1,88%) y 33(1,16%), situados en la entrada principal de la laguna.

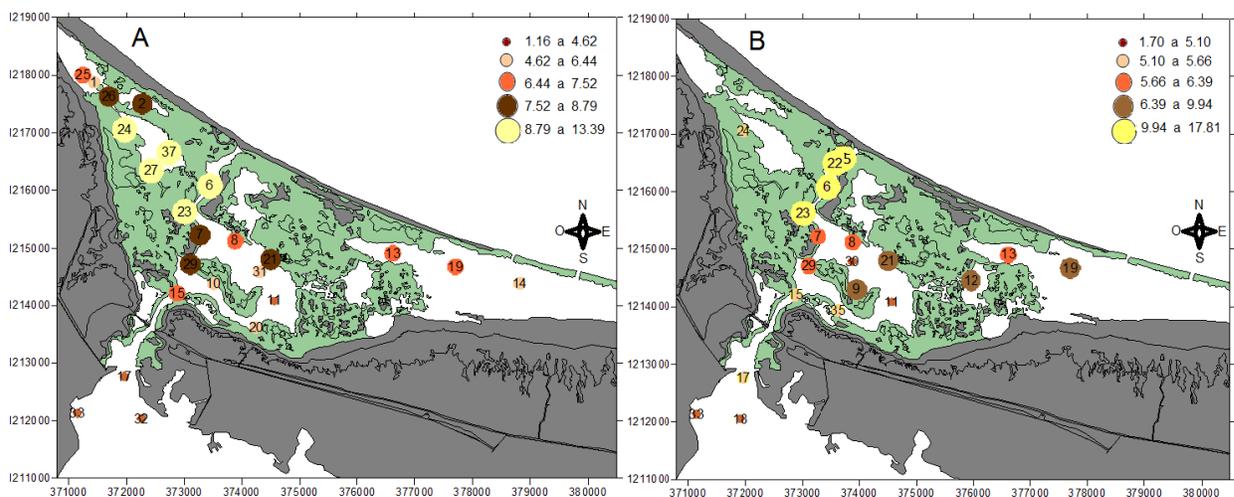


Figura N° 17. Distribución espacial de %CT en los sedimentos limo-arcilla de la Laguna La Restinga en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En el mes de septiembre, los valores más altos se registraron en las estaciones 5(17,80%), 6(12,49%), 22(11%) y 23(9,95%), coincidiendo con las estaciones más altas del mes de abril; mientras que los valores más bajos se encontraron en las estaciones 18(1,71%) y 33(3,06%), localizadas en la entrada de la laguna.

Los valores más altos en esta zona de estudio en ambos meses, puede deberse a que el sedimento se deposita en zonas de menor régimen energético lo cual genera un ambiente reductor y por lo tanto hay preservación de la MO, esto coincide con Rodríguez *et al.* (2010) donde señala que en estas estaciones no hay recambio de agua (prácticamente el agua está estancada), de baja profundidad, la columna de agua tiene mucho sedimento suspendido, ennegrecido y mal olor ^[46].

Por su parte, Salazar *et al.* (2003), indicaron que los altos valores de %CT puede asociarse a los numerosos manglares los cuales generan una alta productividad de MO, aunado a esto, es una laguna de gran área de 23,5Km² al norte, con una boca de comunicación con el mar al sur, lo que origina un flujo energético bajo, propicio para la depositación y acumulación del sedimento ^[38].

Caso contrario, ocurre con las estaciones que presentan valores bajos, localizados en la zona de entrada o comunicación con el mar, en donde los niveles de energía son altos, por lo que podría inferirse que el sedimento es transportado a zonas más tranquilas para su depositación ^{[38][46]}. Por su parte, los trabajos de Young *et al.* (2005) y Mendoza (2013), coinciden que la vegetación asociada a lagunas costeras, como los manglares pueden incorporar el CO₂ atmosférico a su metabolismo, junto con residuos orgánicos, los cuales posteriormente quedan retenidos en los sedimentos ^{[58][59]}.

Al comparar estas lagunas costeras con otro sistema de Venezuela, que establecen concentraciones del %CT entre 1,08 y 5,54 % realizado por González *et al.* (2009) cabe destacar que en esta investigación los valores fueron más altos. Lo cual podría deberse a la influencia del hombre, como las descargas de aguas residuales, provenientes de plantas de tratamiento o por desbordamiento de pozos sépticos, escorrentías formadas sobre todo en época de lluvias que arrastran hasta las lagunas material terrestre. Según Rodríguez *et al.* (2008; 2010), el vertido de agua residual a cualquier cuerpo de agua, impacta notablemente sus condiciones naturales, especialmente aquellos ecosistemas

donde la velocidad de recambio de agua es muy baja, y no llega a las zonas más internas, tal y como ocurre en la laguna de La Restinga y en la laguna de Las Marites.

Por otra parte, al comparar la distribución espacial del %CT en las zonas de estudios, se aprecia que los mayores porcentajes de este elemento los presentan las lagunas de La Restinga y Las Marites, con valores promedio en el mes de abril de 6,79% y 7,28%, y en septiembre estuvo alrededor de 6,88% y 6,62%; aunque cabe destacar que en La Restinga hay muestras que están alrededor de 1 y 17% y de todas las zonas de estudio en esta investigación es la que tiene mayor número de muestras; por lo tanto si en La Restinga, no se consideran las pocas muestras que se encuentran en la boca de comunicación con el mar, los porcentajes de los elementos analizados aumentan y serian los más confiables.

Por su parte, Bella Vista posee valores altos de %CT, para ser una bahía por lo que pudiera asociarse a la presencia de fuentes antrópicas (quebrada de Guaraguao o Río El Valle, numerosos hoteles alrededor de sus costas y la presencia de la Laguna El Morro). Con respecto a la zona de Punta de Piedras es la de menor concentración de %CT, lo que pudiera estar asociado a la morfología de la zona, ya que este es un sistema marino donde imperan corrientes que no permiten la depositación y acumulación del sedimento.

El CT está conformado por carbono orgánico y el carbono asociado a carbonatos, por lo que se describen y discuten con más especificidad en el tratado siguiente.

7.1.2 Carbono Orgánico (CO)

➤ Punta de Piedras

En cuanto a la distribución espacial del porcentaje de CO, este osciló entre 0,75 y 1,91%, en el mes de abril y para septiembre osciló entre 0,77 y 1,95%, ambos meses

con un promedio de 1,26%. En la figura N°18 se muestra la distribución espacial de %CO. En la misma puede notarse que en el mes de abril se obtuvieron los valores más altos en las estaciones 9(1,91%), 23(1,83%) y 24(1,81%), estas últimas ubicadas al sureste de esta localidad. Estos valores probablemente asociados a la descarga de agua residual de la planta de tratamiento antes mencionada.

Por su parte, los valores más bajos en el mes de abril se encuentra en las estación 2(0,98%) localizada en la boca de la laguna, seguida de las estaciones 14(0,80%) y 17(0,75%) al norte de esta localidad, cercana a la costa.

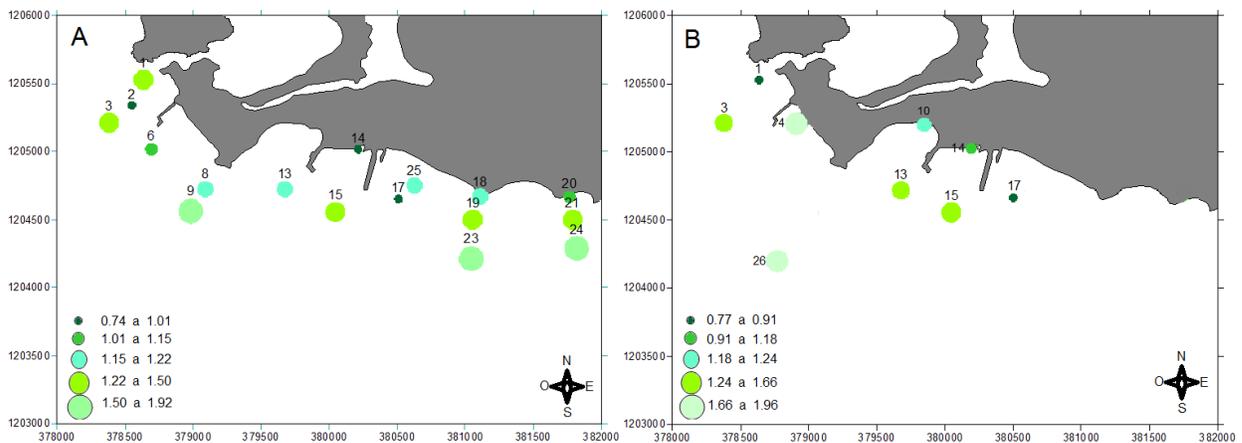


Figura N° 18. Distribución espacial de %CO en los sedimentos limo-arcilla de Punta de Piedra en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos de %CO se registraron en las estaciones 4(1,66%) cercana a la costa, seguido de la estación 26(1,97%) alejada de la costa; mientras que los valores más bajos están en las estaciones 1(0,77%) localizado en la boca de la laguna y 17(0,91%) ubicado en las inmediaciones del terminal de Ferrys. Por su parte, la figura N°18 (A), indica que los valores más altos se registraron en las estaciones ubicadas frente a la población de Las Mercedes, donde son descargadas aguas provenientes de la planta de tratamiento del mismo nombre (ver

figura 19); las cuales son una fuente importante de materia orgánica, rica en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales ^[48]. Así mismo, Rodríguez *et al.* (2010), reportaron una disminución del pH, oxígeno disuelto y niveles ligeramente altos de sólidos suspendidos en esta zona (sureste), se presume que se deban a la descarga de agua residual procedente de dicha planta.



Figura N° 19. a y b descargas de agua residual de la planta de tratamiento Las Mercedes en el mar ^[49].

En cuanto al mes de septiembre (figura N°18 (B)) el mayor valor se registró al noreste en la estación 4, cercano a la Estación de Investigación Marina de la Fundación La Salle, que cuenta con un muelle el cual de acuerdo a la morfología de esta zona se podría decir que hay un menor régimen energético, en el que el material en suspensión es sedimentado. Aunque no se cuenta con un estudio batimétrico y de energía cinética media de la zona costera de Punta de Piedras para asegurar que dicho régimen energético es bajo. Sin embargo, Rodríguez *et al.* (2010), reportan que para esta estación el oxígeno disuelto es bajo, enriqueciendo esta zona de nutrientes, principalmente algas que una vez que se mueren, consumen oxígeno ^[60].

En cuanto a la estación 26, esta se encuentra alejada de la costa, lo cual es importante señalar ya que la corriente que se presenta en la zona puede ser determinante en la distribución espacial del %CO ^[44]. Según Llanos *et al.*, (1996), señala que en Punta de Piedras la geomorfología costera modifica el régimen general de corrientes que en superficie son generadas por el viento y en profundidad son compuestas, teniendo parte en su resultado tanto el viento como la corriente general del sur de Margarita y las modificaciones que sufren las zonas costeras ^[61]. Razón por la cual se podría intuir que en esta estación la distribución espacial del %CO depende de las corrientes que allí se desarrollan.

Por otra parte, Gelinás *et al.* (2007), reportaron para el Mar Negro %CO alrededor de 4,22%, parte la costa de la India en 5,62%, en cuanto las costas de México varían entre 3,73 y 7,29%, las costas peruanas alrededor de 7,62%, el Mar Árabe oscila entre 1,04 y 1,35%, a su vez las Costas de Washington están alrededor de 1,47 y 2,87% ^[62]. En esta investigación los valores están por debajo de los reportados por estos autores. A pesar de que en esta zona está influenciada por fuentes antrópicas, las corrientes evitan la depositación de la materia orgánica en el sedimento ^[48].

➤ **Bella Vista**

El porcentaje de CO osciló entre 1,67 y 3,38%, con un valor promedio de 2,30% para el mes de abril y para septiembre oscilaron entre 1,10 y 3,69%, con un valor promedio de 2,11%. La figura N°20 muestra la distribución espacial de %CO, en donde puede notarse que en el mes de abril se obtuvo el valor más alto en la estación 10(3,49%), localizado en la cercanía de la boca de la laguna del El Morro. coincidiendo con el mes de septiembre.

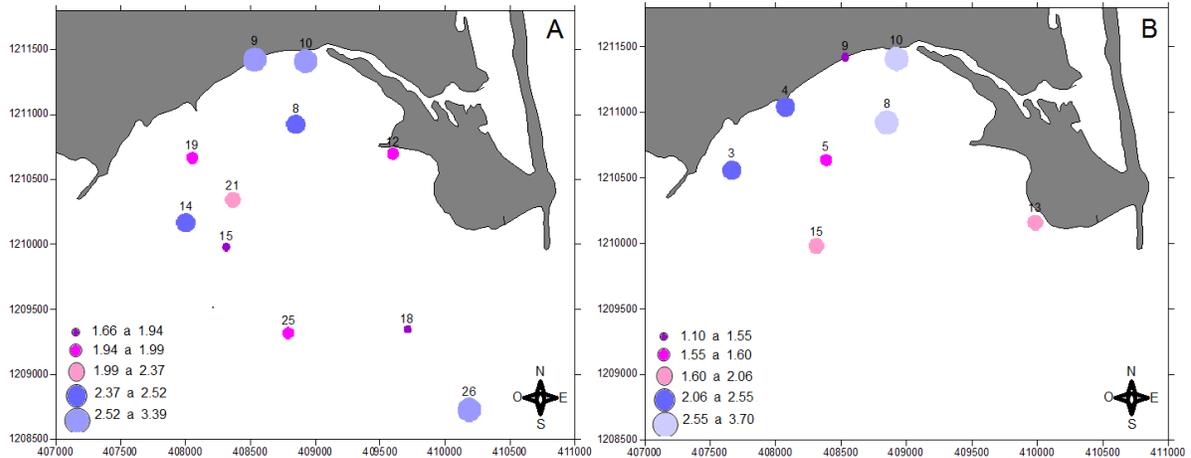


Figura N° 20. Distribución espacial de %CO en los sedimentos limo-arcilla de Bella Vista en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

Según Xuelu *et al.* (2012) los valores del %CO varían en una amplia gama de 0,85 a 5,24% en la bahía de Bohai en China, en donde asocian los valores más altos a la desembocadura del río, ya que el aporte de MO es fuertemente influenciada tanto por fuentes terrestres como antropogénicas [63]. Estos resultados coinciden con la bahía de Bella Vista que cuenta con numerosas actividades turísticas y económicas importantes para el desarrollo de la misma.

Al comparar Punta de Piedras con Bella Vista, esta última presentó valores más altos de %CO, probablemente asociados a que esta zona está sometida a una alta influencia turística y habitacional, encontrándose ubicada en uno de los municipios más poblados, de mayor actividad comercial y turística de la Isla de Margarita (Municipio Mariño). Así mismo, hacia la zona noreste se encuentra la Laguna El Morro que está contaminada según el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, debido a las descargas de aguas negras provenientes de los hoteles y residencias adyacentes a ella.

Por otro lado al suroeste se encuentra la descarga del Río El Valle, el cual recorre gran parte del Municipio Mariño, durante su travesía, recibe descargas de aguas residuales de todo tipo; convirtiéndola en una bahía expuesta a fuentes antrópicas. Según

Rodríguez *et al.* (2008) la perturbación es mayor durante la época de lluvia, que coincide con la época de mayor afluencia de turistas (Agosto-Septiembre), donde el caudal del río es mayor y se hace más evidente el aporte de agua dulce con alto contenido de materia orgánica a la zona ^[49]. Es importante destacar que los resultados coinciden con los obtenidos por Rodríguez *et al.* (2008).

➤ **Laguna de Las Marites.**

El porcentaje de CO osciló entre 1,76 y 7,33%, con un valor promedio de 4,63% para el mes de abril y para septiembre osciló entre 1,40 y 4,27%, con un valor promedio de 2,74%. La figura N°21 muestra la distribución espacial de %CO en la zona de estudio en ambos meses. Puede observarse que en el mes de abril los valores más altos, se situaron en la estación 7(7,33%), ubicada en la cercanía de la planta de tratamiento “Valle Verde” que se encuentra clausurada, seguido de las estaciones 11(6,90%) y 21(6,52%) ubicadas en la parte este, zona más somera de la laguna, donde se aprecia gran cantidad de manglares, con respecto al resto de dicha laguna.

Por su parte, los valores más bajos de %CO se registraron en las estaciones 2(2,73%), 15(2,67%) y 5(1,76%) las dos primeras estaciones están ubicados en la boca de esta laguna, específicamente por el canal el Yaque; mientras que la estación 5 se ubica en el extremo noroeste de la zona.

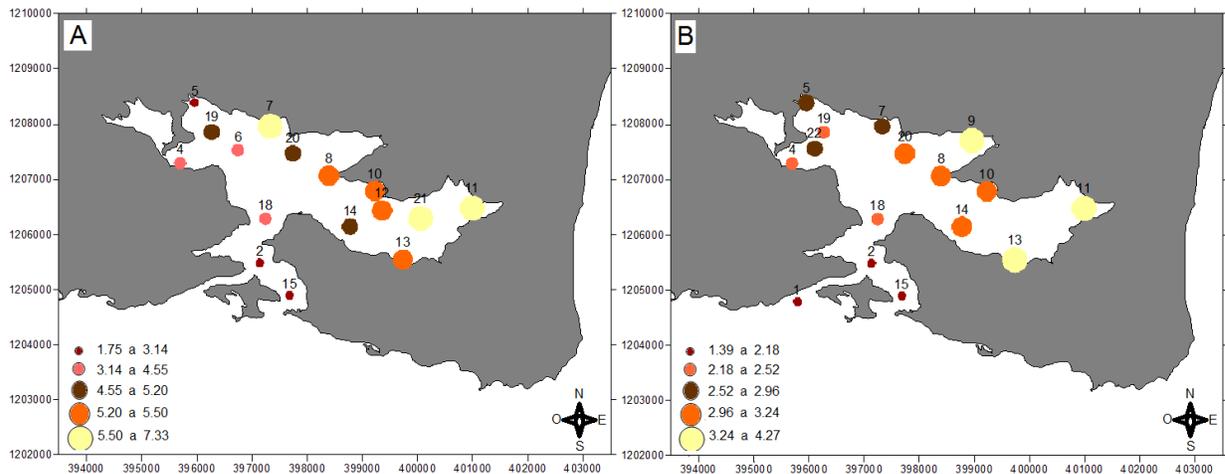


Figura N° 21. Distribución espacial de %CO en los sedimentos limo-arcilla de la laguna Las Marites en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos se registraron en la estaciones 11(3,96%), 13(3,25%), los cuales se encuentran al este, seguido de la estación 9(4,27%), ubicada al norte de esta laguna. Con respecto a los valores más bajos para este mes, se registraron en las estaciones 1(1,93%) 2(1,40%) y 15(1,49%) estos se ubican en la boca de comunicación con el mar por los canales el Yaque y Victorio.

Según Gutiérrez, *et al.* (1981), en sistemas lagunares de México la principal fuente de CO en los sedimentos es la aportada por los pantanos de manglar ^[64]. Cabe destacar, que en la laguna de Las Marites los valores más altos en ambos meses, están ubicados en la zona este, que es el sitio donde se aprecian mayor cantidad de manglares en comparación al resto de la laguna, razón por la cual se podría intuir que la principal fuente de CO en dichas estaciones se debe a la alta productividad y acumulación de la MO en este ecosistema, producida por las diversas especies de manglares que allí habitan.

En la laguna de Las Marites también se ve influenciada por fuentes antrópicas, tal es el caso de la estación 7 (mes de abril) que se encuentra adyacente a la planta de tratamiento “Valle Verde” la cual a pesar de estar clausurada, se presume que en época de lluvias las piscinas y los tanques abandonados se desbordan y dicha agua va directamente a la laguna (ver figura 22). Por otra parte, en la zona este también es vertida el agua residual de origen doméstico y/o pozos sépticos proveniente de las poblaciones de El Silguero y de Los Cocos ^[49].

