



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE PESQUERÍA Y  
ZOOLOGÍA**

**ECOSISTEMA MANGLARES DE SAN PEDRO, VICE –  
PIURA: VARIACIÓN ESTACIONAL EN SU COBERTURA,  
CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS Y COMPONENTES  
FISICOQUÍMICOS. NOVIEMBRE 2014 – OCTUBRE 2015.**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA PESQUERA**

**AUTORES**

**TENORIO SÁNCHEZ SANDY ELIZABETH DEL ROCÍO  
TIMANÁ SÁNCHEZ DIANA LUISA**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2017**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE PESQUERÍA Y  
ZOOLOGÍA**

**ECOSISTEMA MANGLARES DE SAN PEDRO, VICE – PIURA:  
VARIACIÓN ESTACIONAL EN SU COBERTURA,  
CARACTERÍSTICAS FISIográfICAS Y COMPONENTES  
FISICOQUÍMICOS. NOVIEMBRE 2014 – OCTUBRE 2015.**

## **TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN  
BIOLOGÍA PESQUERA**

**PRESENTADO POR:**

**Br. TENORIO SÁNCHEZ SANDY ELIZABETH DEL ROCÍO**

**Br. TIMANÁ SÁNCHEZ DIANA LUISA**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**AGOSTO, 2017**



## **TESIS**

**ECOSISTEMA MANGLARES DE SAN PEDRO, VICE – PIURA:  
VARIACIÓN ESTACIONAL EN SU COBERTURA,  
CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS Y COMPONENTES  
FISICOQUÍMICOS. NOVIEMBRE 2014 – OCTUBRE 2015.**

**PRESENTADO POR:**

**Br. TENORIO SÁNCHEZ SANDY ELIZABETH DEL ROCÍO  
Br. TIMANÁ SÁNCHEZ DIANA LUISA**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:**

**ELSA ANGULO PLASENCIA, Dra.**

Presidente

\_\_\_\_\_

**JORGE CHANAMÉ CÉSPEDES, Lic.**

Secretario

\_\_\_\_\_

**JORGE AURELIO OLIVA NUÑEZ, Dr.**

Vocal

\_\_\_\_\_

**WILMER CARBAJAL VILLALTA, Dr.**

Patrocinador

\_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

A Dios

A Rosa, mi madre

A Sahori y Xiomara, mis hermanas

A Santa, mi tía (In memoriam)

**(Sandy Elizabeth del Rocío Tenorio Sánchez)**

A Dios, por guiarme por el buen camino  
y darme fuerzas para seguir adelante.

A mis padres, por su apoyo y buenos  
consejos, realizando en mí, la persona  
que soy.

**(Diana Luisa Timaná Sánchez)**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Wilmer Carbajal Villalta, nuestro asesor de tesis, por su motivación y apoyo en la realización del presente trabajo, pero sobre todo por su incondicional amistad.

A todos los docentes del Área de Pesquería, por las enseñanzas impartidas y ser impulsores en nuestro desarrollo profesional.

Al Mg. Jorge Fupuy Chung y Lic. Jorge Chanamé Céspedes, por las orientaciones en el análisis e interpretación estadístico.

Al Ing. Jaime de la Cruz Galloso, Blgo. Javier Castro, Blgo. David Torres Negreiros, Blgo. Julio Galán e Ing. Yohana Céspedes Verona, profesionales del Instituto del Mar del Perú - Laboratorio Costero de Santa Rosa, por su desinteresado apoyo logístico en algunos instrumentos de laboratorio y software especializado.

A los bachilleres Joe Macalupú Rosado y Paco Quintana Effio, profesionales del Instituto del Mar del Perú - Laboratorio Costero de Paita, por dedicar su valioso tiempo en la complementación de datos georreferenciados.

A Iván Curay Véliz, técnico de laboratorio de Bromatología de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por permitirnos el uso de equipos en el análisis de muestras.

Al Br. Luis Felipe García Llatas y Lic. Gino Chanamé Díaz, profesionales egresados de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por su apoyo incondicional en el tratamiento de datos de campo y de gabinete.

A lo Sres. José Eche y Paulino Aldana, moradores de Vice, por guiarnos en el recorrido de los Manglares de San Pedro de Vice.

A los bachilleres Yeny Yupanqui Arias y Edson Piscoya Campos, y Lic. Juan Antón Heredia, egresados de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por su valioso apoyo en el trabajo de campo.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
RESUMEN.....	v
ABSTRACT .....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
2.1. Ubicación y descripción del área de estudio .....	7
2.1. Estaciones de muestreo .....	10
2.2. Metodología .....	13
2.2.1.Registro de datos y obtención de muestras .....	13
2.2.1.1. Parámetros fisiográficos del ecosistema de San Pedro de Vice, Piura: cobertura de manglar; superficie y colmataciones del estuario.....	13
2.2.1.2. Parámetros físicos - químicos del agua y materia orgánica del sedimento del estuario.....	13
2.2.1.3. Producción primaria de los manglares de San Pedro de Vice.....	14
2.2.1.4. Densidad de especies de mangle. ....	16
2.2.2.Análisis de muestras.....	18
2.2.2.1. Parámetros físicos - químicos del agua y materia orgánica del sedimento del estuario.....	18
2.2.2.2. Producción primaria de los manglares de San Pedro de Vice.....	18
2.2.3.Procesamiento de datos .....	19
2.2.3.1. Datos de cobertura de manglar; superficie, perímetro y colmataciones del estuario.....	19
2.2.3.2. Datos de parámetros del agua y materia orgánica del sedimento.....	20
2.2.3.3. Datos de producción primaria de los manglares.....	20
2.2.3.4. Datos de densidad de especies de mangle.....	20
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
3.1. Parámetros fisiográficos del ecosistema de San Pedro de Vice, Piura. ....	21
3.1.1.Cobertura del manglar .....	21
3.1.2.Superficie y perímetro del estuario .....	25
3.1.3.Colmataciones.....	31
3.2. Parámetros físicos - químicos del agua y materia orgánica del sedimento del estuario .....	41
3.2.1.Temperatura .....	41

3.2.2. Salinidad.....	45
3.2.3. Oxígeno.....	50
3.2.4. Clorofila “a” .....	55
3.2.5. Nutrientes .....	58
3.2.5.1. Fosfatos.....	58
3.2.5.2. Silicatos .....	62
3.2.5.3. Nitritos.....	67
3.2.5.4. Nitratos.....	72
3.2.6. Materia orgánica.....	77
3.3. Producción primaria de los manglares de San Pedro de Vice .....	81
3.4. Densidad de las especies de mangle. ....	85
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>88</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>110</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>111</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>127</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.....	12
<b>Tabla 2.</b> Coordenadas geográficas de la ubicación de las canastas en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.....	14
<b>Tabla 3.</b> Coordenadas geográficas de los cuadrantes en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.....	17
<b>Tabla 4.</b> Número y área de colmataciones formados en marea baja en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Octubre 2015.....	40
<b>Tabla 5.</b> Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la temperatura superficial, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Diciembre 2014 – Noviembre 2015.....	44
<b>Tabla 6.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en la temperatura superficial mensual, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice durante. Diciembre 2014 – Noviembre 2015.....	44
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la salinidad, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.....	48
<b>Tabla 8.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en la salinidad, en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.....	49
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en el oxígeno disuelto, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.....	53

<b>Tabla 10.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en el oxígeno disuelto mensual, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.....	53
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en el oxígeno disuelto, en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	54
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas de clorofila “a”, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.....	57
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la concentración de fosfatos, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	61
<b>Tabla 14.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones mensuales de fosfatos, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	61
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la concentración de silicatos, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	65
<b>Tabla 16.</b> Prueba de t para determinar diferencias significativas en las concentraciones mensuales de silicatos, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	66
<b>Tabla 17.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en la concentración de silicatos, en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	66
<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la concentración de nitritos, entre meses,	

estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	70
<b>Tabla 19.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones mensuales de nitritos, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	70
<b>Tabla 20.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones de nitritos, en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	71
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la concentración de nitratos, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	75
<b>Tabla 22.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones mensuales de nitratos, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	76
<b>Tabla 23.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones de nitratos, en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	76
<b>Tabla 24.</b> Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en las concentraciones de materia orgánica, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el sedimento del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	80
<b>Tabla 25.</b> Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones mensuales de materia orgánica, en el sedimento del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	80

<b>Tabla 26.</b> Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la producción primaria, entre estaciones del año y los componentes de la hojarasca, en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Enero – Octubre 2015. ....	84
<b>Tabla 27.</b> Análisis de varianza para establecer diferencias significativas entre densidades de la zona norte, centro y sur, en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Agosto – Octubre 2015. ....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación del ecosistema manglares de San Pedro de Vice, situado en el Distrito de Vice, Provincia de Sechura, Departamento de Piura. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	9
<b>Figura 2.</b> Mapa del ecosistema de manglares de San Pedro de Vice, mostrando las estaciones de muestreo en el estuario. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	11
<b>Figura 3.</b> Mapa del ecosistema manglares de San Pedro de Vice mostrando los lugares de ubicación de las canastas. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	15
<b>Figura 4.</b> Mapa del ecosistema manglares de San Pedro de Vice mostrando los cuadrantes. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	16
<b>Figura 5.</b> Variación de la cobertura de los manglares de San Pedro de Vice A) Primavera 2014 y verano 2015, B) Invierno y primavera 2015. ....	23
<b>Figura 6.</b> Mapa de los manglares de San Pedro de Vice y la distribución espacial de los mangles, pequeños al norte y desarrollados en el sur, durante noviembre 2014 a noviembre 2015. ....	24
<b>Figura 7.</b> A) Longitud del estuario de los manglares de San Pedro de Vice, B) Ancho del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	26
<b>Figura 8.</b> Variación estacional de la superficie del estuario de los Manglares de San Pedro de Vice, en marea baja, entre primavera 2014 y primavera 2015. ....	27
<b>Figura 9.</b> Superficie del estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Noviembre 2014, B) Febrero 2015. ....	28
<b>Figura 10.</b> Superficie del estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Agosto 2015, B) Octubre 2015. ....	29
<b>Figura 11.</b> Apertura mecánica de una bocana al noreste del estuario de los manglares de San Pedro de Vice - Enero 2015. ....	30
<b>Figura 12.</b> Variación mensual de las colmataciones en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice (por zonas), en marea baja, durante Noviembre 2014 a Octubre 2015. ....	31

<b>Figura 13.</b> Variación mensual de las superficies de las colmataciones en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja, durante Noviembre 2014 a Octubre 2015. ....	32
<b>Figura 14.</b> Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Noviembre 2014, B) Enero 2015. ....	34
<b>Figura 15.</b> Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Febrero 2015, B) Marzo 2015.....	35
<b>Figura 16.</b> Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Abril 2015, B) Mayo 2015. ....	36
<b>Figura 17.</b> Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Junio 2015, B) Julio 2015. ....	37
<b>Figura 18.</b> Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Agosto 2015, B) Setiembre 2015. ....	38
<b>Figura 19.</b> Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. Octubre 2015. ....	39
<b>Figura 20.</b> Variación promedio mensual de la temperatura superficial en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Diciembre 2014 – Noviembre 2015. ....	41
<b>Figura 21.</b> Variación espacio-temporal de la temperatura superficial en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Diciembre 2014 – Noviembre 2015. ....	42
<b>Figura 22.</b> Variación promedio de la temperatura superficial en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Diciembre 2014 – Noviembre 2015. ....	43
<b>Figura 23.</b> Variación promedio mensual de la salinidad en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	45
<b>Figura 24.</b> Variación espacio-temporal de la salinidad en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	46

<b>Figura 25.</b> Variación promedio estacional de la salinidad, en el estuario en los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	47
<b>Figura 26.</b> Variación promedio de la salinidad en las estaciones del estuario de los Manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	47
<b>Figura 27.</b> Variación estacional de la salinidad en las diferentes estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	49
<b>Figura 28.</b> Variación promedio mensual del oxígeno disuelto en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	50
<b>Figura 29.</b> Variación espacio-temporal de oxígeno disuelto en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	51
<b>Figura 30.</b> Variación promedio del oxígeno disuelto en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	52
<b>Figura 31.</b> Variación promedio mensual de la clorofila “a” en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	55
<b>Figura 32.</b> Variación espacio-temporal de la clorofila “a” en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	56
<b>Figura 33.</b> Variación promedio de la clorofila “a” en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	57
<b>Figura 34.</b> Variación promedio mensual de fosfatos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	58
<b>Figura 35.</b> Variación espacio-temporal de fosfatos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	59

<b>Figura 36.</b> Variación promedio de fosfatos en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	60
<b>Figura 37.</b> Variación promedio mensual de silicatos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	62
<b>Figura 38.</b> Variación espacio-temporal de silicatos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	63
<b>Figura 39.</b> Variación promedio de silicatos en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	64
<b>Figura 40.</b> Variación estacional de silicatos en las diferentes estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	65
<b>Figura 41.</b> Variación promedio mensual de nitritos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	67
<b>Figura 42.</b> Variación espacio-temporal de nitritos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	68
<b>Figura 43.</b> Variación promedio de nitritos en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	69
<b>Figura 44.</b> Variación estacional de nitritos en las diferentes estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	71
<b>Figura 45.</b> Variación promedio mensual de nitratos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	72
<b>Figura 46.</b> Variación espacio-temporal de nitratos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	73

<b>Figura 47.</b> Variación promedio de nitratos en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	74
<b>Figura 48.</b> Variación promedio mensual de la materia orgánica en el sedimento del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	77
<b>Figura 49.</b> Variación espacio-temporal de la materia orgánica en el sedimento del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	78
<b>Figura 50.</b> Variación promedio de la materia orgánica en el sedimento de las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015. ....	79
<b>Figura 51.</b> Variación mensual de la producción total de los manglares, en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Enero – Octubre 2015. ....	81
<b>Figura 52.</b> Variación mensual de la producción de los manglares, en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Enero – Octubre 2015. ....	82
<b>Figura 53.</b> Componentes de no hojas de los manglares, en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Enero – Octubre 2015. ....	83
<b>Figura 54.</b> Producción estacional en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Enero – Octubre 2015. ....	83
<b>Figura 55.</b> Número de individuos de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>B. marítima</i> en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Agosto – Octubre 2015. ....	85
<b>Figura 56.</b> Distribución de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>B. marítima</i> en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Agosto – Octubre 2015. ....	86
<b>Figura 57.</b> Densidad de <i>A. germinans</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>B. marítima</i> en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Agosto – Octubre 2015. ....	87

## RESUMEN

Desde noviembre 2014 a noviembre 2015, se determinó la variación estacional de la cobertura de mangle, características fisiográficas y componentes fisicoquímicos del agua y sedimento del estuario. Con un GPS Garmin Etrex 30 (Track) se hicieron recorridos cerca del mangle y del estuario, así mismo se obtuvieron muestras para determinar parámetros fisicoquímicos de agua y sedimento en 7 estaciones.

Los manglares de San Pedro está conformado por *Avicennia germinans* “mangle negro” y *Laguncularia racemosa* “mangle blanco”; la cobertura del manglar tuvo una disminución de 0.1 ha, con plantas pequeñas en el norte y altas en el sur. La longitud del estuario fue de 7.16 km y de 2 a 415 m de ancho. Durante la marea baja, se observaron variaciones en la superficie del estuario, mayores en el norte en todo el año, el número (15 y 46) y área (37.8 y 67.4 ha) de colmataciones fue mayor a fines de invierno (agosto) y primavera (setiembre y octubre).

La temperatura superficial del estuario (19.9 - 31.9 °C) presentó valores típicos de cada estación del año, mientras que la salinidad (2.84 - 36.94 ups), tuvo una distribución característica de estuarios. En general, los manglares estuvieron influenciadas por Aguas Costeras Frías y Aguas Subtropicales Superficiales, excepto en febrero y marzo cuando predominaron las Aguas Ecuatoriales Superficiales y Aguas Tropicales Superficiales. El oxígeno disuelto (2.24 – 8.16 ml/L) y la clorofila “a” (0.10 – 17.15 mg/L) mostraron una variación similar, con valores altos en verano y otoño; en E7 siempre se registraron bajas concentraciones de ambos parámetros. Los fosfatos (0.45 - 5.85 uM/L) mostraron máximas concentraciones en verano (5.85 uM/L). Los silicatos (0.92 a 235.08 uM/L) exhibieron altas concentraciones en otoño entre E5 y E7 (180 - 200 uM/L), E1, E2, E3 y E4 mantuvieron valores entre 10 y 40 uM/L. Los nitritos (0.01 - 1.11 uM/L) y nitratos (0.06 - 11.27 uM/L) tuvieron una distribución espacio-temporal similar, con mayores concentraciones en otoño e invierno. La materia orgánica mostró altas concentraciones en E1 y E5 (sedimento limo arcilloso) y bajas en E3 y E4 (sedimento arenoso).

La producción anual de los manglares (hojarasca) fue de 770.52 gr/m<sup>2</sup>.año. La densidad de *A. germinans*, *L. racemosa* y *Batis maritima* fue de 59 %, 38 % y 3 %, respectivamente. La disminución de la cobertura del manglar y la alta variabilidad en el número y superficie de las colmataciones influenciarían en la abundancia y distribución de las comunidades que habitan en el sistema acuático y terrestre. Comparativamente, los datos de esta investigación con otros estudios realizados previamente en este ecosistema, indican que la estacionalidad de ocurrencia de las colmataciones asociada a eventos extremos anómalos, como mareas extraordinariamente altas, serían los responsables de los cambios en la fisiografía y geomorfología del sistema de manglar de San Pedro de Vice.

**Palabras clave:** manglares, cobertura, colmataciones, parámetros fisicoquímicos, producción.

## ABSTRACT

From November 2014 to November 2015, it was determined the seasonal variation of mangrove cover, physiographic characteristics and physicochemical components of water, the estuarine sediment. With a GPS (Global Positioning System) Garmin Etrex 30 (Track), it was made routes near the mangrove and the estuary, it was obtained samples of physicochemical parameters of water and sediment in seven stations.

The mangroves of San Pedro is conformed by *Avicennia germinans* "black mangrove" and *Laguncularia racemosa* "white mangrove"; the mangrove cover had a decrease of 0.1 ha, with smaller plants in the north and higher in the south. The length of the estuary was 7.16 km and from 2 to 415 m of width. During the low tide, variations were observed in the surface of the estuary, majors in the north in all year the number (15 and 46) and area (37.8 and 67.4 ha) of clogs was higher at the end of winter (August) and spring (September and October).

The surface temperature of the estuary (19.9 - 31.9 ° C) presented values typical of each season of the year, while the salinity (2.84 - 36.94 ups) had a characteristic distribution of estuaries. In general, mangroves was influenced by Cold Coastal Waters and Subtropical Surface Waters, except in February and March when Surface Equatorial Waters and Surface Tropical Waters predominated. Dissolved oxygen (2.24 – 8.16 ml/L) and chlorophyll "a" (0.10 – 17.15 mg/L) showed similar variation, with high values in summer and autumn; In E7 there was always low concentrations of both parameters. Phosphates (0.45 - 5.85 uM/L) showed maximum concentrations in summer (5.85 uM/L). Silicates (0.92 - 235.08 uM/L) exhibited high concentrations in autumn between E5 and E7 (180 - 200 µM/L), E1, E2, E3 and E4 maintained values between 10 and 40 µM/L. Nitrites (0.01 - 1.11 uM/L) and nitrates (0.06 - 11.27 uM/L) had a similar spatial and temporal distribution, with higher concentrations in autumn and winter. The organic matter showed high concentrations in E1 and E5 (clay silt sediment) and low in E3 and E4 (sandy sediment).

The annual production of mangroves (litter) was 770.52 gr/m<sup>2</sup> per year. The density of *A. germinans*, *L. racemosa* and *B. maritima* was 59 %, 38 % and 3 %, respectively. Decreased mangrove cover and the high variability in the number and surface of the clogs, influence in the abundance and distribution of the communities living in the aquatic and terrestrial system. Comparatively, the data from this research with other studies previously performed in this ecosystem, they indicate that the clogs occurrence seasonality associated with extreme anomalous events, such as extraordinarily high tides, would be responsible for changes in physiography and geomorphology of the mangrove system of San Pedro de Vice.

**Keywords:** mangroves, cover, clogs, physicochemical parameters, productivity.

## I. INTRODUCCIÓN

Los humedales, según la Convención de Ramsar son “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas; sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (RAMSAR, 1994). Varían en función de su origen, tamaño, localización geográfica, régimen hidrológico o de inundación, condiciones químicas, características de la vegetación, del suelo y de los sedimentos. Se presentan en todos los climas y en todos los continentes abarcando desde una hasta miles de hectáreas (Moreno-Casasola y Infante, 2009).

Dentro de la clasificación de los humedales encontramos a los Sistemas estuarinos, que son ambientes conectados al mar abierto (Moreno-Casasola y Infante, 2009), por lo tanto están sujetos a procesos de interacción mar-continente en un amplio rango de variaciones espacio-temporales (Perillo y Cuadrado, 2013). Los estuarios incluyen marismas, esteros, lagunas y manglares, estos últimos son ecosistemas marino costeros, áreas donde ocurre la interface o transición entre la tierra y el océano (MINAM EDUCCA, 2013), el cual es un factor que influye en su fragilidad y sensibilidad ecológica (Menéndez y Guzmán, 2006).

Por todo lo anterior descrito, los manglares son sistemas abiertos y altamente productivos (PRO NATURALEZA, 2000; Organización Internacional de las Maderas Tropicales - OIMT, 2003; Huaylinos, Quispitupac y Martínez, 2002; Moreno-Casasola y Infante, 2009), ocupan el segundo lugar en producción de biomasa y energía, después de los arrecifes de coral (Charcape y Moutarde, 2005). Biológicamente es uno de los ecosistemas más diversos del planeta, pero también uno de los más amenazados (OIMT, 2003) y vulnerables al cambio climático, considerando que secuestra altos volúmenes de carbono (Mecanismos de Desarrollo Alternos - MDA, 2014; Sánchez-Carrillo et al., 2009; Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible de Choco - CODECHOCO e Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAP, 2009), es por ello que se encuentran entre los ecosistemas más valiosos del mundo (FAO, 2010a).

A nivel mundial se distribuyen en 123 países de regiones tropicales y subtropicales (OIMT, 2003; Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA, 2011 Moreno-Casasola y Infante, 2009; FAO, 2010a), principalmente entre los 25° N y 25° S, totalizando cerca de 17 millones de hectáreas de la costa tropical del mundo (OIMT, 2003), donde las naciones con mayor superficie de manglares son Indonesia (21%), Brasil (9%), Australia (7%), México (5%) y Nigeria (5%) (FAO, 2010a).

En Sudamérica, se distribuyen al norte de la costa de Colombia, la desembocadura del Amazonas, suroeste brasileño, costa ecuatoriana y la costa del extremo norte del Perú (INRENA, 2011; Borsdorf, Dávila, Hoffert y Tinoco, 2012; Jiménez, 2014), excepcionalmente en áreas con presencia de aguas frías (Takahashi, 2002), siendo Brasil el que posee mayor superficie de manglares (50.5%) (Instituto del Mar del Perú - IMARPE, 2010a).

Estos ecosistemas, denominados manglares, deben su nombre a que están constituidos por árboles o arbustos llamados mangles (INRENA, 2011). Pinto (1999) los considera como bosques pantanosos debido a que crecen en suelos conformados por lodo o arena fina, medias o gruesas. También son conocidos como bosques salados, debido a que crecen en aguas salobres, siendo especies tolerantes a inundaciones de agua salada pero también se adaptan a aguas dulces (Calderón, Aburto y Ezcurra, 2009). Su desarrollo, estructura y dinámica se regulan por la interacción de las aguas marinas con las aguas dulces, donde éstas últimas drenan desde el continente o corresponden a lluvias locales (Sánchez-Páez, Ulloa-Delgado y Tavera-Escobar, 2004), afrontando la necesidad de adaptarse a distintos grados de salinidad.

Son de gran importancia en el ámbito ecológico, económico y social (INRENA, 2011) por los servicios ecosistémicos que proveen a las comunidades aledañas como pesca, turismo, gastronomía, entre otros (Charcape, 2007; Serra, Vide, Briansó, Carrasco y Amorós, 2014; Arguedas, 2015). Cabe destacar que los manglares producen hojarasca y detritos, que son elementos nutritivos para una gran cantidad de animales marinos (Rodríguez, Chang y Goti, 2012). A nivel mundial, cada hectárea de mangle produce anualmente 12 toneladas de hojarasca y captura 17 toneladas de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, cinco veces más

carbono que los bosques tropicales (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA, 2012), mitigando los efectos del cambio climático (FAO, 2010b; AGUA, 2013).

La superficie de mangle ha ido disminuyendo rápidamente, pasando de más de 17 millones de hectáreas (ha) (FAO, 2007), a 15 millones de ha a nivel mundial (FAO, 2010a), estas cifras se han reducido a causa de acciones antrópicas y naturales (OIMT, 2003; Astrálaga, 2006; INRENA, 2011). No obstante, por su naturaleza los bosques de manglar van colonizando nuevas áreas, a la vez que pierden otras, siendo los eventos climáticos como El Niño, que según su intensidad puede favorecer que este ecosistema se recupere, o se degrade (Ministerio del Ambiente - MINAM y Ministerio de Agricultura - MINAGRI, 2011).

Nuestro país no ha sido ajeno a la reducción de áreas de manglar, en 1970 a nivel nacional se estimaba un total de 28 322 ha, y para el 2000 contaba con sólo 5 051 ha (FAO, 2007). El ecosistema más representativo en nuestro territorio son los manglares de Tumbes, los cuales han sido utilizados como fuente de leña, carbón, madera y postes, hasta ese entonces (1970) sin causar daño a los bosques. Es a partir de los años 70' que a causa del desarrollo de la acuicultura de langostinos (*Penaeus vannamei*) grandes áreas de manglar fueron degradados para el establecimiento de nuevas pozas (FAO, 2007; INRENA, 2011; Angulo, 2014), así como otras actividades industriales, agropecuarias y mineras (INRENA, 2011; FAO, 2007).

En el plano legal, se han establecido una serie de normas, entre la que destacan la prohibición de la tala de manglares, y su categorización como Área Natural Protegida (ANP) lo que ha permitido la reducción de la tasa anual de pérdida, acercándose a cero en los últimos cinco años (2000-2005) (IMARPE, 2010a), lográndose en la actualidad cierto equilibrio entre la expansión de la actividad langostinera y los manglares, sin embargo esto debe ser cuidadosamente monitoreado para evitar mayores pérdidas (Angulo, 2014); cabe destacar que es el único ecosistema de manglar existente en el país con esa categoría de protección (Mennonite Economic Development Associates - MEDA y MDA, 2009).

Para el caso de los manglares de Vice, también se han observado pérdidas en su cobertura (Barrionuevo y Marcial, 2006; Centro Neotropical de Entrenamiento en

Humedales -CNEH, Municipalidad Distrital de Vice -MDV, Gobierno Regional Piura - GRP, Ecología Desarrollo Humano y Conservación en el Perú – EDHUCO, 2008), asimismo tiene como amenaza la contaminación de las aguas del río Piura por el vertimiento de aguas servidas sin ningún tratamiento de la ciudad del mismo nombre, como de pueblos aledaños asentados en su ribera; canales de riego, que vierten aguas de regadío al río cambiando la salinidad del estuario; ganado vacuno, porcino y caprino que eventualmente ingresan al manglar destruyendo el hábitat (IMARPE, 2010a). Otra actividad que pone en peligro a este ecosistema es la actividad petrolera (Angulo, 2014).

En el Perú, los manglares tienen una distribución limitada a la corriente fría peruana que fluye paralela a la costa de sur a norte hasta los 6° S; esta condicionante impide el desarrollo de manglares en la costa peruana más al sur de esta latitud. Asimismo la ausencia de manglares entre los 3°35' y los 6° S se explica por factores de naturaleza climática y edáfica (Clüsener y Breckle, 1987). Por otro lado existen evidencias geológicas que permiten afirmar que el ecosistema de esteros y manglares llegaba en épocas prehistóricas más hacia el sur de la desembocadura del río Piura, donde aún es posible encontrar relictos. Se supone que la desaparición del ecosistema en esta zona, pudo deberse a la influencia de las actividades humanas a lo largo de los siglos, ya sea relacionadas con la pesca, la minería o la agricultura (Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local para el Desarrollo Social - NCTL, 1989 como se citó en INRENA, 2011).

El Santuario Nacional de los Manglares de Tumbes es el más extenso (Decreto Supremo N° 018-88-AG), cuenta con un área de 2 972 ha (IMARPE, 2010a; SERNANP, 2016), que por su ubicación estratégica ha merecido el reconocimiento Internacional por la Convención de Ramsar en 1997, pues constituye un hábitat importante para la migración de aves (INRENA, 2011), además en él habitan 5 comunidades de mangle, distribuidos de acuerdo a la altura del terreno: *Rhizophora mangle*, *R. harrisonii*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* (Parra y Arnillas, 2013).

Por otro lado, a una distancia de 345 km al sur de la ciudad de Tumbes se encuentran los manglares de San Pedro de Vice (INRENA, 2011), en la desembocadura del dren Sechura, el mismo que se desprende del río Piura (5°30'

37"S, 80° 52'55"O), abarcando parte del distrito de Vice y de Sechura, Piura. Cuenta con un área protegida, de 3 399 ha dentro de las cuales 310 ha es manglar, 436 ha es bosque seco y 1 055 ha es un área de amortiguamiento, constituido por desierto, anegadas y plantas herbáceas (CNEH, MDV, GRP y EDHUCO, 2008).

Este ecosistema está formado por 2 subsistemas: fluvial y manglar, el primero que es más estable siguiendo dos patrones: incremento de caudal y estiaje; el segundo, es impactado por la sedimentación de material arrastrado por el curso del río Piura, determinante en la característica fisiográfica del manglar; asimismo se observa la existencia de sólo 2 especies de mangle: *L. racemosa* y *A. germinans* (Huaylinos et al., 2002).

Es necesario mencionar que los manglares de San Pedro cuenta con reconocimientos de Área de Conservación Municipal (29-12-2000), Santuario de Conservación Regional (06-08-2003), aún más importante, el 12 de junio del 2008 es reconocido internacionalmente como un Humedal de Importancia Mundial o Sitio Ramsar, además la Bird Life International, la ha catalogado como Área de Importancia para la Conservación de las Aves (2009), y por último forma parte de la Red Hemisférica de Reservas Playeras como Sitio de Importancia Regional (04-02-2010) (CNEH, 2008); destacando su importancia por ser un relicto de manglar de la costa del Pacífico Sur.

En definitiva, las investigaciones realizadas en este ecosistema son escasos, la información existente es acerca de su biodiversidad florística y avifauna, siendo esta última la más importante, ya que a partir de ello fue considerado un humedal de importancia internacional. Adicionalmente, debido al limitado conocimiento de la cobertura, fisiografía y componentes físico-químicos, es que se plantea y se ejecuta el presente trabajo de investigación, teniendo como objetivos delimitar la cobertura de mangle, determinar variaciones estacionales de las características fisiográficas y componentes físico-químicos del cuerpo de agua, así como la concentración de materia orgánica en el sedimento del estuario, producción primaria y densidad del mangle; basándonos en la siguiente interrogante ¿Existen cambios temporales en la cobertura del mangle, características fisiográficas y componentes fisicoquímicos en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice?,

planteándose la hipótesis: el régimen de mareas, el aporte fluvial y evaporación influyen sobre la variación estacional en la cobertura del mangle, características fisiográficas y componentes fisicoquímicos del ecosistema Manglares de San Pedro de Vice, especialmente durante los meses de verano; la misma que fue contrastada con el diseño de investigación simple o diseño de una casilla ex-  
posfacto correlacional (Sánchez y Reyes, 1985 en Tam et al., 2008).

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Ubicación y descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice, desde noviembre 2014 a noviembre 2015, a través de salidas mensuales a campo por tres días; los días restantes se realizaron análisis en el laboratorio y procesamiento de información en gabinete.

\* Es necesario resaltar que por condiciones de mares, el muestreo de parámetros fisicoquímicos correspondiente a abril se realizó en 02 de mayo, existiendo 2 muestreos este mes, denominados mayo #1 (02 de mayo) y mayo #2 (30 de mayo), igualmente no hubo muestreo en agosto, es por esto que el estudio se prolongó hasta noviembre 2015.

El área de estudio se ubica en el distrito de Vice, provincia de Sechura, departamento de Piura, en el ámbito geográfico comprendido entre los 05° 30' 40" - 05° 34' 10" S y 80° 52' 50" - 80° 54' 45" W (Barrionuevo y Marcial, 2006) a 20 km al norte de Sechura (Figura 1).

Este departamento se encuentra en plena zona tórrida al Sur de la línea ecuatorial, por lo tanto su clima debería ser del tipo tropical, esto es, cálido, húmedo, boscoso y de alta precipitación pluvial, sin embargo, la presencia de las corrientes marinas de Humboldt y del Niño, le dan una característica diferente, haciéndolo sub-árido tropical, cálido y húmedo, con poca nubosidad y fina precipitación pluvial o garúa en invierno (Consejo Nacional del Ambiente-CONAM, 2006), donde el Desierto de Sechura o del pacífico representa una de las zonas más áridas del mundo, (CNEH, MDV, GRP y EDHUCO, 2008). Tiene una temperatura promedio anual de 24 °C, en verano supera los 35 °C, pudiendo llegar hasta 40°C cuando se presenta un evento El Niño extraordinario (Banco Central de Reserva del Perú - BCRP, 2016).

La época de lluvias se da entre enero y marzo, con precipitaciones menores a 50 mm/año (CNEH, MDV, GRP y EDHUCO, 2008; BCRP, 2016). Estas precipitaciones muestran variaciones en la costa, generalmente baja (10 y 200 mm) dentro de los 100 y 500 m.s.n.m.; entre los 500 y 1 500 m.s.n.m., las precipitaciones registran desde 200 a 800 mm y en la zona ubicada sobre los 1

500 m.s.n.m. el promedio de precipitaciones pluviales es de 1 550 mm (CONAM, 2006).

En Piura, la humedad ambiental promedio anual es del 66%, ésta se incrementa con la altitud, mientras mayor es la altura, menor es la temperatura y aumenta la humedad, teniendo que, por encima de los 3 000 m.s.n.m., el clima es extremadamente húmedo y de frío acentuado. La presión atmosférica media anual es de 10 085.5 milibares en tanto que los vientos siguen una dirección al sur a una velocidad promedio de 3 m/s (CONAM, 2006).