Por otra parte, De La Lanza-Espino *et al.*(2008), indican que los valores más altos de CO en la laguna Los Tres Palos en México, se encuentran cercano a las estaciones que reciben de manera directa la descarga de aguas residuales procedentes de las localidades aledañas, hecho que puede generar una gran acumulación de materia orgánica y por lo tanto, concentraciones elevadas de CO ^[65].

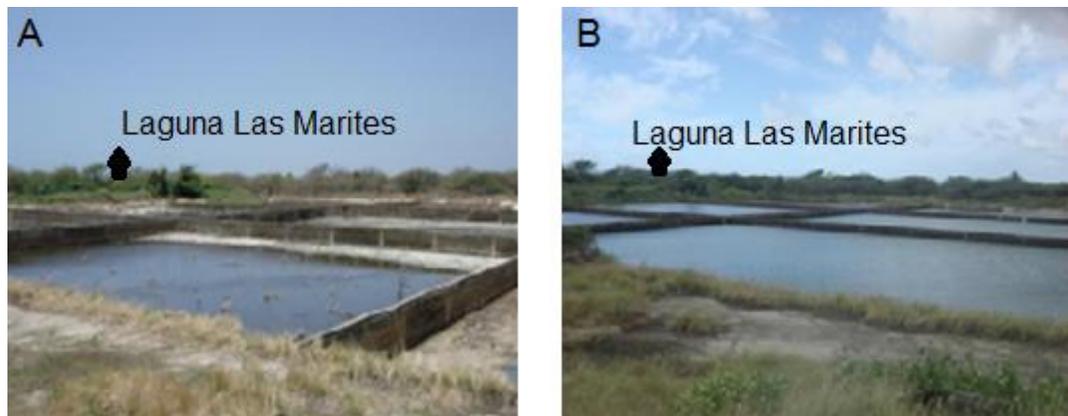


Figura N° 22. Planta de tratamiento “Valle Verde”, en temporada de sequia (A) y lluvia (B) ^[46].

➤ **Laguna de La Restinga**

El porcentaje de CO osciló entre 0,78 y 8,75%, con un valor promedio de 5,01% para el mes de abril y para septiembre oscilaron entre 1,10 y 13,80%, con un valor promedio de

5,26%. En la figura N°23 se muestra la distribución espacial de %CO. Allí puede observarse en el mes de abril que los valores más altos están ubicados en las estaciones 6(13,38%), 23(10,01%), 24(10,54%), 27(8,96%) y 37(8,79%), localizadas al noroeste de esta laguna. Mientras que los valores más bajos de concentración se registraron en las estaciones 17(3,37%), 32(1,88%) y 33(1,16%), situados en la boca principal de la laguna.

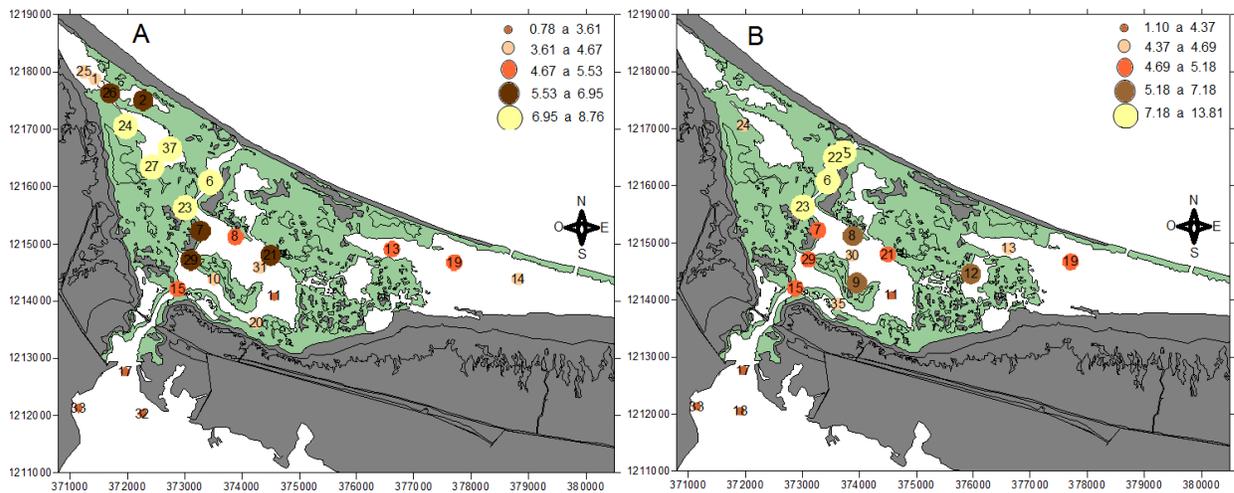


Figura N° 23. Distribución espacial de %CO en los sedimentos limo-arcilla de la laguna La Restinga en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos se registraron en las estaciones 5(13,80%), 6(8,89%), 22(8,19%) y 23(7,18%), localizadas en el canal que está rodeado por manglares. En esta zona la renovación del agua es casi nula por lo tanto inhiben la oxidación de la MO, permitiendo así su acumulación, preservación y posterior sedimentación ^[38]. En esas estaciones que coinciden también con el mes de abril, Rodríguez *et al.* (2008) reporta de manera general que los niveles de energía están caracterizados por niveles bajos en el interior de la laguna y niveles altos en la zona de entrada o comunicación al mar ^[49]. Por su parte, los valores más bajos en el mes de

Zarzosa (1974) indica que adicionalmente otro de los factores que afectan la distribución de la materia orgánica en esta laguna son las corrientes. En sectores más o menos estancados, protegidos por manglares y con una alta productividad vegetal, encontró que la materia orgánica alcanzó valores por encima del 14% ^[50]. Por su parte, en el presente trabajo la estación 5 cumple con las características mencionadas por este autor, ya que registró el mayor valor de %CO el cual estuvo alrededor de 13,80%, debido a lo antes mencionado (ver figura 25).



Figura N° 25. Balneario y muelle de desembarco en la estación 5 ^[46].

Por otra parte, Rodríguez *et al.* (2010), para esta misma estación (5) reportaron valores bajos de oxígeno disuelto, los cuales son indicativos de un posible deterioro de la calidad del agua de esta zona. Esto se confirmó aún más, debido a que en dicha zona también se registraron valores bajos de pH y altas concentraciones de los nutrientes inorgánicos disueltos. Además, reportan que en las cercanías de esta estación ocurre lo mismo que en las zonas de estudio anteriormente discutidas, es decir, existe desbordamiento de pozos sépticos de los balnearios de la playa La Restinga y de las pequeñas comunidades asentadas cerca de la laguna, que no cuentan con el sistema de red de cloacas (ver figura N°26). Así mismo, también señala que otra condición que

agrava la calidad del agua en esta zona, es la poca renovación de las aguas, prácticamente el agua está estancada [46] [49] [66].



Figura N° 26. Pozos sépticos desbordados [46].

Los resultados obtenidos para la laguna de Las Marites y La Restinga pueden compararse con otros trabajos de investigación; tal es el caso de Lanza-Espino *et al.* (2011), en donde estudiaron las concentraciones de nutrientes y proporción C:N:P en sedimentos superficiales de un complejo lagunar costero, en México; los cuales presentan altos contenidos de carbono de 6,5 a 11,42% y lo asocian a la vegetación (manglares) de la zona y a focos de contaminación como vertidos de aguas negras y escurrimientos agrícolas [65].

Por su parte, Calva *et al.* (2011), estudiaron las características texturales del sedimento y la concentración de CO en sistemas costeros al sureste del Golfo de México, reportando en una zona de arrecife 2,72% en donde predomina la fracción arena; sin embargo, en ambientes estuarinos arrojó una concentración de 8,37%, predominando la fracción fina; que asocian los valores altos a la MO derivada de la vegetación. Así mismo, consideraron la entrada de MO de origen antropogénico que llega a través de

los aportes fluviales, ya que en época de lluvia se observó una mayor concentración de CO² [34].

7.1.3 Carbono Inorgánico (CI)

Los sedimentos marinos son un reservorio de iones calcio y carbonato, sobre todo en los sedimentos de los trópicos y subtropicales, donde las temperaturas cálidas favorecen su depositación [44].

➤ Punta de Piedras

En cuanto a la distribución espacial del porcentaje de CI, este osciló entre 0,85 y 4,35%, con un promedio de 2,08% en el mes de abril y para septiembre osciló entre 0,75 y 3,01%, con un promedio de 1,48%. En la figura N°27 se muestra la distribución espacial de %CI. Puede notarse que en el mes de abril se obtuvo los valores más altos en las estaciones 20(3,21%), 21(4,35%) y 23(3,21%), ubicadas al sureste de esta localidad, al frente de la población de Las Mercedes. Mientras que los valores más bajos se registraron en las estaciones 1(0,85%) y 2(1,26%) localizadas en la boca de la laguna.

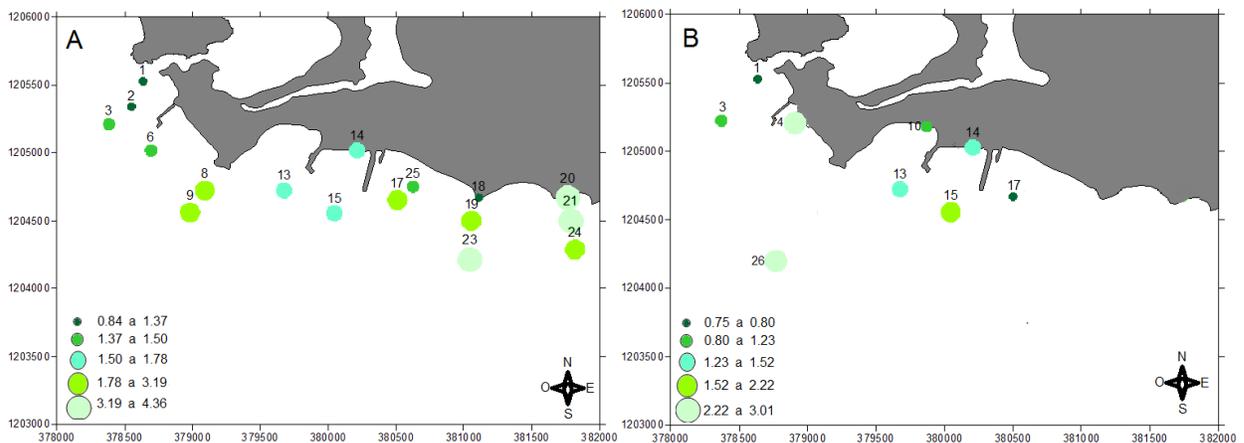


Figura N° 27. Distribución espacial de %CI en los sedimentos limo-arcilla de Punta de Piedra en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, como ya se discutió en los apartados anteriores en esta zona de estudio se contó con pocos números de muestras que coincidieran en ambos meses, razón por la cual en este caso los valores más alto de %CI se registraron en la estaciones 4(2,22%) cercano a la costa y 26(3,01%) alejado de la costa. Por su parte, los valores más bajos se reportaron en las estaciones 1(0,75%) coincidiendo con el mes de abril y 17(0,80%) localizado en las cercanías del terminal de Ferrys.

En el mes de abril, se registraron los valores más altos en las estaciones ubicadas al sureste de esta localidad, por lo que es importante señalar que en esta zona, se acumula preferencialmente los sedimentos tamaños grava, los cuales están conformados por restos de organismos calcáreos. Según Silva *et al.*, (1998), estos organismos pueden constituir una fuente importante de carbonatos a la fracción limo (figura N°28) [67]. Por su parte, Martínez (2011), señala que su acumulación en la fracción limo ocurre mediante el proceso de abrasión durante el transporte del sedimento [44].

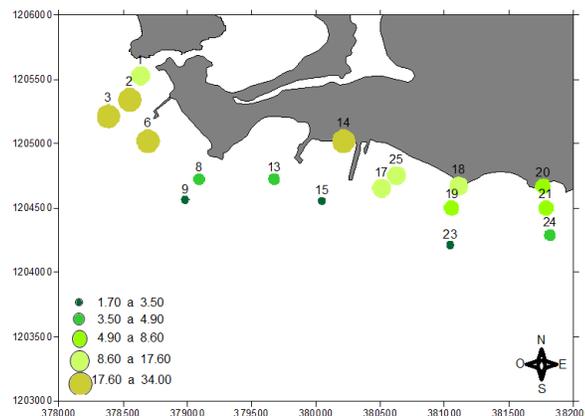


Figura N° 28. Distribución espacial granulométrica de la fracción Limo-Arcilla en Punta de Piedras en el mes de abril del 2008.

Por otra parte, en el mes de septiembre como ya se señaló, la estación 4 fue la que presentó el valor más alto de %Cl en esta zona de estudio, pero tiene una proporción similar de CO como Cl. Según Bonorino (1972), señala que el Cl puede provenir de factores biológicos, no sólo con la fijación del carbonato en los caparzones y esqueletos de distintos organismos, sino también por la acción de bacterias calcáreas que tienden de por sí a proliferar en aguas saturadas de CaCO_3 ^[68].

Estas aguas son propensas a la precipitación química, ya que al tener una proporción similar de MO, el ataque bacteriano a dicha materia genera NH_3 y por lo tanto eleva el pH alrededor de la partícula en descomposición y produce la precipitación del carbonato por consumo del CO_2 durante la fotosíntesis. Rodríguez *et al.* (2010) indicaron que en Punta de Piedras, el pH fue más alto en el mes de septiembre el cual osciló entre 8,09-8,33, en comparación con el mes de abril que estuvo alrededor de 7,86-8,13, lo cual puede deberse a la formación de NH_3 que posteriormente conduce a la precipitación del carbonato y se ve reflejado en las estaciones con los valores más altos^[46].

En cuanto al punto 26 (3,01%) de %Cl este se localiza en la zona más alejada de la costa en donde se podría decir que predomina la fracción de gravas y arenas, ya que el porcentaje de la distribución granulométrica de la fracción limo-arcilla (Figura N°29), fue bajo para esta estación.

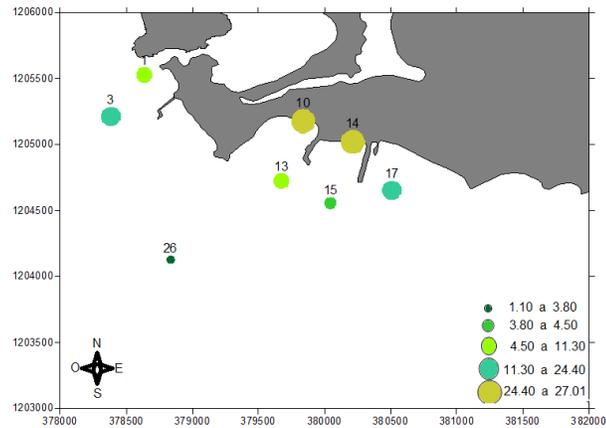


Figura N° 29. Distribución espacial granulométrica de la fracción Limo-Arcilla en Punta de Piedra en el mes de septiembre del 2008.

Por otra parte, cabe destacar que los valores de %CI son mayores en ambos meses con respecto al %CO presentados anteriormente, lo que indica que en esta zona el carbonato está controlando la concentración del carbono total, lo cual al ser una playa con un régimen energético fuerte, genera un sistema oxidativo en esta localidad, lo que impide la acumulación de CO

➤ **Bella Vista**

El porcentaje de CI osciló entre 1,29 y 8,59%, con un valor promedio de 4,83% para el mes de abril y para septiembre osciló entre 0,24 y 6,23%, con un valor promedio de 2,90%. En la figura N°30 se muestra la distribución espacial de %CI. Allí puede notarse que en el mes de abril se obtuvieron los valores más altos en las estaciones 15(6,49%), 25(6,22%) y 26(8,59%). Por su parte, los valores más bajos se registraron en las estaciones 10(1,29%), ubicados en la boca de la laguna El Morro, seguido de la estación 12(2,08%), situados en la cercanía de Marina Concorde.

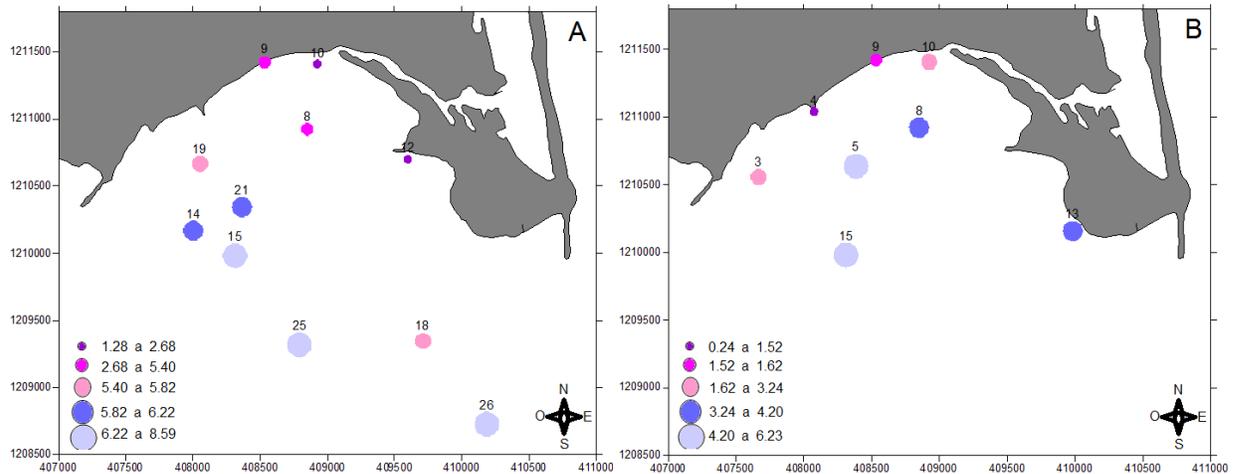


Figura N° 30. Distribución espacial de %CI en los sedimentos limo-arcilla de Bella Vista en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos en esta zona de estudio, se registraron en las estaciones 5(4,20%) y 15(6,23%). Mientras que el valor más bajo se registró en la estación 4(0,24%) cercano a la desembocadura de la quebrada de Guaraguao o Río El Valle. Las estaciones que presentan los valores más altos, en la bahía de Bella Vista en ambos meses, corresponden a la zona en donde la fracción limo-arcilla (ver figura N°31), se encuentran porcentajes bajos, por lo que se podría intuir que en dichas estaciones predomina la fracción grava y arena, las cuales se sabe que están conformadas por restos calcáreos. Por otra parte, la laguna El Morro está representada esencialmente por calizas cristalinas laminadas, las cuales se saben que está compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), que al ser erosionada por las corrientes que allí se desarrollan, están aportando carbonato al sistema.

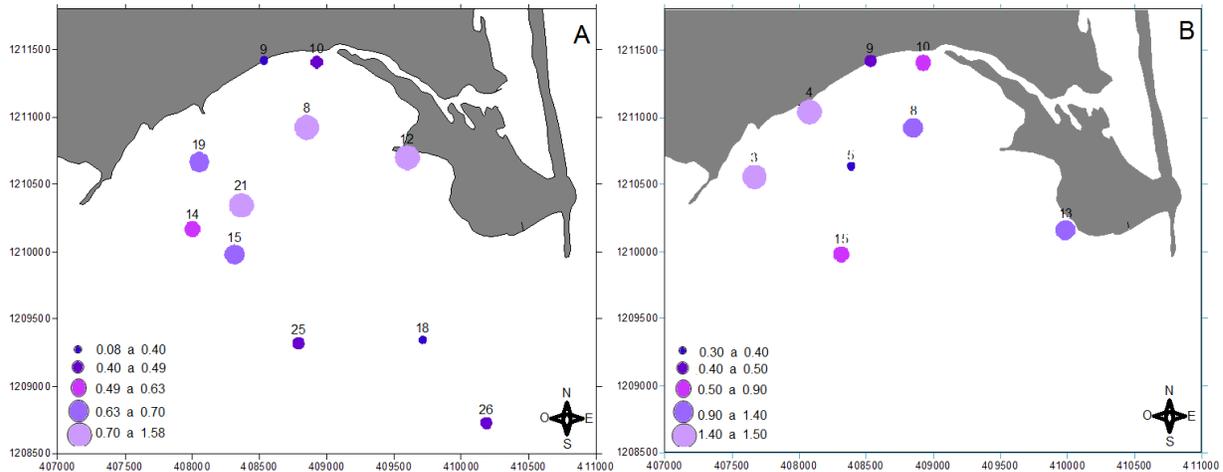


Figura N° 31. Distribución espacial granulométrica de la fracción Limo-Arcilla en Bella Vista en el mes de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

Por su parte, los valores más bajos en esta bahía se registraron en las estaciones, en donde se obtuvieron mayor %CO, por lo que se podría decir que las condiciones en dichas estaciones no favorecieron a las especies inorgánicas, ya que de acuerdo a Martínez *et al.* (2011), cuanto menor es el oxígeno disuelto en el agua, este genera un sistema reductor que no permite la oxidación de la materia orgánica ^[44]. A su vez Rodríguez *et al.* (2010), reportaron para esta bahía de Bella Vista los valores de oxígeno disuelto menores en el mes de septiembre en comparación al mes de abril ^[46].