Este ecosistema de manglares lleva el nombre de una localidad de la ciudad y del distrito en el que se haya comprendido en su mayoría, San Pedro (localidad) de Vice (distrito). Actualmente, Vice es considerada como la capital regional del manglar. Por otro lado, según la clasificación de RAMSAR, este ecosistema es un humedal de tipo intermareal arbolado, con áreas de playas de arena, el canal principal y algunos canales secundarios, zonas bajas de barro inundables y zonas altas en el centro de las islas (colmataciones) (CNEH, MDV, GRP y EDHUCO, 2008).

Estos manglares están asistidos por el Río Piura, cuyas aguas provienen desde los páramos de altura de Huancabamba; en la parte baja de la cuenca es denominado dren Sechura, porque recoge las aguas de los campos de cultivo aledaños y domésticos de Piura y Sechura, además depende de las actividades de riego que se realizan en la parte media de la cuenca y las precipitaciones totales en la zona (CNEH, MDV, GRP y EDHUCO, 2008).

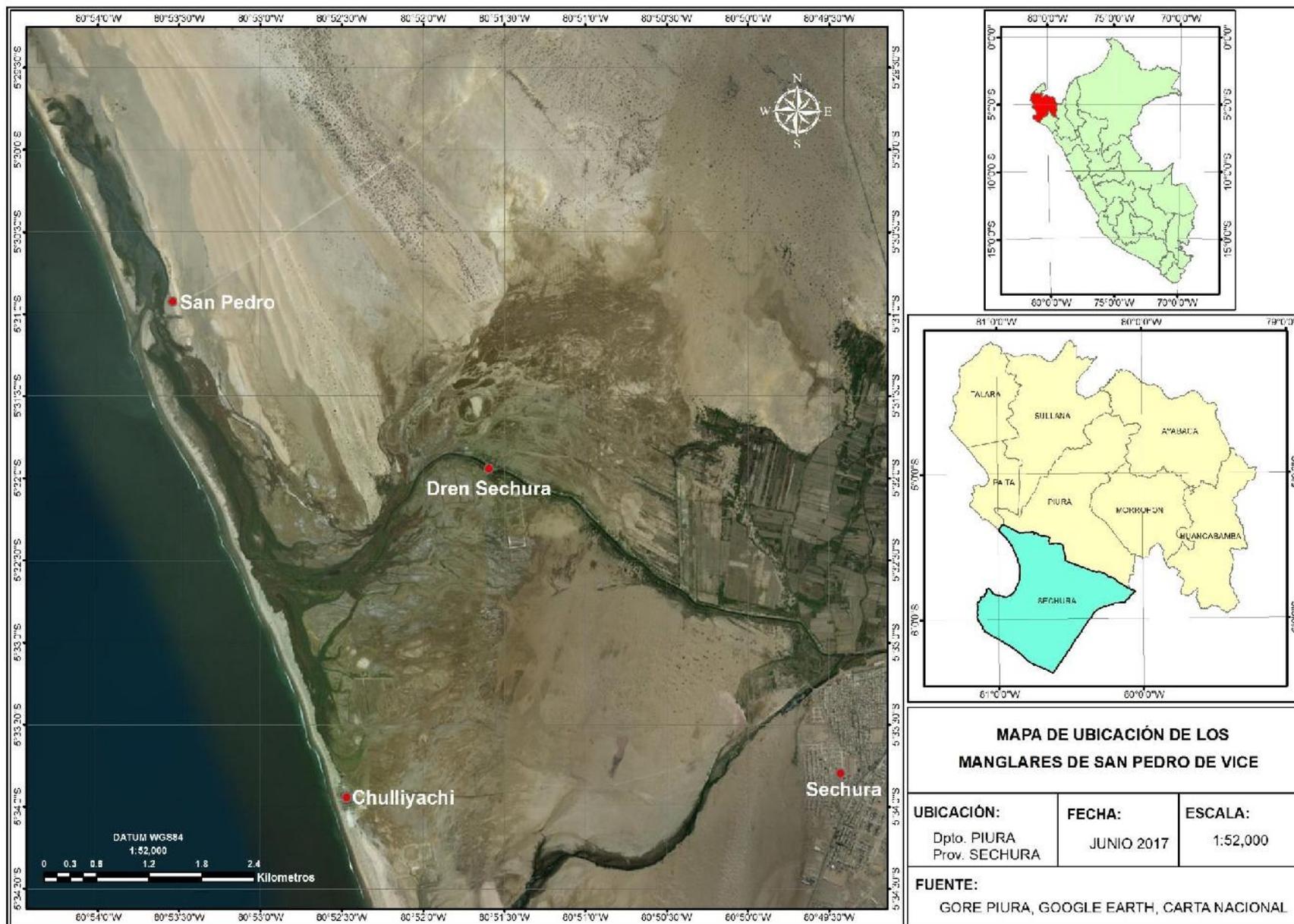


Figura 1. Mapa de ubicación del ecosistema manglares de San Pedro de Vice, situado en el Distrito de Vice, Provincia de Sechura, Departamento de Piura. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

## 2.1. Estaciones de muestreo

Se ubicaron siete estaciones de muestro, las cuales fueron georreferenciados utilizando un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) Garmin Etrex 30, ubicados con dirección de norte a sur, a lo largo del centro del estuario (Figura 2, Tabla 1).

Las estaciones E1 y E2 están ubicadas al noroeste del estuario, y se caracterizan por presentar un sustrato fangoso. Durante las mareas bajas no quedan expuestas y frente a cada una de ellas se encuentran pequeños arbustos de mangle, sin embargo en la E1 son más pequeños y escasos en comparación a la E2, que son más notorios y tupidos.

La estación E3 está ubicada al noreste de la desembocadura del estuario, tiene un sustrato arenoso, en marea baja el sustrato queda expuesto y es lugar de descanso para las aves; también presenta vegetación en el borde del estuario.

La estación E4 está ubicada en el centro de la desembocadura, cerca de la línea de costa, se caracteriza por tener un sustrato arenoso con conchuelas, en marea baja el sustrato no queda descubierto y carece de vegetación a ambos lados. Esta estación sufre cambios drásticos por las intensidades de las mareas, ya que al erosionarse o colmatarse, aumenta o disminuye su extensión.

Las estaciones E5 y E6 están ubicadas en sureste del estuario, se caracterizan por tener un sustrato fangoso, en marea baja la E5 no queda expuesto, a diferencia de la E6 donde ocurre lo contrario y es lugar de descanso para las aves; en ambas estaciones destaca la vegetación tupida de mangle, la misma que sirve para el reposo de aves en ciertos periodos del año.

La estación E7 está ubicada en uno de los canales de la parte sur del estuario, se caracteriza por tener un sustrato fangoso con conchuelas, en ocasiones duro, en marea baja el sustrato no queda expuesto, está rodeado por grandes árboles de mangle, especialmente mangle blanco (*L. racemosa*), los mismos que sirven como sitio de descanso y reproducción de aves.



Figura 2. Mapa del ecosistema de manglares de San Pedro de Vice, mostrando las estaciones de muestreo en el estuario. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Estación</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
E1	5° 29' 59.3"	80° 54' 7.38"
E2	5° 30' 32.5"	80° 53' 48.02"
E3	5° 30' 58.5"	80° 53' 42.49"
E4	5° 31' 3.76"	80° 53' 45.25"
E5	5° 31' 36.31"	80° 53' 23.01"
E6	5° 31' 53.3"	80° 53' 11.24"
E7	5° 32' 15.35"	80° 52' 59.96"

## **2.2. Metodología**

### **2.2.1. Registro de datos y obtención de muestras**

#### **2.2.1.1. Parámetros fisiográficos del ecosistema de San Pedro de Vice, Piura: cobertura de manglar; superficie y colmataciones del estuario.**

Se usó la función TRACK del GPS Garmin Etrex 30 para registrar posiciones geográficas cada 2 o 3 m de distancia, de tal forma que la cobertura, superficie y colmataciones del estuario queden delineados; se tuvo en cuenta los bordes indefinidos, disminuyendo la distancia en que se marcaron los puntos.

Para la medición de la cobertura de manglar se procedió a recorrer los bordes externos e internos del mangle, utilizando una balsa de madera en zonas inaccesibles en esta última. De manera similar se recorrió los bordes del espejo de agua para la delimitación de la superficie del estuario. Se tomó en cuenta las mareas bajas, realizándose recorridos en cada una de ellas, asimismo durante estas últimas se aprovechó para recorrer las colmataciones (definido como un fenómeno natural, producido por la acumulación de sedimentos en el fondo del cuerpo de agua) que se formaban en el interior del estuario.

Los recorridos se hicieron sólo en marea baja, ya que en marea alta, el estuario quedaba completamente lleno y sin mucha variación, siendo además peligroso. Se tuvo como referencia, las predicciones de mareas de la Dirección de Hidrografía y Navegación - HIDRONAV (2014, 2015).

#### **2.2.1.2. Parámetros físicos - químicos del agua y materia orgánica del sedimento del estuario.**

Los muestreos se realizaron en marea alta, obteniéndose muestras de agua superficial con ayuda de un recipiente plástico (balde). Se etiquetaron frascos de polietileno de 250 ml indicando: MV (Manglares de Vice), Número de estación (e.g. E1), LCSR (Laboratorio costero de Santa Rosa), NUT (nutrientes), Cl (clorofila "a") y ups (salinidad). Para el oxígeno disuelto se utilizó la botella muestreadora de oxígeno de 100 ml, color ámbar y para la temperatura se usó un termómetro de mercurio de 0 a 40 °C.

El orden en el que fueron tomadas las muestras fue la siguiente: Oxígeno (debido a que se contamina fácilmente), temperatura, nutrientes, clorofila "a" y salinidad.

Antes de coleccionar las muestras de nutrientes, clorofila "a" y salinidad, se enjuagaron los frascos con una porción de la misma muestra, luego fue llenado dejando una fracción libre, se colocó la contratapa y la tapa (Ledesma y León, 2013a). Para el registro de la temperatura se introdujo el bulbo del termómetro dentro del recipiente plástico conteniendo la muestra y se dejó reposar durante 5 minutos para luego hacer la lectura respectiva (IMARPE, 2010c).

Para la colecta de muestras de sedimento, se utilizaron bolsas de polietileno selladas herméticamente (bolsa ziploc), las cuales fueron rotuladas de acuerdo a la estación correspondiente (e.g. E1). Con ayuda de un cucharón, se extrajo muestras de sedimento superficial.

Una vez colectadas las muestras, éstas fueron colocadas en una caja térmica con hielo para mantener una temperatura de  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Torres, com. per.) hasta su posterior análisis en el laboratorio. Se debe mencionar que las muestras de salinidad y oxígeno fueron transportadas a temperatura ambiente.

### 2.2.1.3. Producción primaria de los manglares de San Pedro de Vice

Con un GPS Garmin Etrex 30, se georreferenciaron dos lugares adecuados y aislados (Tabla 2, Figura 3), fuera del alcance de la vista de las personas; se colocaron en cada lugar, una canasta de madera de 1 m de lado y 15 cm de alto, con un área de  $1\text{ m}^2$ , lo acopiado fue recolectado mensualmente en bolsas plásticas y mantenidas a temperatura ambiente hasta su análisis en laboratorio.

Tabla 2. Coordenadas geográficas de la ubicación de las canastas en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Lugar	Longitud	Latitud
1	5° 31' 11.02"	80° 53' 27.72"
2	5° 31' 52.61"	80° 53' 7.3"

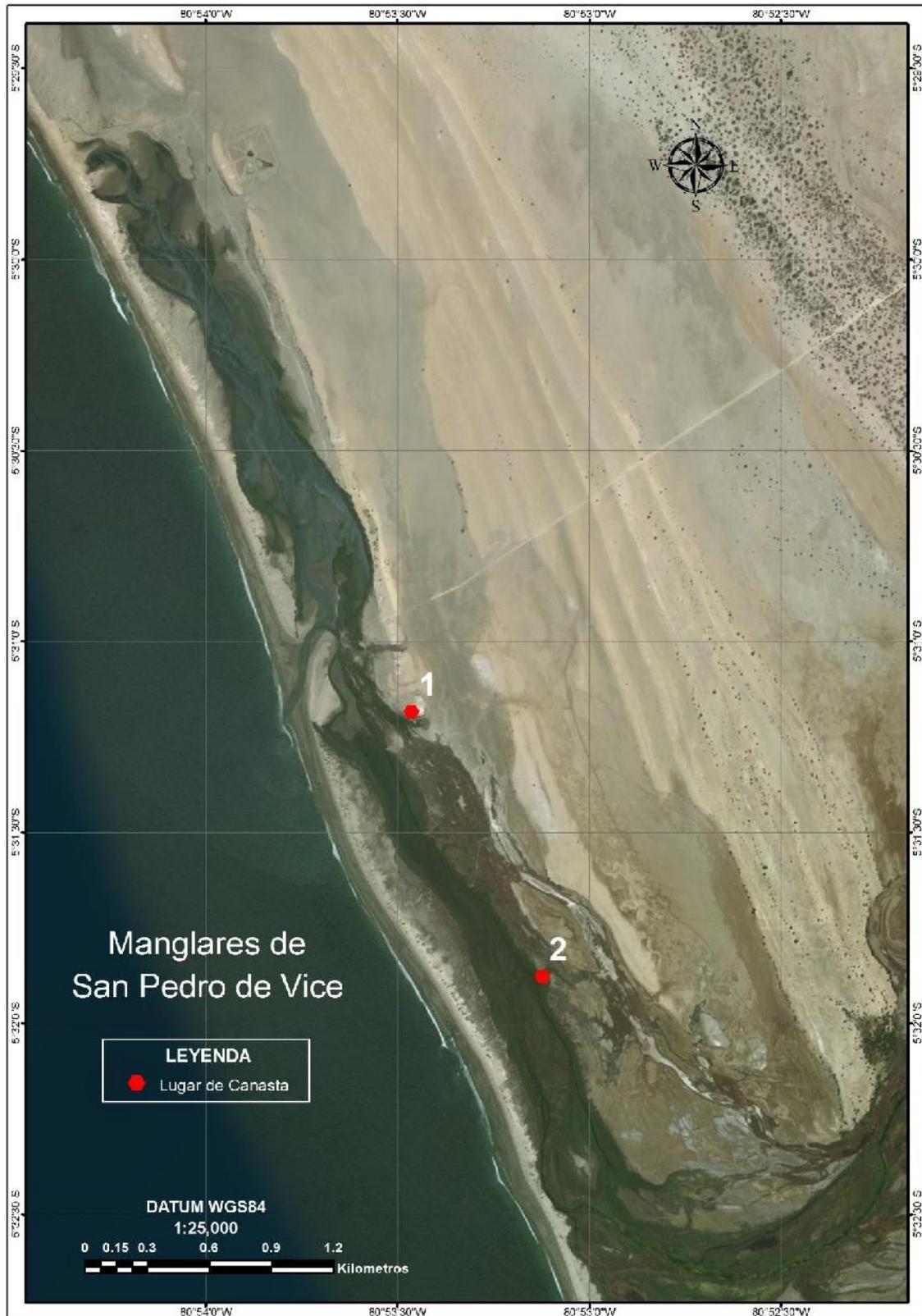


Figura 3. Mapa del ecosistema manglares de San Pedro de Vice mostrando los lugares de ubicación de las canastas. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

#### 2.2.1.4. Densidad de especies de mangle.

Para determinar la proporción de densidad entre las especies de mangle, se delimitaron 11 cuadrantes (15 x 15 m de lado) con cordelillos, comprendiendo 225 m<sup>2</sup> de área cada uno; distribuidos de forma paralela a la rívera del estuario: 4 cuadrantes al noroeste, 3 cuadrantes en el centro y 4 cuadrantes al sureste, además se usó una brújula para el correcto direccionamiento de los cordelillos. Los cuadrantes fueron georreferenciados con un GPS Garmin Etrex 30 (Figura 4, Tabla 3). En cada cuadrante los individuos de mangle, fueron identificados y contados sin considerar sus tamaños, ancho del tallo, etc.

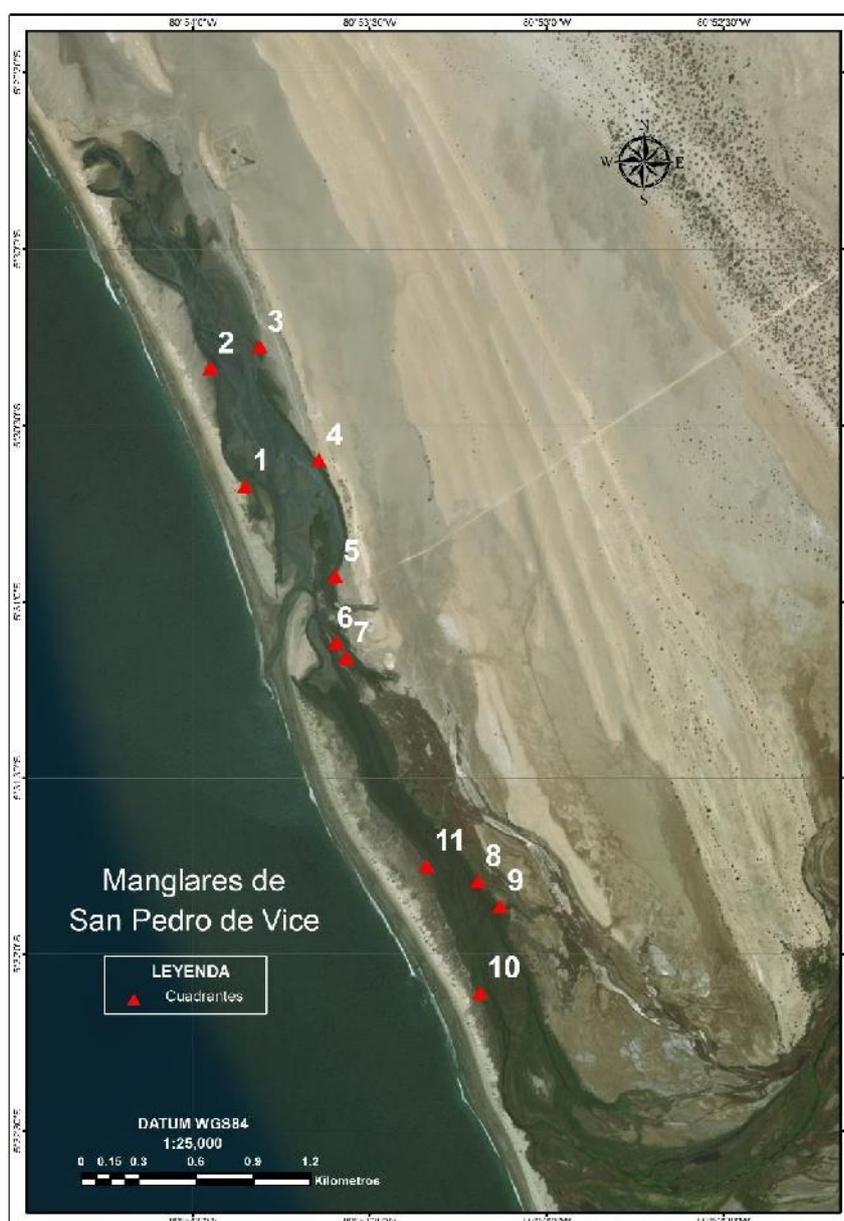


Figura 4. Mapa del ecosistema manglares de San Pedro de Vice mostrando los cuadrantes. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Tabla 3. Coordenadas geográficas de los cuadrantes en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Cuadrante</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Referencia</b>
1	5° 30' 40.35"	80° 53' 51.1"	Noroeste
2	5° 30' 20.26"	80° 53' 56.97"	Noroeste
3	5° 30' 16.59"	80° 53' 48.51"	Noroeste
4	5° 30' 35.85"	80° 53' 38.54"	Noroeste
5	5° 30' 55.69"	80° 53' 35.73"	Centro
6	5° 31' 7.03"	80° 53' 35.59"	Centro
7	5° 31' 9.55"	80° 53' 33.93"	Centro
8	5° 31' 47.6"	80° 53' 11.57"	Sureste
9	5° 31' 51.81"	80° 53' 7.87"	Sureste
10	5° 32' 6.57"	80° 53' 11.25"	Sureste
11	5° 31' 45.01"	80° 53' 20.29"	Sureste

## **2.2.2. Análisis de muestras**

### **2.2.2.1. Parámetros físicos - químicos del agua y materia orgánica del sedimento del estuario**

Para el análisis de estas muestras se tuvo el apoyo del IMARPE - Laboratorio Costero de Santa Rosa, el laboratorio de Biología Pesquera de la Facultad de Ciencias Biológicas y el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Zootecnia de la UNPRG.

El oxígeno disuelto se determinó por titulación iodométrica empleando el método de Winkler (1972) en Ledesma y León (2013b), asimismo para la salinidad se aplicó el método de inducción usando el salinómetro marca Guildline, modelo Portasal 8410A (IMARPE, 2009) a una temperatura ambiental de 20 °C y la del instrumento 25 °C.

Los nutrientes (fosfatos, silicatos, nitritos y nitratos) se determinaron con la técnica espectrofotométrica UV-visible, usando el espectrofotómetro marca Perkin Elmer, modelo Lambda 45 UV/VIS, basado en el método descrito por Strickland y Parsons (1972) en León y Ledesma (2013a, 2013b, 2013c, 2013d); de igual manera para la clorofila "a", se empleó la técnica fluorométrica, usando el Fluorómetro marca Turner Design, modelo AU10, análisis realizado por el método de Yentsch y Menzel (1963) & Holm Hansen et al. (1965) en Ledesma y León (2013c). Asimismo para la determinación de la materia orgánica en sedimentos se empleó el método de Pérdida por Ignición de Dean (1974) descrita por Luque (2003).

### **2.2.2.2. Producción primaria de los manglares de San Pedro de Vice**

La producción primaria neta aérea de la necromasa se calculó de acuerdo a Brown (1984), siendo modificada la expresión de las unidades de la tasa de caída de la hojarasca en g/m<sup>2</sup>.mes.

En placas Petri y cajas de cartón previamente pesados, se procedió a separar los componentes de la hojarasca en hojas y no hojas, esta última constituida por flores, frutos, tallos y misceláneos. Posteriormente se pesaron y se deshidrataron en la estufa a una temperatura de 75°C por 72 horas; finalmente fue pesado de nuevo, obteniendo el resultado final.

### 2.2.3. Procesamiento de datos

#### 2.2.3.1. Datos de cobertura de manglar; superficie, perímetro y colmataciones del estuario.

Una vez colectados los datos, se procedió a extraerlos del GPS a una Laptop HP Pavilion g4, asimismo estos archivos .GPX (GPS eXchange Format) fueron importados al software libre BaseCamp, para luego exportarlos a archivos .CSV (Comma-separated values) y poder abrirlos con la hoja de cálculo de Excel, en este último se procedió a filtrar las coordenadas, ya que hubieron varias que se repetían. Posteriormente los datos fueron procesados en el software ArcGis versión 10.2, en este mismo software se obtuvieron áreas (ha) de la cobertura, superficie y colmataciones, así como perímetro del estuario (km). Se presenta lo obtenido en figuras.

En este contexto se obtuvieron 2 figuras de cobertura entre las estaciones de primavera 2014 - verano 2015 e invierno - primavera 2015. Igualmente 4 líneas de marea baja (noviembre 2014, febrero, agosto y octubre 2015) y 11 figuras de colmataciones en todos los meses (excepto diciembre 2014).

Es necesario mencionar que la delimitación de la cobertura de la parte derecha del sureste, se realizó con imágenes satelitales de Google Earth, ya que in situ fue imposible hacer el recorrido debido a la inaccesibilidad de la zona (suelo muy fangoso, mezcla de mangle con *Typha sp.*). Se observaron componentes a los que se le denominó Tierra, debido a que aparentemente eran espacios vacíos, según mostraba el software; asimismo, para la delimitación del componente *Typha sp.* "inea", se tuvo ayuda de coordenadas georreferenciadas que habían sido tomadas en campo. Por lo tanto estas áreas son iguales para ambas gráficas y la variabilidad se vería a partir de la zona norte hasta la mitad de la zona sur del ecosistema.

Por otro lado, se realizaron las medidas aproximadas del largo (km) y ancho (m) del estuario, los cuales fueron representadas con líneas, obteniéndose una figura de cada uno. Para la representación de estos, se usó la línea de marea baja de Febrero.

En cuanto a las colmataciones, se realizó en la hoja de cálculo de Excel un gráfico de barras y líneas, representándose en el primero su distribución mensual a modo

de resumen general (ausencia - presencia) y en el segundo, la variación mensual de su área, así como su tendencia

#### **2.2.3.2. Datos de parámetros del agua y materia orgánica del sedimento**

Se aplicó una estadística de medida central simple, mensual y por estaciones de muestreo, asimismo los resultados de cada mes fueron agrupados en cada estación del año: verano, otoño, invierno y primavera del 2015; la agrupación fue de acuerdo al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI (2016); además, se presentan tablas y figuras resumen de los resultados elaboradas en la hoja de cálculo de Excel 2013, igualmente figuras hechas en el software SURFER Versión 11.1.719.

Se aplicó un análisis de variancia (ANOVA) para establecer si existen diferencias significativas entre meses, estaciones de muestreo y estaciones del año, así como comparaciones múltiples de Tukey, todo ello elaborado en la hoja de cálculo de Excel 2013 y a un nivel de confianza del 95%.

#### **2.2.3.3. Datos de producción primaria de los manglares**

Los resultados de cada mes fueron agrupados en hojas y no hojas ( $\text{g/m}^2\cdot\text{mes.}$ ), seguidamente se obtuvo promedios para cada estación del año (2015), asimismo, se presentan figuras elaboradas en la hoja de cálculo de Excel 2013. Por otro lado, se aplicó un ANOVA para establecer si existen diferencias significativas entre las estaciones del año y entre la producción de la hojarasca (hojas y no hojas), a un nivel de confianza del 95%.

#### **2.2.3.4. Datos de densidad de especies de mangle.**

La densidad se determinó según la metodología propuesta por Mostacedo y Fredericksen (2000). Este parámetro se expresó en  $\text{ind/m}^2$ . Los resultados obtenidos fueron agrupados en: *A. germinans*, *L. racemosa* y *Batis marítima*, posteriormente se contaron los individuos de cada uno y se promediaron en la hoja de cálculo de Excel 2013, a su vez se obtuvieron gráficas de líneas y de barras, representándose en esta última los porcentajes obtenidos.

Se aplicó una prueba de t-student y un ANOVA para establecer si existen diferencias significativas entre *A. germinans*, *L. racemosa*; y entre las zonas de norte, centro y sur respectivamente, a un nivel de confianza del 95%.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Parámetros fisiográficos del ecosistema de San Pedro de Vice, Piura.

##### 3.1.1. Cobertura del manglar

Se registró un área de cobertura de 79.2 ha entre primavera 2014 y verano 2015 (Figura 5A) y 79.1 ha entre invierno y primavera 2015 (Figura 5B), observándose la disminución de aproximadamente 0.1 ha, equivalente a 1 000 m<sup>2</sup>. Las pérdidas de cobertura se observaron en la parte interna de la zona sur, en el centro por la estación E3 y por los alrededores de la E5. Además hubo un ligero aumento en el ancho de la franja adyacente al mar de la zona norte de 4 a 6 m aproximadamente, al sur de la bocana y un pequeño parche por la E1, E5 y E6.

En cuanto a la zonificación de los manglares, se observó que las franjas de mangle adyacentes al mar, estaban conformadas por *A. germinans*, con algunos parches adyacentes de *L. racemosa* en las áreas externas del estuario. Cerca de ambos extremos de la bocana se observaron pequeños conglomerados aislados de *A. germinans*.

Por el contrario, en la franja adyacente a la carretera se observaron variaciones en la distribución de *A. germinans* y *L. racemosa*, y de manera similar en el centro del estuario; sin embargo frente a la bocana pero en la zona externa del manglar se observaron pequeños conglomerados de mangle seco con una coloración blanquecina, cuyo interior del tallo estaba verde. No se logró identificar la especie de mangle.

En relación a su tamaño, de manera general, los manglares mostraron una distribución espacial diferente, siendo pequeños y emergentes en la zona norte; aumentando su tamaño y envergadura conforme se avanza hacia el sur, observándose árboles densos y robustos en esta parte.

En este sentido, en el límite de la zona norte se observaron pequeños arbustos aislados de *A. germinans*, igualmente en el centro de la zona sur también se encontraron arbustos de ambos tipos de mangle mezclados con una gran cantidad de *Typha* sp. "inea" con aproximadamente 3.1 ha; además, en la parte terminal de la zona sur predominó *L. racemosa*, especie que se caracterizó por la presencia de árboles frondosos de 10 a 12 m de altura aproximadamente, con

tallos gruesos (20 – 25 cm) y fuertes, asimismo *A. germinans* registró alturas de 4 a 6 m, pequeños en su mayoría con un diámetro de tallo de 10 a 12 cm, no muy frondosos en comparación a *L. racemosa*. No se observó *A. germinans* en las orillas del estuario en esta zona, sin embargo en la parte externa de estas orillas se encontraron como arbustos en desarrollo (Figura 6).

En la parte terminal de la zona sur del manglar, se logró observar espacios vacíos, los cuales para caracterizarlos en este estudio, se les denominó “tierra”, con aproximadamente 19.6 ha (Figura 6).

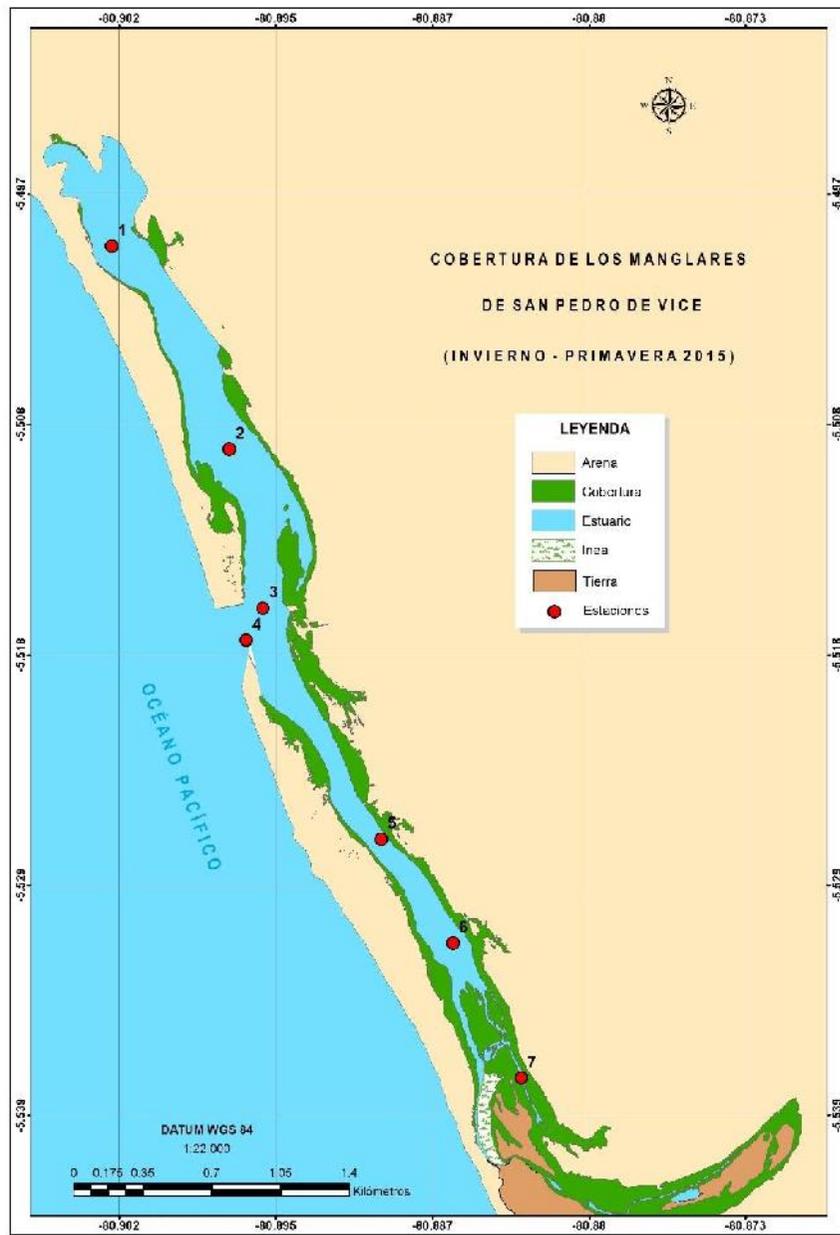
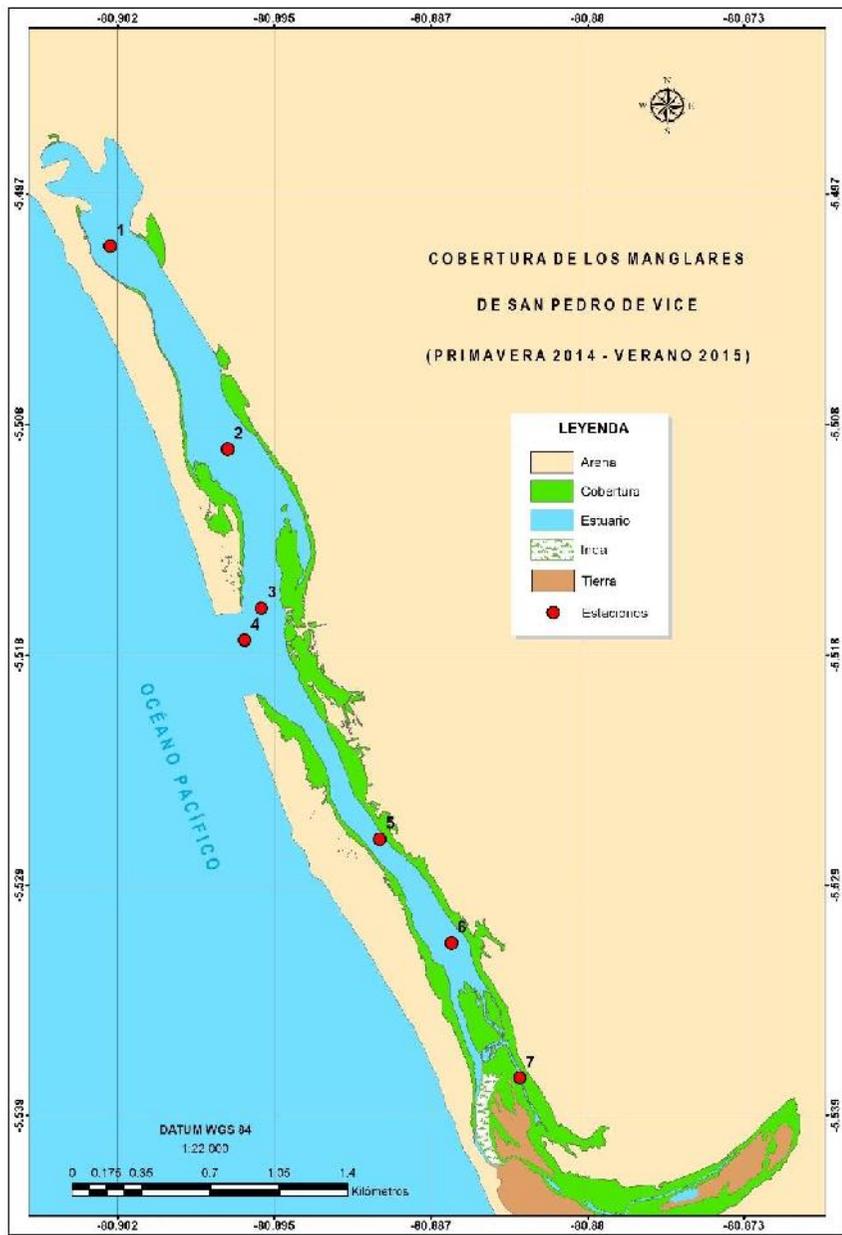


Figura 5. Variación de la cobertura de los manglares de San Pedro de Vice A) Primavera 2014 y verano 2015, B) Invierno y primavera 2015.