Por otra parte, al comparar Punta de Piedra y Bella Vista, con el trabajo realizado por González (2009), en los sedimentos de fondo, depositados en el Golfete de Cuare, Estado Falcón, el cual reporta que los valores de %Cl variaron entre 0,48 – 3,32%, y concluye que el comportamiento espacial de este elemento en esa zona parece reflejar un proceso de dilución por los otros componentes de sedimentos, mayormente siliciclásticos ^[42].

Cabe destacar que los carbonatos se forman casi en su totalidad en medio marino y en ambientes costeros donde la sedimentación es mínima. Se desarrollan como arrecifes, plataformas, y rampas. A su vez se han realizado investigaciones, en la cual los sedimentos de plataforma y talud de regiones templadas presentan un porcentaje de carbonatos entre 0,05 y 1,12% (Hulth *et al.* 1997); mientras que en ambientes tropicales varía entre 1,48 y 3,68% de acuerdo a Hong *et al.* (1999). Los valores reportados se encuentran un poco por arriba de estos valores obtenidos por estos autores.

➤ **Laguna de Las Marites.**

El porcentaje de CI osciló entre 0,88 y 4,72%, con un valor promedio de 2,65% para el mes de abril y para septiembre oscilaron entre 2,07 y 5,18%, con un valor promedio de 3,87%. La figura N°32 muestra la distribución espacial de %CI en la zona estudio en ambos meses. Puede observarse que en el mes de abril los valores más altos, se registraron en las estaciones ubicadas al Oeste.

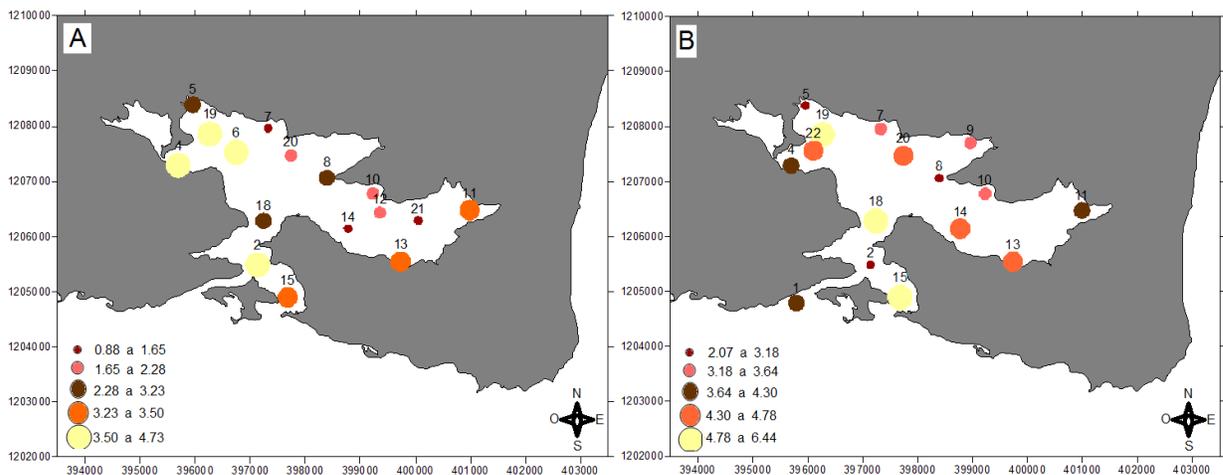


Figura N° 32. Distribución espacial de %CI en los sedimentos limo-arcilla de la laguna Las Marites en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos coincidieron con el mes de abril. A su vez las estaciones localizadas al este, también registraron valores altos que podrían asociarse a las descargas de aguas residuales provenientes de caseríos adyacentes a esta zona de estudio, que aportan tanto nutrientes inorgánicos como orgánicos ^[49].

Al observar la distribución espacial del %Cl en esta zona de estudio, en el mes de abril se registraron los valores más altos en las estaciones vecinas 4, 6 y 19 que presentan una textura de arena fina y arena arcillosa con una disipación de los porcentajes hacia los extremos de la laguna. Esto coincide con lo reportado por Rodríguez *et al.* (2010) para esta misma zona de estudio (ver figura N°33)



Figura N° 33. Distribución de la textura sedimentaria en la Laguna de Las Marites ^[46].

Por otra parte, Baptista y García (1978) señalan que la mayor concentración del %Cl en la zona oeste, vecina a la Formación Las Tejitas constituida por arcillas es de proporción variable de carbonato cálcico y de magnesio ^[69].

Otro factor que influye en la distribución espacial de carbonatos, son los vientos alisios del Atlántico que soplan en dirección este-oeste con una componente norte ^[46]. De acuerdo a Castellanos *et al.* (2002) señalan que en el primer semestre del año los vientos alisios provenientes del este son fuertes y las plumas de agua fría alcanzan su mayor área de influencia o propagación, lo que conlleva a que las temperaturas en el sur del Mar Caribe disminuyan ^[70]. Cabe destacar que este ascenso de aguas profundas, relativamente frías (21°C) están cargadas de nutrientes inorgánicos que fertilizan las aguas superiores del mar, teniendo una influencia directa con la riqueza pesquera de esta región ^[49], aunado esto la producción de corrientes marinas, las cuales causan una movilización de las conchas y generando mayor acumulación hacia algunas zonas de la laguna (ver figura N°34)



Figura N° 34. Oleaje intenso en abril- 2008 en la laguna de Las Marites ^[49].

Por el contrario, en agosto y septiembre la intensidad de los vientos cede, y la temperatura aumenta producto de los movimientos de la Zona de Convergencia Intertropical. Aunado a esto, el carbonato también, puede tener un origen biológico por

los organismos bentónicos que en sus caparazones y esqueletos contienen carbonato de calcio.

➤ Laguna de La Restinga

El porcentaje de CI osciló entre 0,38 y 4,63%, con un valor promedio de 1,78% para el mes de abril y para septiembre osciló entre 0,57 y 4,00%, con un valor promedio de 1,44%. En la figura N°35 se muestra la distribución espacial de %CI. Donde se aprecia los valores más altos en las estaciones ubicadas en el canal de desembarco, y en la entrada de la laguna con una disminución del porcentaje hacia el centro de la laguna, mientras que para los extremos este y oeste, presentaron un moderado porcentaje de concentración de carbono carbonático.

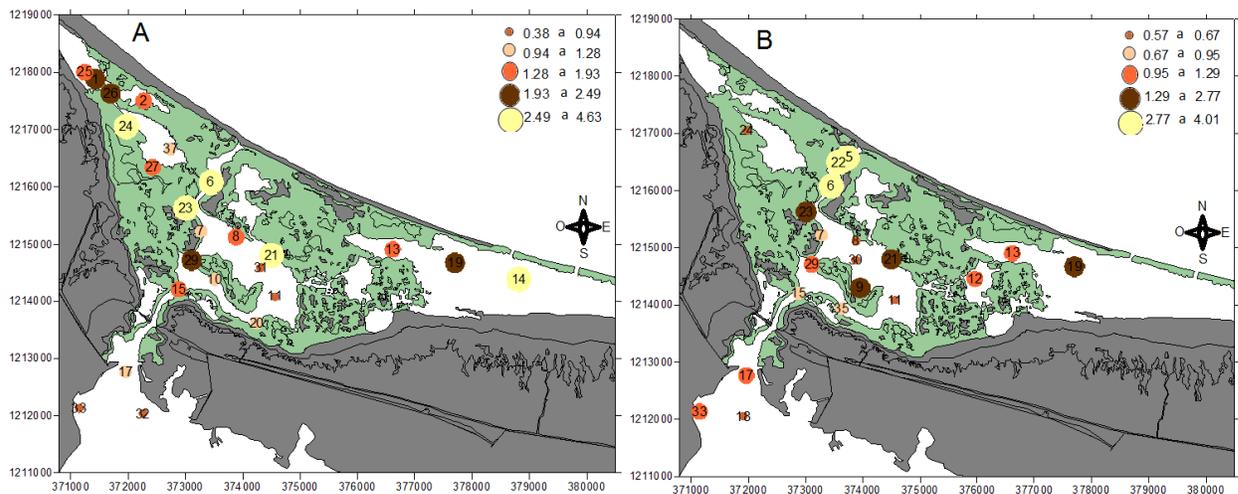


Figura N° 35. Distribución espacial de %CI en los sedimentos limo-arcilla de la laguna La Restinga en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

Salazar *et al.* (2003) y Rodríguez *et al.* (2010), determinaron para la Laguna de la Restinga una distribución geográfica de textura sedimentaria (ver figura N°36), constituida por arenas ubicadas, en la zona de la boca del canal y en la zona oeste del cuerpo principal, en comparación con los valores de arena limo-arcillosa, la cual

representa la mayor distribución en el área interna y extremo este del cuerpo principal [38] [46].

Otro trabajo de investigación en esta laguna, fue realizado por Zarzosa (1974) quien señala que las condiciones hidroquímicas existentes en la zona este son las menos favorables para el desarrollo de los organismos que en sus caparazones y esqueletos están conformados por carbonato cálcico. Mientras que en la zona de entrada a la laguna, la fuerza de las corrientes de mareas, más las generadas por las embarcaciones, erosionan las formaciones de antiguas barras de la laguna, al estar formada por sedimentos arenosos parecidos a los de la playa actual, se han desplazado en el tiempo hacia el norte por diversos factores geológicos y/o climáticos (corrientes marinas, tormentas tropicales, etc.) y su estabilidad ha estado en función de la magnitud de los cambios que allí ocurren [50].

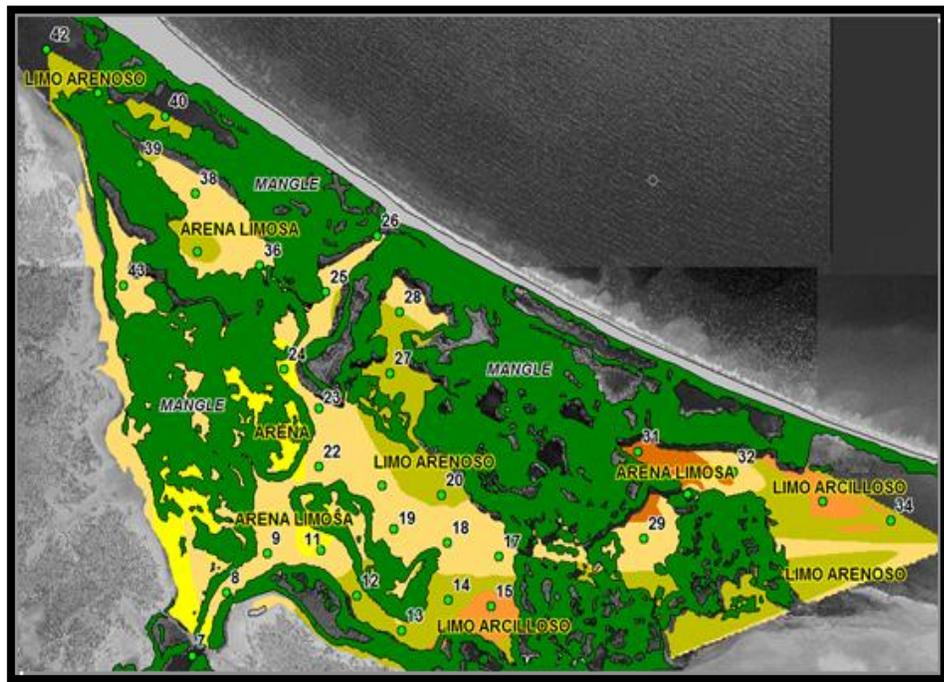


Figura N° 36. Distribución de la textura sedimentaria en la Laguna de La Restinga [46].

7.1.4 Nitrógeno Total (NT)

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las muestras de las diferentes zonas de estudio para la concentración de %NT. Este elemento es incorporado en la estructura de todas las proteínas y ácidos nucleicos cumpliendo un rol importante en los procesos metabólicos, además de ser importante al igual que el fósforo en la formación de fitoplancton y, por lo tanto, en el mantenimiento y continuidad de la cadena trófica [42].

➤ Punta de Piedras

La distribución espacial del porcentaje de NT, osciló entre 0,08 y 0,30%, con un promedio de 0,18% en el mes de abril y para septiembre osciló entre 0,12 y 0,30%, con un promedio de 0,18%. En la figura N°37 se muestra la distribución espacial de %NT. Puede notarse que en el mes de abril se registraron los valores mínimos ubicados cerca de la costa, con un aumento paulatino hacia el sur (alejado de la costa) coincidiendo con la distribución espacial de %CO.

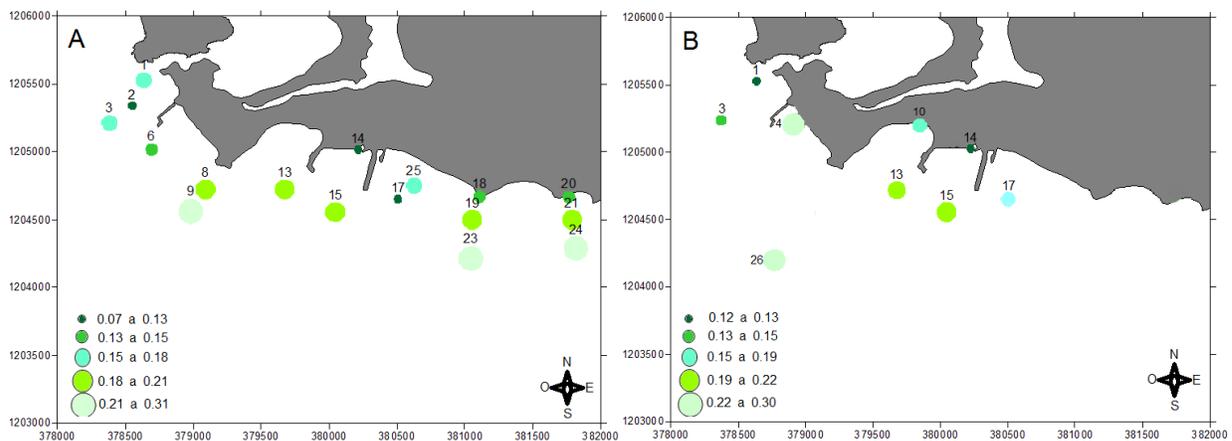


Figura N° 37. Distribución espacial de %NT en los sedimentos limo-arcilla de Punta de Piedras en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos se registraron en las estaciones 4 y 26, que están alrededor de 0,2 y 0,3%, las cuales coincidieron con las estaciones más altas de %CO.

Al comparar este comportamiento del %NT con el presentado por el %CO, tanto para el mes de abril, como en septiembre, puede notarse una misma tendencia, por lo que se infiere que existe entre estos dos elementos una correlación positiva, indicando que hay una relación entre dichos elementos presentes en los sedimentos estudiados, por lo tanto las explicaciones dadas para el %CO valen para el %NT en cada una de las muestras de sedimento tomadas en la zonas estudiadas.

➤ **Bella Vista**

El porcentaje de NT osciló entre 0,24 y 0,42%, con un valor promedio de 0,33% para el mes de abril y para septiembre osciló entre 0,15 y 0,35%, con un valor promedio de 0,25%. La figura N°38 muestra la distribución espacial de %NT. Allí puede notarse que en el mes de abril se registró el valor más alto en la estación 10(0,40%), cercano a la boca de la laguna El Morro. Por su parte, los valores más bajos se registraron en las estaciones 15(0,24%) al noroeste y 18(0,28%) al sureste.

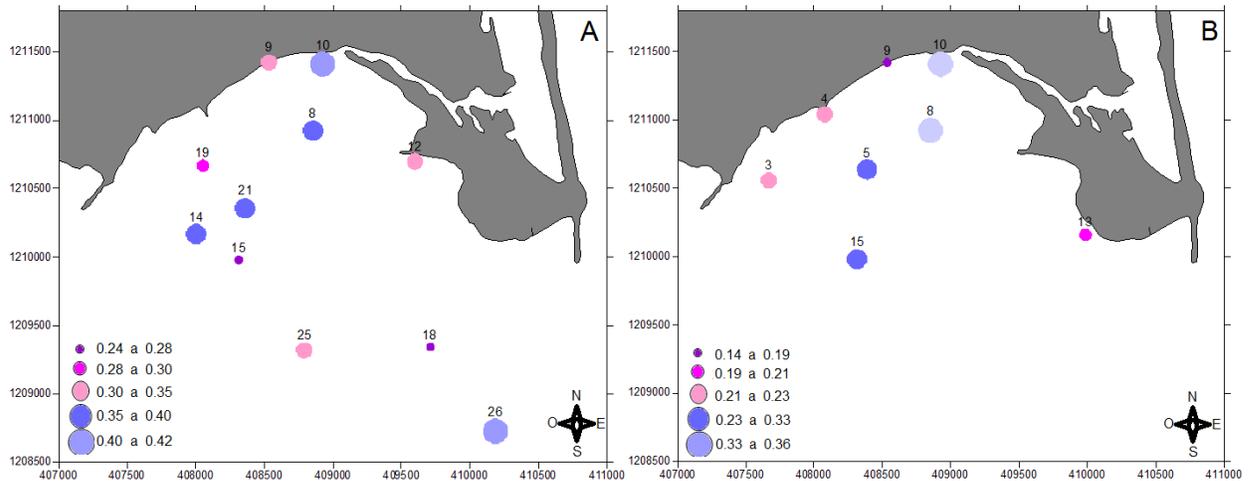


Figura N° 38. Distribución espacial de %NT en los sedimentos limo-arcilla de Bella Vista en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, puede notarse que los valores más bajos se localizaron en las zonas más cercanas a la costa, con un aumento paulatino hacia las zonas más alejados de la costa y la estación 10, que se encuentra en la boca de Laguna El Morro coincidiendo con el mes de abril. De manera general, los valores más altos en ambos meses se registraron en la boca de la Laguna El Morro, que como se explicó en la distribución espacial del %CO, esta laguna se encuentra contaminada según el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, ya que son descargadas aguas negras de las poblaciones y comercios aledaños.

Por su parte, Rodríguez *et al.* (2008) reportó que en el mes de agosto donde hay mayor afluencia de turistas en la isla, se registraron concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos más altos en comparación al mes de abril. Desde el punto de vista de la contaminación, el fósforo y el nitrógeno son los elementos más importantes, debido a que cantidades pequeñas de nitratos y fosfatos que se encuentran presentes en el medio natural, garantiza que se mantenga un crecimiento balanceado de las especies biológicas presentes ^[49]. Sin embargo, el aporte de nutrientes por medios no naturales

(especialmente aguas residuales) puede causar una alteración en este balance, provocando un incremento global de la tasa de crecimiento de los organismos presentes en el área, ocasionando un crecimiento masivo de las algas (eutrofización).