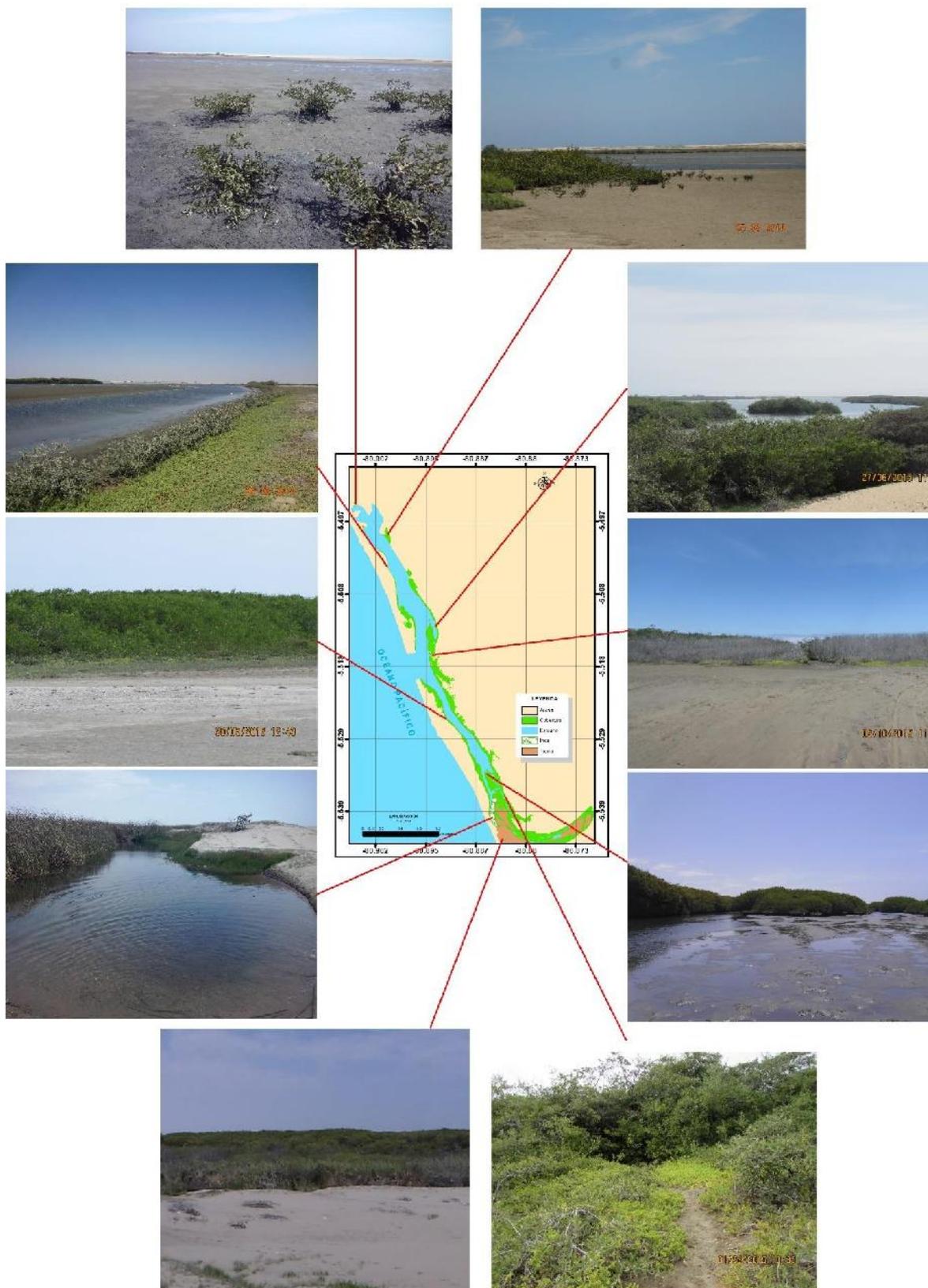


Figura 6. Mapa de los manglares de San Pedro de Vice y la distribución espacial de los manglares, pequeños al norte y desarrollados en el sur, durante noviembre 2014 a noviembre 2015.

### 3.1.2. Superficie y perímetro del estuario

El estuario tuvo una longitud de 7.16 km (Figura 7A) y un ancho de 156 a 415 m aproximadamente en el norte, 247 m en el centro y 99 a 226 m en el sur, asimismo en la parte más extrema de la zona sur, tuvo un ancho mínimo de 2 m y un máximo de 48 m (Figura 7B).

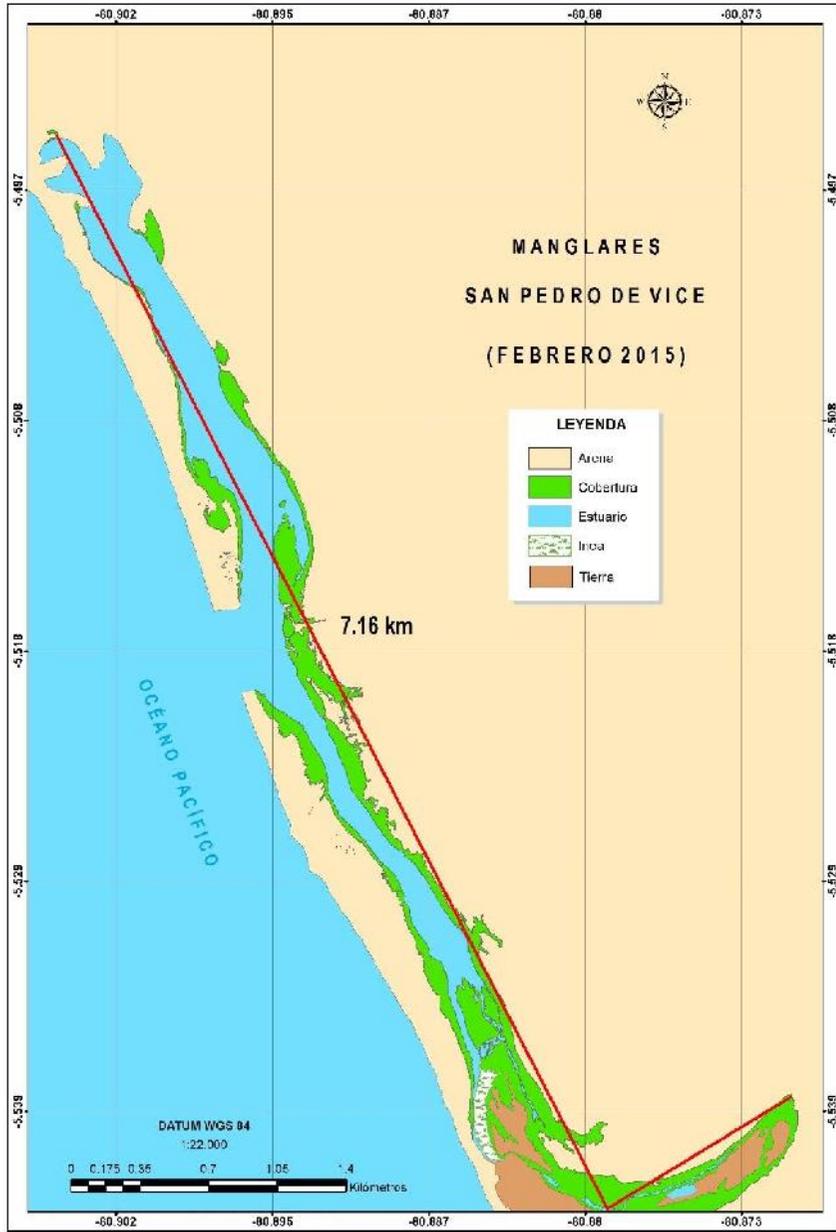
Las superficies del estuario en noviembre 2014, febrero, agosto y octubre 2015, fueron de 96.9 ha (Primavera 2014), 101.5 ha (Verano), 103.7 ha (invierno) y 81.4 ha (Primavera 2015), respectivamente (Figura 8). En general se observa una notable disminución de la superficie durante primavera.

En cuanto al perímetro de la superficie del estuario se obtuvo 22.1 Km, 21.8 km, 22.3 km y 21.2 km en noviembre 2014, febrero, agosto y octubre 2015, respectivamente (Figura 9 y 10).

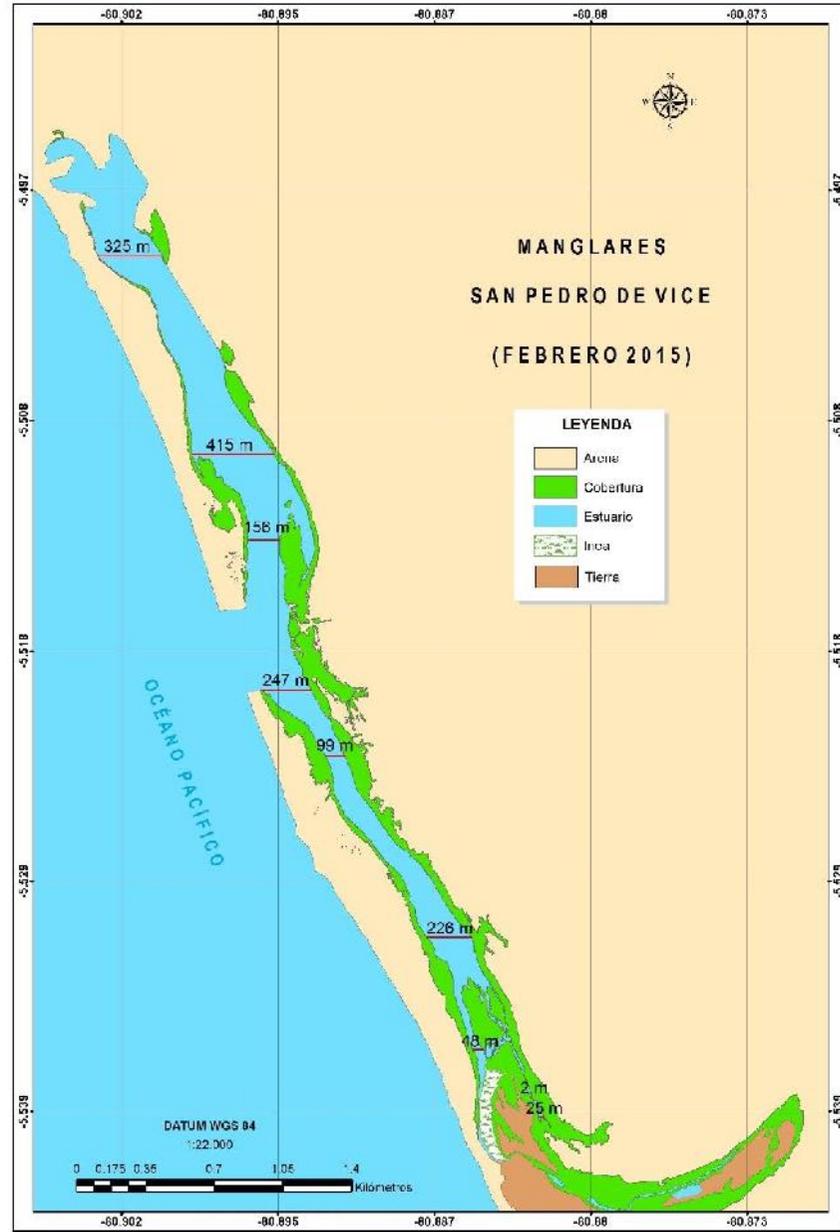
No se observó mayor variación de la superficie en la zona norte del estuario, excepto en octubre 2015, que fue donde hubo menor superficie de espejo de agua, observándose claramente la exposición del sustrato de la estación E1 (Figura 10B).

Se debe mencionar que en enero se observó la presencia de una bocana al noroeste del estuario, la cual fue abierta mecánicamente por la municipalidad de Vice. Este hecho facilitó la entrada de agua de mar al estuario, sin embargo se fue cerrando naturalmente hacia marzo (Figura 11).

Por otro lado, a fines de abril e inicios de mayo y julio, debido a fuertes oleajes, hubo una alteración en el ecosistema, especialmente en la morfología del estuario y el espejo del agua, encontrándose indicios de que en marea alta, el cuerpo de agua se haya desbordado de su cauce.



(A)



(B)

Figura 7. A) Longitud del estuario de los manglares de San Pedro de Vice, B) Ancho del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

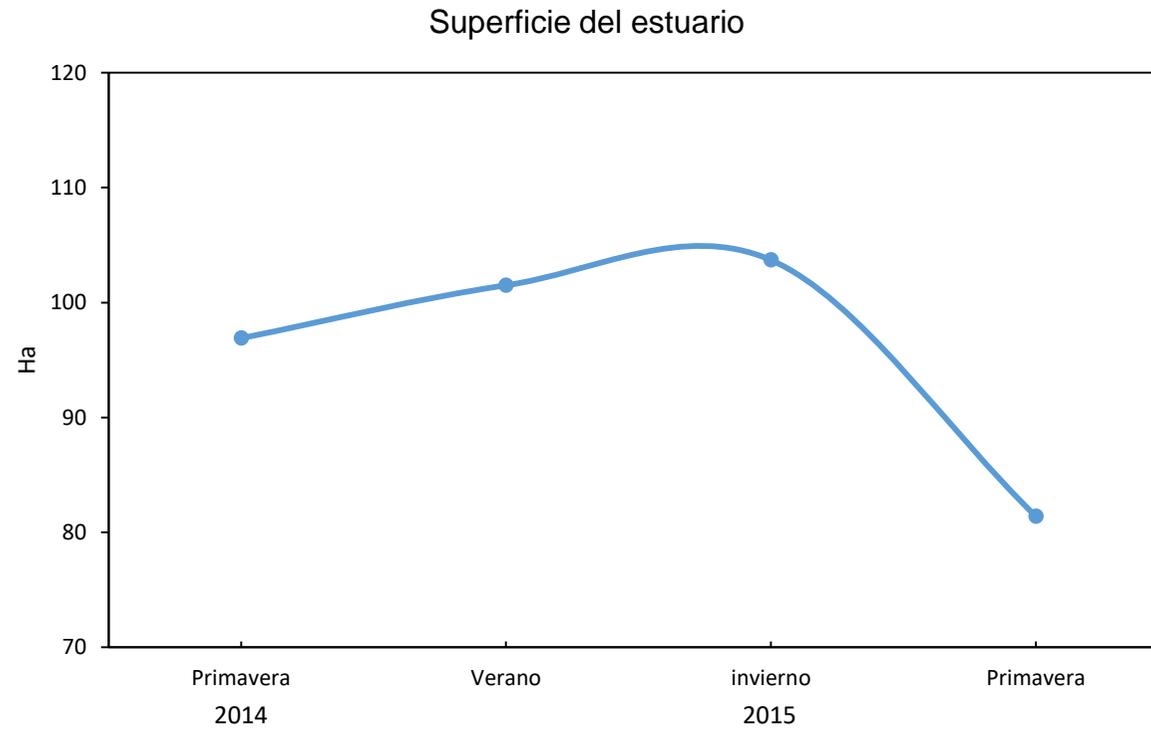


Figura 8. Variación estacional de la superficie del estuario de los Manglares de San Pedro de Vice, en marea baja, entre primavera 2014 y primavera 2015.

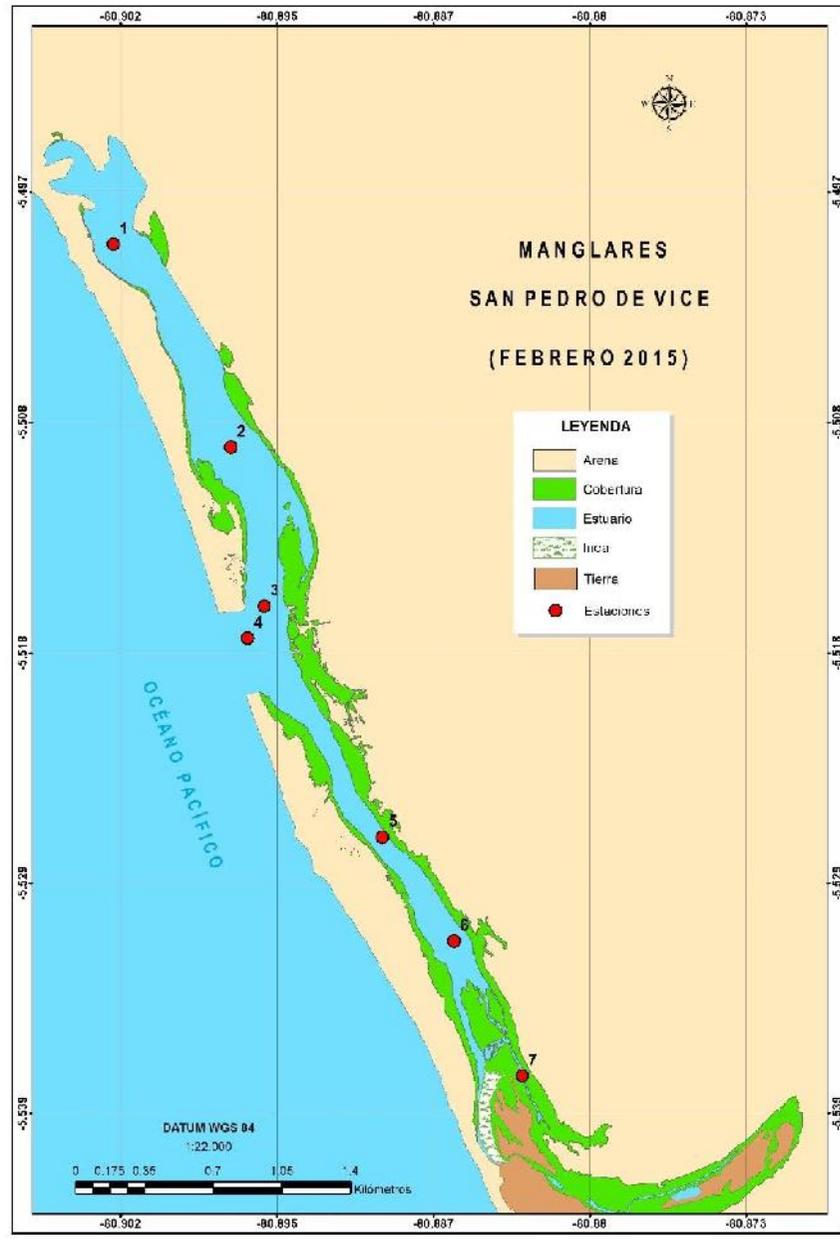
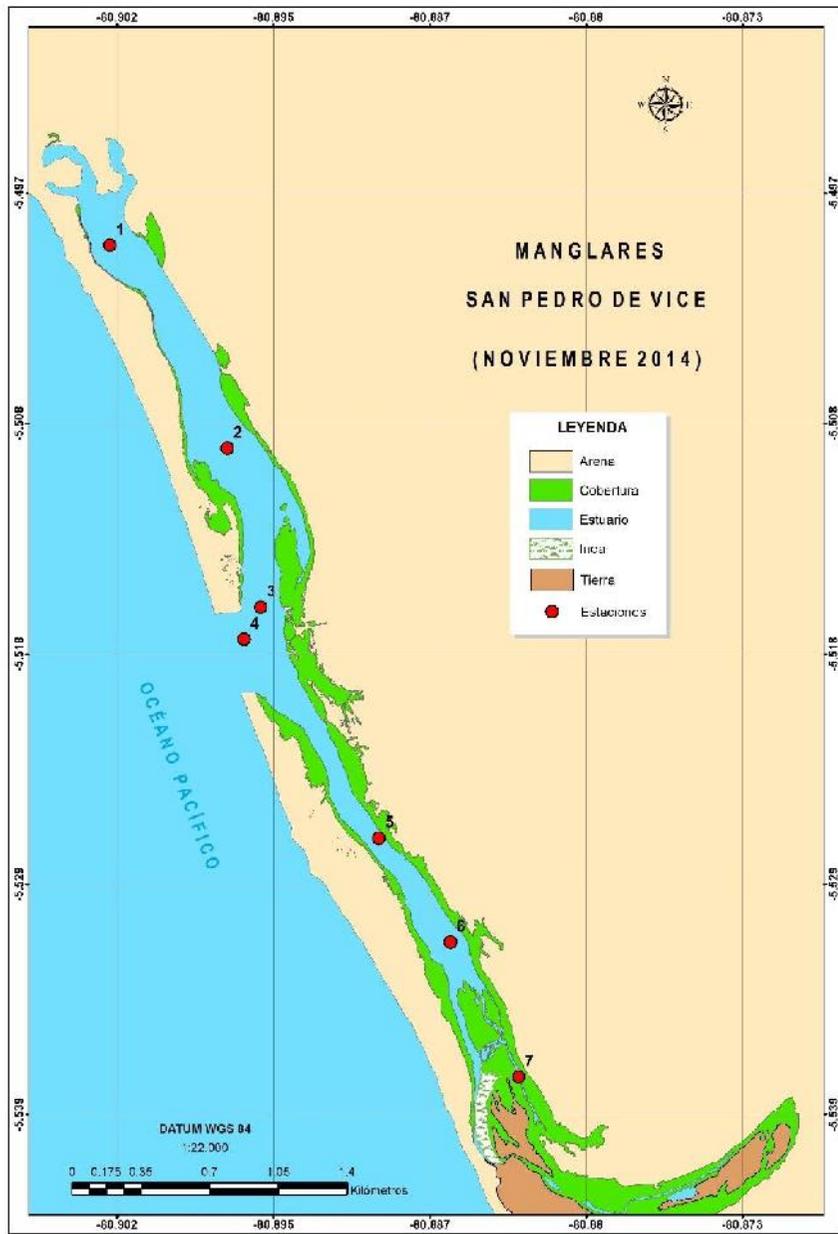
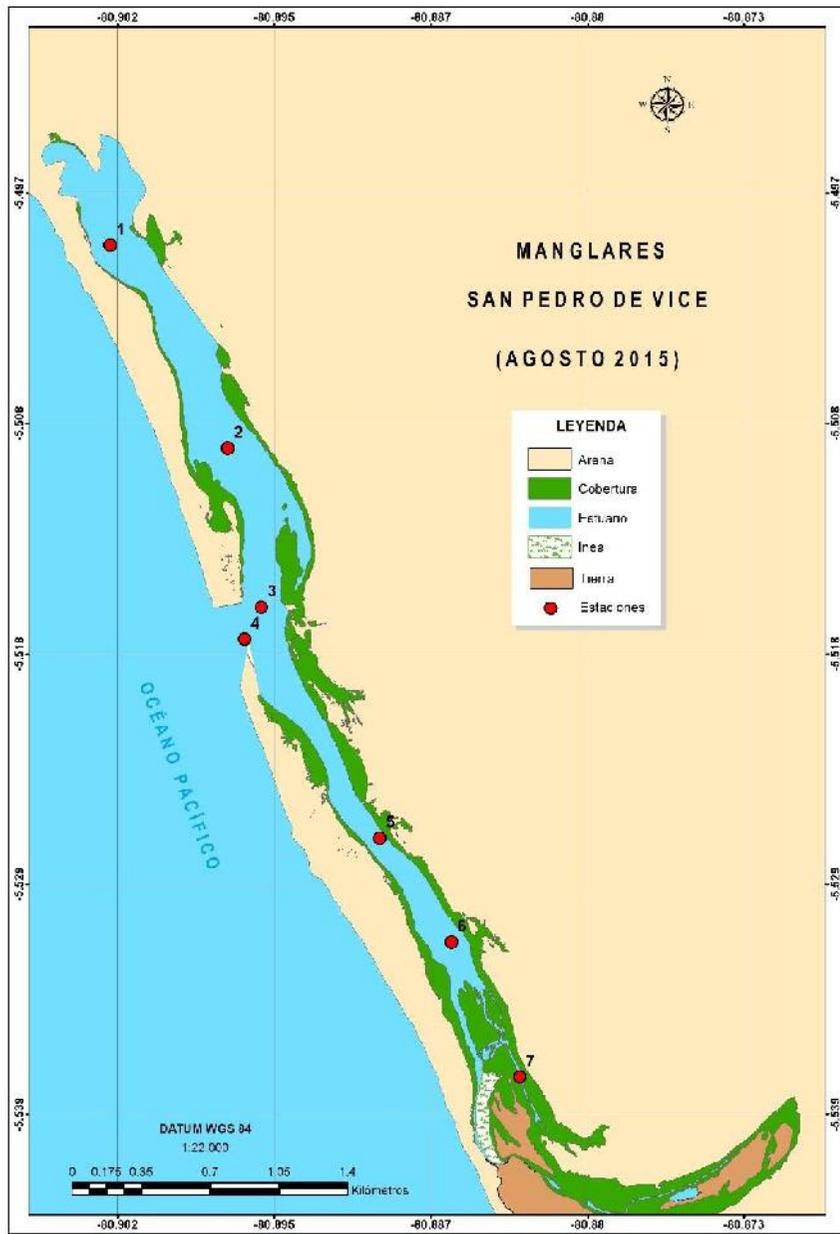
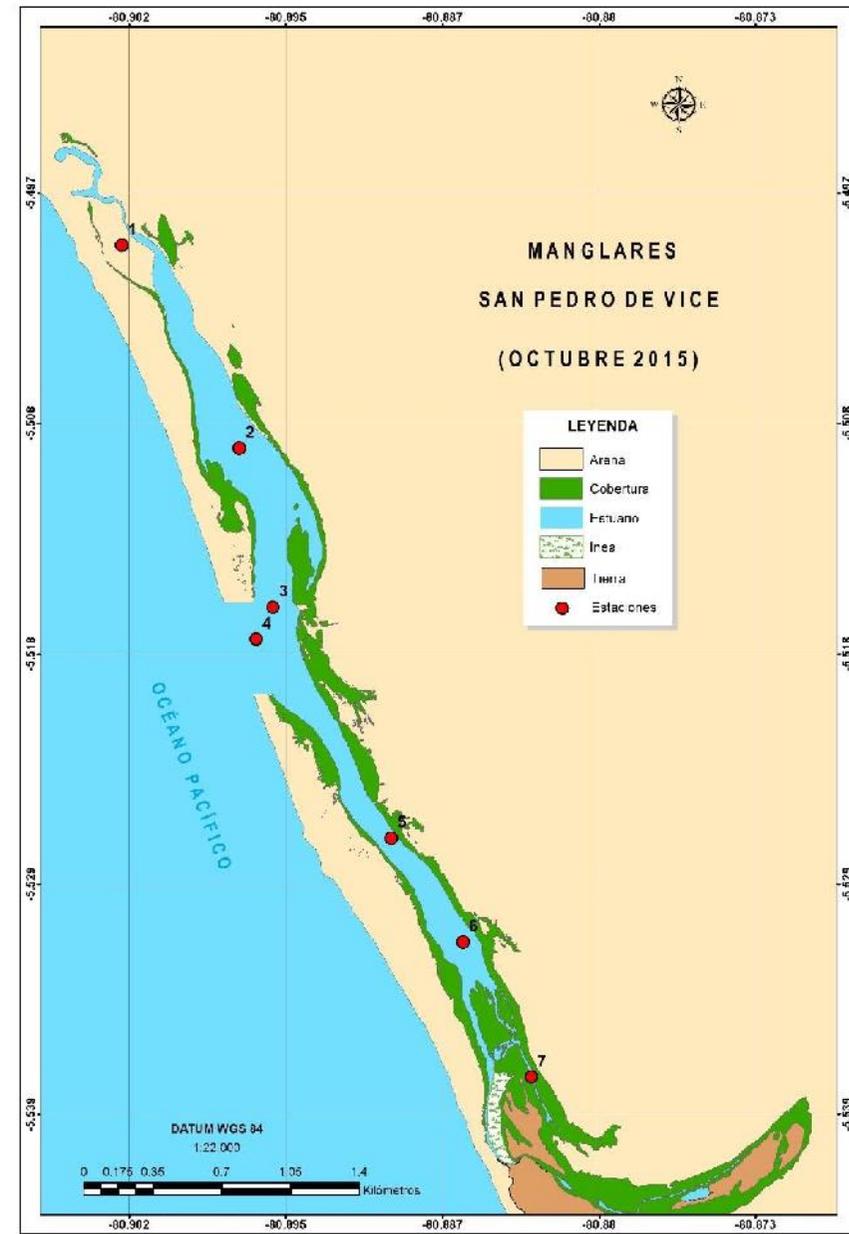


Figura 9. Superficie del estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Noviembre 2014, B) Febrero 2015.



(A)



(B)

Figura 10. Superficie del estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Agosto 2015, B) Octubre 2015.

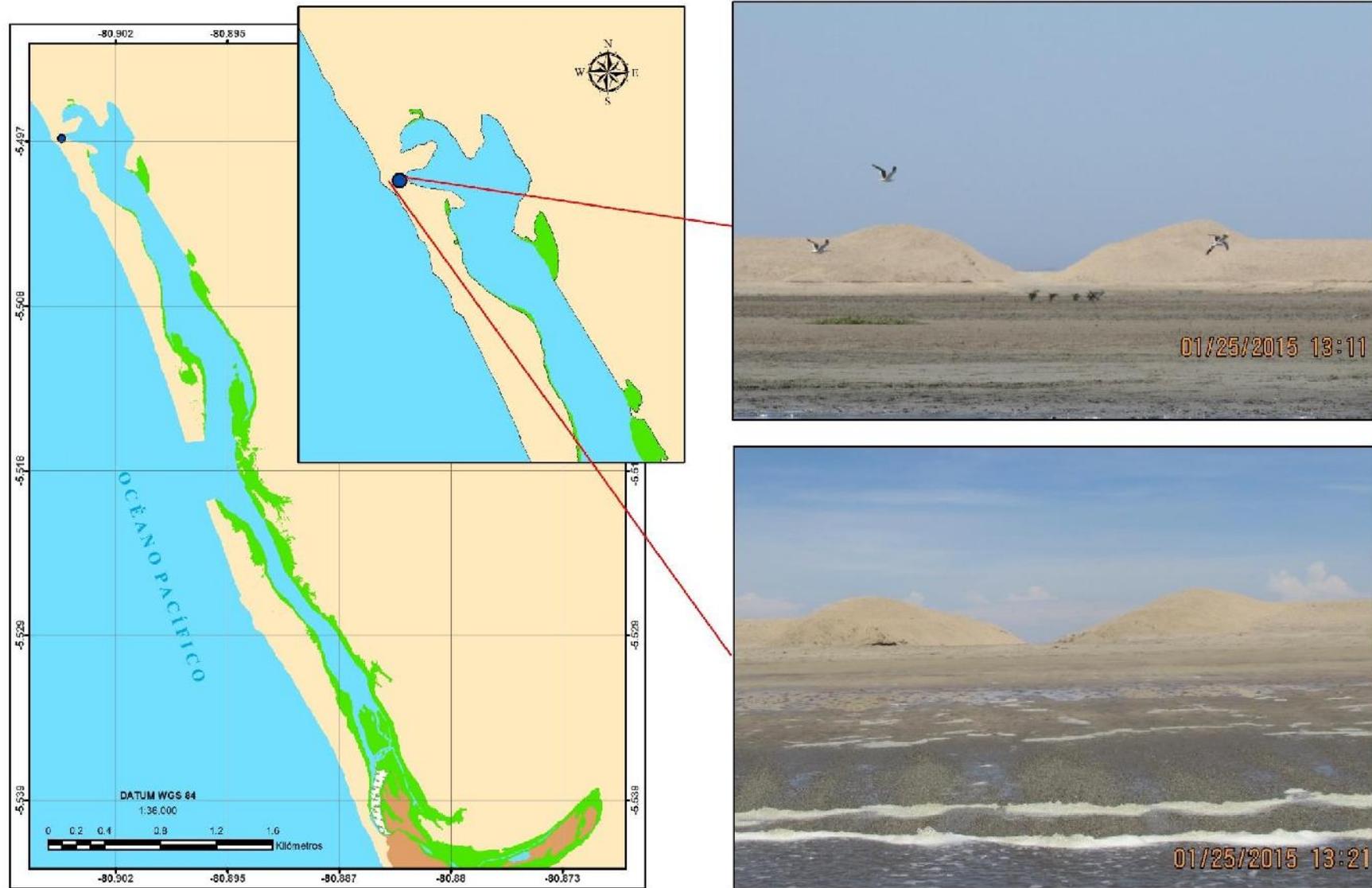


Figura 11. Apertura mecánica de una bocana al noreste del estuario de los manglares de San Pedro de Vice - Enero 2015.

### 3.1.3. Colmataciones

De manera cualitativa (ausencia presencia), en verano, otoño y primavera 2015 se observaron colmataciones en la zona norte y centro del estuario, así como formaciones de las mismas en la zona sur a fines de invierno 2015 y primavera 2014 - 2015 (Figura 12).

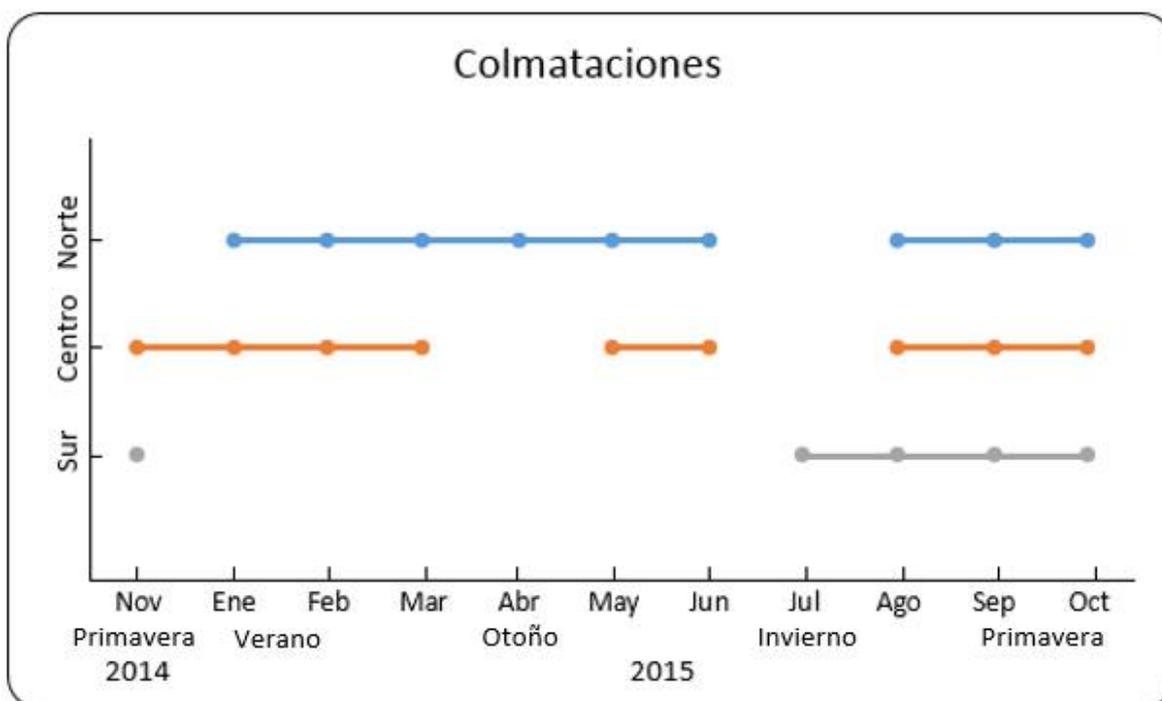


Figura 12. Variación mensual de las colmataciones en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice (por zonas), en marea baja, durante Noviembre 2014 a Octubre 2015.

En la figura 13 se observa claramente una alta variabilidad en las áreas de colmatación con mayores valores en agosto (37.8 ha) y setiembre (40.7 ha), mientras que los menores se registraron en abril (3.0 ha) y julio (1.4 ha); el promedio total mensual de 19.0 ha. En general, entre noviembre 2014 y julio se observó una tendencia muy parecida la cual se diferencia notoriamente con la del periodo entre agosto - octubre.

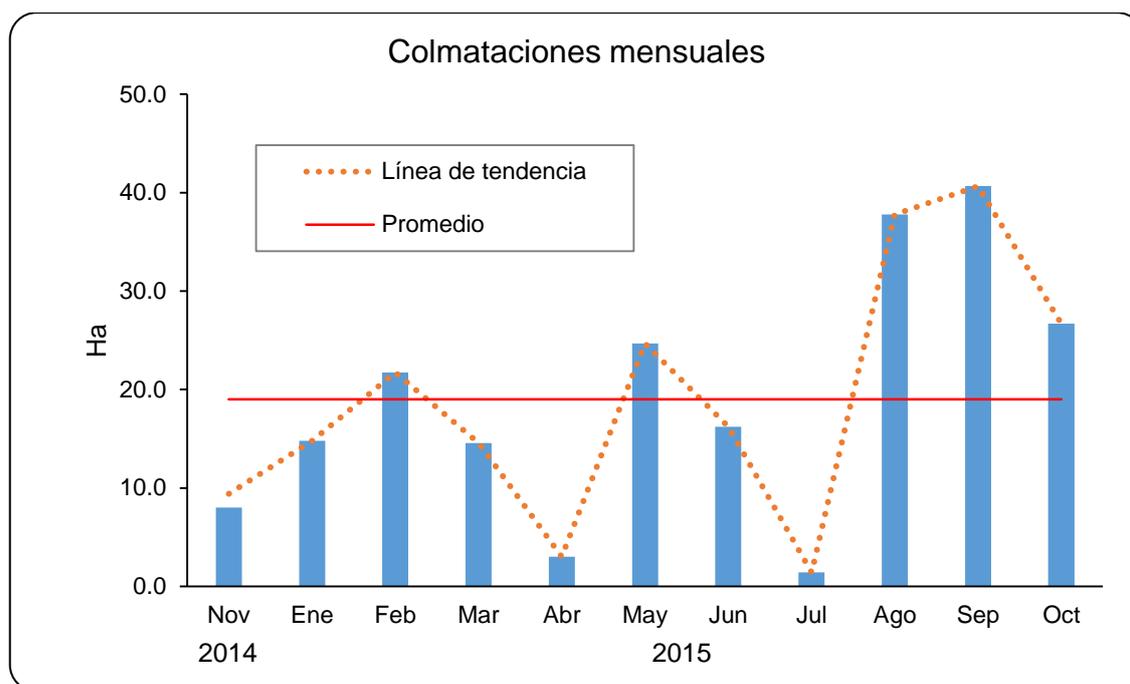


Figura 13. Variación mensual de las superficies de las colmataciones en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja, durante Noviembre 2014 a Octubre 2015.

En noviembre 2014 se observaron colmataciones en el centro y sur del estuario, desde la estación E4 hasta la estación E6, destacándose una gran colmatación en la bocana del estuario y otra cerca de la estación E6 (Figura 14A); por el contrario en enero se observaron colmataciones más grandes y adyacentes solamente en la zona centro del estuario desde la estación E2 hasta la estación E4 (14B).

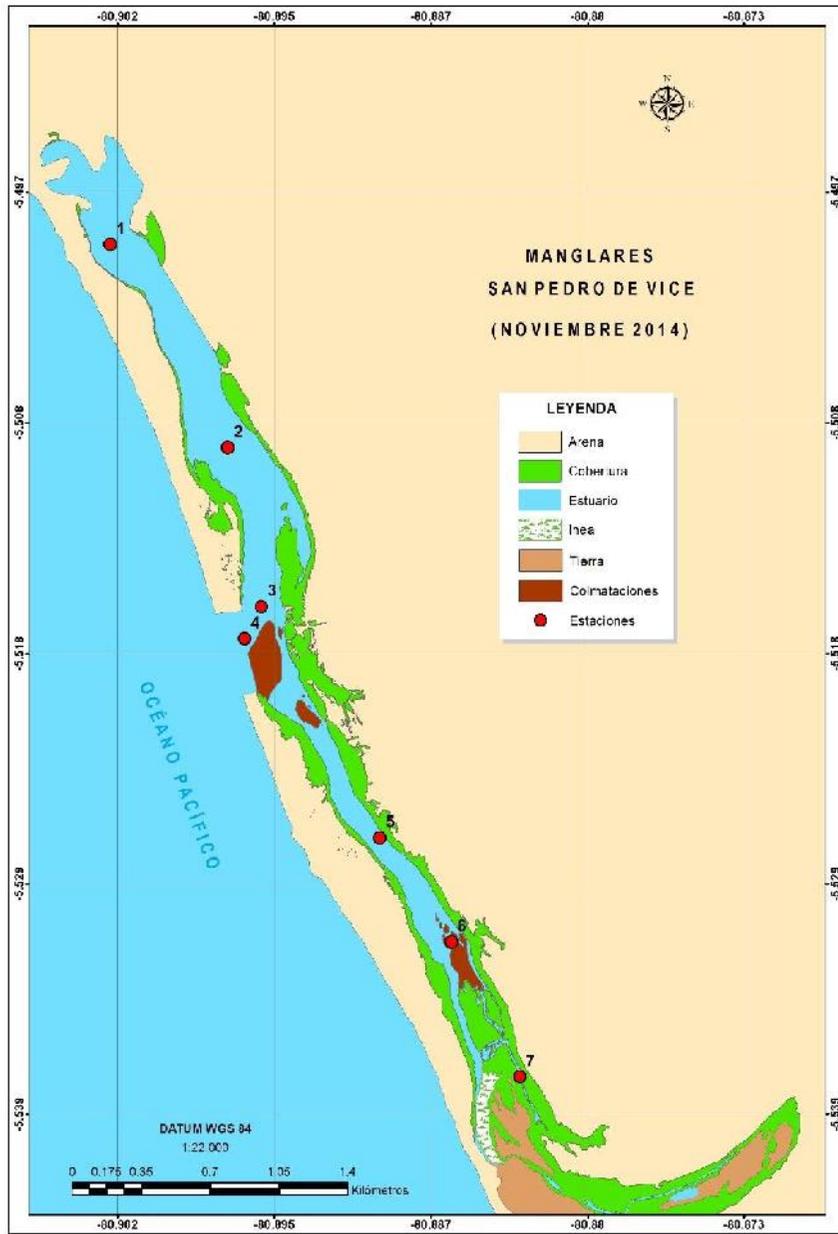
En febrero se siguen observando las mismas colmataciones que se presentaron en enero, pero también hubieron más de éstas formaciones en los alrededores de la estación E1 (Figura 15A); en marzo las colmataciones se limitaron a los alrededores de la estación E2 a la estación E3 y E4, sin embargo éstas se mostraron más separados unos de los otros (Figura 15B).

En abril ocurrió un cambio drástico en el estuario observándose solamente 5 pequeñas colmataciones en el norte (Figura 16A); en mayo el número de colmataciones aumentó y se observó la formación de 3 grandes colmataciones en los alrededores de las estaciones E2 a E4, ocasionando el aumento del tamaño de la bocana (Figura 16B).

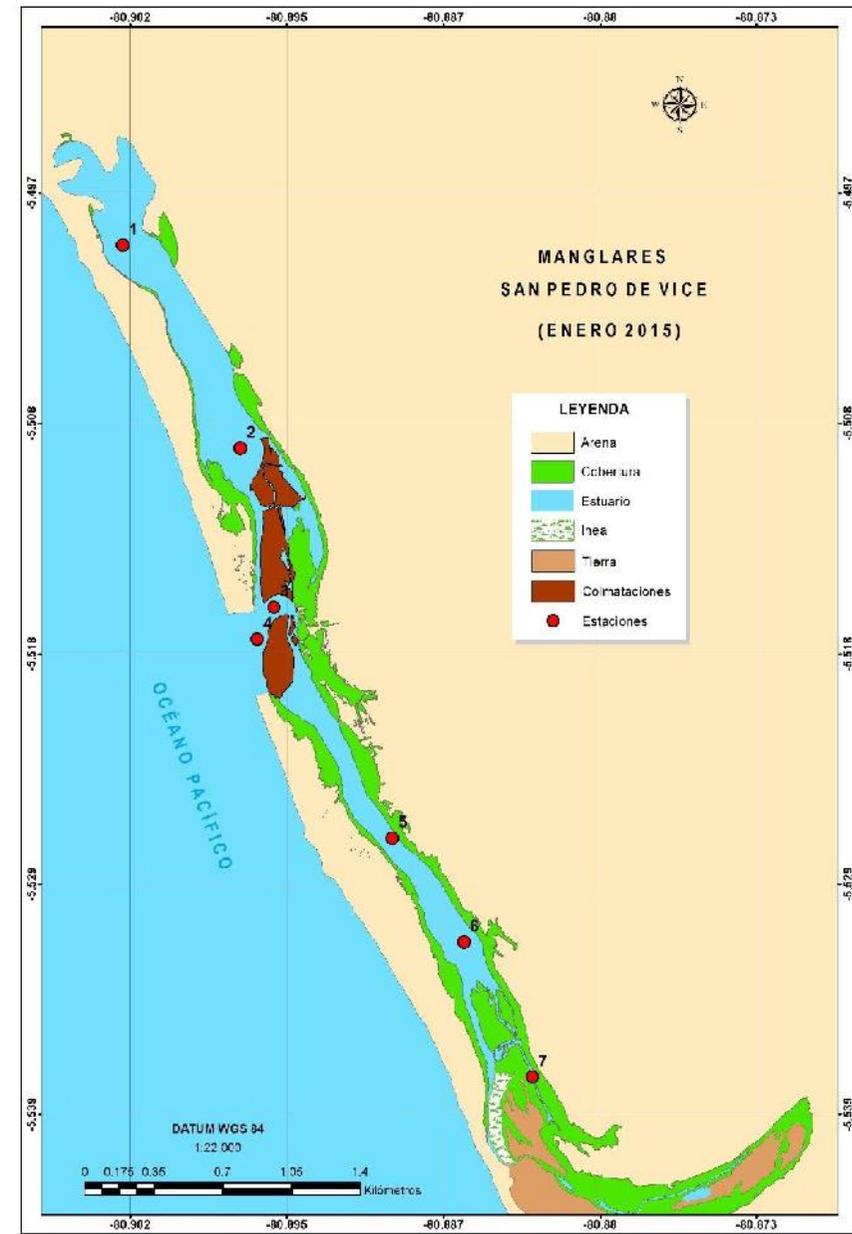
En junio el área de las colmataciones se redujo y la colmatación de la bocana se dividió en dos (Figura 17A), mientras que en julio las colmataciones se limitaron sólo a una área pequeña al sur del estuario, entre las estaciones E5 y E6 (Figura 17B). En agosto las colmataciones se presentaron mayormente en el centro y sur del estuario, siendo más concentradas y de mayor tamaño en el centro y centro-norte (Figura 18A).

En setiembre se presentó un panorama similar a lo observado en agosto, aunque se observa la presencia de una colmatación más entre las estaciones E5 y E6 (Figura 18B). En octubre se siguen manteniendo formas similares al mes anterior, sin embargo es notoria la desaparición de la gran colmatación localizada en la bocana (E4) (Figura 19).

En la tabla 4, se observa que el número de colmataciones fue mayor en setiembre y octubre (23), seguidos por noviembre 2014 y febrero – agosto 2015, con 15, 16 y 15, respectivamente. En cuanto a la superficie de colmatación (ha), fue mayor en setiembre, agosto y octubre (40.7, 37.8 y 26.7 ha). A pesar que en octubre se presentó igual número de colmataciones que en setiembre, su superficie fue menor; hecho similar ocurrió en noviembre 2014 y agosto. En general, existe la tendencia de mayor número de colmataciones asociada a mayores superficies de estos, en el periodo final de invierno y primavera.

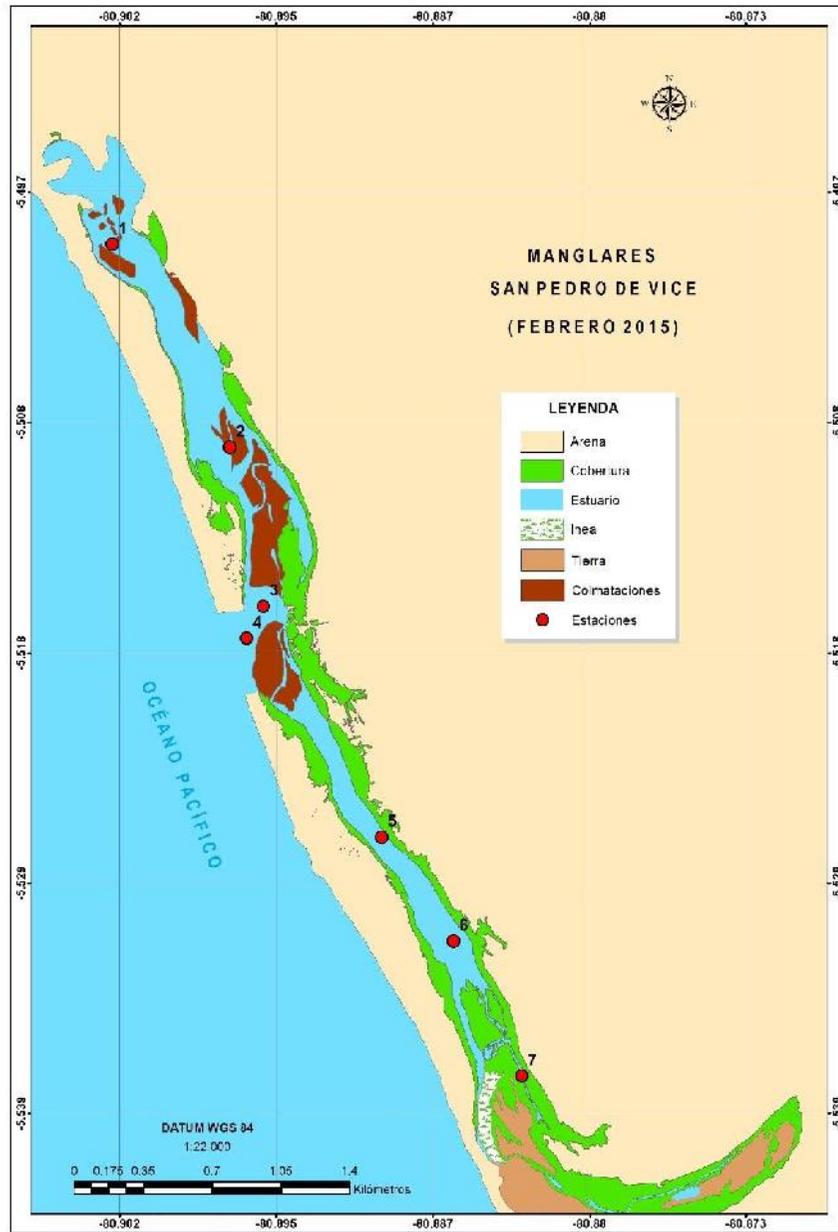


(A)

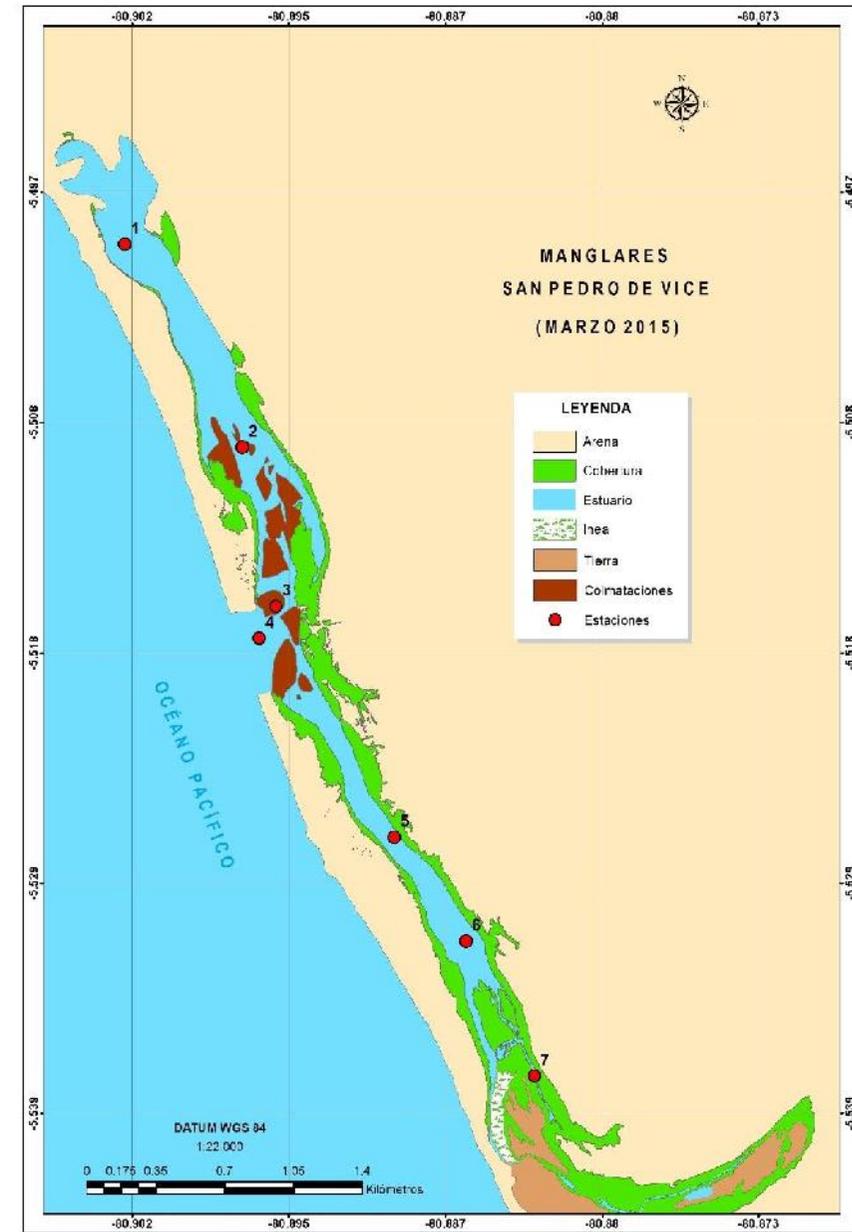


(B)

Figura 14. Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Noviembre 2014, B) Enero 2015.

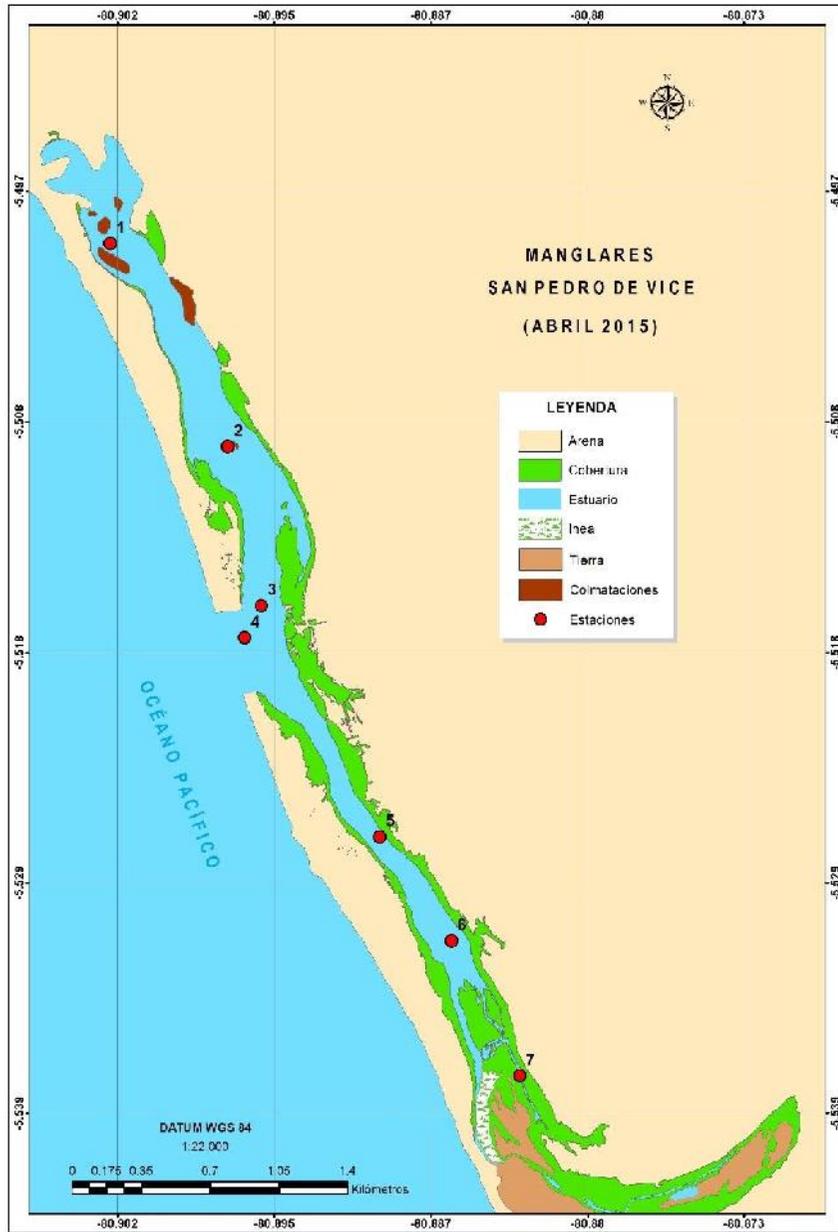


(A)

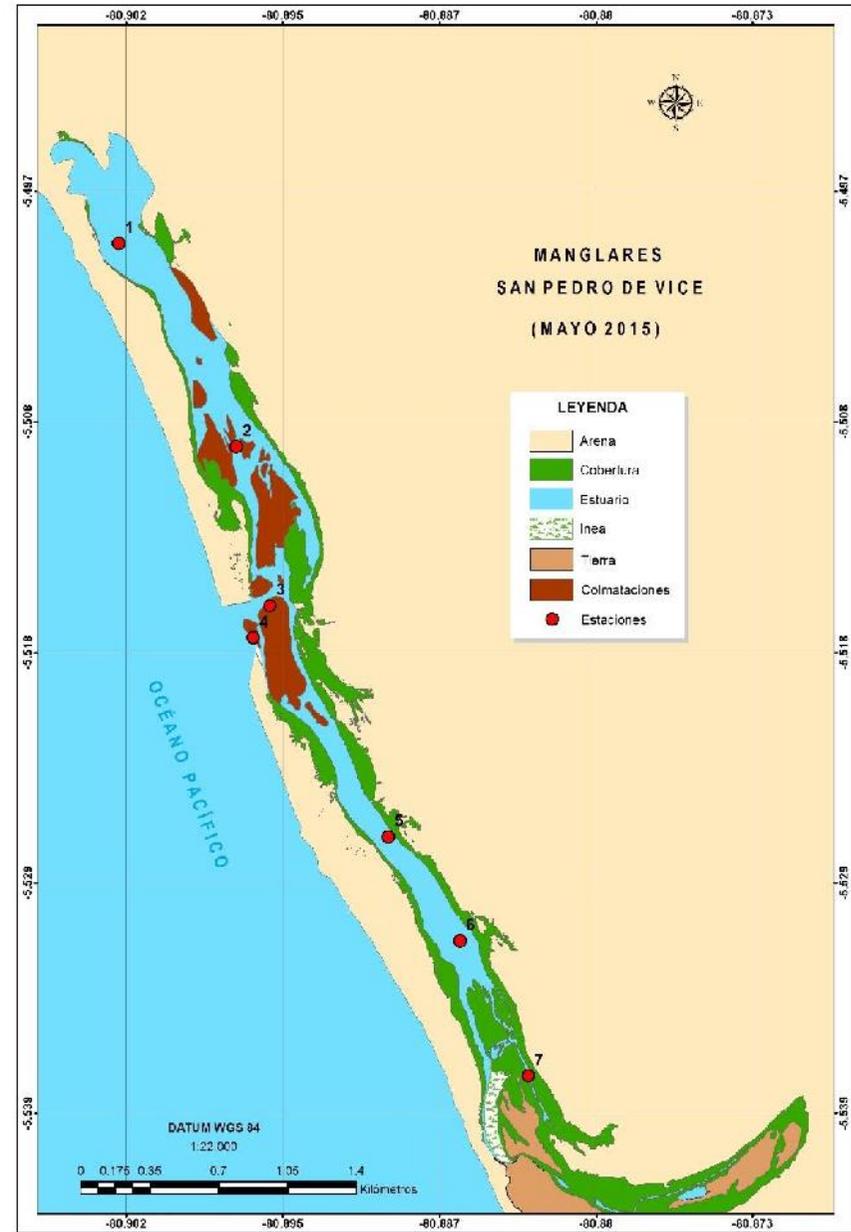


(B)

Figura 15. Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Febrero 2015, B) Marzo 2015.

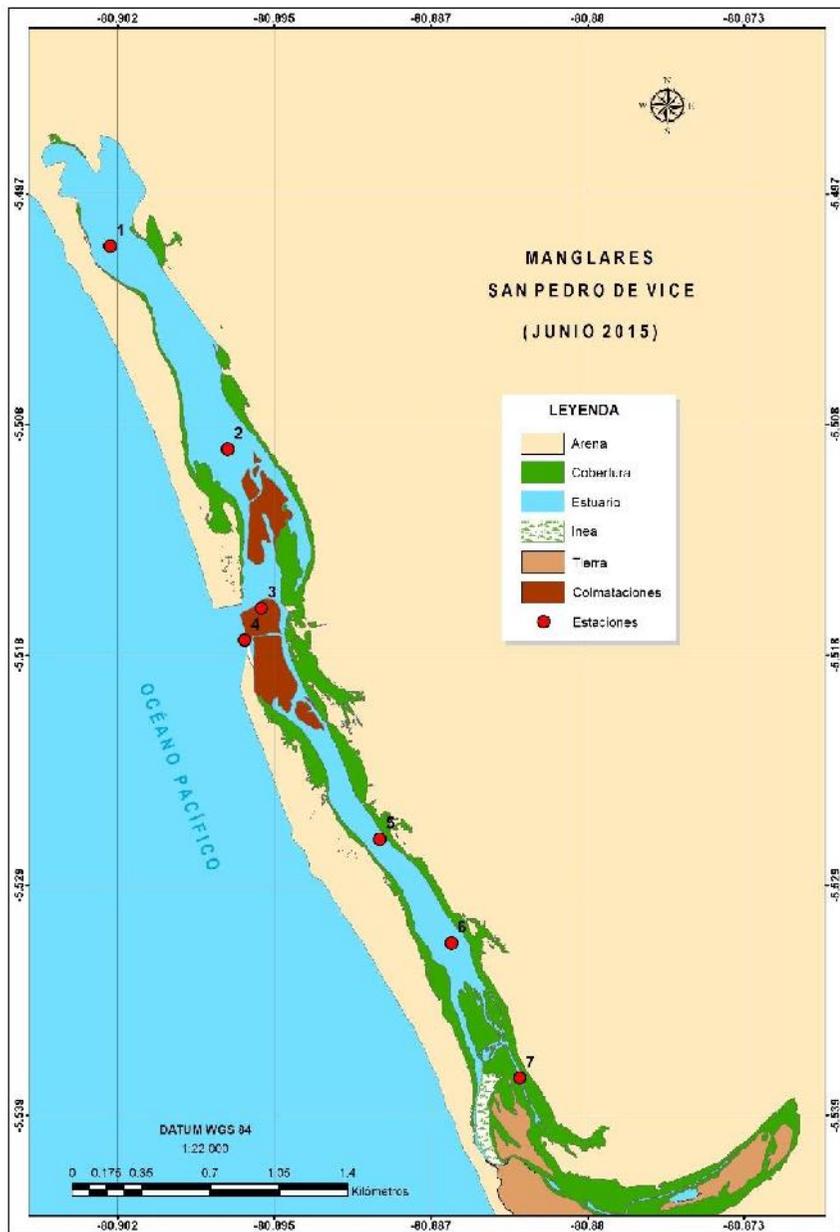


(A)

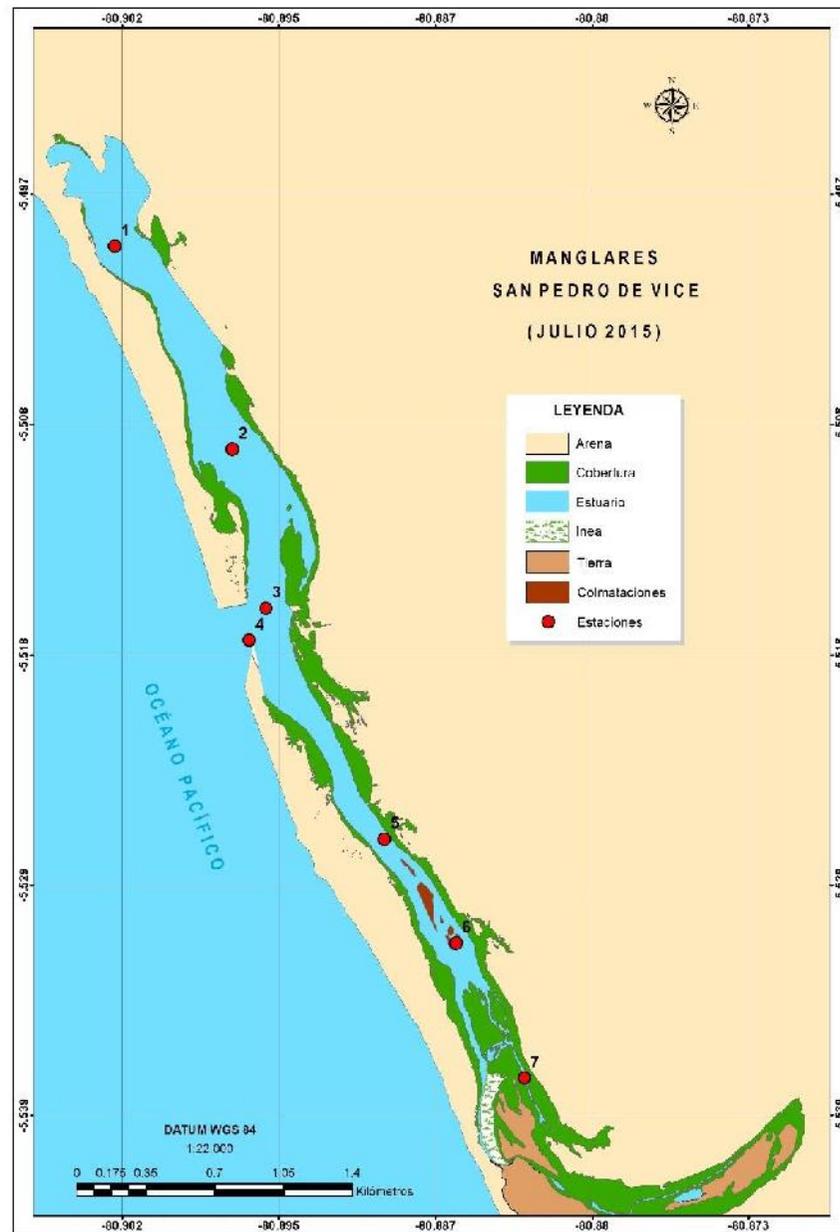


(B)

Figura 16. Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Abril 2015, B) Mayo 2015.