Así mismo en otra investigación en la bahía de Bohai en China realizado por Xuelu G, *et al.* (2012), el cual presentó una variación de la concentración de NT que osciló entre 0,03-0,47%, concluyendo que los valores más altos estuvieron influenciados por fuentes antrópicas donde se descargan aguas residuales ^[63].

Al comparar los resultados de %NT en la localidad de Punta de Piedras y Bella Vista con otro sistema costero de Venezuela, realizado por Martínez (2011) en los sedimentos de fondo, en la Península de Paria (0,02 y 0,58%) se tiene que son similares a los reportados en esta investigación. De igual forma a los determinados por González (2009) en los sedimentos de fondo, del Golfete de Cuare, Estado Falcón (0,07 y 0,39%), en donde concluyen que el %NT está controlado por la descomposición de la MO.

➤ **Laguna de Las Marites.**

El porcentaje de NT osciló entre 0,24 y 0,78%, con un valor promedio de 0,46% para el mes de abril y para septiembre osciló entre 0,32 y 0,65%, con un valor promedio de 0,45%. En la figura N°39 se muestra la distribución espacial de %NT en la zona de estudio en ambos meses. Puede observarse que en el mes de abril los valores más altos, se situaron en las estaciones 7(0,57%), ubicada en la cercanía de la planta de tratamiento “Valle Verde” que se encuentra clausurada, seguido de las estaciones 11(0,78%) y 21(0,62%) ubicadas en la parte este, zona más somera de la laguna, donde se aprecia gran cantidad de manglares, con respecto al resto de dicha laguna.

Por su parte, los valores más bajos de %NT se registraron en las estaciones 2(0,38%), 15(0,32%) y 5(0,24%) los dos primeros están ubicados en la boca de esta laguna, específicamente por el canal El Yaque; mientras que la estación 5 se ubica en el extremo noroeste de esta laguna.

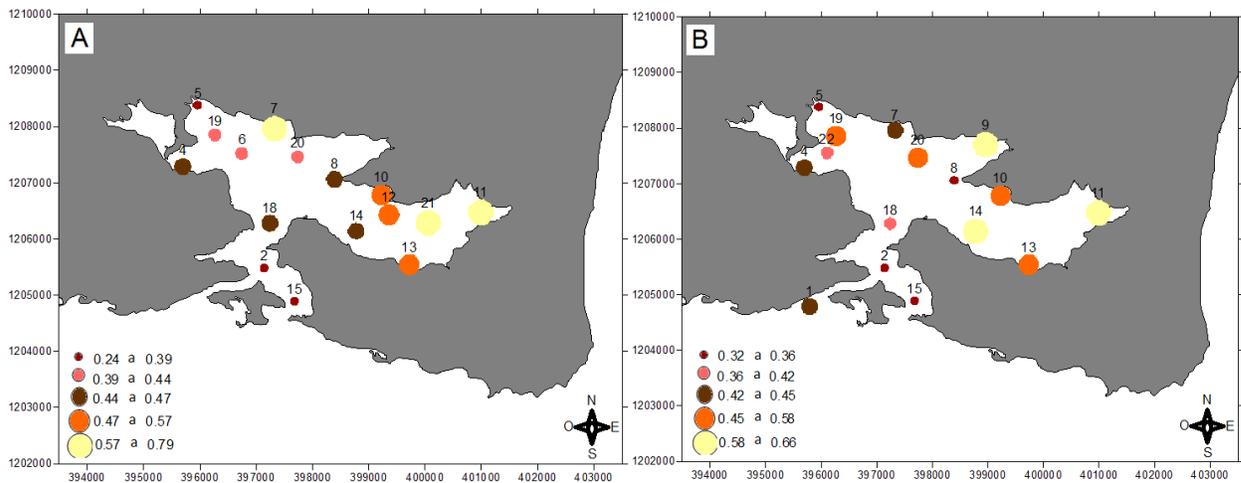


Figura N° 39. Distribución espacial de %NT en los sedimentos limo-arcilla de la laguna Las Marites en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos se registraron en las estaciones 9(0,63%) al noreste, 11(0,65%) al este y 14(0,58%) al sureste. Por su parte, los valores más bajos coinciden con las estaciones del mes anterior, además de la estación 8(0,32%).

En ambos meses, las estaciones con los valores más altos coincidieron con los reportados en la distribución espacial del %CO, por lo que podría intuirse que existe una relación entre estos dos elementos. A su vez, podría tener dos orígenes uno autóctono (producción fitoplanctónica) ó alóctono (escorrentías y aguas servidas, entre otros) que se encuentran adyacentes a estas estaciones.

Por otra parte, de acuerdo a Bonilla (1972) en el estudio de la variación de nitrógeno en muestras de agua en la laguna de Las Marites, reportó un aumento del contenido de nitrógeno orgánico del exterior de esta laguna hacia el interior con las mayores concentraciones en la zona este, lo cual coincide con esta investigación. Aunado a esto consiguió una elevada concentración de amoníaco la cual puede deberse a la MO descompuesta, que hace que el pH del agua se eleve ^[71]. Por su parte, Rodríguez *et al.*, (2008) registraron un pH para esta laguna que osciló entre 8,05 y 8,2 en el mes de abril, con un aumento en el mes de septiembre (8,06 y 8,54) lo cual pueda deberse a la MO descompuesta.

➤ **Laguna de La Restinga**

El porcentaje de NT osciló entre 0,14 y 0,99%, con un valor promedio de 0,51% para el mes de abril y para septiembre oscilaron entre 0,16 y 1,43%, con un valor promedio de 0,56%. La figura N°40 se muestra la distribución espacial de %NT. Puede observarse en el mes de abril que los valores más altos están ubicados en las estaciones 6(0,99%), 23(0,78%), 24(0,78%) y 37(0,77%), localizadas al noroeste de esta laguna. Mientras que los valores más bajos se registraron en las estaciones 17(0,26%), 32(0,14%) y 33(0,18%), situados en la boca principal de la laguna.

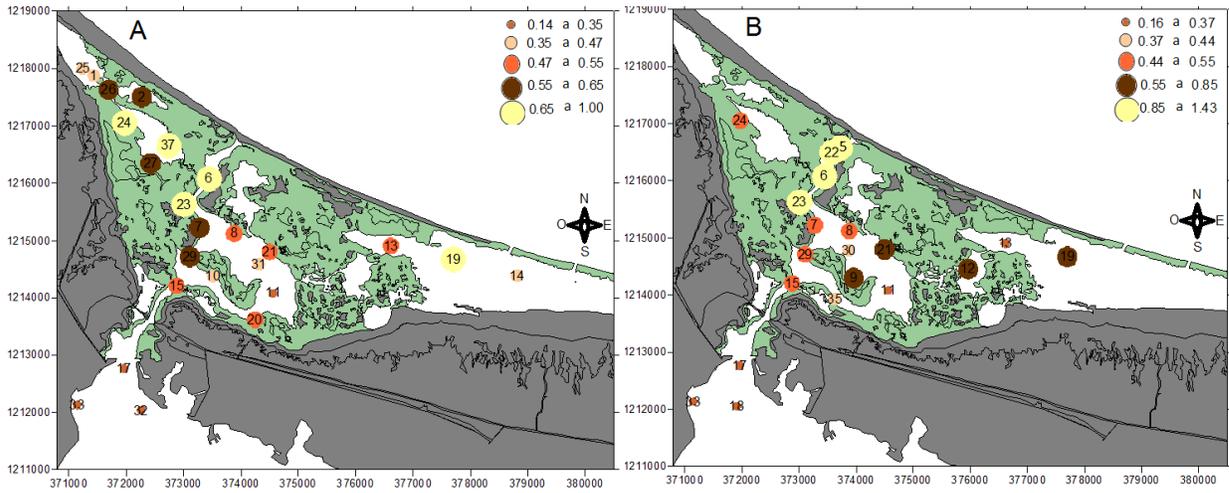


Figura N° 40. Distribución espacial de %NT en los sedimentos limo-arcilla de la laguna La Restinga en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos se registraron en la estaciones 5(1,43%), 6(0,94%), 22(0,94%) y 23(0,85%), localizadas en el canal que está rodeado por manglares donde la renovación de las aguas es casi nula. Coincidiendo ambos meses con la distribución espacial del %CO.

Se conoce que la principal fuente de nitrógeno en el fondo acuático es la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos. De acuerdo a Martínez *et al.* (2011) la materia orgánica que se acumula en forma de partículas en el fondo acuático es mineralizada por la flora microbiana con la consecuente liberación de amonio ^[44]. Esta especie puede ser retenida por las arcillas presentes en el sedimento por un proceso denominado intercambio cationico, de aquí que se pueda deducir que esta afinidad por la fracción de granos finos sea debido a la proporción de la MO presente en los minerales de limo-arcillas ^[38]. Así mismo, como se explicó en la distribución de %CO se encontró una mayor proporción de este elemento en la fracción fina del sedimento que está localizada en las zonas donde el régimen energético es bajo.

Por otra parte, al comparar los valores obtenidos en esta laguna, se obtienen que son más altos en el mes de septiembre correspondiente a la temporada de lluvia en comparación con el mes de abril que corresponde a la temporada de sequía. Según Calva *et al.* (2000) en su estudio de la distribución de carbohidratos, carbono y nitrógeno en sedimentos en 3 lagunas costeras del Golfo de México; reportaron altos valores de nitrógeno asociado a la época de lluvia, indicando que el principal aporte de la MO a los 3 sistemas lagunares provienen de entradas alóctonas y que llegan a la laguna básicamente a través de aportes fluviales; esto se ve reflejado en los resultados de Nitrógeno arrojados en la laguna de Tampamachoco 2,4%, Tamiahua 1,9% y Pueblo Viejo 1% [72].

7.1.5 Azufre Total (ST)

➤ Punta de Piedras

En cuanto a la distribución espacial del porcentaje de ST, este osciló entre 0,14 y 0,50%, con un promedio de 0,35% en el mes de abril y para septiembre osciló entre 0,20 y 0,97%, con un promedio de 0,41%. La figura N°41 se muestra la distribución espacial de %ST. Puede notarse que en ambas figuras el valor más alto se registró en la estación 26(0,97%) correspondiente al mes de septiembre, el cual se encuentra localizado al suroeste. En el mes de septiembre correspondiente a la temporada de lluvia se obtuvieron los valores más altos en comparación al mes de abril.

Por su parte, los valores más bajos corresponden a las estaciones 8(0,21%), 15(0,22%), 17(0,14%) y 13(0,20%) los tres primeros pertenecen al mes de abril y la última estación perteneciente al mes de septiembre, localizados en la cercanía de los muelles de las compañías navieras de ferrys.

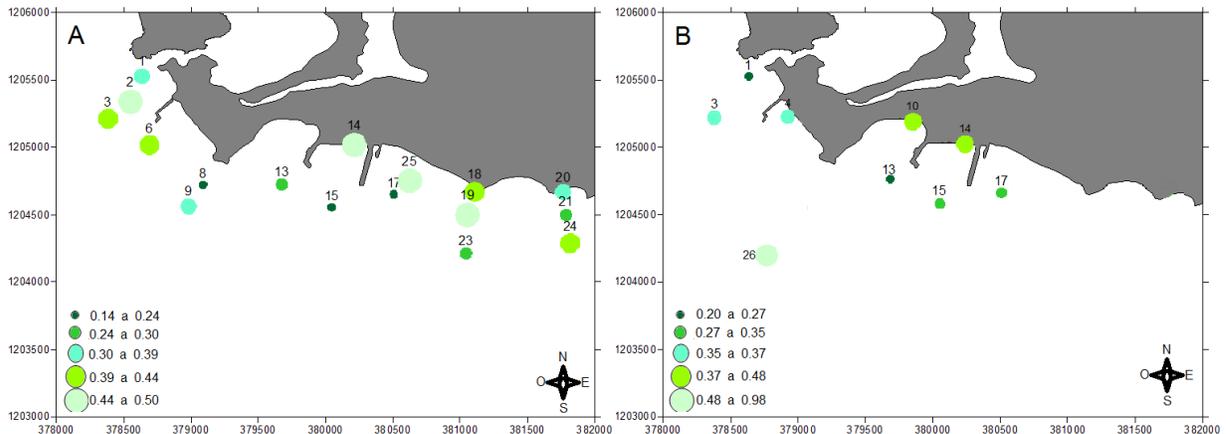


Figura N° 41. Distribución espacial de %ST en los sedimentos limo-arcilla de Punta de Piedras en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

Los valores altos de %ST registrados en esta localidad pudiesen ser indicativos del constante flujo de material degradante exógeno de origen antrópico. De acuerdo a Bonilla *et al.* (2003) en el trabajo realizado en los sedimentos de la Ensenada Grande del Obispo, Estado Sucre, el %ST osciló entre 0,14 y 1,06 %, donde señalan que el contenido de azufre es alto al compararse con otros sistemas naturales que han sido estudiados ya que en esas estaciones predominó la fracción limo-arcilla y de alto contenido de materia orgánica, que fue atribuido anteriormente a fuentes antrópicas [73].

➤ **Bella Vista**

El porcentaje de ST osciló entre 0,25 y 0,88%, con un valor promedio de 0,49% para el mes de abril y para septiembre osciló entre 0,23 y 1,18%, con un valor promedio de 0,58%. En la figura N°42 se muestra la distribución espacial de %ST, en la cual puede notarse que en el mes de abril se registraron los valores más altos en las estaciones 8(0,68%), 9(0,75%) y 10(0,88%), cercanos a la boca de la laguna El Morro. Mientras que los valores más bajos, se registraron en las estaciones 12(0,25%) en las

adyacencias de la Marina Concorde, al noreste y 25(0,28%) localizada al sur de esta localidad.

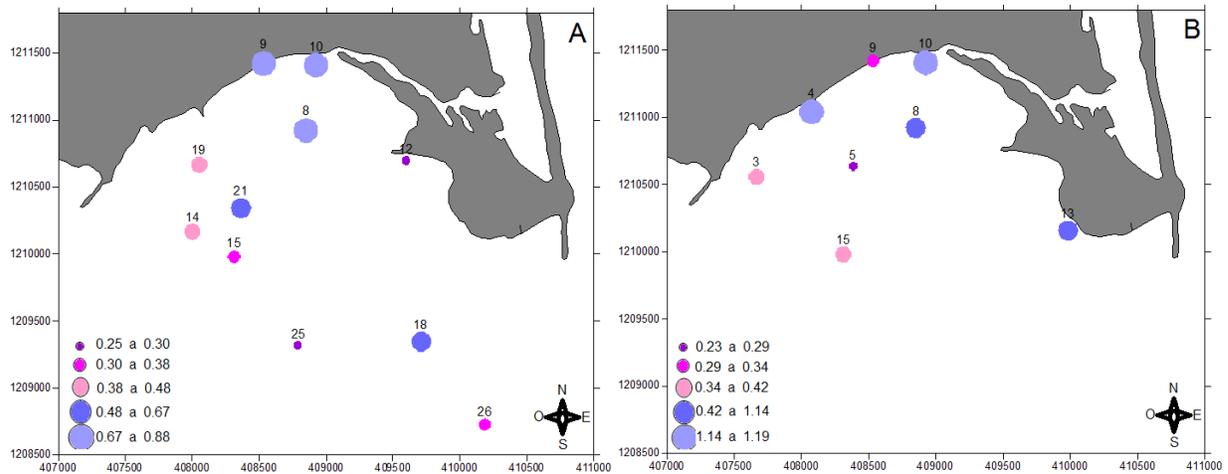


Figura N° 42. Distribución espacial de %ST en los sedimentos limo-arcilla de Bella Vista en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre los valores más altos se registraron en la estación 4(1,14%) localizadas en las cercanías del Río El Valle, seguido de la estación 10(1,18%) el cual coincide con el mes de abril. Por su parte, el valor más bajo se registró en la estación 5(0,23%) situado al noroeste de esta localidad. Las estaciones que registraron los valores más altos, en ambos meses, en esta bahía, se encuentran cercanos a focos de contaminación importantes, como se discutió anteriormente. Por lo que podría decirse que las actividades para el desarrollo del hombre además de proporcionar numerosos beneficios económicos; también genera un gran impacto sobre los ecosistemas.

Además, Lükge *et al.* (1996) y Valdés (2004), sugieren que en zonas costeras el proceso de sulfato-reducción es más intenso en las estaciones donde hay un mayor aporte de materia orgánica, las cuales son ricas en compuestos metabolizables, necesarios para este proceso ^{[74] [75]}.

Por otra parte, Zuloaga *et al.* (2002) señala que el azufre también puede ser de origen alóctono, ya que juega un papel esencial en el metabolismo de las plantas y animales; que pueden encontrarse ya sea en forma de sulfuros los cuales pueden combinarse con metales calcófilos o con el hierro y como sulfatos los cuales pueden unirse con numerosos cationes ^[37].

➤ **Laguna de Las Marites.**

El porcentaje de ST osciló entre 0,57 y 2,51%, con un valor promedio de 1,47% para el mes de abril y para septiembre osciló entre 0,35 y 2,36%, con un valor promedio de 1,27%. En la figura N°43 se muestra la distribución espacial de %ST en la zona de estudio en ambos meses.

Puede observarse que en el mes de abril los valores más altos, se situaron en las estaciones 7(2,32%), ubicada en la cercanía de la planta de tratamiento “Valle Verde” que se encuentra clausurada, seguido de las estaciones 11(2,51%) y 21(2,00%) ubicadas en la parte este (zona más somera) donde se aprecia gran cantidad de manglares, con respecto al resto de dicha laguna. Por su parte, los valores más bajos se encuentran en las estaciones 4, 5 y 19 que están alrededor de 1,00%, localizada al noroeste de esta localidad.

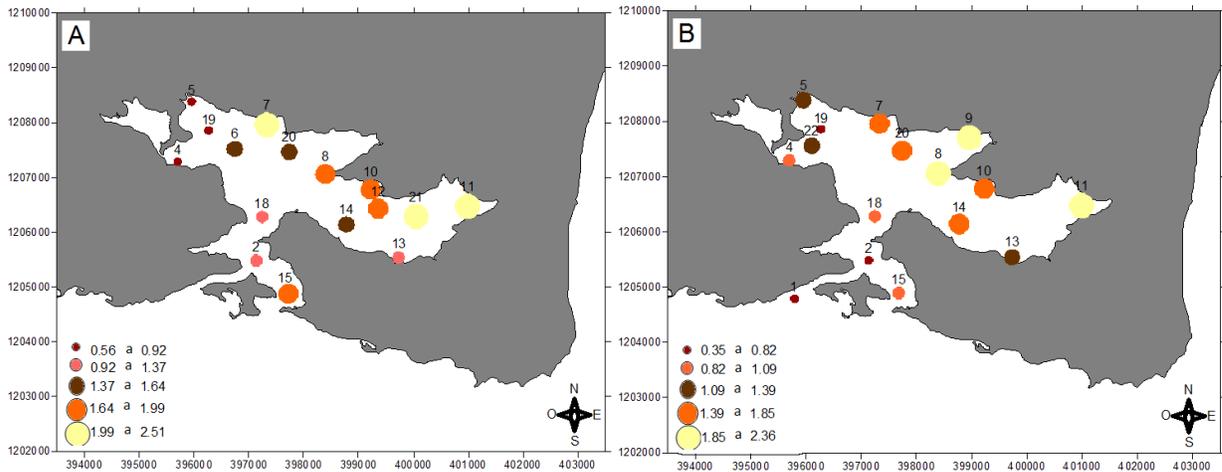


Figura N° 43. Distribución espacial de %ST en los sedimentos limo-arcilla de la laguna Las Marites en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos se registraron en las estaciones 8(1,85%), 9(2,36%) localizadas al norte de esta laguna, seguido de la estación 11(2,14%) que coincide con el mes de abril. Mientras que los valores más bajos se registraron en las estaciones 1(0,35%), 2(0,40%) localizadas en la boca de esta albufera, seguido de la estación 19(0,51%) ubicada al noroeste.