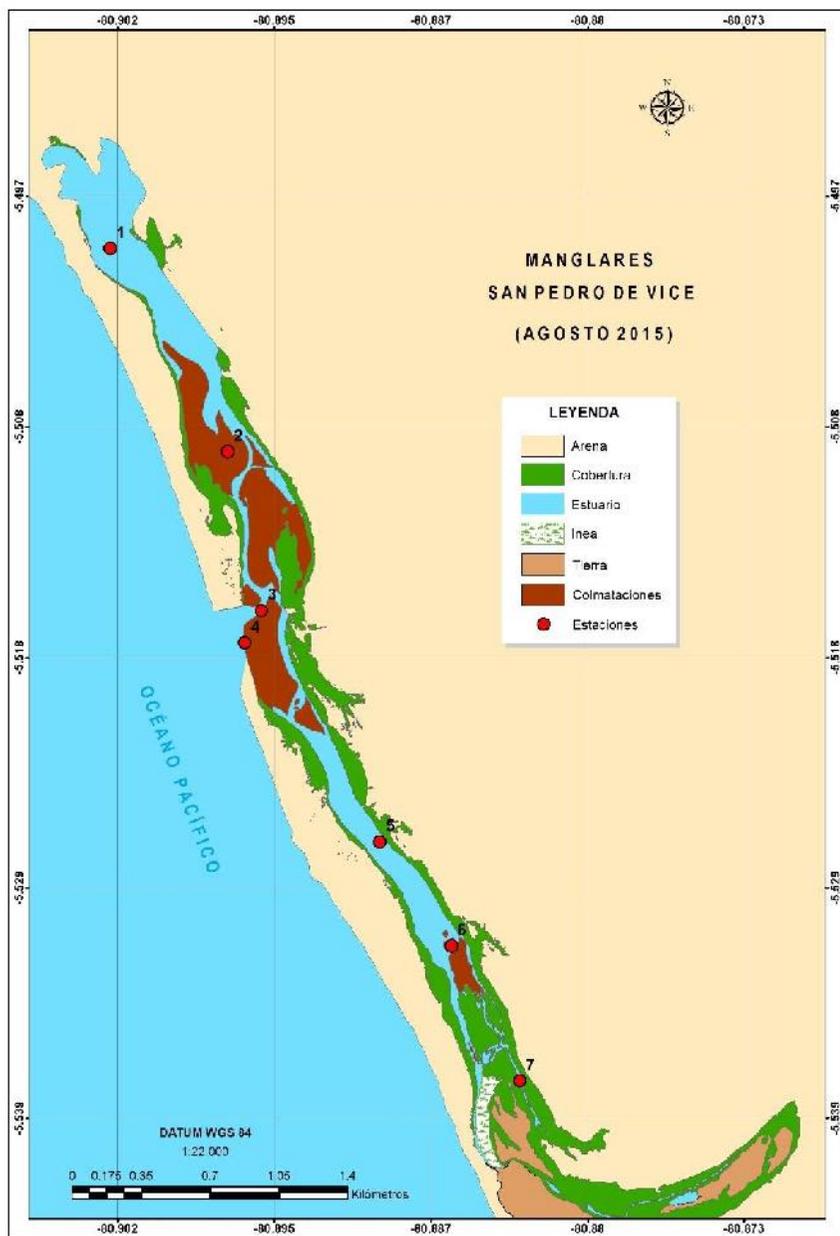


(A)

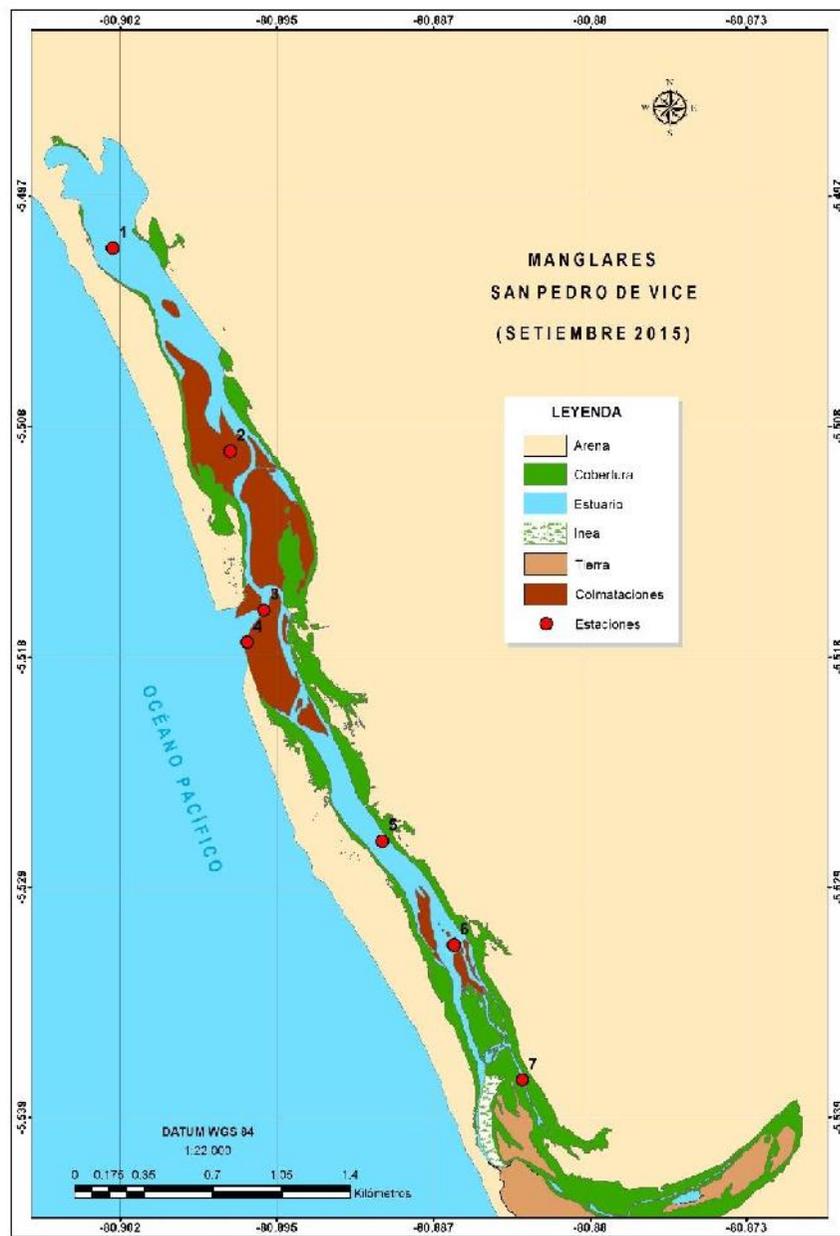


(B)

Figura 17. Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Junio 2015, B) Julio 2015.



(A)



(B)

Figura 18. Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. A) Agosto 2015, B) Setiembre 2015.

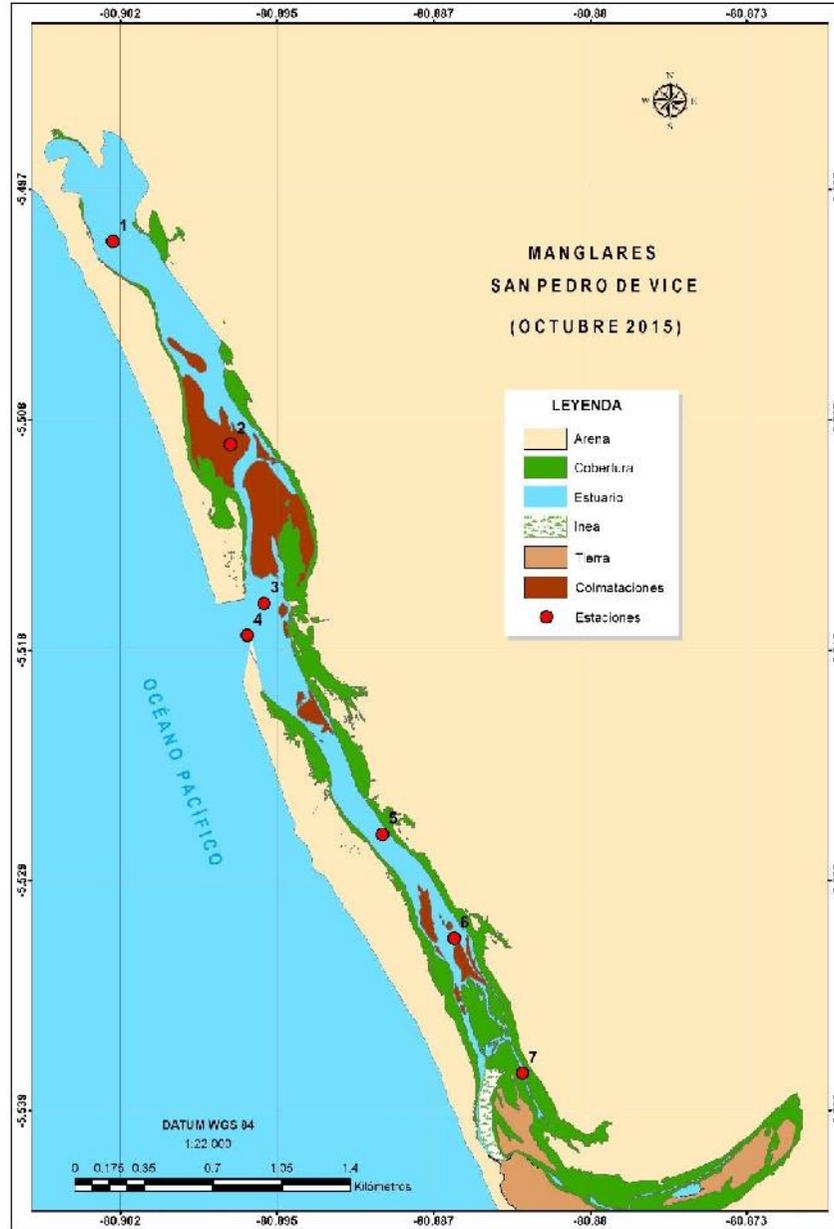


Figura 19. Colmataciones formadas en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice, en marea baja. Octubre 2015.

Tabla 4. Número y área de colmataciones formados en marea baja en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Octubre 2015.

Mes	Colmataciones	
	Número	Área (ha)
Noviembre 2014	15	8.0
Enero 2015	10	14.8
Febrero	16	21.7
Marzo	12	14.6
Abril	6	3.0
Mayo	14	24.7
Junio	9	16.2
Julio	5	1.4
Agosto	15	37.8
Setiembre	23	40.7
Octubre	23	26.7

## 3.2. Parámetros físicos - químicos del agua y materia orgánica del sedimento del estuario

### 3.2.1. Temperatura

La temperatura superficial del estuario, varió desde 19.9 a 31.9 °C, correspondientes a enero y marzo respectivamente. El promedio total mensual fue de 25 °C, asimismo se registró un promedio alto de 30.1 °C en marzo y promedios bajos de 22.8, 22.9 y 23.1 °C en enero, julio y setiembre, respectivamente (Figura 20).

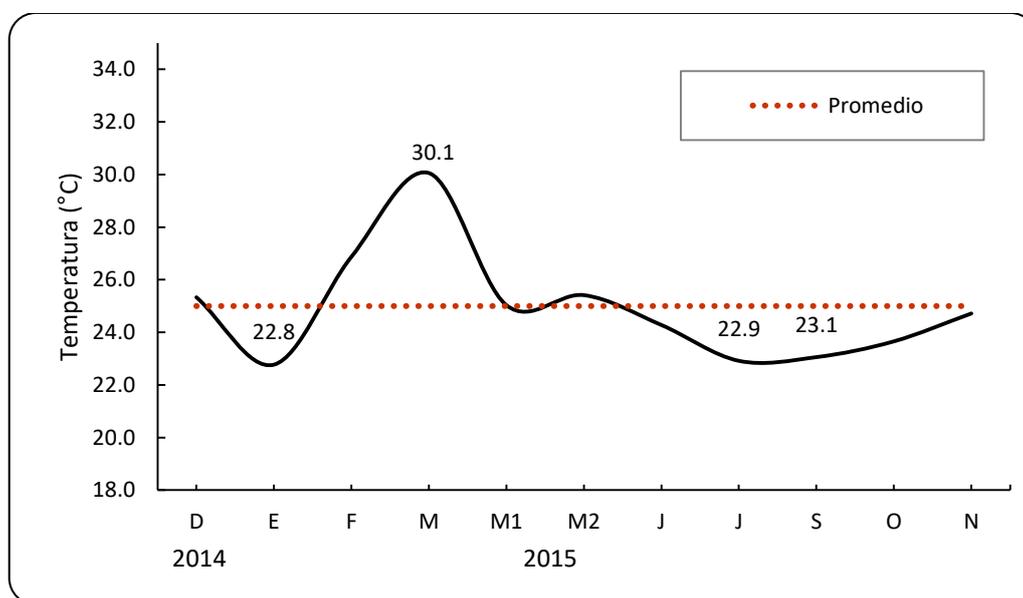


Figura 20. Variación promedio mensual de la temperatura superficial en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Diciembre 2014 – Noviembre 2015.

En la Figura 21 se observan altos valores de temperatura (25 - 30 °C) entre la estación E3 y E5 durante verano, igualmente valores elevados en todas las estaciones entre verano y otoño (27 - 31 °C), en el resto del año se observaron temperaturas de 21 a 25°C, sin embargo no se observó una mayor variación espacio-temporal.

En general, la variación promedio de la temperatura superficial por estaciones, no tuvo una marcada variación, fluctuando entre 23.7 en la estación E2 y 26.0 °C en la estación E4 (Figura 22).

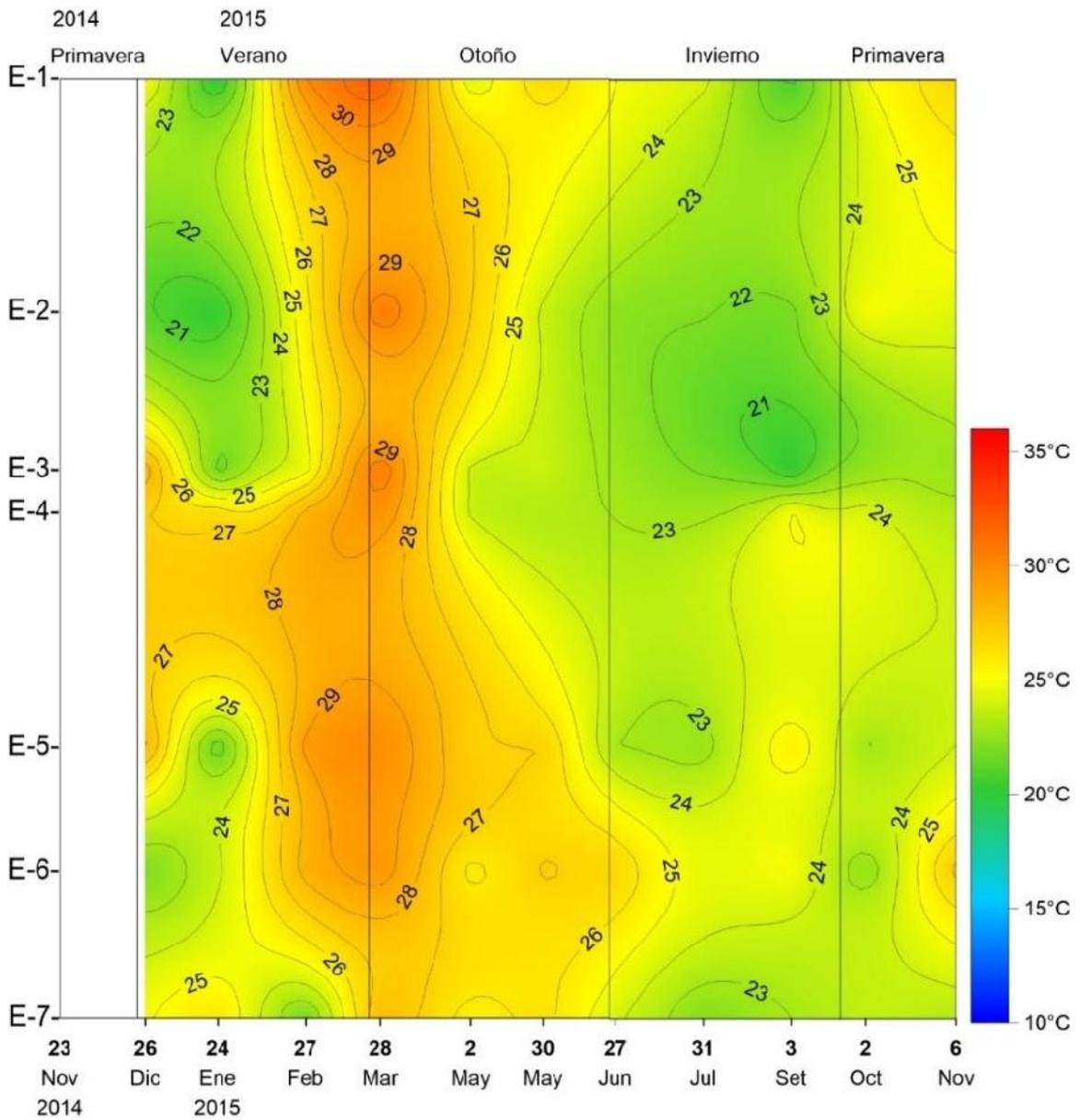


Figura 21. Variación espacio-temporal de la temperatura superficial en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Diciembre 2014 – Noviembre 2015.

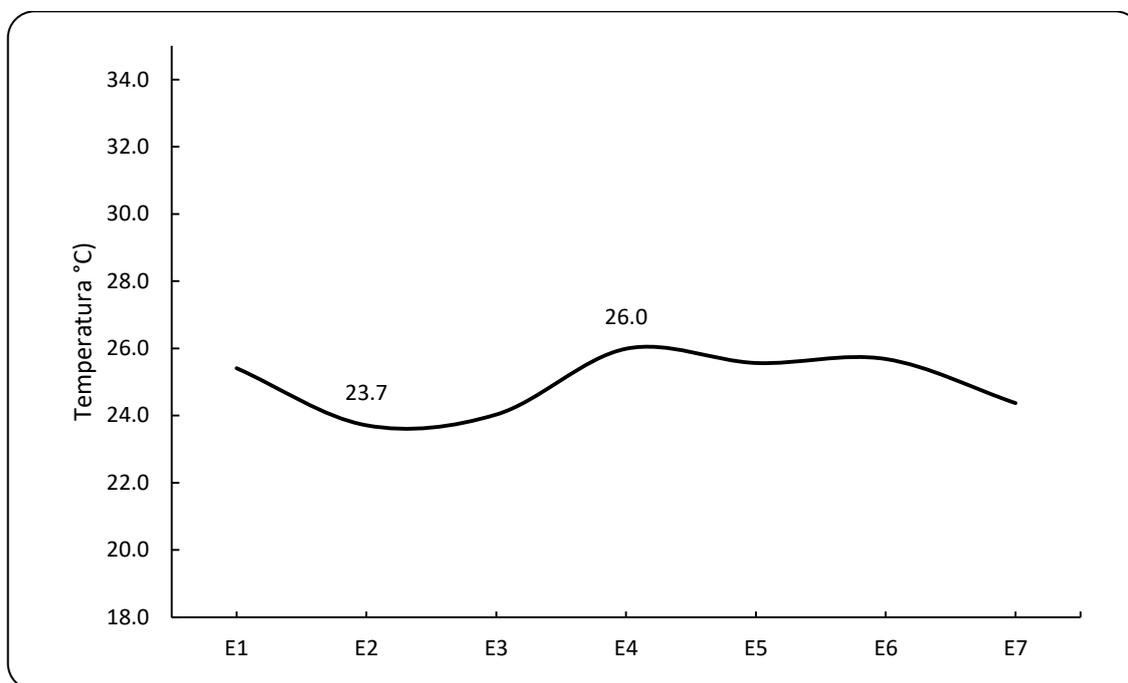


Figura 22. Variación promedio de la temperatura superficial en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Diciembre 2014 – Noviembre 2015.

El análisis de varianza (Tabla 5) determinó que existen diferencias significativas entre los meses ( $p < 0.05$ ), lo cual queda evidenciado a través de comparaciones múltiples (Prueba de Tukey) donde febrero y marzo presentaron altas temperaturas (Tabla 6).

Asimismo, al hacer la agrupación entre estaciones del año, el ANOVA (Tabla 5) indicó la existencia de significancias estadísticas entre las estaciones del año ( $p < 0.05$ ), siendo el otoño cuando se registraron altas temperaturas, por otra parte no existen diferencias significativas entre estaciones de muestreo ( $p > 0.05$ ).

Tabla 5. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la temperatura superficial, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Diciembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Meses	7.14	*0.00
Estaciones del año	11.52	*0.00
Estaciones de muestreo	1.94	0.13

F: Valor de prueba de F; P<0.05 (Valor significativo).

Tabla 6. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en la temperatura superficial mensual, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice durante. Diciembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Meses</b>	<b>Grupos</b>		
24-ene	a		
31-jul	a		
03-set	a		
02-oct	a	b	
27-jun	a	b	
06-nov	a	b	
02-may	a	b	
26-dic (2014)	a	b	
30-may	a	b	
27-feb		b	c
28-mar			c

### 3.2.2. Salinidad

La salinidad fluctuó entre 2.84 y 36.94 ups, correspondientes a marzo y noviembre 2014, respectivamente. En la figura 23 se observa claramente las fluctuaciones entre enero y julio, con promedios menores de 18.61 ups en marzo y 18.00 ups en mayo #2, además se destaca un promedio alto de 30.46 ups en julio (Figura 23), el promedio total mensual fue 24.38 ups.

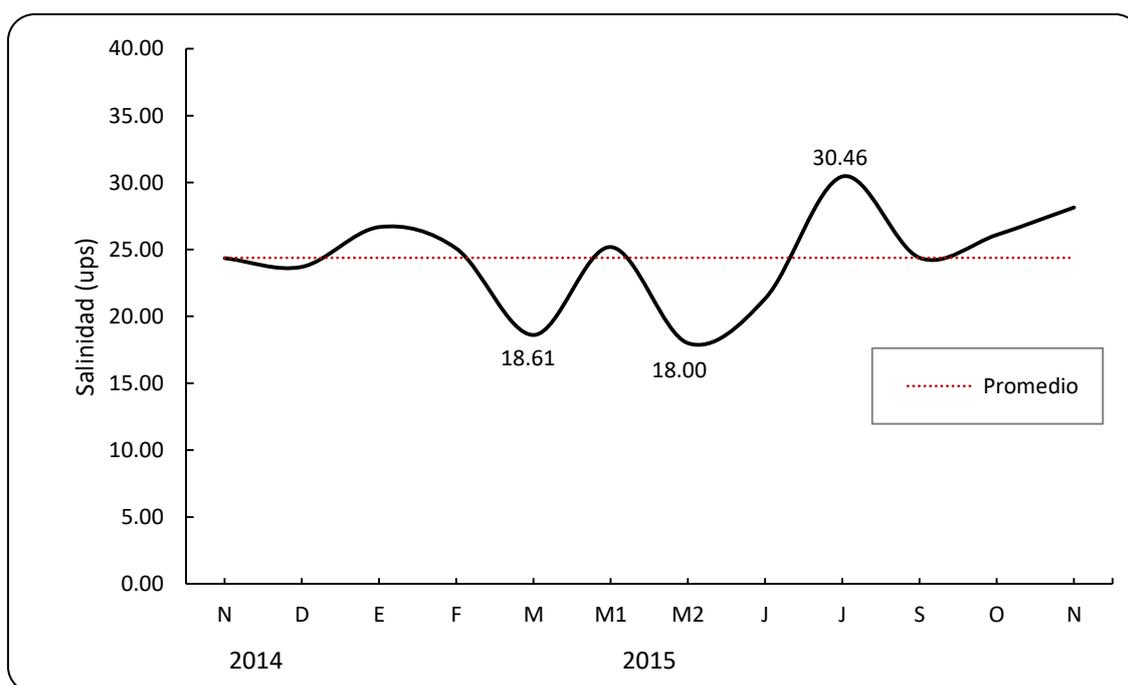


Figura 23. Variación promedio mensual de la salinidad en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Durante el año las estaciones E1, E2 y E3 mostraron valores similares por encima de 32 ups, excepto en verano (E3) y otoño (E2 y E1) donde se registraron valores de 21.60, 29.87 y 24.77 ups, respectivamente; asimismo las estaciones E4 y E5 se caracterizaron por presentar valores entre 14 y 30 ups; durante marzo y mayo #2 la salinidad fluctuó entre 6 y 8 ups en las estaciones E5, E6 y E7 (Figura 24).

En general la salinidad presentó un declive en otoño y un pequeño incremento hacia invierno-primavera 2015 (Figura 25).

Los valores promedio de este parámetro se mantuvieron constantes en las tres primeras estaciones, habiendo variaciones en las demás, con una tendencia hacia la disminución desde la estación E4 hacia la E7, siendo esta última donde se presentaron menores salinidades durante todo el año (Figura 26).

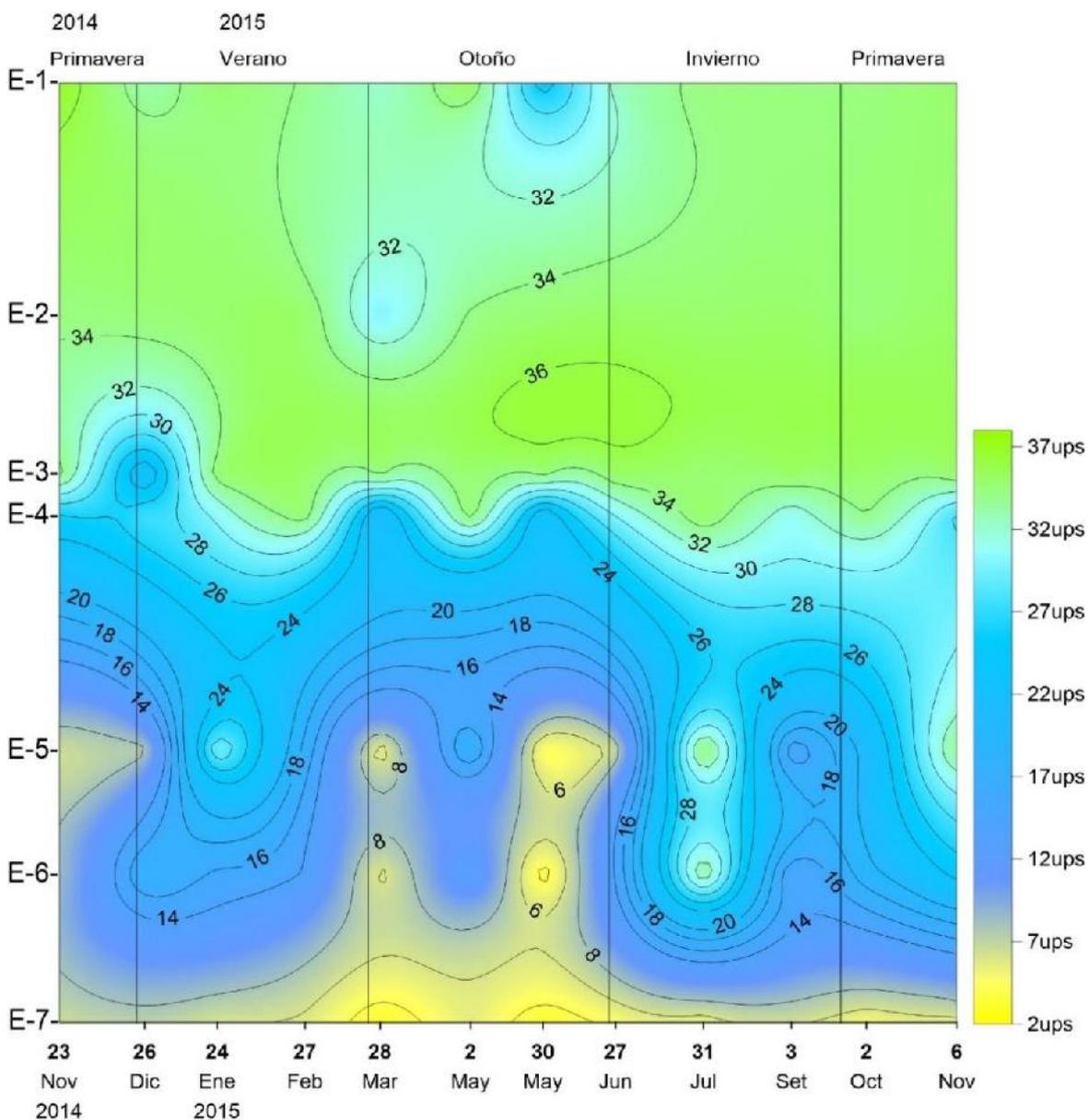


Figura 24. Variación espacio-temporal de la salinidad en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

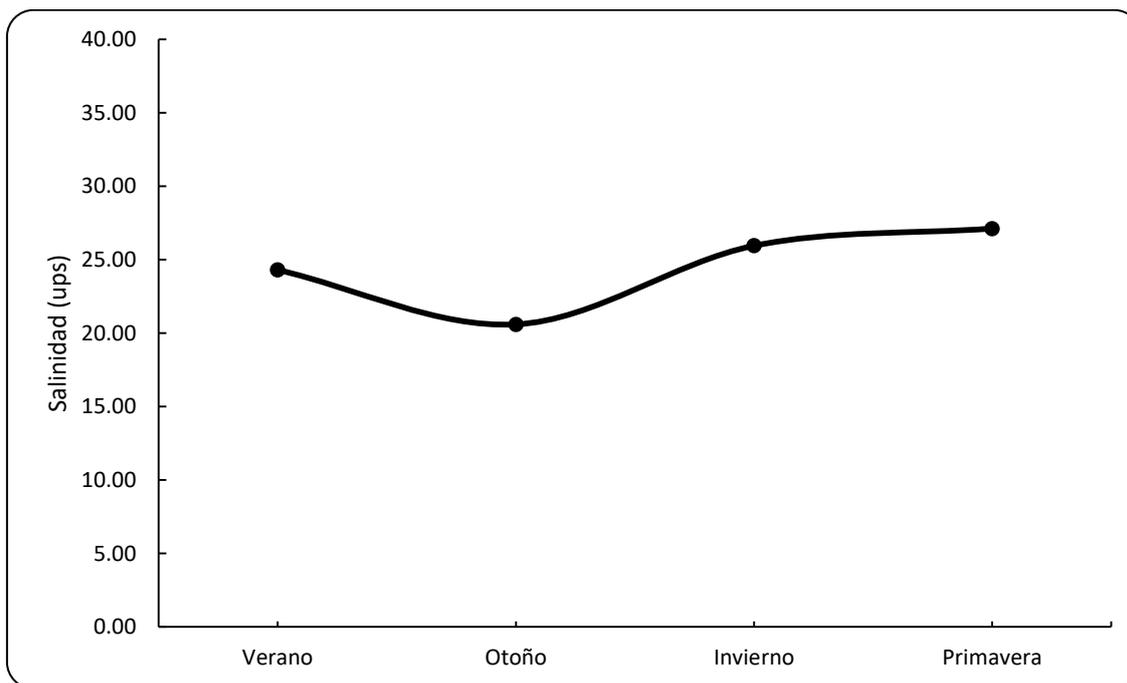


Figura 25. Variación promedio estacional de la salinidad, en el estuario en los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

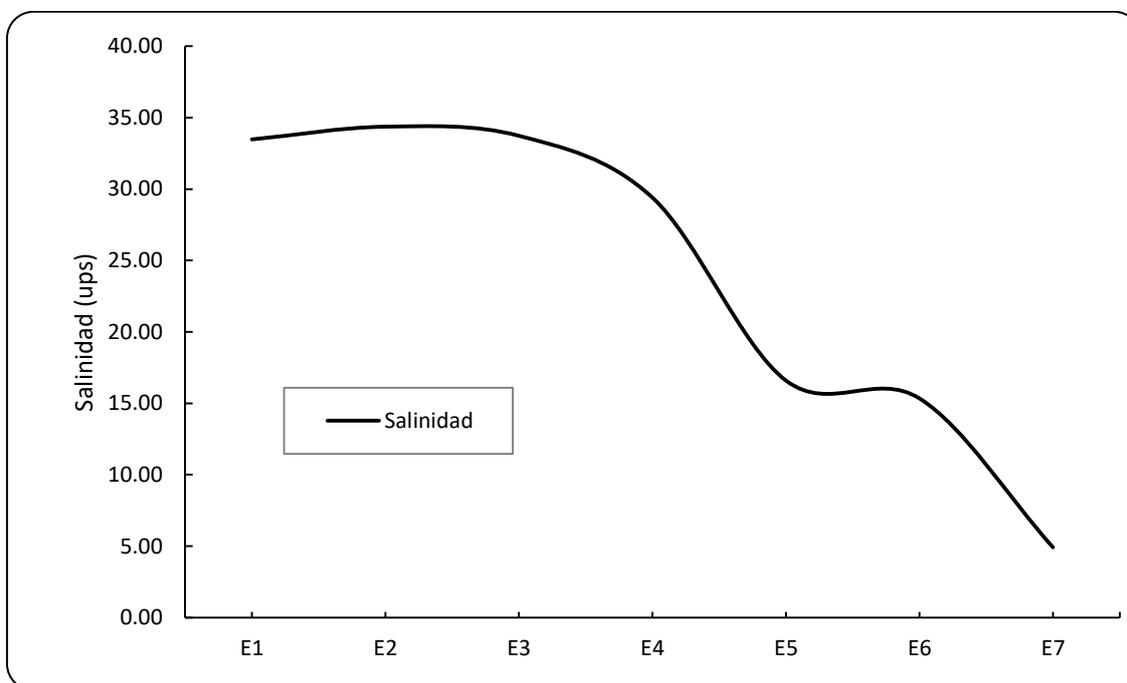


Figura 26. Variación promedio de la salinidad en las estaciones del estuario de los Manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

El análisis de varianza (Tabla 7) determinó que no existen diferencias significativas entre meses, ( $p > 0.05$ ). Al agrupar estacionalmente, el ANOVA (Tabla 7) evidenció que existen diferencias significativas entre las estaciones del año, señalando que en otoño las salinidades son menores y difieren de invierno y primavera que son altas ( $p < 0.05$ ), igualmente indica diferencias significativas entre las estaciones de muestreo ( $p < 0.05$ ), en este sentido la prueba de Tukey señala la existencia de tres grupos, en donde las estaciones E1, E2, E3 y E4 presentan altas concentraciones de salinidades, E5 y E6 salinidades intermedias y la E7 salinidades bajas (Figura 27, Tabla 8).

Tabla 7. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la salinidad, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Meses	0.58	0.84
Estaciones del año	5.34	*0.00
Estaciones de muestreo	48.79	*0.00

F: Valor de prueba de F;  $P < 0.05$  (Valor significativo).

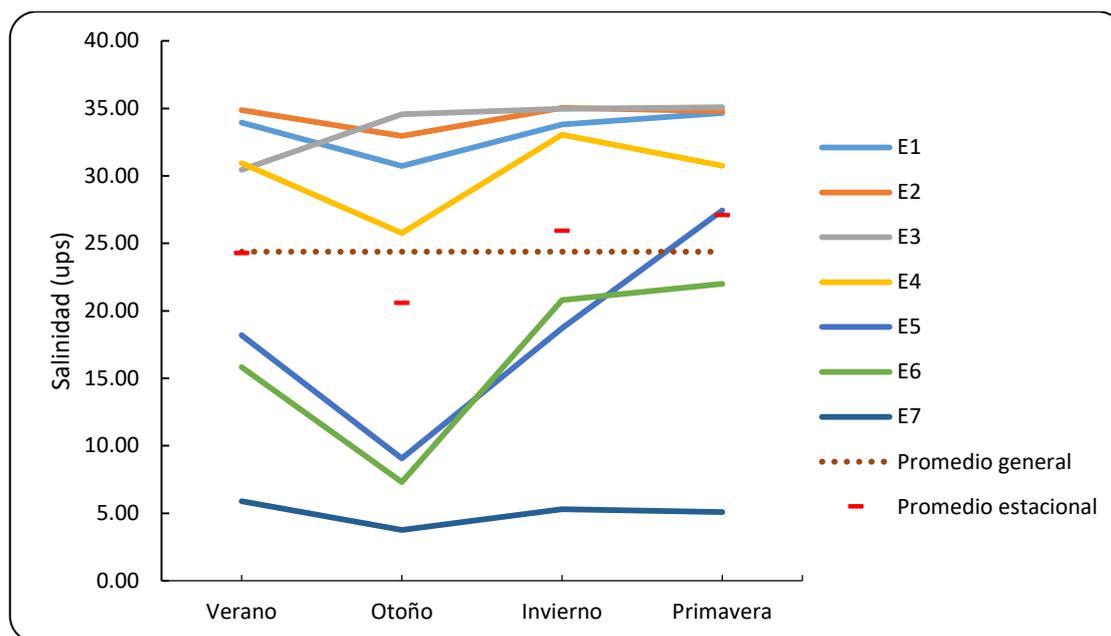


Figura 27. Variación estacional de la salinidad en las diferentes estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Tabla 8. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en la salinidad, en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Meses	Grupos
E7	a
E6	b
E5	b c
E4	c
E1	c
E3	c
E2	c

### 3.2.3. Oxígeno

El oxígeno disuelto fluctuó entre 2.24 y 8.16 ml/L, encontrando la mínima concentración en julio, setiembre, octubre y noviembre 2015 y la máxima en mayo #1. En general hubo mayores concentraciones promedio en los 6 primeros meses, siendo mayo #1 donde se registró 7.06 ml/L, representando un promedio alto de oxígeno disuelto; en los siguientes meses hubo un descenso de este parámetro por debajo del promedio, que fue 4.94 ml/L (Figura 28).

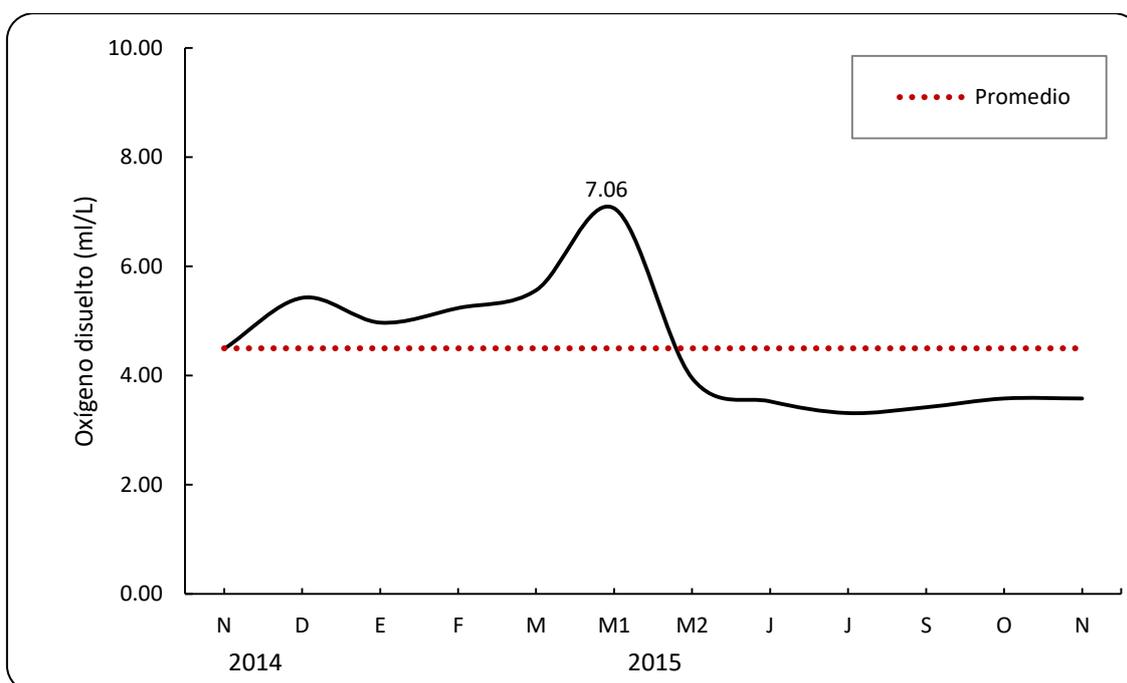


Figura 28. Variación promedio mensual del oxígeno disuelto en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Las concentraciones de OD fue alta entre las estaciones E1 y E5 en verano y otoño (5.5 – 8ml/L), presentándose valores de 8.13 (E2) y 8.16 ml/L (E3 y E4) en mayo #1, asimismo en invierno y primavera 2015 el oxígeno disuelto decae, siendo la estación E1 y E6 los que presentan valores de 5.24 ml/L, las máximas alcanzadas en estos periodos del año (Figura 29).

Los valores promedio de OD por estaciones, mostraron una ligera disminución desde la estación E2 hasta la estación E7, siendo esta última donde se registró un menor valor promedio de 3.01 ml/L (Figura 30).

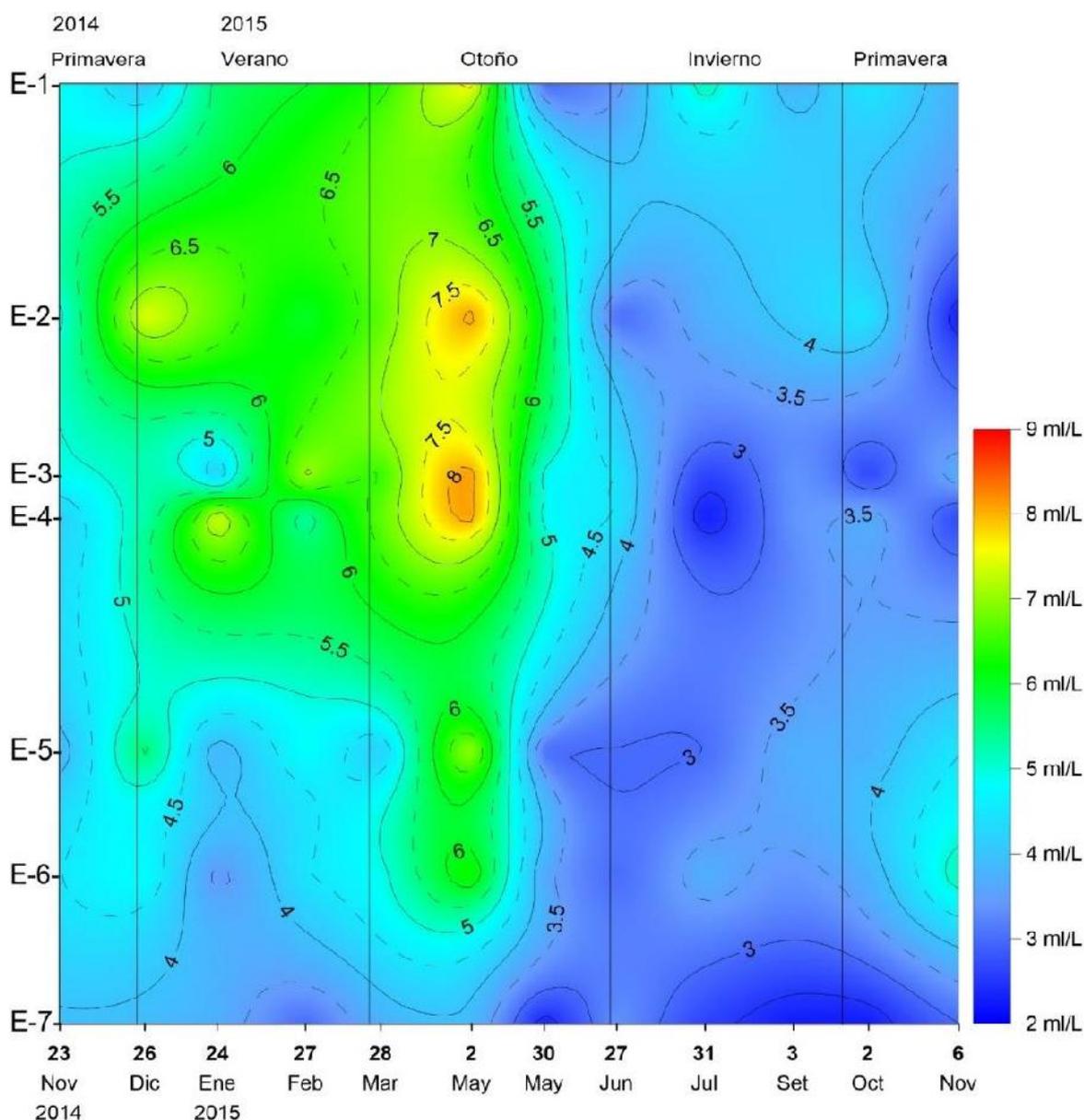


Figura 29. Variación espacio-temporal de oxígeno disuelto en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

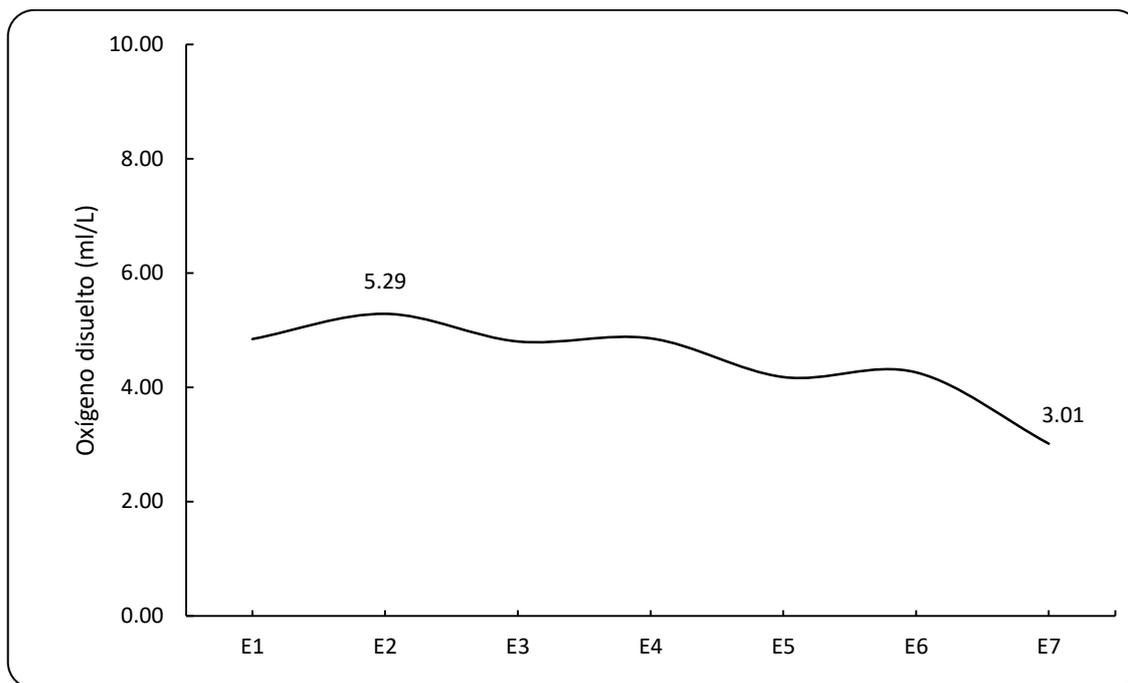


Figura 30. Variación promedio del oxígeno disuelto en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

El análisis de varianza (Tabla 9) determinó que existen diferencias significativas entre meses ( $p < 0.05$ ), en este sentido la Prueba de Tukey manifiesta que en marzo y mayo #1 las concentraciones de oxígeno disuelto son elevadas (Tabla 10).

Al agrupar estacionalmente, el ANOVA (Tabla 9) indicó que existen diferencias significativas entre las estaciones del año ( $p < 0.05$ ), siendo verano y otoño los que presentaron altos valores de oxígeno disuelto, igualmente existen diferencias significativas entre las estaciones de muestreo ( $p < 0.05$ ), siendo la estación E7 diferente de las estaciones E1, E2 y E4 (Tabla 11).

Tabla 9. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en el oxígeno disuelto, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Meses	7.20	*0.00
Estaciones del año	15.24	*0.00
Estaciones de muestreo	3.74	*0.01

F: Valor de prueba de F; P<0.05 (Valor significativo).

Tabla 10. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en el oxígeno disuelto mensual, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Meses</b>	<b>Grupos</b>		
31-jul	a		
03-set	a		
27-jun	a	b	
02-oct	a	b	
06-nov	a	b	
30-may	a	b	
23-nov	a	b	
24-ene	a	b	
27-feb	a	b	c
26-dic	a	b	c
28-mar		b	c
02-may			c

Tabla 11. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en el oxígeno disuelto, en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Meses</b>	<b>Grupos</b>	
E7	a	
E5	a	b
E6	a	b
E3	a	b
E4		b
E1		b
E2		b

### 3.2.4. Clorofila "a"

La clorofila "a" varió de 0.10 (julio, octubre y noviembre 2015) a 17.15 mg/L (noviembre 2014). El promedio total mensual de este parámetro fue de 1.69 mg/L; se observa la marcada fluctuación promedio de la clorofila "a" en los 6 primeros meses y más constante en los siguientes, pero con promedios más bajos; asimismo se destacan promedios altos de 4.10, 3.60 y 3.49 mg/L en noviembre 2014, enero y marzo, respectivamente (Figura 31).

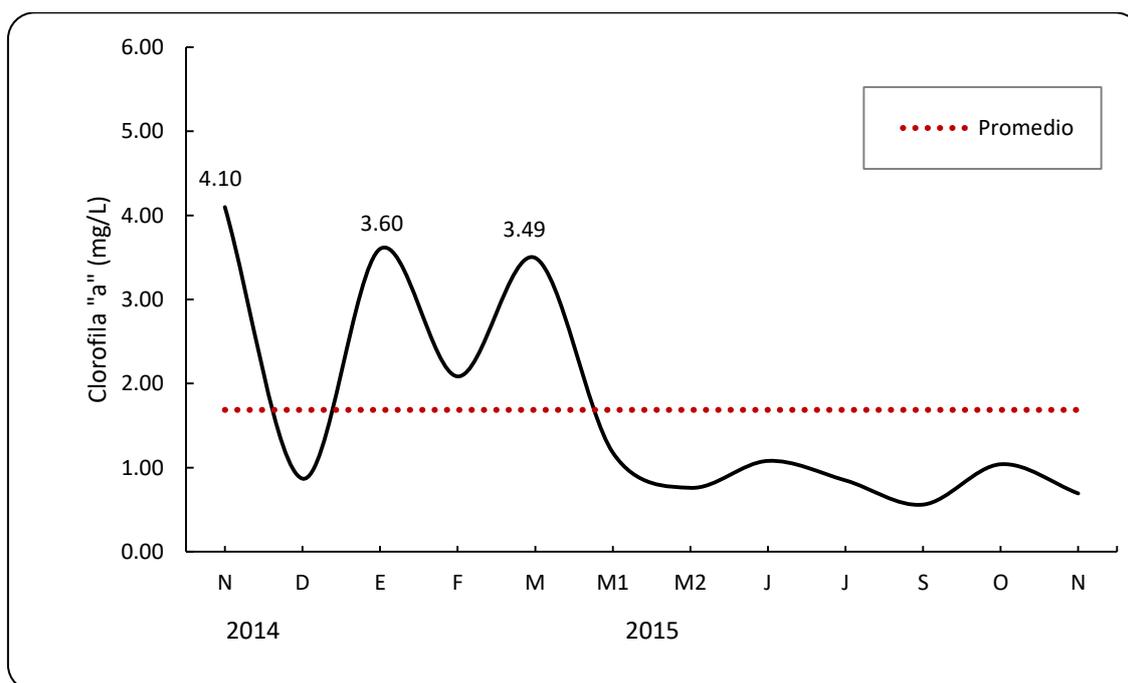


Figura 31. Variación promedio mensual de la clorofila "a" en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Hubo mayores concentraciones de clorofila "a" en primavera 2014, verano e inicios de otoño 2015, siendo las estaciones E1 y E2 las que alcanzaron picos de 17.15 mg/L (noviembre 2014) y 14.39 mg/L (marzo), respectivamente. Asimismo se observó un descenso en la concentración de clorofila "a" a fines de otoño y se mantiene igual en invierno y primavera 2015, con valores entre 0.5 y 2.0 mg/L (Figura 32).

Se observó la disminución de la concentración promedio de clorofila “a” por estaciones, desde la estación E1 (3.38 mg/L) hasta la E4 (0.80 mg/L), siendo casi constante entre las estaciones E5 y E6; en la estación E7 se registró baja concentración promedio de 0.26 mg/L (Figura 33)

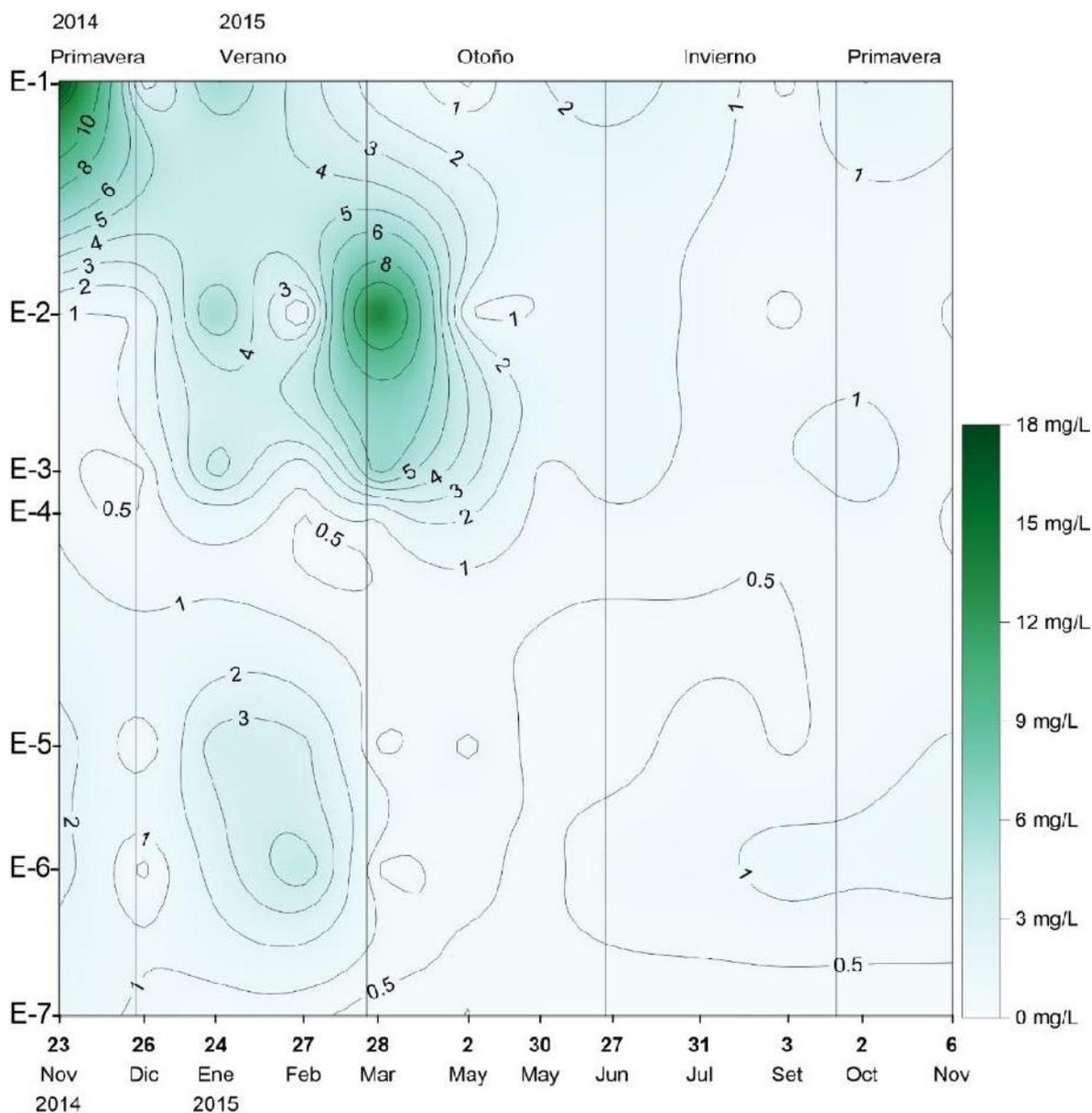


Figura 32. Variación espacio-temporal de la clorofila “a” en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

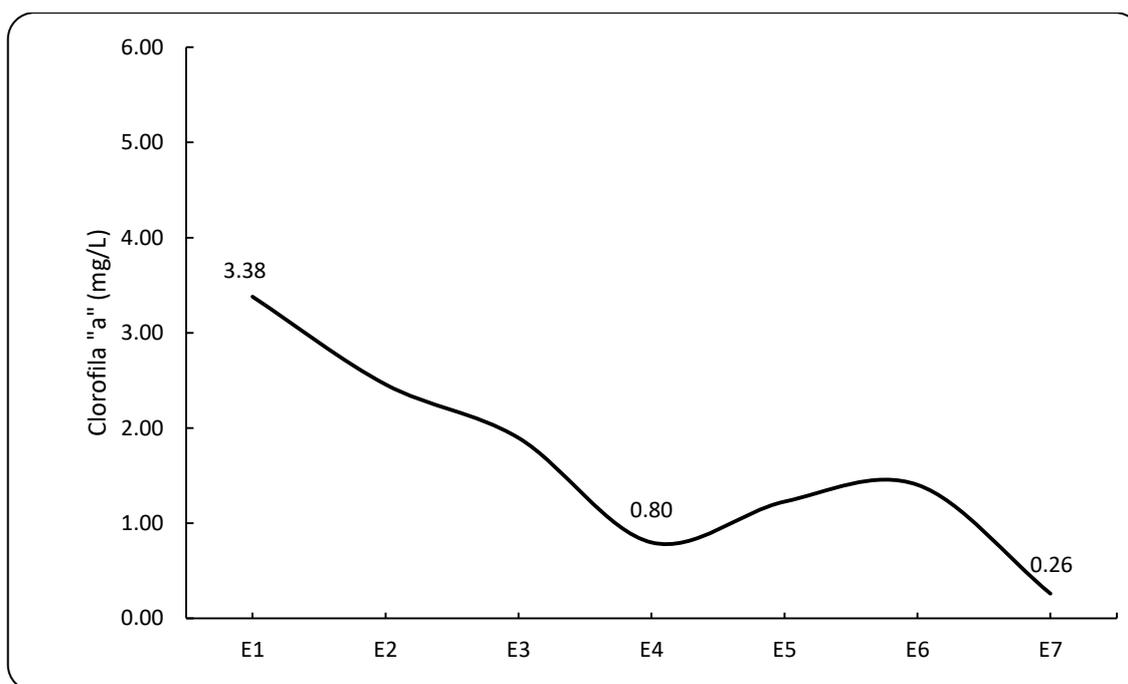


Figura 33. Variación promedio de la clorofila "a" en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

El análisis de varianza (Tabla 12) determinó que no existen diferencias significativas entre meses ( $p > 0.05$ ), ni estaciones del año ( $p > 0.05$ ) y tampoco entre las estaciones de muestreo ( $p > 0.05$ ).

Tabla 12. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas de clorofila "a", entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Fuente	Factor F	p-valor
Meses	1.69	0.09
Estaciones del año	3.04	0.06
Estaciones de muestreo	2.23	0.09

F: Valor de prueba de F; P: Probabilidad.

### 3.2.5. Nutrientes

#### 3.2.5.1. Fosfatos

La concentración de fosfatos osciló entre 0.45 y 5.85  $\mu\text{M/L}$  en diciembre 2014 y febrero, respectivamente. Se observó que la concentración de este parámetro es muy variable en todo el año, con una máxima concentración promedio en febrero (3.43  $\mu\text{M/L}$ ) y mínimos en diciembre 2014 (1.20  $\mu\text{M/L}$ ), marzo (1.75  $\mu\text{M/L}$ ) y julio (1.26  $\mu\text{M/L}$ ) con un promedio total mensual de 2.14  $\mu\text{M/L}$  (Figura 34).

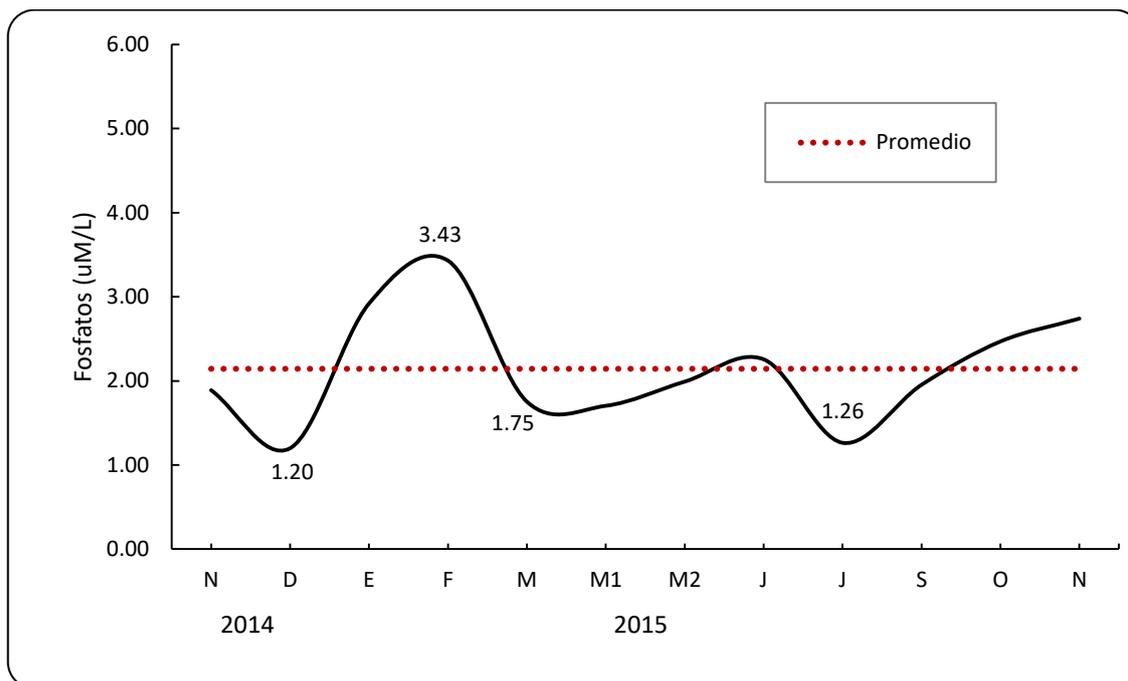


Figura 34. Variación promedio mensual de fosfatos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Se presentó mayor concentración de fosfatos durante el verano, entre las estaciones E1 y E5, sin embargo los valores más elevados se registraron en la estación E1 y E4 con 5.36 y 5.85  $\mu\text{M/L}$ , respectivamente; durante el otoño y primavera 2015 se observó un patrón muy parecido en las concentraciones fosfatos, especialmente en las estaciones E4 y E5, en este sentido cabe mencionar que valores de 1.00  $\mu\text{M/L}$  se observaron entre las estaciones E1 y E3 de otoño e invierno y entre las estaciones E4 y E5 de primavera 2014 (Figura 35).

De manera general, los fosfatos promedio por estaciones, presentaron pequeñas fluctuaciones a lo largo del estuario con pequeños declives de 1.86 y 1.95  $\mu\text{M/L}$  en las estaciones E2 y E6 respectivamente (Figura 36).

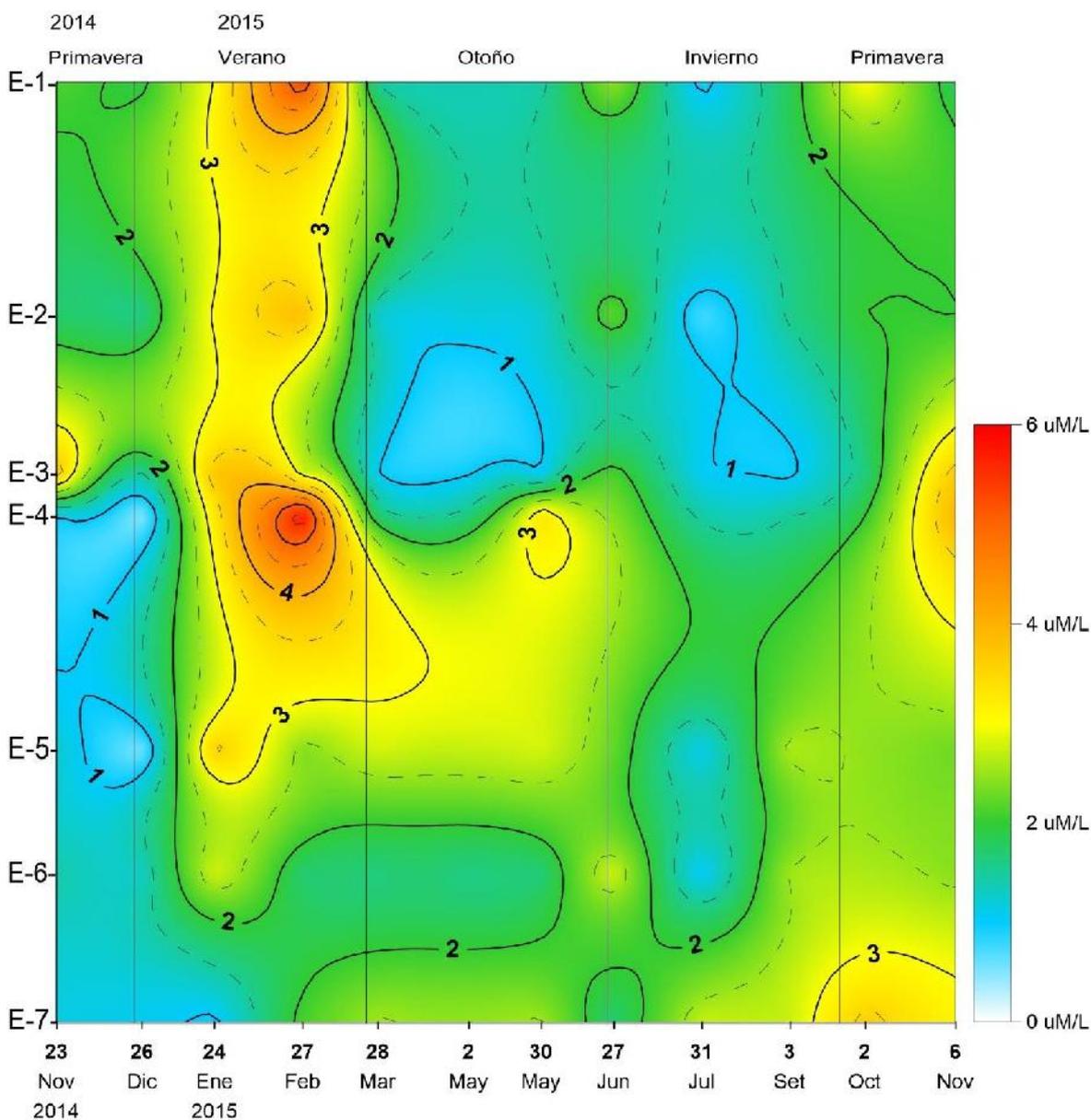


Figura 35. Variación espacio-temporal de fosfatos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

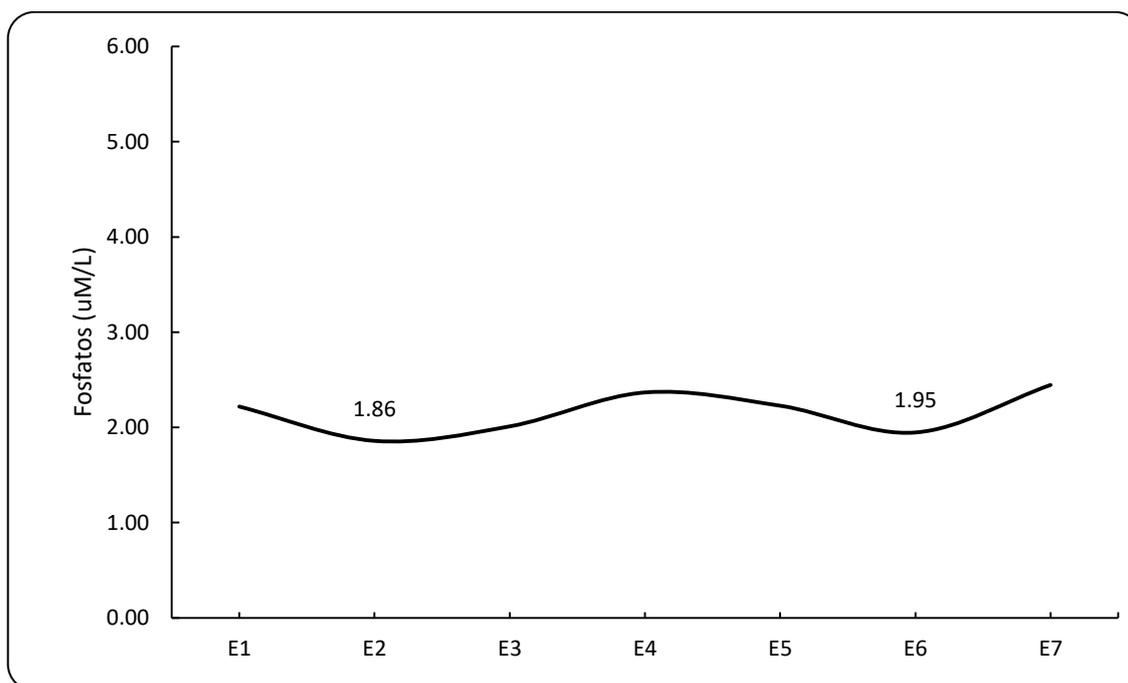


Figura 36. Variación promedio de fosfatos en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

El análisis de varianza (Tabla 13) determinó que existen diferencias significativas entre los meses ( $p < 0.05$ ) señalando que enero y febrero presentan mayores concentraciones de fosfatos y diciembre 2014, julio, mayo #1 y marzo, menores concentraciones (Tabla 14). Así mismo puso en manifiesto que existen diferencia significativa entre las estaciones, siendo verano y primavera las que tienen mayor concentración de fosfatos ( $p < 0.05$ ), así mismo no existen diferencias entre las estaciones de muestreo ( $p > 0.05$ ).