Cabe destacar que este elemento se distribuye uniformemente a lo largo de la laguna, con concentraciones significativamente más altas que Punta de Piedras y Bella Vista. Esto ocurre en las estaciones donde los valores para los otros elementos estudiados son igualmente elevados y donde se desarrollan actividades antrópicas descritas anteriormente, las cuales tienen un gran impacto dentro del sistema natural. Aunque también pudiera tener un origen autóctono generado *in situ* por los manglares y los organismos que allí habitan y que conforman el ecosistema de la laguna.

➤ Laguna de La Restinga

El porcentaje de ST osciló entre 0,33 y 2,46%, con un valor promedio de 1,70% para el mes de abril y para septiembre oscilaron entre 0,35 y 2,09%, con un valor promedio de 1,57%. La figura N°44 se muestra la distribución espacial de %ST. En ella puede observarse en el mes de abril que los valores más altos están ubicados en las estaciones 2, 24 y 37 (noroeste), seguido de las estaciones 7 y 21 (centro), las cuales están alrededor de 2,00%. Por su parte, los valores más bajos se encuentran en la boca de esta laguna.

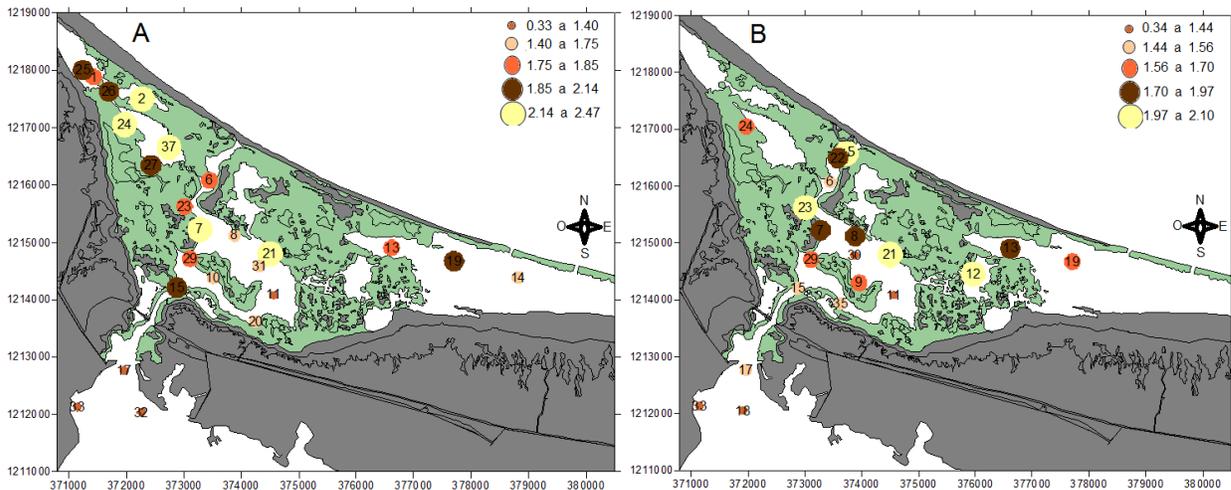


Figura N° 44. Distribución espacial de %ST en los sedimentos limo-arcilla de la laguna La Restinga en los meses de abril (A) y septiembre (B) del 2008.

En cuanto al mes de septiembre, los valores más altos se registraron en las estaciones 23, 21 (centro), 12 (este) y 5 (noroeste) alrededor de 2,00%. Por su parte, los valores más bajos coincidieron con el mes de abril.

Cabe destacar que en los fondos lacustres donde la circulación es limitada, se puede producir la reducción del ion sulfato a sulfuro, que se fija en forma de pirita (FeS_2) ya

que el poder reductor del medio está determinado por la ausencia de oxígeno y la presencia de materia orgánica en descomposición bacteriana anaeróbica, cuya oxidación exige la reducción de los iones S^{6+} a S^{2-} y Fe^{3+} a Fe^{2+} [61]. Por lo que se podría intuir que esto ocurre en las zonas donde el recambio de agua en La Restinga es casi nulo. Otro proceso que pudiera estar ocurriendo es que se esté formando sulfuro de hidrogeno (H_2S), por la descomposición de la MO [61].

7.1.6. Relaciones entre CO y NT

El CO y NT se encuentran relacionados entre sí, sobre todo en la producción primaria, donde los procesos fotosintéticos dan origen a la MO presente en el medio marino; ya sean mayoritarios o minoritarios, limitantes o no estos elementos son de vital importancia para la mayoría de los procesos que se dan en el medio marino [44].

Es por ello que se ha utilizado la relación C/N con el fin de estimar el tipo y procedencia de la MO presente en el sedimento, es importante destacar que se tiene diferentes razonamientos acerca de dicha relación ya que se han estudiado en diferentes ambientes y condiciones, para establecer valores estándares indicativos de estas proporciones [42]. La relación de C/N de las zonas de estudios se encuentra en el apéndice C.

A continuación en la figura N°45, puede notarse que existe una relación entre el contenido de CO y NT en Punta de Piedras tanto en el mes de abril como en septiembre. Según Martínez *et al.* (2011) mientras mayor es el contenido de CO en el sedimento, mayor será el contenido de NT.

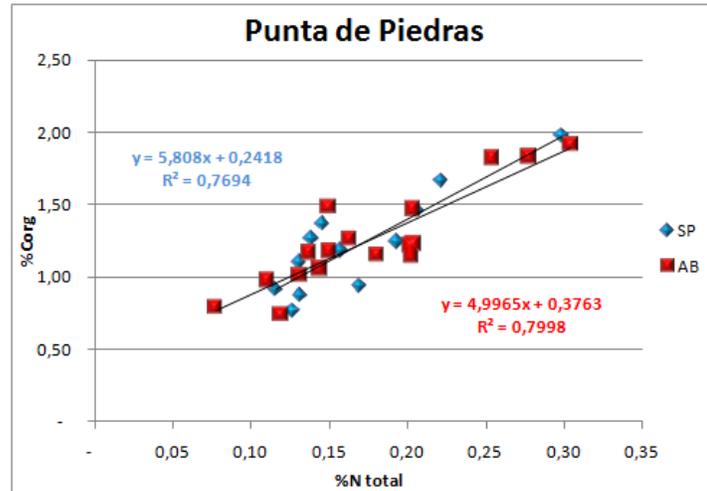


Figura N° 45. Relación de %CO y %NT en la fracción limo- arcilla en sedimentos de fondo de Punta de Piedras en los meses abril y septiembre del 2008.

El nitrógeno presente en los sedimentos de esta zona de estudio pudiera inferirse que está asociado a la materia orgánica contenida en los mismos. De acuerdo a lo que puede observarse en la figura N°45, tanto el %CO como el %NT presentan una relación entre sí, en los meses de abril y septiembre. El cual se confirma con la correlación lineal entre %CO y %NT que fue buena en ambos periodos, el (R^2) obtenido en el mes de abril se registró en 0,80 y en el mes de septiembre fue 0,77.

Sin embargo, las estaciones 9, 23 y 24 en el mes de abril, seguido de la estación 26 en el mes de septiembre, se separan del resto de las muestras. Cabe mencionar que dichas estaciones se encuentran cercanas a la planta de tratamiento “Las Mercedes”, que aporta MO, rica en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales al sistema.

Por otra parte, la MO en el sedimento puede tener dos orígenes: autóctono y alóctono, el primero es procedente del fitoplacton y el otro de plantas terrestres. La relación C/N permite distinguir el origen de la MO presente en el sedimento. Sin embargo no existe un único criterio para establecer dicho origen, ya que existen diversos rangos de esta

relación propuestos por diferentes autores y cada uno propone motivos diferentes para estos ^[42].

De manera general la relación C/N para las muestras analizadas en la zona de estudio de Punta de Piedras, registró un promedio de 7,39; donde la razón C/N osciló entre 5,66 que representa la estación 8 localizada al noroeste y la estación 10,27 que es la estación 14 ubicada en las inmediaciones del terminal de Ferrys, para el mes de abril. Por su parte, en el mes de septiembre se registró un promedio de 7,11 y la razón C/N osciló entre 6,08 y 8,94 que representan las estaciones 1 y 3, respectivamente, localizadas al noroeste.

Los valores obtenidos para la razón C/N son similares a los reportados por Zhou *et al.* (2006) quienes obtuvieron una relación C/N entre 6 y 11 en los sedimentos superficiales en el estuario de Yangtzé en China ^[33]. De igual forma los resultados obtenidos por Montalvo (2006) coinciden con los valores reportados por Zhou *et al.* (2006) Por lo tanto de acuerdo con las interpretaciones realizadas por estos autores, la materia orgánica de los sedimentos estudiados en Punta de Piedras, es de origen autóctona provocada por la producción primaria.

En otra investigación, González (2009), señala que se han establecidos valores de la relación C/N para los diferentes tipos de materia orgánica: 1) MO del fitoplancton situado generalmente por debajo de 10 y 12. 2) MO de plantas superiores generalmente superior a 20. 3) mezcla de los dos anteriores entre 10 y 20.

Sin embargo, estudios realizados sobre el crecimiento de algas bajo diversas condiciones de limitación de nutrientes, sugieren que podría ser errónea esta interpretación, particularmente cuando existen restricciones en la disponibilidad de N.

Hecky *et al.* (1993) plantea nuevos intervalos en función de la limitación de N, como se muestra a continuación: a) $C/N < 8,3$; cuando existe un crecimiento algal en un intervalo donde el N no es un limitante fisiológico. b) $8,3 < C/N < 14,6$; indica un grado moderado de N. c) $C/N > 14,6$; indica una limitación importante de N.

Estos rangos definidos en función de la limitación de N, cuestionan el significado y los intervalos propuestos en la clasificación convencional antes descrita, y de acuerdo a ello en la mayoría de las muestras analizadas el N no sería un factor limitante. Pero en algunas estaciones, donde la razón supera a 8,3 hay un grado moderado de nitrógeno, tal como lo son las estaciones 1 y 2, localizadas en la boca de laguna de Punta de Piedras y la estación 18, localizada en las adyacencias del centro poblado Las Mercedes, en el mes de abril. En cuanto al mes de septiembre coinciden las estaciones 1 y 4 que se localizan cercano a la costa.

Por otra parte, en Bella Vista de acuerdo a Hecky *et al.* (1993) puede decirse que hay una cantidad moderada de N. El promedio de la razón de C/N fue 6,9 en abril y osciló entre 6,38 y 8,87 registrándose el valor más alto en la cercanía de la boca de la laguna El Morro. Por su parte en septiembre el promedio de esta relación fue 8,5 y varió entre 6,56 y 11,40, registrándose el valor más alto en la desembocadura de la quebrada de Guaraguao. Al ser comparada con la bahía de Bohai en China, en donde los autores obtuvieron una variación entre 10,8 a 42,6 indicando que en esa zona tiene unas fuentes antrópica importantes con un gran impacto dentro del sistema, que hace la relación C/N aumente. Sin embargo, de acuerdo a lo reportado en la literatura, una razón C/N alrededor de 6,7 es originada por el fitoplancton y mientras que el origen por plantas terrestre esta alrededor de 10.

Puede decirse que la relación C/N obtenida para Bella Vista, donde se encuentra la boca de la laguna El Morro y la desembocadura de la quebrada de Guaraguao o Río el Valle están influenciadas por aportes antropogénicos, que puede alterar las relaciones

C/N de la materia orgánica de origen natural que presenta esta zona de estudio. Debido a que se observaron valores más altos, en comparación al centro de dicha bahía que tiene un origen marino.

En otra investigación, Yamamuro (2000), señala que elevados valores (mayor a 12) de la razón C/N son típicos de sedimentos marinos que reciben contribuciones sustanciales de materia orgánica cuyo origen son las plantas vasculares y no el fitoplancton ^[76].

Por otra parte, la relación entre el CO y NT, puede observarse en la figura N°46, donde se registra un coeficiente de correlación lineal (R^2) de 0,86 confirmándose que el comportamiento de ambas especies es básicamente el mismo. En cuanto al mes de septiembre arrojó un R^2 de 0,68. Es importante destacar que en el mes de septiembre no se presentó buena correlación entre ambos elementos.

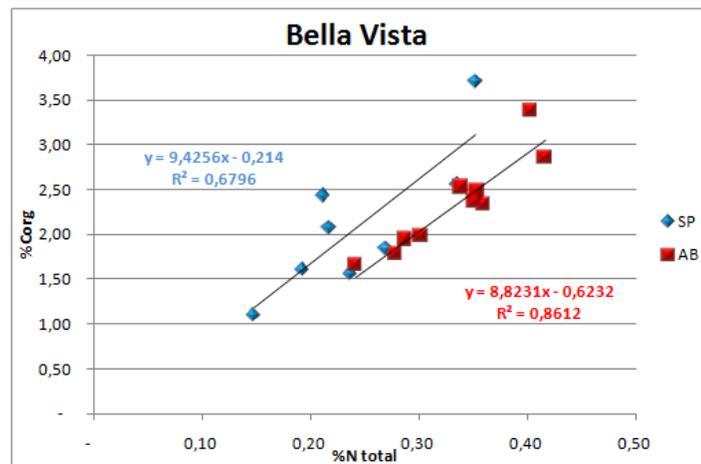


Figura N° 46. Relación de CO y NT en la fracción limo- arcilla en sedimentos de fondo de Bella Vista en los meses de Abril y Septiembre de 2008.

Al observar las estaciones en el mes de abril, se tiene un mayor contenido de nitrógeno que de carbono orgánico, lo cual pueda deberse a las descargas del Río El Valle que está localizado al oeste de esta bahía, que además atraviesa la mayor parte del Municipio Mariño y en su travesía son descargadas aguas de limpieza provenientes de caseríos y comercios adyacentes. Según Tappin (2002) los detergentes, y material de limpieza como también productos ganaderos contienen compuestos nitrogenados que terminan depositándose en mares, cuencas o ríos. En la bahía de Bella Vista también cuenta con numerosos hoteles que se encuentran en gran parte de las costas, en los cuales son utilizados variados detergentes que pudieran contener compuestos nitrogenados ^[77].

En cuanto al mes de septiembre, correspondiente a la temporada de lluvia, se aprecia mayor contenido de carbono orgánico que de nitrógeno, lo cual pudiera estar siendo influenciada por las descargas de aguas negras en el interior de la laguna El Morro que se encuentra en la zona este de Bella Vista. Aunque cabe destacar que en el mes de abril, también son descargadas aguas residuales en el interior de dicha laguna, sin embargo, corresponde a la temporada de sequía, razón por la cual se podría intuir que entra menor cantidad de aguas negras en esta zona, que estaría aportando materia orgánica a dicha bahía.

Por otra parte, las lagunas costeras, son ecosistemas diferentes debido a que cuentan con manglares que tienen un aporte importante de MO, aunado a esto el nivel energético de esta zona son menores ya que dicho manglares sirven como cinturones que retienen el viento que proviene de diferentes zonas de acuerdo a la estación del año ^[38]. El viento es otro factor determinante ya que proporciona el intercambio del agua del mar con el interior de las lagunas, por lo tanto estas condiciones permiten la acumulación y preservación de dicha materia debido a que se convierten en espacios reductores, donde el oxígeno disuelto es bajo. Aunque también podría tener un origen alóctono de acuerdo a las actividades provocadas por el hombre.

Al observar la figura N°47, pareciera no haber una correlación positiva entre las estaciones en el mes de septiembre, en comparación con el mes de abril, lo cual se ve reflejado en las correlaciones lineales.

Para el mes de abril se registró un R^2 de 0,74 obteniendo 3 estaciones separados del conglomerado, como lo son las estaciones 7, 11 y 21, estos últimos puntos se encuentran ubicados en la zona este, que presenta una perturbación, ya sea por la gran acumulación de manglares o por las descargas de aguas negras de la población El Silguero. Por su parte, la estación 7 se encuentra al noroeste de la laguna en las cercanías de la planta de tratamiento El Valle.

En cuanto al mes de septiembre el R^2 fue 0,50 no presentaron una óptima correlación lineal, cabe señalar que el mes de septiembre corresponde a la temporada de lluvia por lo que podría señalarse que entra al sistema mayor flujo de agua y por lo tanto hay una mayor movilización del material particulado en suspensión, razón por la cual se presume que la MO está siendo arrastrada a otras estaciones.

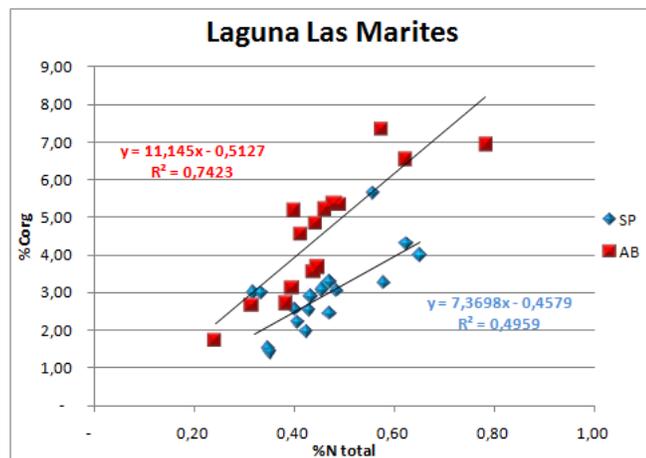


Figura N° 47. Relación de CO y NT en la fracción limo- arcilla en sedimentos de fondo de la Laguna Las Marites en los meses de Abril y Septiembre de 2008.

Por otra parte, la razón C/N, en Las Marites registró los valores más altos en las estaciones localizadas adyacentes a las plantas de tratamiento, obteniendo un valor promedio de la razón C/N para el mes de septiembre fue 6,34 y osciló entre 3,93 y 10,03, En cuanto al mes de abril se tiene un promedio de la razón C/N de 9,88 y osciló entre 7,09 y 12,74; en donde los valores más altos se ubican en las zonas este donde se encuentran numerosos manglares y en las adyacencias de las plantas de tratamiento.

Puede distinguirse la existencia de distintas fuentes de material orgánica, de acuerdo a lo establecido por diversos autores, una autóctona producida ya sea por algas o por los manglares que quizás sean ricos en carbono y nitrógeno ubicado preferentemente en la zona este en donde hay mayor número de manglares y en los alrededores de la morfología de dicha laguna ya que la razón C/N en esas zonas fue menor a 10.

También existe otra fuente de MO como la alóctona de tipo terrígena no tan rica en carbono y con menor contenido de nitrógeno, las cuales los valores más altos se encuentran en las adyacencias de la planta de tratamiento, ya que la razón C/N en esa zona fue mayor a 10, razón por la cual se pone en duda la eficiencia del tratamiento de agua servidas de esta planta que todavía presta servicio para los poblados vecinos y pone de manifiesto la importancia de una correcta clausura de planta de tratamiento Valle Verde que desde el 2007 no presta servicios, pero que las aguas que todavía están siendo trasladadas a dicha planta siguen su cauce hasta la laguna.

De acuerdo a Martínez *et al.* (2011) establecen que los sedimentos que reciben material detrítico aportada por los manglares se caracterizan por tener un alto contenido de carbono orgánico (aportado por la celulosa) y bajo contenido de nitrógeno, con elevados valores de las relaciones C:N. Aunque un aumento del CO pudiera tener un origen alóctono, que en épocas de lluvias aumenta, cuando el material es transportado hacia el interior de las lagunas ^[44].

Por su parte, Lanza *et al.* (2011) en el estudio de un complejo lagunar en México donde estudiaron las concentración de nutrientes y la proporción C:N:P en sedimentos superficiales; obtuvieron una variación de la razón C/N entre 6 y 19, en la que encontraron que cerca de las desembocaduras de los ríos hubo un mayor enriquecimiento de carbono por encima del nitrógeno ^[78]. Sin embargo en las zonas donde se encontró gran número de manglares tenían un alto contenido de carbono y de nitrógeno en donde la MO se preserva. Por otra parte, en las estaciones que la razón C/N fue mayor a 10 se situaron cercanos a zonas urbanas, e industriales.