Tabla 13. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la concentración de fosfatos, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Meses	4.02	*0.00
Estaciones del año	3.91	*0.03
Estaciones de muestreo	0.66	0.68

F: Valor de prueba de F; P<0.05 (Valor significativo).

Tabla 14. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones mensuales de fosfatos, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Meses</b>	<b>Grupos</b>		
26-dic	a		
31-jul	a		
02-may	a	b	
28-mar	a	b	
23-nov	a	b	c
03-set	a	b	c
30-may	a	b	c
27-jun	a	b	c
02-oct	a	b	c
06-nov	a	b	c
24-ene		b	c
27-feb			c

### 3.2.5.2. Silicatos

Los silicatos variaron de 0.92 a 235.08  $\mu\text{M/L}$  correspondientes a setiembre y junio, respectivamente. El promedio total mensual de este parámetro fue de 63.66  $\mu\text{M/L}$ , con bajas concentraciones promedio de silicatos entre noviembre 2014 y febrero, y un posterior incremento desde marzo a junio (107.65 – 99.71  $\mu\text{M/L}$ ), observándose un marcado descenso en julio (22.77  $\mu\text{M/L}$ ); en los meses siguientes se mantuvo cerca del promedio (Figura 37).

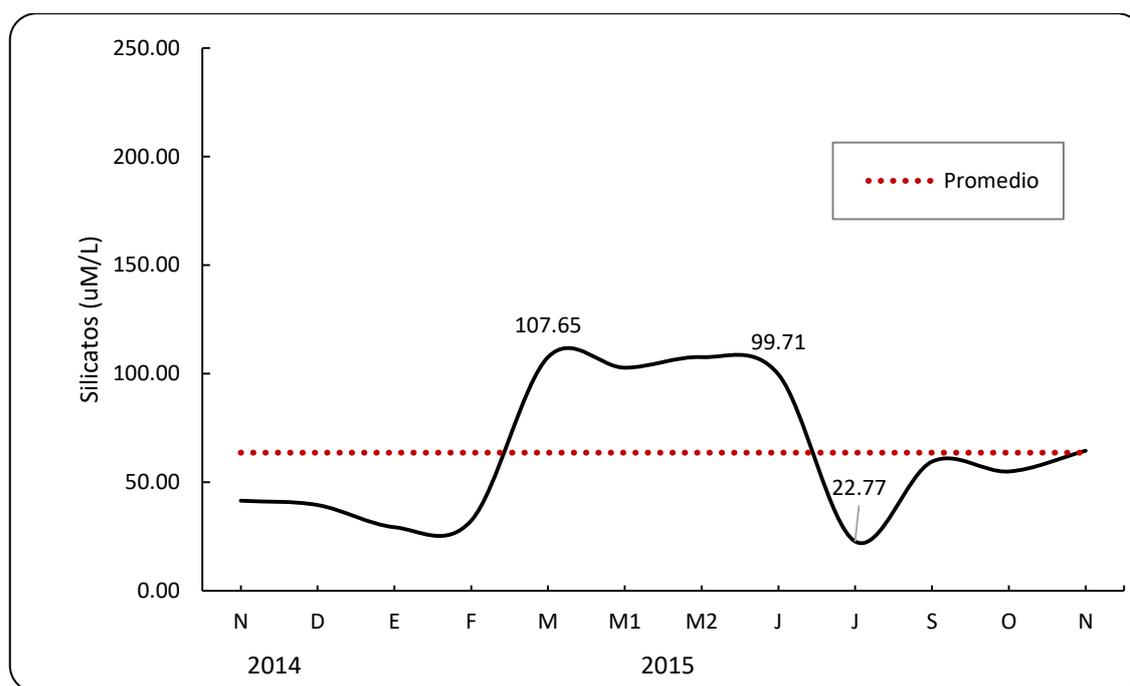


Figura 37. Variación promedio mensual de silicatos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

En general, las concentraciones de silicatos fueron muy similares entre las estaciones E1 y E4, con valores entre 10 y 40  $\mu\text{M/L}$  durante todo el año, sin embargo en otoño son notables las mayores concentraciones de este nutriente especialmente entre las estaciones E5 y E7, así como en la estación E7 de primavera 2015 (Figura 38).

En la Figura 39 se muestra un incremento en la concentración promedio de silicatos por estaciones, desde la estación E2 (11.99  $\mu\text{M/L}$ ) hacia la estación E7 (146.19  $\mu\text{M/L}$ ), además se observó concentraciones similares entre las estaciones E5 y E6.

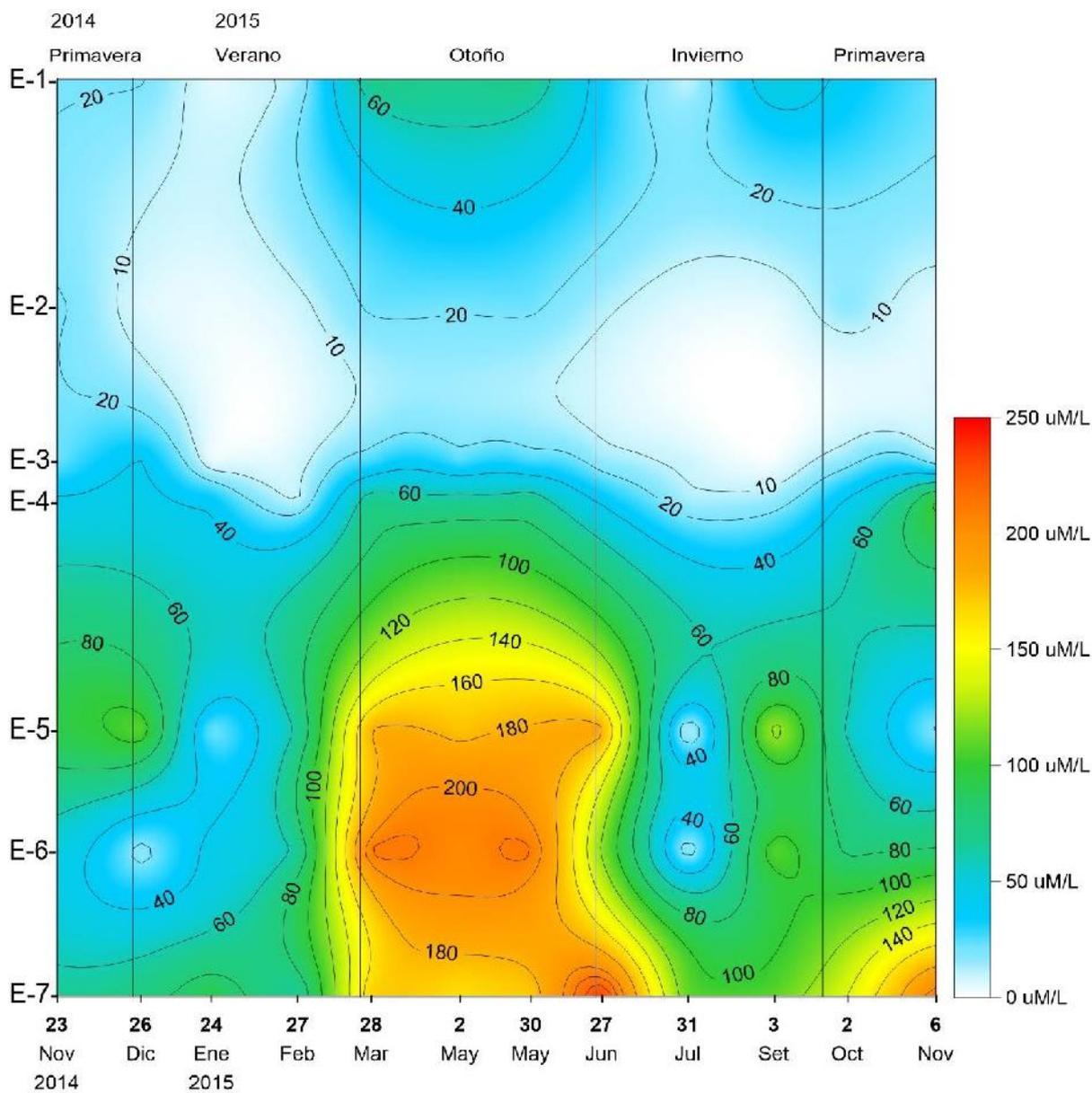


Figura 38. Variación espacio-temporal de silicatos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

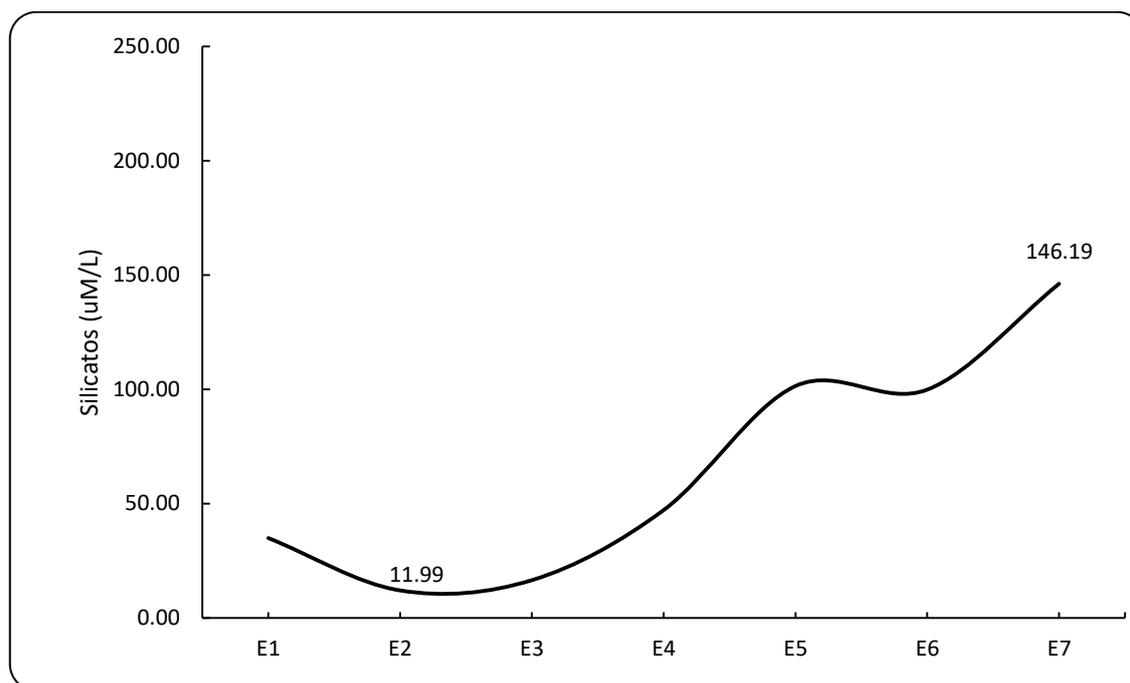


Figura 39. Variación promedio de silicatos en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

El análisis de varianza (Tabla 15) determinó que existen diferencias significativas entre meses ( $p < 0.05$ ), siendo marzo, mayo #1, mayo #2 diferentes de enero, febrero y julio (Tabla 16), sin embargo la prueba de Tukey señala que no existen diferencias significativas entre los meses ( $p > 3.39$ )

Al comparar los silicatos estacionalmente, el ANOVA (Tabla 15) evidenció significancias estadísticas entre estos, siendo el otoño diferente del resto ( $p < 0.05$ ), igualmente existen diferencias estadísticas entre estaciones de muestreo ( $p < 0.05$ ), en donde las estaciones E1, E2, E3 y E4 son estadísticamente diferentes de las estaciones E5, E6 y E7, existiendo un grupo de mezcla (Figura 40, Tabla 17).

Tabla 15. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la concentración de silicatos, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Fuente	F	P
Meses	2.01	*0.04
Estaciones del año	5.64	*0.00
Estaciones de muestreo	9.15	*0.00

F: Valor de prueba de F; P<0.05 (Valor significativo).

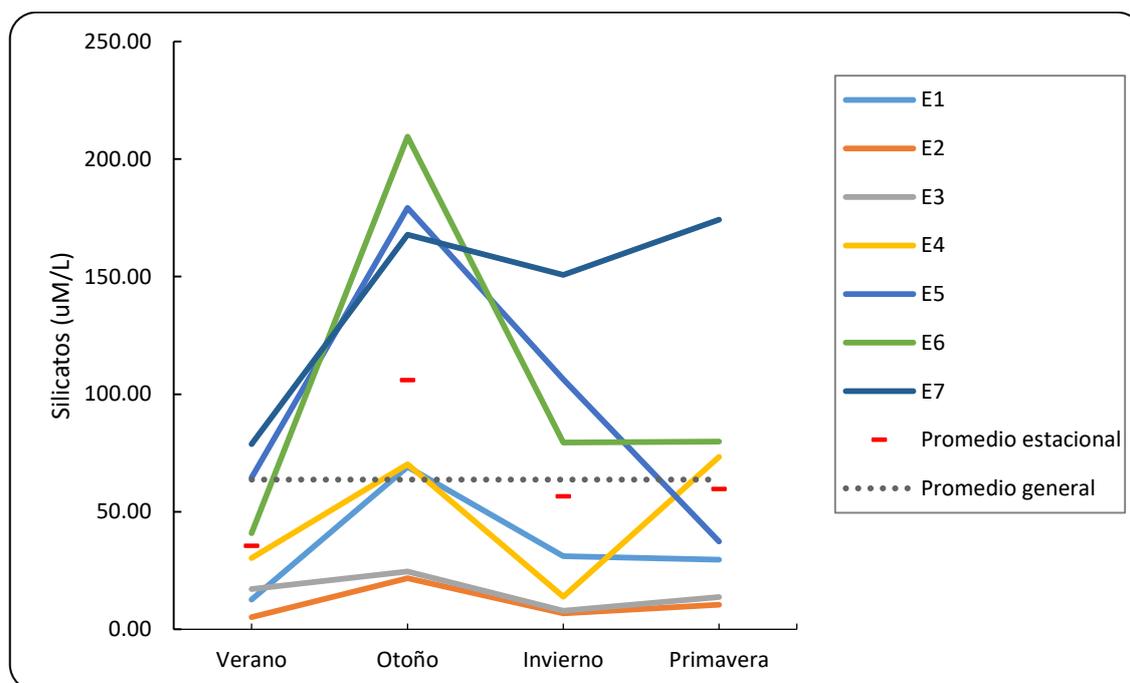


Figura 40. Variación estacional de silicatos en las diferentes estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Tabla 16. Prueba de t para determinar diferencias significativas en las concentraciones mensuales de silicatos, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Meses</b>	<b>Grupos</b>		
31-jul	a		
24-ene	a		
27-feb	a		
26-dic	a	b	
23-nov	a	b	c
02-oct	a	b	c
3-set	a	b	c
06-nov	a	b	c
27-jun		b	c
02-may		b	c
28-mar			c
30-may			c

Tabla 17. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en la concentración de silicatos, en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Meses</b>	<b>Grupos</b>		
E2	a		
E3	a		
E1	a	b	
E4	a	b	
E5		b	c
E6		b	c
E7			c

### 3.2.5.3. Nitritos

Los nitritos presentaron concentraciones de 0.01 a 1.11  $\mu\text{M/L}$  correspondientes a marzo y julio cada uno. En general, los nitritos tuvieron un promedio total mensual de 0.35  $\mu\text{M/L}$ , mostrando un patrón variable con promedio bajos de 0.12, 0.05 y 0.16  $\mu\text{M/L}$  en enero, marzo y setiembre, respectivamente, asimismo se destaca un máximo promedio de 0.74  $\mu\text{M/L}$  en julio (Figura 41).

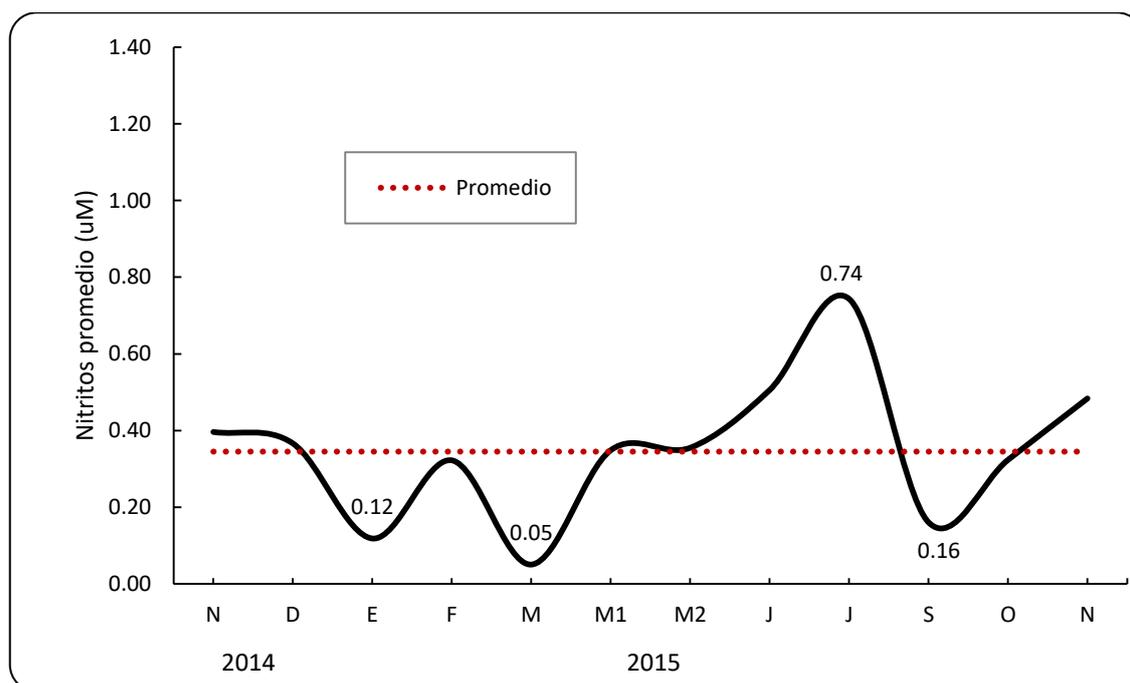


Figura 41. Variación promedio mensual de nitritos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

En ambas primaveras se observó mayor concentración de nitritos desde la estación E2 a la E4 e incluso en la estación E5 en primavera 2015, asimismo en otoño e invierno las concentraciones son mayores a lo largo de las estaciones de muestreo, especialmente en la estación E3 y E4, con 0.9 y 1  $\mu\text{M/L}$  respectivamente; en verano y entre invierno y primavera 2015 se registraron menores concentraciones de 0.1 a 0.4  $\mu\text{M/L}$  (Figura 42).

Las 3 primeras estaciones mantuvieron un promedio constante, con un leve incremento en la E3 (0.55 uM/L), luego estas concentraciones decaen hasta la estación E7, siendo esta última la que registró la menor concentración promedio (0.06 uM/L), además se observaron concentraciones promedio similares en las estaciones E5 y E6 (Figura 43).

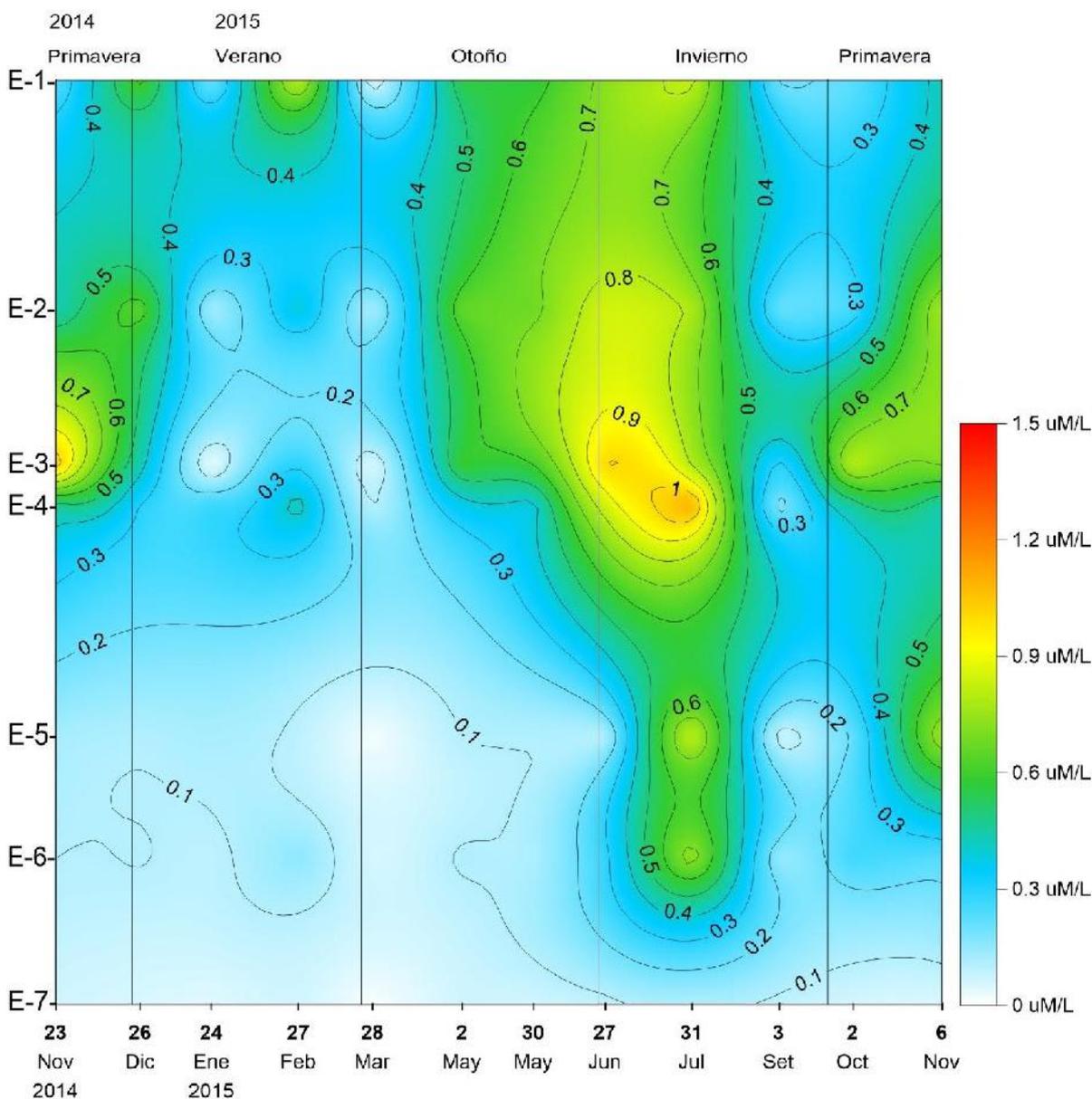


Figura 42. Variación espacio-temporal de nitritos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

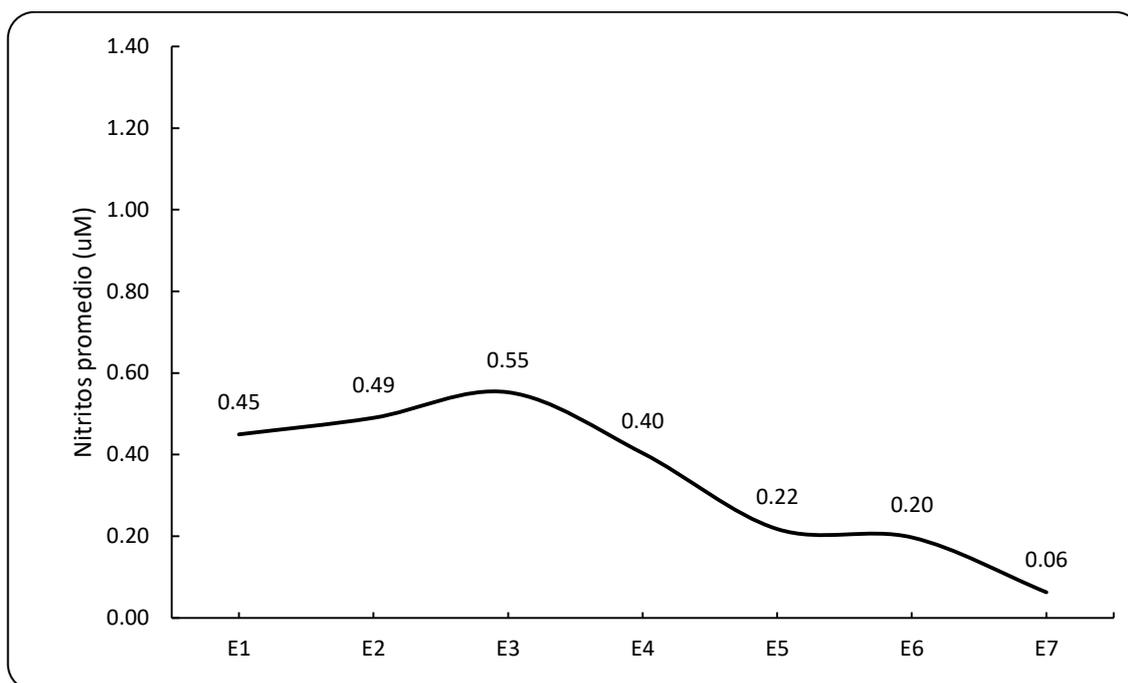


Figura 43. Variación promedio de nitritos en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

El análisis de varianza (Tabla 18) determinó que existen diferencias significativas entre los meses ( $p < 0.05$ ), en este sentido, la prueba de Tukey señala que marzo, enero y setiembre difieren de julio que son meses con bajas y altas concentraciones, respectivamente (Tabla 19).

Al agrupar estacionalmente, el ANOVA (Tabla 18) señala que existen diferencias significativas entre estaciones del año, siendo en invierno donde se presenta mayores concentraciones de este parámetro ( $p < 0.05$ ), asimismo, existen diferencias significativas entre estaciones ( $p < 0.05$ ) donde las estaciones E1, E2, E3 y E4 presentan altas concentraciones de nitritos que la estación E7, además existen otros grupos de mezcla (Figura 44, Tabla 20).

Tabla 18. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la concentración de nitritos, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Meses	3.70	*0.00
Estaciones del año	6.84	*0.00
Estaciones de muestreo	9.54	*0.00

F: Valor de prueba de F; P<0.05 (Valor significativo).

Tabla 19. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones mensuales de nitritos, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Meses</b>	<b>Grupos</b>	
28-mar	a	
24-ene	a	
3-set	a	
27-feb	a	b
02-oct	a	b
02-may	a	b
30-may	a	b
26-dic	a	b
23-nov	a	b
06-nov	a	b
27-jun	a	b
31-jul		b

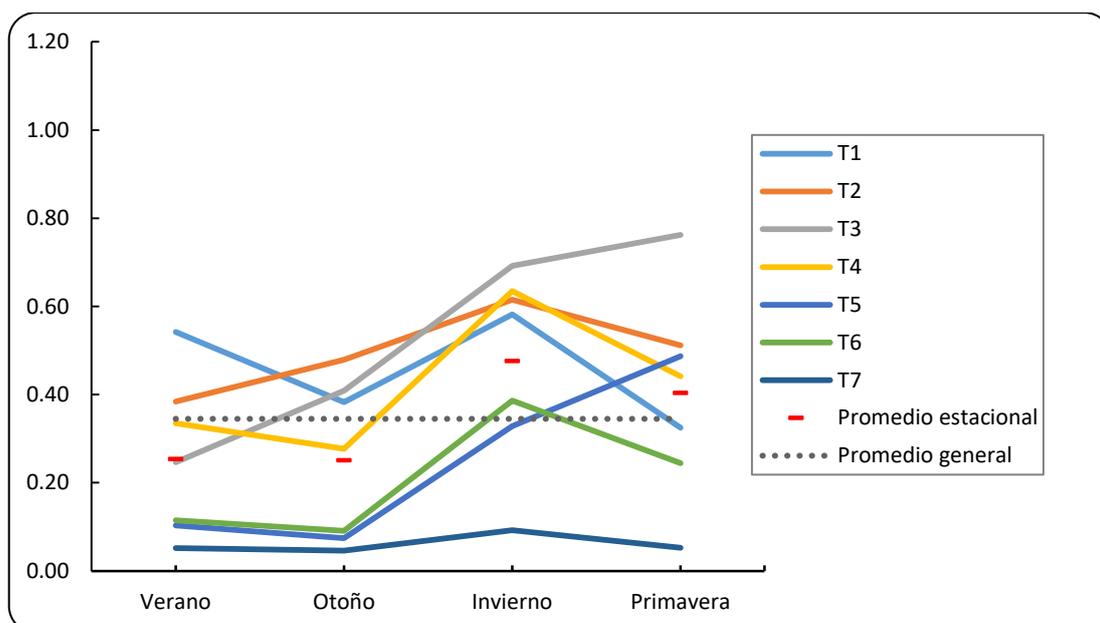


Figura 44. Variación estacional de nitritos en las diferentes estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Tabla 20. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones de nitritos, en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Estaciones	Grupos			
E7	a			
E6	a	b		
E5	a	b	c	
E4		b	c	
E1		b	c	d
E2			c	d
E3				d

### 3.2.5.4. Nitratos

Los nitratos variaron de 0.06 a 11.27  $\mu\text{M/L}$ , en marzo y noviembre 2014 respectivamente. En la figura 45 se observa que las concentraciones promedio de nitratos fueron muy variables, con promedios bajos de 0.30 y 0.70 en marzo y setiembre; mientras que, promedios altos se registraron en noviembre 2014, junio y julio con 5.27, 4.85 y 7.19  $\mu\text{M/L}$ , respectivamente; y un promedio total mensual de 2.59  $\mu\text{M/L}$ .

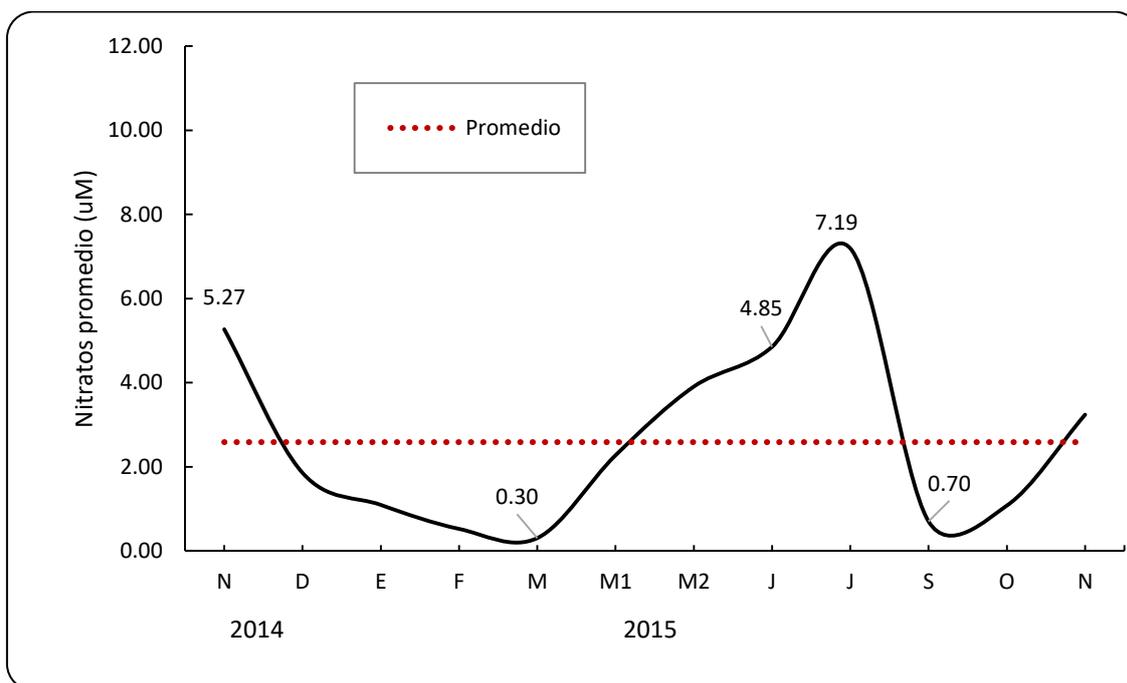


Figura 45. Variación promedio mensual de nitratos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Se registraron mayores concentraciones de nitratos entre las estaciones E2 y E3 durante primavera 2014 (5 – 10  $\mu\text{M/L}$ ), mientras que en otoño e invierno las concentraciones son mayores a lo largo de las estaciones de muestreo especialmente en la estación E3 y E4 (8 - 9  $\mu\text{M/L}$ ); valores menores se registraron en verano y entre invierno y primavera 2015 (0 – 1  $\mu\text{M/L}$ ) en todas las estaciones (Figura 46).

Los nitratos mostraron una tendencia de mantenerse con promedios constantes en las estaciones E2 (4.29  $\mu\text{M/L}$ ) y E3 (4.62  $\mu\text{M/L}$ ), para luego ir descendiendo hacia las estaciones E6 (1.15  $\mu\text{M/L}$ ) y E7 (0.90  $\mu\text{M/L}$ ) (Figura 47).