En cambio en la laguna de La Restinga los manglares ocupan la mayoría del territorio a excepción de los extremos oriental y occidental. En la figura N°48, puede observarse que dicha laguna muestra una perfecta tendencia lineal. Lo que podría indicar que el nitrógeno esté asociado a la materia orgánica producida por la vegetación de esta zona. En ambos periodos se obtuvo una buena correlación lineal, que se confirma con los valores de R^2 que para el mes de abril fue de 0,92 y para el mes de septiembre fue de 0,96.

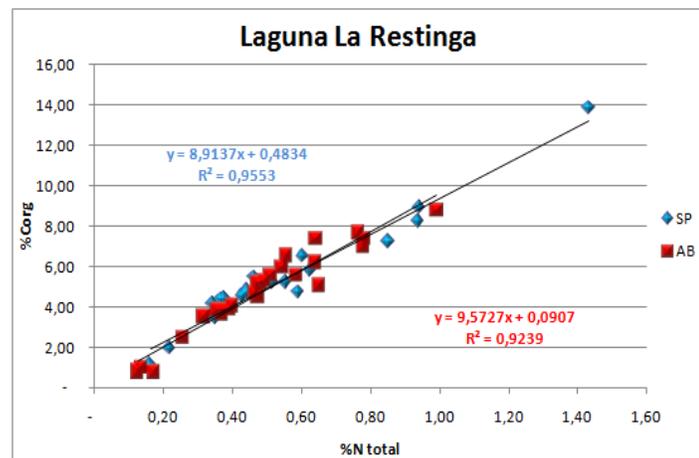


Figura N° 48. Relación de CO y NT en la fracción limo- arcilla en sedimentos de fondo de la Laguna La Restinga en los meses de Abril y Septiembre de 2008.

En líneas generales, dependiendo del autor y su criterio, los valores se encuentran dentro de los rangos aceptados y reportados en la literatura, ya que en abril se obtuvo un promedio de la razón C/N de 9,52 donde sus valores oscilaron entre 4,46 y 11,60. En cuanto al mes de septiembre se obtuvo un promedio de la razón C/N de 9,90 con valores que oscilaron entre 6,77 y 12,09. Estos valores pueden indicar de acuerdo a Ogrinc *et al.* (2008) que la MO es de origen mixto, es decir originadas por fitoplancton o plantas terrestres ^[27].

7) CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y de las discusiones realizadas, conlleva a las siguientes conclusiones.

- La concentración del CT en Punta de Piedras y en Bella Vista es el resultado de la disolución de restos carbonáticos derivados de organismos bentónicos y de la materia orgánica acumulada en las zonas costeras, probablemente asociado a la localización de poblaciones aledañas y descargas de aguas negras a las playas.
- En Punta de Piedras y Bella Vista se observó un aumento paulatino del CT desde la costa hacia zonas más alejadas de esta, debido a los procesos oceanográficos y la corriente marinas.
- En la laguna de La Restinga, las estaciones que registraron los valores más altos de CT se encontraron en zonas donde el recambio de agua es nulo, siendo superiores a los reportados para la laguna de Las Marites, la cual presentó los valores más altos en las estaciones localizadas hacia el este (zona somera) y en las cercanías de las plantas de tratamientos.
- El %CO en Punta de Piedras en ambos meses fue inferior a 2% presentando los valores más altos en el mes de abril en las adyacencias de la planta de tratamiento “Las Mercedes” y en septiembre en las estaciones 4 y 26. En cuanto a Bella Vista los valores del %CO fue inferior a 4%, registrándose en ambos meses los valores más elevados en la cercanía de la boca de la laguna El Morro. En ambas localidades el CO pudiera estar siendo influenciado por aportes antropogénicos y/o la MO estar siendo trasladada por las corrientes y depositados en sectores donde las aguas tienen menor régimen energético.

- Los altos valores de CO en La Restinga son aportados por la alta productividad de la vegetación de la zona y del material particulado, producto de la excreción del plancton y niveles tróficos superiores como aves y peces que una vez degradado sedimentan desde la columna de agua.
- En Las Marites los valores más altos del %CO se registraron en la zona este para ambos periodos, en donde se aprecia mayor número de manglares. De igual forma presenta aporte por fuentes antrópicas por la planta de tratamiento de Valle Verde, ya que en las adyacencias se registraron valores altos de este elemento.
- El comportamiento del %CI en las diferentes zonas de estudio, presentaron valores dentro del rango señalado, por otros autores; en donde predomina la fracción gravas y arenas, formadas por restos de organismos calcáreos que pueden constituir una fuente adicional de carbonatos a las fracciones limo y arcilla debido a procesos abrasivos en el sedimento.
- La concentración de CI en Bella Vista fue superior al reportado para todas las zonas de estudio, ya que en esta bahía se encuentra la boca de la laguna El Morro, que de acuerdo a investigaciones está representada esencialmente por calizas, la cual aporta carbonato de calcio al sistema.
- El %NT en todas las zonas de estudios registró los valores más altos en las estaciones que coincidieron con los %CO más elevados; esta similitud es debida a que el %NT está controlado por la materia orgánica.
- La razón C/N distinguen claramente diferentes aportes de MO, de tipo marina para la playa y para la bahía, a excepción de las estaciones cercanas a El Morro y quebrada de Guaraguao que son de origen antrópicas. Por su parte, en las lagunas hay una mezcla de origen autóctono y aloctono, además de la influencia

de las plantas de tratamiento en mal funcionamiento y los pozos sépticos que se encuentran en centros poblados cercanos.

- En Punta de Piedras y en Bella Vista los valores más elevados del %ST, están siendo controlados por el porcentaje de CO.

8) RECOMENDACIONES

- Estudiar la distribución espacial de P en las muestras analizadas, con la finalidad de obtener la relación C/P y la razón N/P, ya que indica el efecto de la MO sobre la disponibilidad de fosforo.

- Realizar un estudio de C, N y S de los sólidos suspendidos en las diferentes zonas de estudio con la finalidad de estudiar la posible asociación entre las partículas más finas del sedimento y la concentración de la materia orgánica.

- Realizar una caracterización de la MO presente en estos sedimentos marinos superficiales, utilizando sustancias húmicas, la fracción saturadas, para así determinar composición y tipo de materia orgánica y estimar condiciones fisicoquímicas del ambiente de depositación en las diferentes áreas de estudio.

10) BIBLIOGRAFIA

- [1] Usero J., Morillo J. y Gracias I., (2005). Heavy Metal Concentrations in Molluscs from the Atlantic Coast of Southern Spain, *Chemosphere*, 59, 1175-1181.
- [2] Ambientes Naturales. <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/VIJornadas/A7.pdf>. [Revisado: noviembre, 2012]
- [3] Martínez, G. (2002). Metales Pesados en Sedimentos Superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. Instituto de Oceanografía de Venezuela, Universidad de Oriente 41,83-96.
- [4] González, A. y Martínez, G. (2010) Fraccionamiento Geoquímico de fósforo en sedimentos superficiales de la periferia de la Cuenca de Cariaco, Venezuela. Trabajo de grado. Universidad de Oriente.
- [5] Ministerio del Poder Popular para el ambiente. <http://www.minamb.gob.ve>. [Revisado: noviembre, 2012]
- [6] González, L., Euan, J., Eslava., N y Suniaga, J. (2006). La pesca de sardina, *Sardinella Aurita* asociada con la variabilidad ambiental del ecosistema de surgencia costera de Nueva Esparta. Venezuela. *Revista de biología tropical*, Universidad de Costa Rica. pp. 279-286.
- [7] Tissot, B. y Welte, D. 1984. *Petroleum formation and occurrence*. Springer-Verlag. Berlin. Pp 679.
- [8] Demaison, G.; Moore, G. 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 64: 1179-1209.
- [9] Bonilla, J. y Lin, A. 1979. Materia Orgánica en los Sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanografico. Venezuela. Universidad de Oriente*, 18 (2): 37-52.
- [10] Chester R. 2000. *Marine Geochemistry*. Blackwell Science, Londres. pp. 341–441.
- [11] Importancia de los océanos. <http://www.oceaninfopack.worldoceannetwork.org/> [Revisado: noviembre, 2012]
- [12] Méndez, J. (2006): *Petrología*. Instituto de Ciencias de la Tierra. Facultad de ciencias, Universidad Central de Venezuela, Editorial PDVSA-INTEVEP Caracas. pp.363

- [13] Tarbuck E y Lutgens F., (2000), Ciencias de la Tierra, sexta edición, editorial Prentice Hall, España. pp. 540
- [14] Davies J. (1980) Geographical variations in coastal development. 2nd Ed. Longman. London. 212 p y Leeder M R (1991) Sedimentolgy: process and product. Harper Collins Academic. Londres. pp. 250.
- [15] Brownlow A H (1996) Geochemistry. 2nd Ed. Upper Sattle River. Prentice-Hall. U.S.A. pp. 580.
- [16] Tarbuck, E.J y Lutgens, F.K (2005). Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física. Octava edición. editorial Pearson Hall. pp 686
- [17] González, C. J. (1984). Sedimentación en costas siliciclasticas, deltas y mares someros. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. Ciclo de seminarios de sedimentología. I. G. M. E. VOL.1. pp. 193.
- [18] Ministerio del medio ambiente y recursos naturales (2009). Introducción a los Procesos Costeros. Servicio de oceanografía nacional. pp. 15.
- [19] Eugene, P., y Gary, B. (2006). Fundamentos de ecología. 5ª ed. pp. 598.
- [20] Castells, X., y Cadavid, C. (2005). Tratamiento y valorización energética de residuos. Editado por la Fundación Universitaria Iberoamericana. Publicado por ediciones Díaz de Santos. 1128 p.
- [21] Schlesinger, W. (2000). Biogeoquímica, un análisis del cambio global. Primera edición. Editorial Ariel. Barcelona. 554 p.
- [22] Flores, R., Herrera, L., Hernández, V. (2006). Ecología y medio ambiente. Internacional Thomson Editores. 169 p.
- [23] Rankama, K. y Sahama, T. (1954). Geoquímica. Tercera edición. 862 p.
- [24] Smith, R., and Smith, T. (2001). Ecología. Cuarta edición. Pearson Educación, S.A. Madrid. 664 p.
- [25] De la Llata, María. (2003), Ecología y medio ambiente. Editorial Progreso, S.A. De C.V. 2da ed. 231 p.

- [26] Fassbender, H. y Bornemisza, E., (1987). Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. Segunda edición. Editorial IICA. 420 p.
- [27] Ogrinc, N., Markovics, R., Kanduc, T., Walter, L. y Hamilton, S. (2008). Sources and transport of Carbon and Nitrogen in the River Sava watershed, a major tributary of the River Danube. *Applied Geochemistry*, 23: 3685 - 3698 p.
- [28] Fuentes, M. 2001. Estudio geoquímico de carbohidratos, hidrocarburos, aceites y grasas de la Laguna de Chacopata, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Universidad de Oriente*, 40(1-2): 31-37.
- [29] Havlin J., Beaton J., Tisdale S. y Nelson W. (1999). Phosphorous. En soil fertility and fertilizers. An Introduction to Nutrient management. Sixth edition. Prentice Hall, New Jersey, USA. 499 p.
- [30] Ramirez, A. y Rose A., (1992). Analytical geochemistry of organic phosphorus and its correlation with organic carbon in marine and fluvial sediments and soils. *American Journal of Science*, 292: 421 – 454 p.
- [31] Stephan A. Ryba , Robert M. Burgess. (2002). Effects of sample preparation on the measurement of organic carbon, hydrogen, nitrogen, sulfur, and oxygen concentrations in marine sediments. Atlantic Ecology Division. 80 p.
- [32] Montalvo, J (2006). Chemical characterization of the superficial sediments of Cárdenas and Santa Clara Bays, Sabana-Camagüey Archipelago, Cuba. *Serie Oceanológica*. No. 2. ISSN 2072-800
- [33] Zhou, J., Wu, Y., Kang, Q. and Zhang, J. (2006). Spatial variations of carbon, nitrogen, phosphorous and sulfur in the salt marsh sediments of the Yangtze Estuary in China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 71: 47 – 59p.
- [34] Calva, B., Torres, A. (2011). Organic carbon and textural characteristics of sediments in areas with turtlegrass *Thalassia testudinum* in coastal ecosystems of the southeastern gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 27(2):133-144
- [35] Costa, A., Novotny, E., Bloise, A., Azevedo, E., Bonagamba, T., Zucchi, M., Santos V., Azevedo. A. E. (2011). Characterization of organic matter in sediment cores of the Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil, by elemental analysis and ¹³C NMR.
- [36] Rivas, Z., Ledo, H., Gutiérrez, J. and Gutiérrez, E. (1998). Nitrogen and phosphorous levels in sediments from Tropical Catatumbo River, Venezuela. *Water Air &*

Soil Pollution. Vol. 117. 1- 4: 27 – 37 p.

[37] Zuloaga, C. (2002). Distribución de carbono orgánico, carbonático a zulfre en los sedimentos superficiales marinos de la Fachada Atlántica, Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Química. Caracas. 90 p.

[38] Salazar J., Rosas J. y Rodríguez J. (2003). Condiciones sedimentológicas de La Laguna La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Interciencia*, 28: 44-50.

[39] López Fabiola, Senior W., Fermín I., Márquez A y Martínez G. (2006). Fraccionamiento de los metales pesados Fe, Cd, Cr Y Pb en los sedimentos superficiales de La Laguna De Píritu. Estado Anzoátegui, Venezuela. *Boletín del Instituto de oceanografía*. 45 (1): 51-60

[40] Márquez, A., Senior, W., Martínez, G. y González, A. (2007). Concentraciones de nitrógeno y fósforo en sedimentos recientes de la Laguna Los Patos, Estado Sucre, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*. 46(2): 133 – 141 p.

[41] Pinto, M. y Alcina, D. (2008). Determinación de Al, Na, K, Rb, Mn, Pb, Ni, Cr, V, As, Ca, Zn, Fe, Cd, Co, Mo, Cu, Mg, Sr, Ba y P en sedimentos marinos de la isla de margarita, Estado Nueva Esparta. Trabajo especial de Grado. Para optar al título de Licenciado en Química. Universidad Central de Venezuela.

[42] González, F. (2009). Estudio geoquímico de los elementos C, N y P en los sedimentos de fondo, depositados en el Golfete de Cuare, Estado Falcón. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Departamento de Geoquímica. Caracas. 94 p.

[43] Burbano, A. (2010). Distribución espacial de Carbono y Nitrógeno en los sedimentos superficiales del Lago de Valencia, Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Departamento de Geoquímica. Caracas.

[44] Martínez, M. and Martinez, G. (2011). Organic carbon, phosphorus and nitrogen in surface sediments of the marine-coastal region north and south of the Paria Peninsula, Venezuela. *Environ Earth Sci*.

[45] Punta de Piedra, Isla de Margarita http://www.venaventours.com/margarita/punta_de_piedra.htm [Revisado en diciembre de 2012]

- [46] Rodríguez, L., Palmiotto, F., Quiñones, R., Velásquez, F. y Segura, J. (2010). Cocentración de metales pesados en los ambientes marinos costeros del Estado Nueva Esparta. Fundación la Salle de Ciencias Naturales. Estación de Investigación Marinas de Margarita, EDIMAR. Informe técnico. 283p
- [47] Pereira, C. (2006). Condiciones hidrográficas y estado trófico de la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita (Febrero 2006-Enero 2006). Trabajo de Grado. Optar Licenciatura en Biología, Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela, 78 p.
- [48] Barceló, A., Lemus, M., Izaguirre, E. (2008). Parámetros geoquímicos en sedimentos superficiales de la región marino-costera de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. 47 (1):33-40.
- [49] Rodríguez, L., Araujo, J., Velásquez, F., Guevara, F., Buitraigo, J., Segura, J., Camara, N., Aranguren, R., Zapata, R., y Herrera, A. (2008). Seguimiento de ecosistemas fuertemente afectados por factores humanos y factores climáticos: playas y lagunas costeras de la Isla de Margarita. Fundación la Salle de Ciencias Naturales. Estación de Investigación Marinas de Margarita, EDIMAR. Informe técnico. 228p.
- [50] Zarzosa, J., (1974). Características sedimentológicas y geomorfológicas de la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. III Conferencia de las Naciones Unidas sobre Derechos del Mar. Cuadernos Azules 9:1-57.
- [51] Gómez, A., (1983). Pigmentos clorofílicos, producción primaria y abundancia planctónica en el canal de entrada a la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Universidad de Oriente, Nueva Esparta. Bol. Ins. Oceanog., 22 (1-2).
- [52] Ramírez, P. (1996). Lagunas Costeras Venezolanas. Primera Edición. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Centro Regional de Investigaciones Ambientales (CRIA). Editorial Benavente & Martínez, C.A. (BEMA). Venezuela. 273 pp.
- [53] Jackson, M. (1976). Análisis químico de suelos. Edición omega, SA. España 662p.
- [54] Fragieli, S. (2006). Estudio químico estratigráfico de los litotipos de grano fino de la Formación Socorro, Cuenca Central de Falcón, Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Departamento de Geoquímica. Caracas. 86 p.
- [55] Cuevas, J., y Avila, E., (2009). Morfodinámica del perfil de playa con sedimentos carbonatados en la Península de Yucatán. Ciencias marinas versión impresa ISSN 0185-388. vol.35

- [56] Valdés, J., y Sifeddine, A., (2009). Composición elemental y contenido de metales en sedimentos marinos de la bahía Mejillones del Sur, Chile: evaluación ambiental de la zona costera. Serie 37(2): 131-141. Vol.37
- [57] Fernández, A., y Salgot, M. (2003). Los sistemas acuáticos continentales. Su ontogenia natural acelerada por efecto antrópico: la eutrofización y la salinización. Publicado por: CYTED-XVII. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. *Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Ñuñoa, Santiago, Chile. Caso 11-21
- [58] Mendoza, M., Martínez, A., Espinosa, M., Peralta, O., y Castro, T. (2013). Caracterización de dos lagunas costeras del pacífico tropical mexicano en relación con el contenido de carbono y la captura y emisión de CH₄ y CO₂. Rev. Int. Contaminación. Ambiente. 29 (2) 145-154, 2013).
- [59] Young M., Eagle M., Herrera J.S. y Paytan A. (2005). Export of dissolved and particulate carbon and ni-trogen from a mangrove-dominated lagoon, Yucatan Peninsula, Mexico. International J. Ecol. and Environ. Sciences 31, 189-202.
- [60] Orellana, J., (2005). Contaminación. Ingeniería Sanitaria. Unidad Temática N°2. 2p
- [61] Llano, M., (1989). La dinámica sedimentaria en la región de Margarita-Araya (Venezuela), deducida del análisis vectorial del tamaño medio de los granos. Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle, Tomo LVI, N° 146: 47-60.
- [62] Gelinas, Y., Baldock, J., Hedges, J. (2007) Organic Carbon Composition of Marine Sediments: Effect of Oxygen Exposure on Oil Generation Potential. Science Vol.294
- [63] Xuelu, G., Yuwei, Y., Chuanyuan, W. (2012) Geochemistry of organic carbon and nitrogen in surface sediments of coastal Bohai Bay inferred from their ratios and stable isotopic signatures. Marine pollution bulletin. 64(6):1148-55.
- [64] Gutiérrez, M., Malpica, V. y Martínez, J. (1981). Geomorfología y sedimentos recientes del sistema lagunar Atasta-pom, Campeche, México. Anales del instituto de ciencias del mar y limnología.
- [65] De La Lanza-Espino G., Alcocer D.J., Moreno R.J.L. y Pulido H.S. (2008). Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la laguna de Tres Palos, Guerrero, México. Hidrobiológica 18, 21-30.
- [66] Urbina, C., 1991. Algunos aspectos que contribuyan a la clasificación de las aguas de la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela, de acuerdo a la Ley Orgánica del Ambiente. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Núcleo Sucre. 44 pp.

- [67] Silva, N., Maturana A., Sepúlveda, V. y Ahumada, B. (1998). Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región norte de los fiordos y canales australes de Chile (cruce de los fiordos). *ciencia y tecnología del mar*, 21: 49-74.
- [68] Bonorino, F. (1972) *Introducción a la Geoquímica*. Primera edición. Secretaría general de la organización de los estados americanos. Washington, D.C. pp 69-83
- [69] Baptista, M., y García, M., (1978). Estudio geológico y micropaleontológico de la formación La Tejita, Edo. Nueva Esparta, Venezuela. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar. 87 pp.
- [70] Castellano, P., Varela, R. y Muller-Karger, F. (2002). Descripción de las áreas de surgencia al sur del Mar Caribe examinado con el sensor infrarrojo AVHRR. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 154:55-76
- [71] Bonilla, J. & Okuda, T., 1972. Condiciones hidrográficas del agua y características químicas de los sedimentos de la Laguna de Las Marites (Isla de Margarita). *Bol. Inst. Oceanog. UDO* 10 (1):81-82.
- [72] Calva B., y Torres A., (2000). Distribución de carbohidratos, carbono y nitrógeno orgánico en sedimentos de tres lagunas costeras del golfo de México. *hidrobiológica* 10 (2): 101-114.
- [73] Bonilla, J., Aranda, S., Ramírez, C., Moya, J., y Márquez, A. (2003). Calidad de los sedimentos superficiales de la ensenada Grande del Obispo, estado Sucre – Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*. Vol. 42
- [74] Lükge, A., M. Boussafir, E. Lallier-Vergès y R. Littke. (1996). Comparative study of organic matter preservation in immature sediments along the continental margins of Peru and Oman. Part I, Results of petrographical and bulk geochemical data. *Org. Geochem.*, 24(4): 437-451
- [75] Valdés, J. (2004). Evaluación de metales redox-sensitivos como proxies de paleoxigenación en un ambiente marino hipóxico del norte de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 77: 121-138.

[76] Yamamuro, M. 2000. Chemical tracers of sediment organic matter origins in two coastal lagoons. *Journal of Marine Systems*.26 pp.127-134

[77] Tappin, A. D. 2002. An examination of the fluxes of nitrogen and phosphorus in temperate and tropical estuaries: current estimates and uncertainties. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.55 pp. 885-901

[78] Lanza-Espino, G., Flores, F., Fernández, S., y Penie, I. (2011). Concentration of nutrients and c:n:p ratios in surfacosediments of a tropical coastal lagoon complex affected by agricultural runoff. *Universidad y Ciencia*, vol. 27, núm. 2, agosto, 2011, pp. 145-155.

11) APENDICE

Apéndice A.1. Masa en gramos (g) de las muestras para cada análisis realizado en Punta de Piedras

Muestra	Temporada	Masa CT ($\pm 0,0001$)g	Masa CO ($\pm 0,0001$)g	Masa NT ($\pm 0,0001$)g	Masa ST ($\pm 0,001$)g
PP-1	SP	0,2042	0,5023	0,2005	0,209
PP-3	SP	0,2056	0,2504	0,4095	0,207
PP-4	SP	0,2037	0,5044	0,4026	0,213
PP-10	SP	0,2003	0,5048	0,4039	0,204
PP-13	SP	0,2060	0,5047	0,4007	0,208
PP-14	SP	0,2051	0,5042	0,4047	0,207
PP-15	SP	0,2006	0,5009	0,4040	0,208
PP-17	SP	0,2072	0,2533	0,4012	0,214
PP-26	SP	0,2071	0,5062	0,4011	0,206
PP-1	AB	0,2047	0,5013	0,4045	0,215
PP-2	AB	0,2044	0,4998	0,4048	0,211
PP-3	AB	0,2043	0,5043	0,4015	0,208
PP-6	AB	0,2043	0,5038	0,3998	0,207
PP-8	AB	0,2048	0,5033	0,3999	0,200
PP-9	AB	0,2033	0,5045	0,4030	0,211
PP-13	AB	0,2049	0,5006	0,4010	0,192
PP-14	AB	0,1997	0,5019	0,4030	0,182
PP-15	AB	0,2036	0,5008	0,4072	0,183
PP-17	AB	0,2013	0,5001	0,4007	0,189
PP-18	AB	0,2058	0,4995	0,4060	0,181
PP-19	AB	0,2049	0,5009	0,4127	0,183
PP-20	AB	0,2055	0,5014	0,4014	0,184
PP-21	AB	0,2008	0,5038	0,4027	0,185
PP-23	AB	0,2094	0,5013	0,4053	0,181
PP-24	AB	0,2010	0,5042	0,4006	0,179
PP-25	AB	0,2079	0,5089	0,4023	0,182

Apéndice A.2. Masa en gramos (g) de las muestras para cada análisis realizado en la Laguna de Las Marites

Muestra	Temporada	Masa CT ($\pm 0,0001$)g	Masa CO ($\pm 0,0001$)g	Masa NT ($\pm 0,0001$)g	Masa ST ($\pm 0,001$)g
LM-1	SP	0,2032	0,2537	0,2020	0,179
LM-2	SP	0,1992	0,5024	0,2041	0,183
LM-4	SP	0,2016	0,2503	0,2061	0,183
LM-5	SP	0,2054	0,2520	0,2090	0,185
LM-7	SP	0,2048	0,2512	0,2047	0,182
LM-8	SP	0,1995	0,2536	0,2040	0,183
LM-9	SP	0,2043	0,2494	0,2021	0,184
LM-10	SP	0,2032	0,2524	0,2069	0,183
LM-11	SP	0,2041	0,2520	0,2055	0,181
LM-13	SP	0,2013	0,2524	0,2029	0,185
LM-14	SP	0,2064	0,2542	0,2021	0,184
LM-15	SP	0,1998	0,2555	0,2005	0,185
LM-18	SP	0,2050	0,2516	0,2055	0,183
LM-19	SP	0,2028	0,2554	0,2028	0,184
LM-20	SP	0,2050	0,2532	0,2033	0,183
LM-22	SP	0,2025	0,2543	0,2057	0,185
LM-2	AB	0,2022	0,2543	0,2014	0,876
LM-4	AB	0,2038	0,2535	0,3032	0,924
LM-5	AB	0,2033	0,5058	0,2016	0,568
LM-6	AB	0,2013	0,1008	0,1999	1,370
LM-7	AB	0,2007	0,0998	0,2029	2,320
LM-8	AB	0,2022	0,1069	0,2077	1,790
LM-10	AB	0,2036	0,0995	0,2023	1,640
LM-11	AB	0,2090	0,1059	0,2018	2,510
LM-12	AB	0,2045	0,1005	0,2091	1,710
LM-13	AB	0,2002	0,1043	0,2031	1,180
LM-14	AB	0,1998	0,1017	0,2049	1,440
LM-15	AB	0,2065	0,1040	0,2006	1,840
LM-18	AB	0,2030	0,1034	0,2056	1,110
LM-19	AB	0,2061	0,1012	0,2076	0,717
LM-20	AB	0,2014	0,1060	0,2000	1,490
LM-21	AB	0,2050	0,1000	0,2095	2,000

Apéndice A.3. Masa en gramos (g) de las muestras para cada análisis realizado en la Laguna de La Restinga

Muestra	Temporada	Masa CT ($\pm 0,0001$)g	Masa CO ($\pm 0,0001$)g	Masa NT ($\pm 0,0001$)g	Masa ST ($\pm 0,001$)g
LR-5	SP	0,2016	0,1061	0,2043	0,185
LR-6	SP	0,1994	0,1019	0,2050	0,183
LR-7	SP	0,2078	0,1028	0,2011	0,184
LR-8	SP	0,1998	0,1023	0,2023	0,181
LR-9	SP	0,2046	0,1004	0,2094	0,184
LR-11	SP	0,2006	0,2550	0,2018	0,180
LR-12	SP	0,2008	0,1060	0,2004	0,184
LR-13	SP	0,2053	0,1077	0,3076	0,183
LR-15	SP	0,2041	0,1037	0,2090	0,185
LR-17	SP	0,2017	0,1001	0,2016	0,181
LR-18	SP	0,2028	0,4915	0,2007	0,181
LR-19	SP	0,2032	0,1071	0,2048	0,183
LR-21	SP	0,2024	0,1033	0,2098	0,182
LR-22	SP	0,2031	0,1034	0,3070	0,185
LR-23	SP	0,2044	0,1034	0,2009	0,182
LR-24	SP	0,2022	0,1042	0,2081	0,184
LR-29	SP	0,2076	0,1020	0,2051	0,183
LR-30	SP	0,1999	0,1003	0,2094	0,182
LR-33	SP	0,2025	0,4992	0,2070	0,182
LR-35	SP	0,2073	0,1063	0,2033	0,182
LR-1	AB	0,2046	0,0995	0,2018	0,181
LR-2	AB	0,2038	0,1000	0,2044	0,184
LR-6	AB	0,2072	0,1031	0,3095	0,184
LR-7	AB	0,2015	0,1021	0,2066	0,184
LR-8	AB	0,2025	0,1007	0,2015	0,184
LR-10	AB	0,2033	0,1015	0,2065	0,183
LR-11	AB	0,2062	0,2525	0,3099	0,179
LR-13	AB	0,2020	0,1034	0,3043	0,183
LR-14	AB	0,2040	0,1055	0,2048	0,182
LR-15	AB	0,2070	0,1000	0,2025	0,179
LR-17	AB	0,2062	0,2515	0,2027	0,184
LR-19	AB	0,2060	0,1045	0,2036	0,181
LR-20	AB	0,2009	0,1040	0,3019	0,182
LR-21	AB	0,2020	0,0990	0,3016	0,180

LR-23	AB	0,2017	0,1041	0,3035	0,180
LR-24	AB	0,2007	0,1063	0,2028	0,179
LR-25	AB	0,2047	0,1021	0,2049	0,180
LR-26	AB	0,2025	0,1033	0,3017	0,182
LR-27	AB	0,2073	0,1055	0,3050	0,180
LR-29	AB	0,2075	0,1045	0,3017	0,181
LR-31	AB	0,2059	0,2504	0,2027	0,183
LR-32	AB	0,2051	0,1039	0,3016	0,181
LR-33	AB	0,2023	0,1031	0,2080	0,185
LR-37	AB	0,2009	0,1032	0,2030	0,185

Apéndice A.4. Masa en gramos (g) de las muestras para cada análisis realizado en Bella Vista

Muestra	Temporada	Masa CT ($\pm 0,0001$)g	Masa CO ($\pm 0,0001$)g	Masa NT ($\pm 0,0001$)g	Masa ST ($\pm 0,001$)g
BV-3	SP	0,2044	0,5002	0,4043	0,182
BV-4	SP	0,2038	0,5009	0,4020	0,185
BV-5	SP	0,2055	0,2501	0,4055	0,181
BV-8	SP	0,2061	0,2526	0,4010	0,182
BV-9	SP	0,2008	0,5025	0,4031	0,183
BV-10	SP	0,2024	0,2518	0,4005	0,182
BV-13	SP	0,2087	0,5035	0,4035	0,182
BV-15	SP	0,2077	0,2524	0,4010	0,186
BV-8	AB	0,2043	0,2541	0,3999	0,181
BV-9	AB	0,2032	0,2495	0,4071	0,183
BV-10	AB	0,2081	0,2527	0,4034	0,184
BV-12	AB	0,2060	0,5068	0,4023	0,184
BV-14	AB	0,2015	0,2546	0,4034	0,184
BV-15	AB	0,2043	0,2518	0,4050	0,183
BV-18	AB	0,2034	0,2518	0,4031	0,185
BV-19	AB	0,2004	0,2541	0,4030	0,184
BV-21	AB	0,2053	0,2505	0,4010	0,184
BV-25	AB	0,2043	0,2569	0,4073	0,184
BV-26	AB	0,2034	0,2521	0,4021	0,182

Apéndice B.1. Concentraciones obtenidas para CT, CO, CI, NT, PT y ST en los sedimentos de fondo recolectados en Punta de Piedras, en la fracción limo-arcilla.

Muestra	Temporada	%CT	%CO	%CI	%ST	%NT
PP-1	SP	1,52	0,77	0,75	0,27	0,13
PP-3	SP	2,47	1,24	1,23	0,37	0,14
PP-4	SP	3,88	1,66	2,22	0,37	0,22
PP-10	SP	2,14	1,18	0,96	0,48	0,16
PP-13	SP	2,76	1,24	1,52	0,20	0,19
PP-14	SP	2,22	0,92	1,30	0,45	0,12
PP-15	SP	3,01	1,43	1,58	0,35	0,21
PP-17	SP	1,70	0,91	0,80	0,29	0,15
PP-26	SP	4,96	1,95	3,01	0,97	0,30
PP-1	AB	2,33	1,48	0,85	0,30	0,15
PP-2	AB	2,24	0,98	1,26	0,45	0,11
PP-3	AB	2,69	1,27	1,43	0,43	0,16
PP-6	AB	2,43	1,06	1,37	0,44	0,14
PP-8	AB	3,11	1,15	1,96	0,21	0,20
PP-9	AB	4,69	1,91	2,77	0,33	0,30
PP-13	AB	2,93	1,16	1,78	0,27	0,18
PP-14	AB	2,31	0,80	1,51	0,45	0,08
PP-15	AB	2,96	1,23	1,73	0,22	0,20
PP-17	AB	2,53	0,75	1,78	0,14	0,12
PP-18	AB	2,46	1,17	1,29	0,43	0,14
PP-19	AB	4,15	1,47	2,68	0,49	0,20
PP-20	AB	4,23	1,02	3,21	0,34	0,13
PP-21	AB	5,57	1,22	4,35	0,30	0,20
PP-23	AB	5,03	1,83	3,21	0,25	0,28
PP-24	AB	4,57	1,81	2,75	0,39	0,25
PP-25	AB	2,59	1,18	1,42	0,50	0,15

Apéndice B.2. Concentraciones obtenidas para CT, CO, CI, NT, PT y ST en los sedimentos de fondo recolectados en Las Marites, en la fracción limo-arcilla.

Muestra	Temporada	%CT	%CO	%CI	%ST	%NT
LM-1	SP	5,58	1,93	3,64	0,35	0,43
LM-2	SP	3,95	1,40	2,55	0,40	0,36
LM-4	SP	6,35	2,50	3,85	0,83	0,43
LM-5	SP	5,03	2,95	2,07	1,09	0,34
LM-7	SP	6,05	2,86	3,19	1,55	0,44
LM-8	SP	5,40	2,97	2,43	1,85	0,32
LM-9	SP	7,49	4,27	3,21	2,36	0,63
LM-10	SP	6,36	3,01	3,34	1,83	0,49
LM-11	SP	8,00	3,96	4,04	2,14	0,65
LM-13	SP	7,96	3,25	4,71	1,21	0,47
LM-14	SP	7,53	3,23	4,30	1,39	0,58
LM-15	SP	6,67	1,49	5,18	0,96	0,35
LM-18	SP	6,97	2,18	4,78	0,83	0,41
LM-19	SP	7,92	2,42	5,50	0,51	0,47
LM-20	SP	7,52	3,04	4,48	1,70	0,46
LM-22	SP	7,21	2,53	4,69	1,34	0,40
LM-2	AB	6,58	2,73	3,86	0,92	0,38
LM-4	AB	8,29	3,57	4,72	0,88	0,47
LM-5	AB	4,16	1,76	2,40	0,57	0,24
LM-6	AB	6,64	3,14	3,50	1,37	0,40
LM-7	AB	8,51	7,33	1,18	2,32	0,57
LM-8	AB	7,49	5,20	2,28	1,79	0,46
LM-10	AB	7,08	5,35	1,73	1,64	0,48
LM-11	AB	10,35	6,90	3,45	2,51	0,78
LM-12	AB	7,04	5,38	1,66	1,71	0,48
LM-13	AB	8,57	5,33	3,24	1,18	0,49
LM-14	AB	6,29	4,84	1,45	1,44	0,44
LM-15	AB	6,04	2,67	3,37	1,84	0,32
LM-18	AB	6,24	3,69	2,55	1,11	0,45
LM-19	AB	8,44	4,55	3,89	0,72	0,42
LM-20	AB	7,42	5,17	2,24	1,49	0,40
LM-21	AB	7,40	6,52	0,88	2,00	0,62

Apéndice B.3. Concentraciones obtenidas para CT, CO, CI, NT, PT y ST en los sedimentos de fondo recolectados en La Restinga, en la fracción limo-arcilla.

Muestra	Temporada	%CT	%CO	%CI	%ST	%NT
LR-5	SP	17,80	13,80	4,00	2,09	1,43
LR-6	SP	12,49	8,89	3,61	1,49	0,94
LR-7	SP	5,94	5,18	0,76	1,80	0,52
LR-8	SP	6,11	5,44	0,67	1,70	0,46
LR-9	SP	7,89	6,49	1,40	1,65	0,60
LR-11	SP	4,09	3,43	0,66	1,17	0,35
LR-12	SP	6,92	5,77	1,15	2,02	0,63
LR-13	SP	5,66	4,37	1,29	1,84	0,37
LR-15	SP	5,60	4,70	0,90	1,55	0,47
LR-17	SP	5,10	4,15	0,95	1,44	0,34
LR-18	SP	1,71	1,10	0,60	0,35	0,16
LR-19	SP	6,39	4,70	1,70	1,56	0,59
LR-21	SP	6,50	5,18	1,32	2,05	0,56
LR-22	SP	11,00	8,19	2,81	1,95	0,94
LR-23	SP	9,95	7,18	2,77	1,97	0,85
LR-24	SP	5,25	4,68	0,57	1,65	0,44
LR-29	SP	5,74	4,78	0,96	1,58	0,44
LR-30	SP	5,04	4,38	0,66	1,36	0,38
LR-33	SP	3,06	1,94	1,12	0,67	0,22
LR-35	SP	5,44	4,51	0,93	1,47	0,43
LR-1	AB	5,84	3,85	1,98	1,81	0,39
LR-2	AB	7,52	6,15	1,37	2,14	0,64
LR-6	AB	13,38	8,75	4,63	1,81	0,99
LR-7	AB	7,68	6,49	1,19	2,21	0,56
LR-8	AB	6,44	5,15	1,29	1,68	0,48
LR-10	AB	5,27	4,01	1,26	1,40	0,40
LR-11	AB	4,09	3,49	0,59	1,26	0,32
LR-13	AB	6,77	5,23	1,54	1,79	0,50
LR-14	AB	6,37	3,62	2,75	1,61	0,37
LR-15	AB	6,59	5,17	1,43	1,90	0,48
LR-17	AB	3,37	2,43	0,94	0,85	0,26
LR-19	AB	7,34	5,02	2,32	1,89	0,65
LR-20	AB	5,57	4,43	1,14	1,62	0,48
LR-21	AB	8,03	5,54	2,49	2,36	0,51

LR-23	AB	10,01	7,33	2,68	1,79	0,78
LR-24	AB	10,54	6,95	3,59	2,46	0,78
LR-25	AB	6,60	4,67	1,93	1,85	0,47
LR-26	AB	7,90	5,54	2,36	1,99	0,59
LR-27	AB	8,96	7,31	1,65	1,97	0,64
LR-29	AB	8,23	5,93	2,30	1,75	0,55
LR-31	AB	4,62	3,81	0,81	1,66	0,36
LR-32	AB	1,88	0,99	0,89	0,33	0,14
LR-33	AB	1,16	0,78	0,38	0,36	0,18
LR-37	AB	8,79	7,62	1,17	2,26	0,77

Apéndice B.4. Concentraciones obtenidas para CT, CO, CI, NT, PT y ST en los sedimentos de fondo recolectados en Bella Vista, en la fracción limo-arcilla.

Muestra	Temporada	%CT	%CO	%CI	%ST	%NT
BV-3	SP	3,69	2,07	1,62	0,34	0,22
BV-4	SP	2,67	2,43	0,24	1,14	0,21
BV-5	SP	5,76	1,56	4,20	0,23	0,24
BV-8	SP	6,33	2,55	3,77	0,64	0,34
BV-9	SP	2,63	1,10	1,52	0,30	0,15
BV-10	SP	6,04	3,69	2,35	1,18	0,35
BV-13	SP	4,86	1,61	3,25	0,42	0,19
BV-15	SP	8,07	1,84	6,23	0,37	0,27
BV-8	AB	5,27	2,48	2,79	0,68	0,35
BV-9	AB	5,21	2,53	2,68	0,75	0,34
BV-10	AB	4,67	3,38	1,29	0,88	0,40
BV-12	AB	4,06	1,98	2,08	0,25	0,30
BV-14	AB	8,19	2,37	5,82	0,47	0,35
BV-15	AB	8,16	1,67	6,49	0,36	0,24
BV-18	AB	7,53	1,79	5,74	0,50	0,28
BV-19	AB	7,35	1,95	5,40	0,39	0,29
BV-21	AB	8,36	2,34	6,02	0,49	0,36
BV-25	AB	8,21	1,99	6,22	0,28	0,30
BV-26	AB	11,45	2,86	8,59	0,31	0,42

Apéndice C.1. Relaciones C/N obtenidas para las muestras analizadas en
Punta de Piedras

Muestra	Temporada	C/N
PP-1	SP	6,08
PP-3	SP	8,94
PP-4	SP	7,48
PP-10	SP	7,50
PP-13	SP	6,43
PP-14	SP	7,89
PP-15	SP	7,05
PP-17	SP	6,10
PP-26	SP	6,59
PP-1	AB	9,86
PP-2	AB	8,81
PP-3	AB	7,74
PP-6	AB	7,34
PP-8	AB	5,66
PP-9	AB	6,29
PP-13	AB	6,40
PP-14	AB	10,27
PP-15	AB	6,00
PP-17	AB	6,26
PP-18	AB	8,51
PP-19	AB	7,19
PP-20	AB	7,72
PP-21	AB	6,04
PP-23	AB	6,56
PP-24	AB	7,13
PP-25	AB	7,81

Apéndice C.2. Relaciones C/N obtenidas para las muestras analizadas en la Laguna de Las Marites

Muestra	Temporada	C/N
LM-1	SP	4,53
LM-2	SP	3,93
LM-4	SP	5,78
LM-5	SP	8,75
LM-7	SP	6,57
LM-8	SP	9,22
LM-9	SP	6,83
LM-10	SP	6,18
LM-11	SP	6,08
LM-13	SP	6,86
LM-14	SP	5,55
LM-15	SP	4,23
LM-18	SP	5,33
LM-19	SP	5,10
LM-20	SP	6,64
LM-22	SP	6,24
LM-2	AB	7,09
LM-4	AB	8,11
LM-5	AB	7,22
LM-6	AB	7,91
LM-7	AB	12,74
LM-8	AB	11,25
LM-10	AB	11,05
LM-11	AB	8,83
LM-12	AB	11,25
LM-13	AB	10,84
LM-14	AB	10,89
LM-15	AB	8,42
LM-18	AB	8,23
LM-19	AB	10,96
LM-20	AB	12,87
LM-21	AB	10,47

Apéndice C.3. Relaciones C/N obtenidas para las muestras analizadas en la Laguna de La Restinga

Muestra	Temporada	C/N
LR-5	SP	9,65
LR-6	SP	9,45
LR-7	SP	10,04
LR-8	SP	11,74
LR-9	SP	10,74
LR-11	SP	9,75
LR-12	SP	9,21
LR-13	SP	11,82
LR-15	SP	9,99
LR-17	SP	12,09
LR-18	SP	6,77
LR-19	SP	7,95
LR-21	SP	9,33
LR-22	SP	8,74
LR-23	SP	8,43
LR-24	SP	10,59
LR-29	SP	10,76
LR-30	SP	11,58
LR-33	SP	8,82
LR-35	SP	10,49
LR-1	AB	9,82
LR-2	AB	9,59
LR-6	AB	8,83
LR-7	AB	11,61
LR-8	AB	10,67
LR-10	AB	10,01
LR-11	AB	10,90
LR-13	AB	10,54
LR-14	AB	9,69
LR-15	AB	10,84
LR-17	AB	9,34
LR-19	AB	7,69
LR-20	AB	9,30
LR-21	AB	10,80
LR-23	AB	9,37

LR-24	AB	8,90
LR-25	AB	10,01
LR-26	AB	9,42
LR-27	AB	11,34
LR-29	AB	10,86
LR-31	AB	10,60
LR-32	AB	7,13
LR-33	AB	4,46
LR-37	AB	9,94

Apéndice C.4. Relaciones C/N obtenidas para las muestras analizadas en Bella Vista

Muestra	Temporada	C/N
BV-3	SP	9,48
BV-4	SP	11,40
BV-5	SP	6,56
BV-8	SP	7,60
BV-9	SP	7,41
BV-10	SP	10,49
BV-13	SP	8,29
BV-15	SP	6,82
BV-8	AB	6,98
BV-9	AB	7,43
BV-10	AB	8,37
BV-12	AB	6,54
BV-14	AB	6,72
BV-15	AB	6,87
BV-18	AB	6,38
BV-19	AB	6,74
BV-21	AB	6,47
BV-25	AB	6,53
BV-26	AB	6,87

Apéndice D. Análisis de precisión y exactitud para el CT y valores reportados y determinados para el patrón certificado.

Muestra	% CT	Promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación (%)
PP-1	1,59	1,7	0,1	5,88
PP-1	1,76			
PP-1	1,74			
PP-1	1,92			
PP-1	1,60			
PP-1	1,60			
PP-1	1,62			
PP-1	1,89			
PP-1	1,75			
PP-1	1,66			
PP-1	1,70			
PP-1	1,61			
PP-1	1,70			
PP-1	1,77			
pp-1	1,52			
	CT Teórico (%)	CT Obtenido (%)		
certificado GBW	1,61+/-0,08	1,59		

Apéndice E. Análisis de precisión para el CO y valor reportado y determinado para el patrón certificado.

Muestra	% CO	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
LM-20 SP	3,04	3,02	0,05	1,56
	2,97			
	3,06			
LR-25 AB	4,23	4,5	0,2	5,17
	4,67			
	4,58			
BV-3 SP	2,02	2,1	0,1	5,72
	2,07			
	2,25			
	CO Teórico (%)	CO Obtenido (%)		
Certificado GBW	0,46 ± 0,05	0,54		

Apéndice F. Análisis de precisión para el NT y valor reportado y determinado para el certificado

Muestra	% NT	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
	0,15	0,15	0,006	3,9
PP-3 SP	0,15			
	0,14			
	0,13	0,13	0,006	4,6
PP-17 SP	0,13			
	0,12			
	NT Teórico (%)	NT Obtenido (%)		
Certificado Leco 302-509		0,70		

Apéndice G. Análisis de precisión para el ST y valores reportado y determinado para el certificado.

Muestra	% ST	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
PP-1	0,35	0,33	0,027	8,2
PP-1	0,39			
PP-1	0,36			
PP-1	0,34			
PP-1	0,32			
PP-1	0,32			
PP-1	0,36			
PP-1	0,31			
PP-1	0,32			
PP-1	0,35			
PP-1	0,32			
PP-1	0,35			
PP-1	0,32			
PP-1	0,34			
pp-1	0,27			
	ST Teórico (%)	ST Obtenido (%)		
Patrón certificado 502-309	0,121+/- 0,03	0,12		

Apéndice H. Porcentajes de pérdida a las diferentes temperaturas de trabajo

zona de estudio	Muestra	Temporada	Peso Muestra	Análisis Termogravimétrico					
				105°C (%)	230°C (%)	450°C (%)	550°C (%)	800°C (%)	950°C (%)
PP	13	SP	2,0323	2,37	1,14	3,35	3,41	4,16	0,20
PP	15	SP	2,0478	2,58	1,32	4,34	4,45	4,39	0,005
PP	3	AB	2,0050	1,47	0,70	2,34	1,55	3,04	1,51
PP	8	AB	2,0005	2,10	1,24	3,53	3,22	4,27	0,65
PP	13	AB	2,0105	2,31	1,12	3,67	2,41	4,62	0,23
PP	14	AB	2,0315	1,17	0,43	1,70	1,50	4,59	0,34
PP	15	AB	2,0394	3,14	0,96	3,71	2,95	4,48	0,25
PP	20	AB	2,0139	1,53	0,66	2,32	1,50	4,65	0,30
PP	21	AB	2,0085	1,51	1,12	2,75	3,23	11,51	0,47
LR	5	SP	2,0321	6,39	7,63	23,53	3,17	3,33	4,73
LR	6	SP	2,0081	5,78	5,54	15,15	4,66	3,41	2,99
LR	7	SP	2,0467	4,30	2,28	8,78	1,86	2,21	1,73
LR	9	SP	2,0426	4,94	3,05	10,84	2,58	2,38	0,92
LR	11	SP	2,0885	3,39	1,47	5,71	2,05	1,29	1,22
LR	12	SP	2,0312	5,71	4,23	8,21	2,38	1,65	1,92
LR	13	SP	2,0796	5,49	2,31	7,53	4,03	2,27	0,79
LR	15	SP	2,0194	3,87	2,71	5,90	3,85	2,43	0,47
LR	17	SP	2,0398	3,43	1,84	6,45	2,81	2,27	0,85
LR	18	SP	2,0716	1,08	0,65	2,21	1,69	1,79	0,22
LR	19	SP	2,0876	6,35	3,74	9,97	2,25	3,44	1,70
LR	21	SP	2,0172	4,72	3,79	8,09	2,34	1,69	2,36
LR	23	SP	2,0128	7,00	3,24	15,08	1,60	3,47	1,48
LR	24	SP	2,0767	3,97	1,91	7,08	2,40	1,86	2,04
LR	29	SP	2,0017	3,72	1,37	8,29	2,14	2,71	1,03
LR	30	SP	2,0069	3,26	1,32	5,56	2,22	1,88	1,12
LR	33	SP	2,0055	1,50	1,61	3,18	1,96	2,52	0,25
LR	35	SP	2,0073	3,54	2,90	6,50	1,54	1,80	1,63
LR	1	AB	2,0102	4,49	3,19	7,44	2,90	3,10	0,86
LR	2	AB	2,0078	4,30	4,35	8,97	2,05	1,68	2,63
LR	6	AB	2,0109	7,06	6,20	17,42	3,37	1,79	0,61
LR	7	AB	2,0011	5,17	3,37	8,36	3,02	1,88	2,50
LR	8	AB	2,0022	4,48	3,60	7,80	1,74	1,45	1,84
LR	10	AB	2,0301	3,72	3,03	6,33	1,66	1,89	1,43

LR	11	AB	2,0361	3,05	1,24	5,26	2,12	1,15	1,18
LR	13	AB	2,0391	5,07	1,42	7,42	5,26	2,09	1,18
LR	14	AB	2,0115	7,44	1,74	9,68	5,66	1,92	0,50
LR	17	AB	2,0385	2,81	0,59	3,47	2,61	1,69	0,82
LR	19	AB	2,0003	6,49	3,76	11,00	1,94	2,56	0,84
LR	20	AB	2,0320	4,84	1,63	6,25	2,45	1,84	1,83
LR	21	AB	2,0747	4,44	4,50	8,26	2,93	1,19	2,01
LR	23	AB	2,0770	5,45	1,80	11,73	4,47	2,39	0,57
LR	24	AB	2,0376	5,60	2,02	12,80	3,69	3,53	0,58
LR	25	AB	2,0102	3,52	1,20	6,23	5,66	2,72	0,44
LR	26	AB	2,0311	3,73	4,51	6,33	4,36	1,52	2,28
LR	27	AB	2,0125	7,07	2,84	10,50	3,86	4,18	1,07
LR	29	AB	2,0269	4,09	1,71	10,49	2,43	2,17	1,21
LR	31	AB	2,0409	4,65	0,94	4,56	2,99	1,09	1,47
LR	32	AB	2,0362	1,20	0,43	1,27	1,58	0,80	0,35
LR	33	AB	2,0058	0,88	0,51	1,49	1,70	1,81	0,005
LR	37	AB	2,0476	6,32	5,39	8,76	4,39	1,63	3,62
LM	1	SP	2,0134	3,15	2,64	6,72	5,55	8,57	0,73
LM	2	SP	2,0267	2,35	1,67	4,90	3,71	5,31	0,26
LM	4	SP	2,0363	5,21	2,48	8,83	5,97	5,58	0,77
LM	5	SP	2,0300	4,28	2,91	6,82	2,41	1,78	0,96
LM	7	SP	2,0058	5,52	2,35	7,90	4,32	4,77	0,45
LM	8	SP	2,0022	2,73	2,30	5,84	1,40	5,30	0,05
LM	9	SP	2,0114	7,31	3,96	9,68	3,52	2,89	1,65
LM	10	SP	2,0870	5,56	2,73	7,74	3,78	3,29	1,77
LM	13	SP	2,0090	5,35	3,90	9,40	5,16	3,13	1,44
LM	14	SP	2,0843	6,64	4,02	8,93	4,03	3,20	0,68
LM	15	SP	2,0364	2,46	1,38	4,33	4,09	10,37	0,80
LM	18	SP	2,0238	3,93	1,68	5,90	6,09	5,89	1,87
LM	19	SP	2,0436	5,21	2,25	7,07	7,08	5,53	1,31
LM	20	SP	2,0420	5,36	3,02	7,40	2,28	5,30	0,70
LM	22	SP	2,0200	4,73	1,39	6,96	4,01	6,34	0,91
LM	2	AB	2,0064	2,89	1,55	5,65	5,25	5,63	0,78
LM	4	AB	2,0521	4,65	1,93	8,60	6,22	5,61	0,99
LM	5	AB	2,0207	3,08	1,42	4,51	1,97	3,07	1,36
LM	7	AB	2,0225	6,09	3,65	8,19	3,94	2,22	29,81
LM	8	AB	2,0041	6,18	2,39	7,06	3,59	4,63	0,70
LM	10	AB	2,0094	4,95	2,89	7,18	2,93	4,36	0,98

LM	11	AB	2,0065	9,62	6,92	12,53	1,50	1,88	2,58
LM	12	AB	2,0122	5,35	3,00	7,49	3,63	3,03	1,19
LM	13	AB	2,0598	6,24	3,01	10,24	4,98	3,41	0,52
LM	14	AB	2,0299	6,69	2,59	8,87	2,84	3,41	4,50
LM	18	AB	2,0054	3,26	1,71	7,02	4,04	4,37	0,51
LM	20	AB	2,0435	5,39	1,49	7,98	3,62	4,77	0,96
LM	21	AB	2,0065	6,07	2,80	9,05	2,48	3,11	1,23

Apéndice I.1 Porcentaje granulométrico de la fracción Limo-Arcilla en las muestras de Bella Vista en abril y septiembre de 2008.

Muestra	Fracción % < 230	
	Abril	Septiembre
3		1,4
4		1,4
5		0,4
8	0,7	1,3
9	0,1	0,4
10	0,5	0,5
12	1,6	
13		1,0
14	0,6	
15	0,6	0,8
18	0,3	
19	0,6	
21	1,1	
25	0,4	
26	0,5	

Apéndice I.2 Porcentaje granulométrico de la fracción Limo-Arcilla en las muestras de Punta de Piedras en abril y septiembre de 2008.

Muestra	Fracción % < 230	
	Abril	Septiembre
1	9	5
2	18	
3	18	11
6	20	
8	5	
9	2	
10		27
13	4	6
14	34	24
15	2	4
17	12	23
18	12	
19	8	
20	5	
21	5	
23	2	
24	4	
25	11	
26		1

Apéndice I.3 Porcentaje granulométrico de la fracción Limo-Arcilla en las muestras de Laguna Las Marites en abril y septiembre de 2008.

Muestra	Fracción % < 230	
	Abril	Septiembre
1		2
2	7	2
4	5	1
5	7	9
6	30	
7	76	86
8	91	93
9		89
10	44	83
11	88	46
12	45	
13	3	2
14	3	2
15	14	12
18	5	3
19	4	4
20	73	90
21	87	
22		58

Apéndice I.4 Porcentaje granulométrico de la fracción Limo-Arcilla en las muestras de Laguna La Restinga en abril y septiembre de 2008.

Muestra	Fracción % < 230	
	Abril	Septiembre
1	30	
2	32	
5		35
6	3	1
7	53	60
8	34	38
9		4
10	53	
11	43	8
12		39
13	23	29
14	59	
15	5	7
17	49	11
18		20
19	71	78
20	56	
21	92	39
22		25
23	6	6
24	42	
25	14	
26	37	
27	16	
29	38	11
30		35
31	58	
32	14	
33	17	16
35		36
37	40	

Apéndice J. Tabla de análisis de la varianza para las estaciones en las distintas zonas de estudio (Anova)

Localidad		Análisis de Varianza		Brown-Forsythe prueba de homogeneidad de Varianza	
Punta de piedra	Variable	F	p	F	P
	CT%	1,762513	0,196802	0,071840	0,790967
	CO%	0,002916	0,957385	0,125407	0,726335
	CI%	2,754484	0,109994	0,537320	0,470645
	ST%	1,072893	0,310617	1,393978	0,249304
	NT%	0,002780	0,958389	0,080515	0,779034
Bella Vista					
	CT%	4,942324	0,040056	0,016249	0,900062
	CO%	0,427235	0,522093	1,014324	0,327990
	CI%	3,871799	0,065638	0,143536	0,709481
	ST%	0,463511	0,505156	1,217918	0,285147
	NT%	9,189467	0,007532	0,344742	0,564822
Las Marites					
	CT%	0,38097	0,541595	0,198735	0,658842
	CO%	13,65348	0,000846	3,399656	0,074788
	CI%	12,05999	0,001541	0,000996	0,975030
	ST%	0,07712	0,783089	1,018645	0,320654
	NT%	0,01905	0,891108	0,070959	0,791709
La Restinga					
	CT%	0,106135	0,746168	0,022676	0,881006
	CO%	0,708589	0,404570	0,006752	0,934891
	CI%	0,889626	0,350848	0,097625	0,756209
	ST%	0,192370	0,663147	0,664337	0,419525
	NT%	0,629551	0,431877	0,421286	0,519748

$p < 0,0500$

Apendice K. Estadística descriptiva de las muestras analizadas en las zonas de estudio.

ESTADISTICA DESCRIPTIVA DETALLADA															
Nombre	%CT	%CT	%CT	%Corg	%Corg	%Corg	%Ci	%Ci	%Ci	%ST	%ST	%ST	%NT	%NT	%NT
Punta de Piedras															
	Promedio	N° muestra	Std.Dev.												
SP	2,74	9	1,09	1,26	9	0,38	1,48	9	0,73	0,41	9	0,23	0,18	9	0,06
AB	3,34	17	1,10	1,26	17	0,34	2,08	17	0,93	0,35	17	0,11	0,18	17	0,06
SP + AB	3,13	26	1,12	1,26	26	0,35	1,87	26	0,90	0,37	26	0,16	0,18	26	0,06
Bella Vista															
SP	5,01	8	1,91	2,11	8	0,80	2,90	8	1,87	0,58	8	0,38	0,25	8	0,07
AB	7,13	11	2,15	2,30	11	0,51	4,83	11	2,26	0,49	11	0,20	0,33	11	0,05
SP + AB	6,24	19	2,27	2,22	19	0,63	4,02	19	2,27	0,52	19	0,28	0,30	19	0,07
Las Marites															
SP	6,62	16	1,18	2,74	16	0,78	3,87	16	1,01	1,27	16	0,60	0,45	17	0,09
AB	7,28	16	1,40	4,63	16	1,60	2,65	16	1,11	1,47	16	0,56	0,46	16	0,12
SP + AB	7,11	32	1,27	3,55	32	1,37	3,16	32	1,24	1,33	32	0,48	0,46	32	0,11
La Restinga															
SP	6,88	20	3,59	5,44	20	2,67	1,44	20	1,02	1,57	20	0,44	0,56	20	0,29
AB	6,79	24	2,70	5,01	24	1,97	1,78	24	0,98	1,70	24	0,54	0,51	24	0,20
SP + AB	6,71	44	3,17	5,21	44	2,36	1,65	44	1,01	1,65	44	0,52	0,53	44	0,24