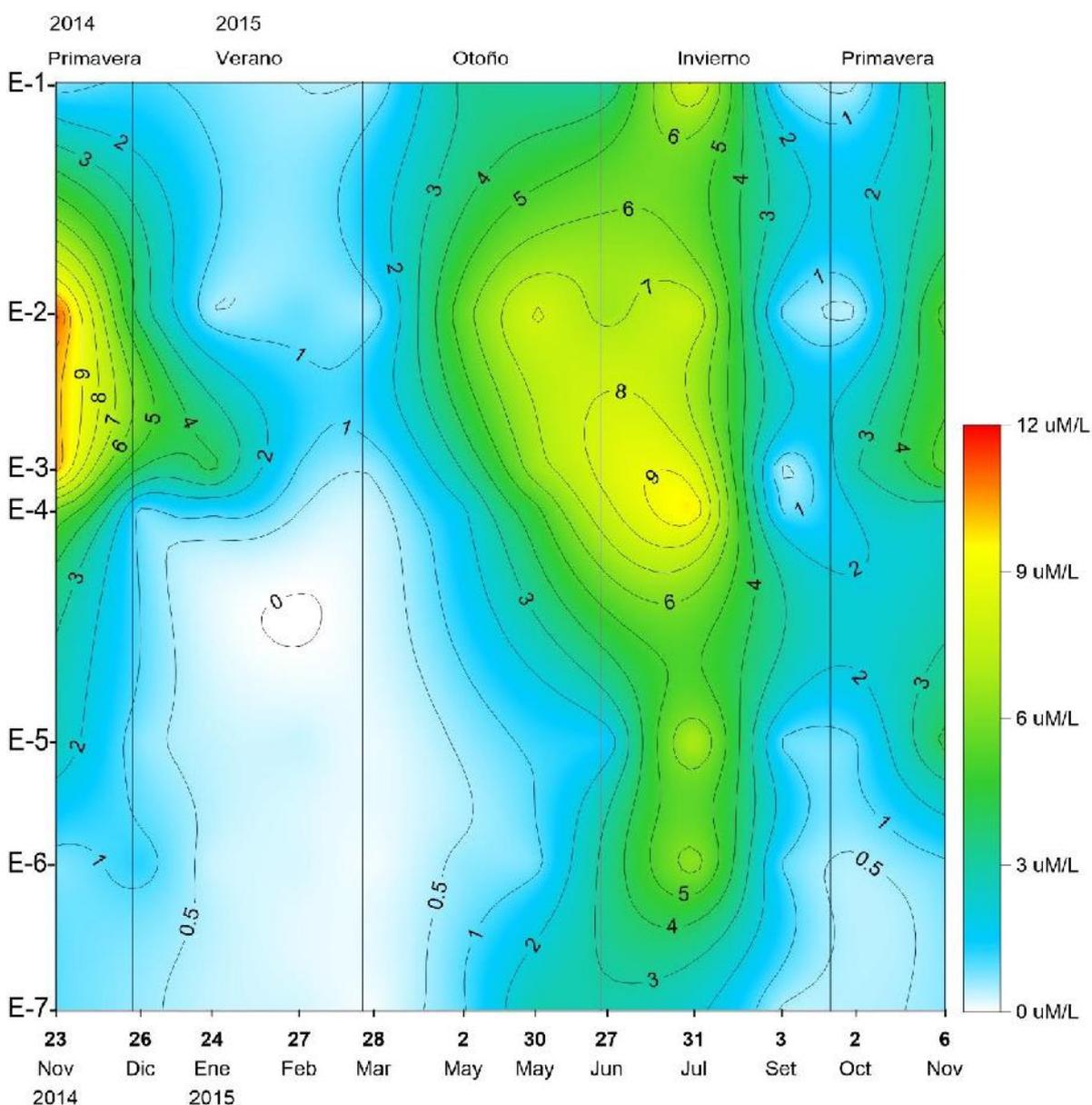


Figura 46. Variación espacio-temporal de nitratos en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

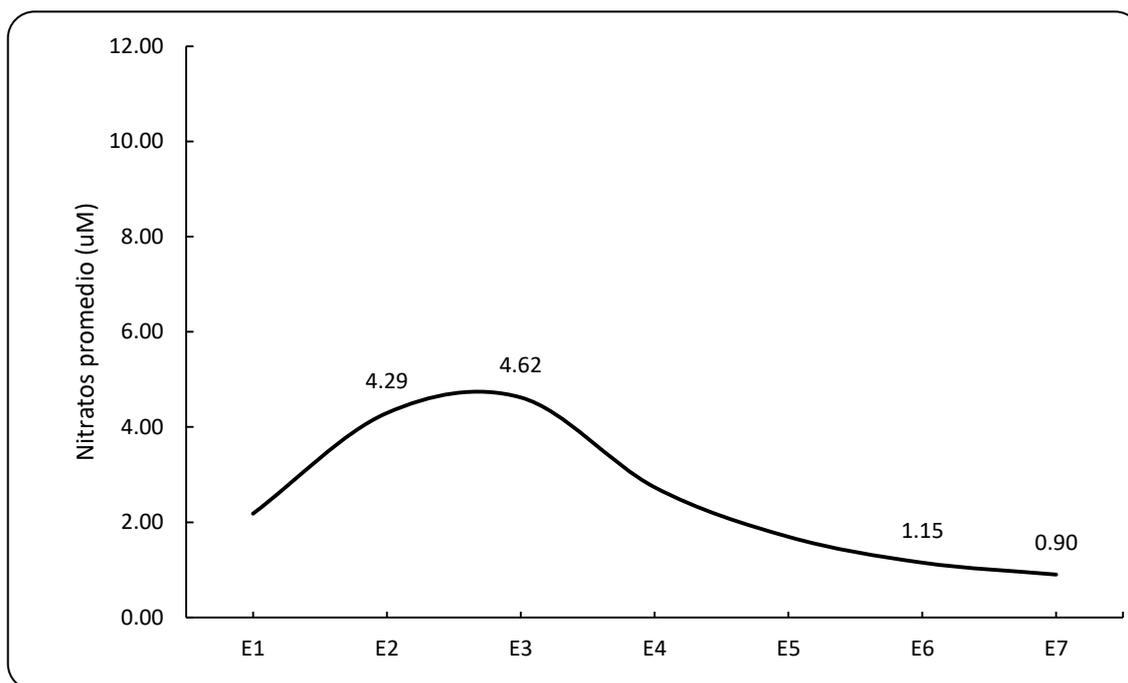


Figura 47. Variación promedio de nitratos en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

El análisis de varianza (Tabla 21) determinó que existen diferencias significativas entre los meses muestreados ( $p < 0.05$ ), siendo evidenciadas con las comparaciones múltiples (Prueba de Tukey), en donde noviembre 2014, junio y julio presentaron altas concentraciones de nitratos (Tabla 22). Del mismo modo, al agrupar estacionalmente, el ANOVA determinó que existen diferencias significativas entre las estaciones del año, indicando que en invierno hay mayores concentraciones de nitratos ( $p < 0.05$ ), igualmente sucede con las estaciones de muestreo ( $p < 0.05$ ), siendo la estación E7 diferente de la estación E2 y E3, las que presentaron bajas y altas concentraciones. (Tabla 23).

Tabla 21. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la concentración de nitratos, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Meses	7.21	*0.00
Estaciones del año	18.54	*0.00
Estaciones de muestreo	4.36	*0.00

F: Valor de prueba de F; P<0.05 (Valor significativo).

Tabla 22. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones mensuales de nitratos, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Meses</b>	<b>Grupos</b>			
28-mar	a			
27-feb	a	b		
3-set	a	b		
02-oct	a	b		
24-ene	a	b		
26-dic	a	b	c	
02-may	a	b	c	
06-nov	a	b	c	
30-may	a	b	c	d
27-jun		b	c	d
23-nov			c	d
31-jul				d

Tabla 23. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones de nitratos, en las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Estaciones</b>	<b>Grupos</b>			
E7	a			
E5	a		b	
E6	a		b	
E1	a		b	
E4	a		b	
E2			b	
E3			b	

### 3.2.6. Materia orgánica

La materia orgánica varió de 0.45 a 11.20 % en febrero y octubre respectivamente. El promedio total mensual fue de 2.61 %, presentando promedios variables, con un ligero incremento hacia fines de año, siendo más notorio en octubre con un promedio de 4.08 % (Figura 48).

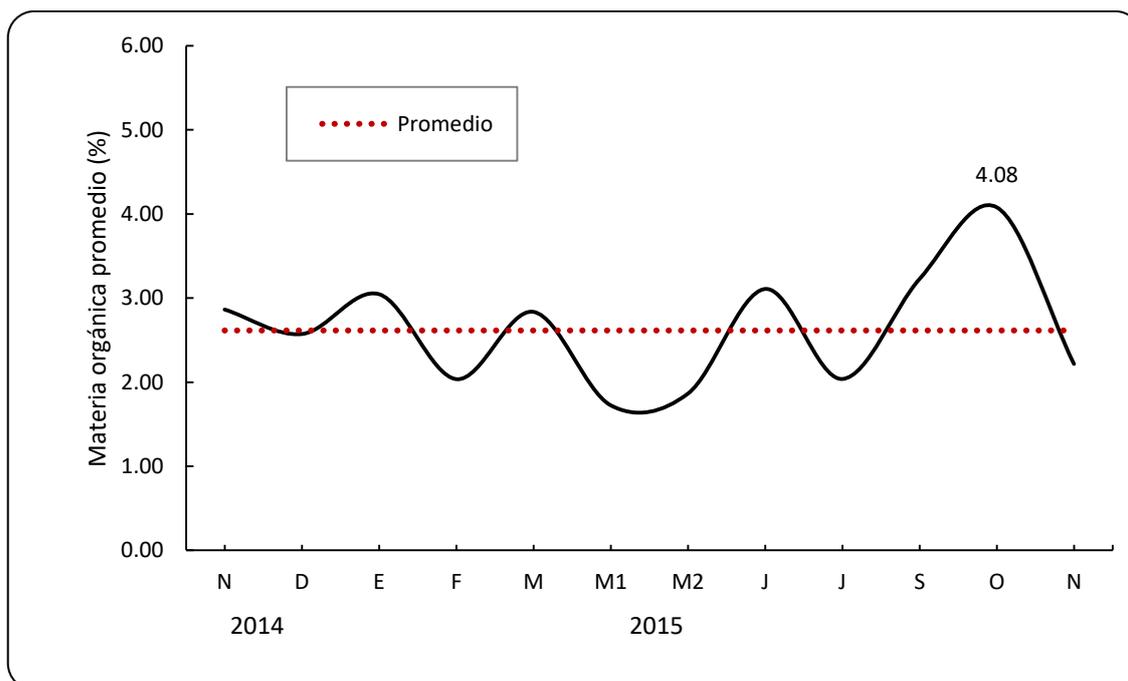


Figura 48. Variación promedio mensual de la materia orgánica en el sedimento del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

En la figura 49 se muestra que el contenido de MO fue mayor en las estaciones E1 y E2 durante primavera 2014 - verano e invierno-primavera 2015 con valores entre 4 a 11 %, del mismo modo valores altos se presentaron en las estaciones E6 y E7 de primavera 2014 - verano y E6 entre verano - otoño, también altos valores se observaron en la estación E5 durante primavera 2015.

En general se registraron promedios bajos en las estaciones E3 y E4 con valores de 1.20 y 1.19 % respectivamente, mientras que, promedios altos se presentaron en las estaciones E1 y E5 con promedios de 4.53% y 3.98 % (Figura 50).

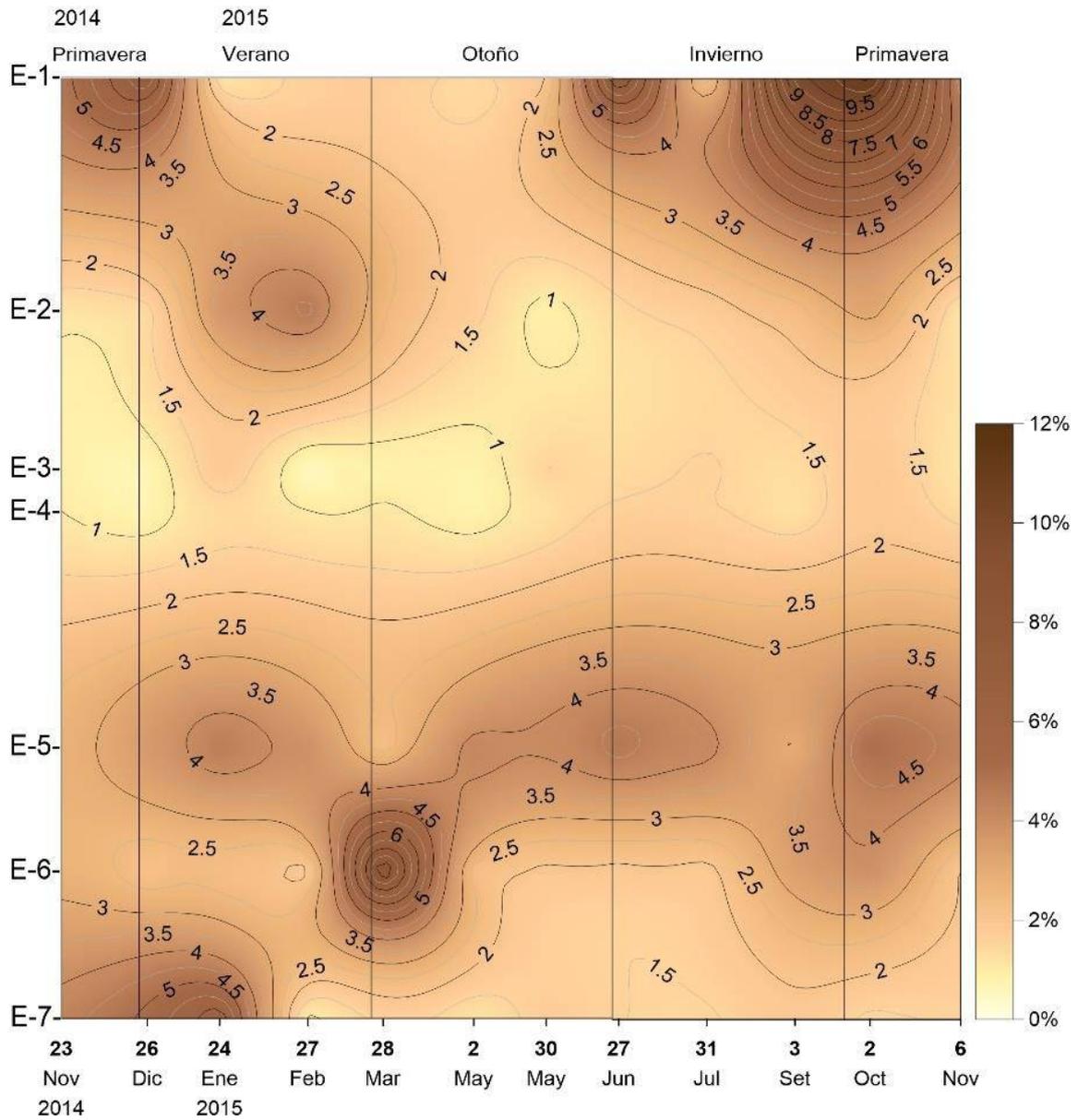


Figura 49. Variación espacio-temporal de la materia orgánica en el sedimento del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

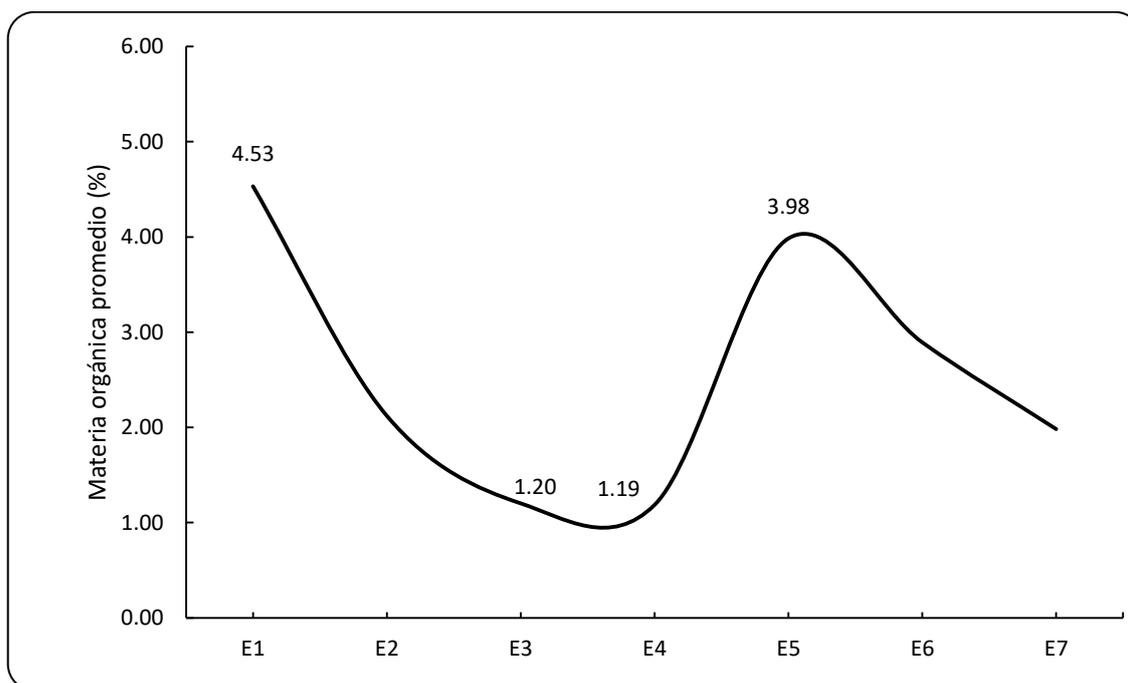


Figura 50. Variación promedio de la materia orgánica en el sedimento de las estaciones del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

Al realizar las comparaciones de las concentraciones mensuales de MO, el análisis de varianza (Tabla 24) determinó que no existen diferencias significativas entre ellas ( $p > 0.05$ ). Igualmente al agrupar estacionalmente, no se evidenció diferencias significativas entre las estaciones del año ( $p > 0.05$ ), sin embargo, existen diferencias significativas entre las estaciones muestreadas ( $p < 0.05$ ), siendo las estaciones E1 y E5 las que presentaron altas concentraciones de MO (Tabla 25)

Tabla 24. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en las concentraciones de materia orgánica, entre meses, estaciones del año y estaciones de muestreo, en el sedimento del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Meses	0.69	0.74
Estaciones del año	0.86	0.48
Estaciones de muestreo	4.68	*0.00

F: Valor de prueba de F; P<0.05 (Valor significativo).

Tabla 25. Prueba de Tukey para determinar diferencias significativas en las concentraciones mensuales de materia orgánica, en el sedimento del estuario de los manglares de San Pedro de Vice. Noviembre 2014 – Noviembre 2015.

<b>Estaciones</b>	<b>Grupos</b>		
E4	a		
E3	a		
E7	a	b	
E2	a	b	
E6	a	b	c
E5		b	c
E1			c

### 3.3. Producción primaria de los manglares de San Pedro de Vice

La mayor producción se registró en julio con  $125.66 \text{ g/m}^2$ , y el mínimo en agosto con  $56.99 \text{ g/m}^2$ , con un promedio de  $96.32 \text{ g/m}^2$  (Figura 51).

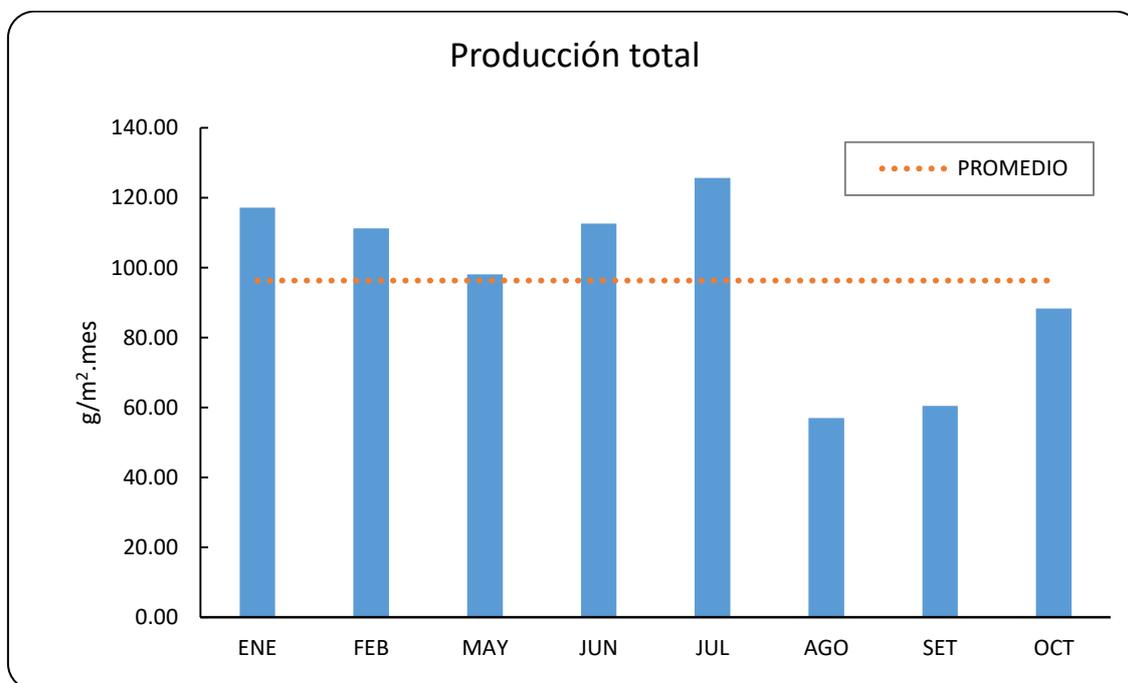


Figura 51. Variación mensual de la producción total de los manglares, en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Enero – Octubre 2015.

En la hojarasca, durante enero ( $71.18 \text{ g/m}^2$ ) y febrero ( $63.67 \text{ g/m}^2$ ) existió una mayor predominancia del aporte de ramas, frutos, flores y misceláneo, correspondientes a no hojas; las hojas propiamente dichas predominaron en los demás meses: mayo ( $92.94 \text{ g/m}^2$ ), junio ( $107.66 \text{ g/m}^2$ ), julio ( $114.54 \text{ g/m}^2$ ), agosto ( $51.46 \text{ g/m}^2$ ), setiembre ( $47.54 \text{ g/m}^2$ ) y octubre ( $66.94 \text{ g/m}^2$ ) (Figura 52).

En cuanto a los componentes no hojas, es necesario recalcar que sólo en enero no se observaron flores, por otra parte en enero, febrero, setiembre y octubre hubo la presencia de frutos (Figura 53).

La producción total tiene una tendencia a ir disminuyendo desde verano ( $114.22 \text{ g/m}^2$ ) a primavera ( $74.36 \text{ g/m}^2$ ) manteniéndose casi constante en otoño ( $98.08 \text{ g/m}^2$ ) e invierno ( $98.43 \text{ g/m}^2$ ), cabe mencionar que existe una relación negativa

entre los componentes hojas y no hojas (Figura 54). La producción anual de hojarasca que se registró en este ecosistema fue de 770.52 g/m<sup>2</sup>.año.

Al comparar la producción estacionalmente y entre los componentes de la hojarasca, el análisis de varianza señala que no existen significancias estadísticas entre estaciones ( $p > 0.05$ ) ni entre los componentes de la hojarasca ( $p > 0.05$ ) (Tabla 26).

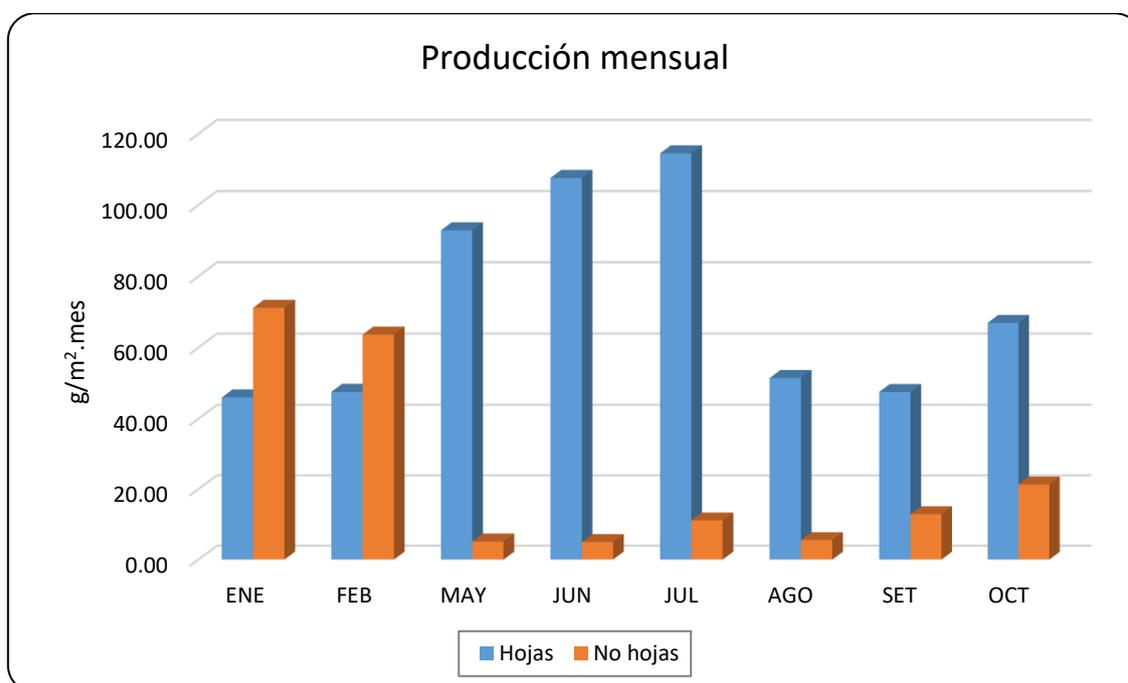


Figura 52. Variación mensual de la producción de los manglares, en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Enero – Octubre 2015.

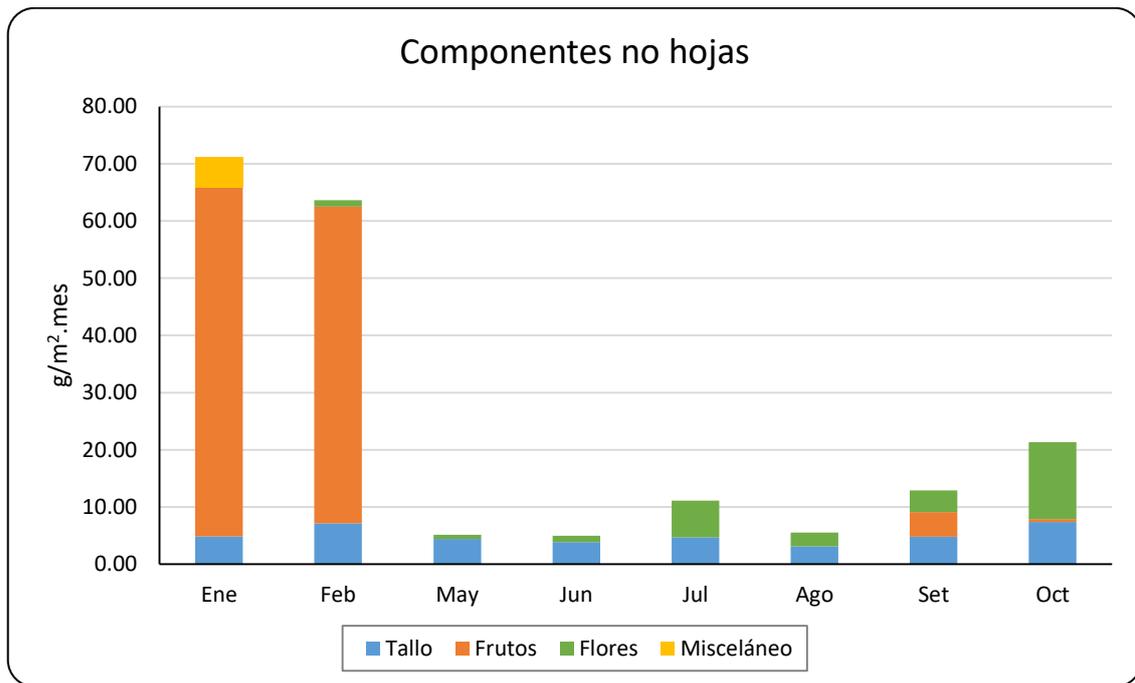


Figura 53. Componentes de no hojas de los manglares, en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Enero – Octubre 2015.

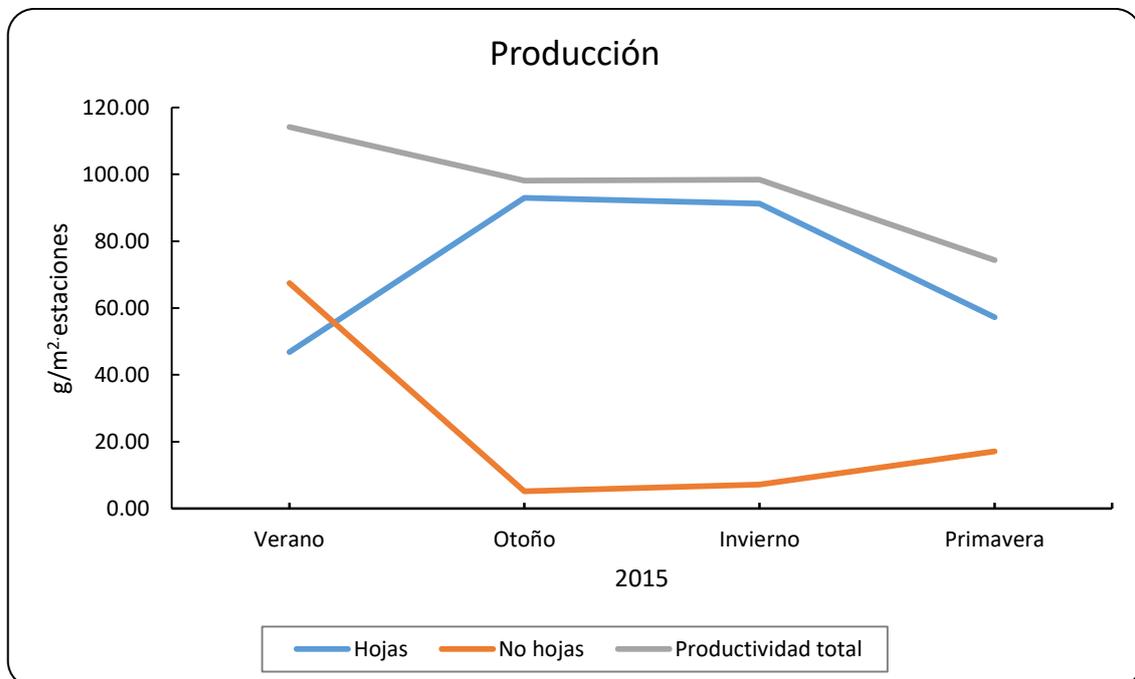


Figura 54. Producción estacional en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Enero – Octubre 2015.

Tabla 26. Análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la producción primaria, entre estaciones del año y los componentes de la hojarasca, en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Enero – Octubre 2015.

<b>Fuente de variación</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Estaciones del año	0.11	0.95
Hojarasca	3.59	0.15

F: Valor de prueba de F; P: Probabilidad

### 3.4. Densidad de las especies de mangle.

De acuerdo a los 11 cuadrantes, se registraron dos especies de mangle: *A. germinans* y *L. racemosa*, sin embargo también se identificó el arbusto *B. marítima*. Del total de cuadrantes se obtuvieron 1 039 individuos de la especie *A. germinans*, 664 de *L. racemosa* y 51 de *B. marítima* dando con ello un total de 1 754 individuos dentro del área muestreada.

En la figura 55 se observa que el cuadrante 10 estuvo conformado por igual número de individuos de la especie de *A. germinans* y *L. racemosa* (123 ind/225m<sup>2</sup>); es importante mencionar que 10 de los 11 cuadrantes estuvo conformada por ambas especies de mangle y por el contrario en uno de ellos (T11) sólo se encontró *A. germinans*, siendo este el que más número de individuos presentó (184 ind/225m<sup>2</sup>). Por otro lado en los cuadrantes 1, 2, 3, 5, 6 y 9 estuvo presente *Batis marítima* con un máximo de individuos en el cuadrante 3 (15 ind/225m<sup>2</sup>).

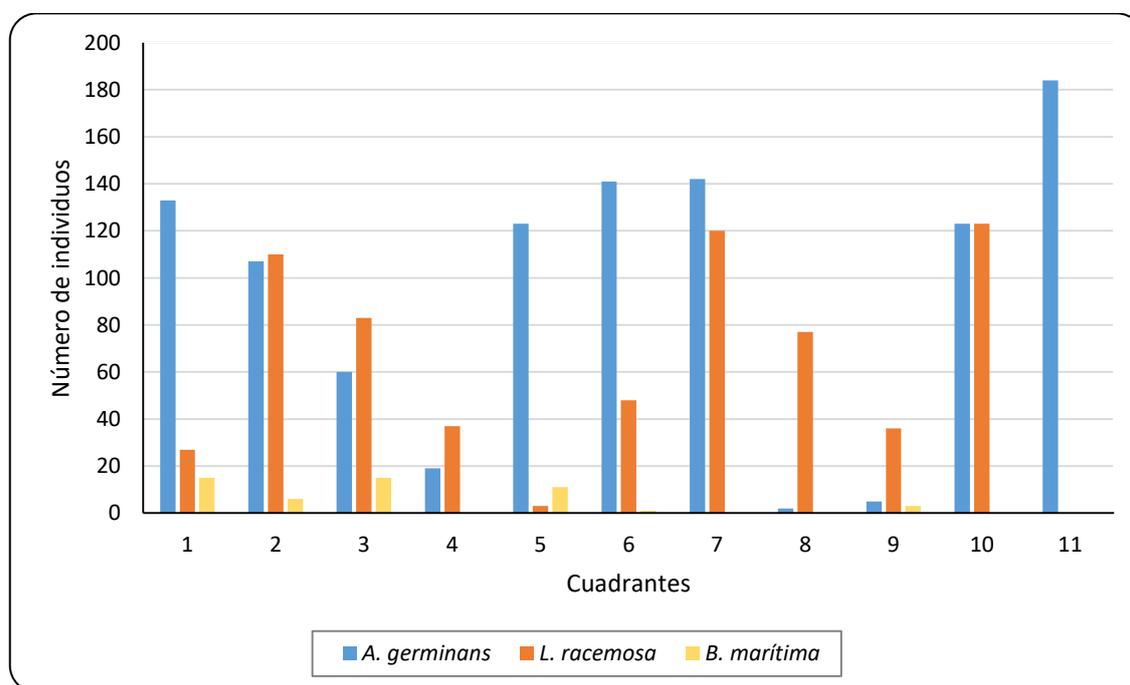


Figura 55. Número de individuos de *A. germinans*, *L. racemosa* y *B. marítima* en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Agosto – Octubre 2015.

Al hacerse la agrupación de los cuadrantes en: norte (1, 2, 3 y 4), centro (5, 6 y 7) y sur (8, 9, 10 y 11), se observó que el número de individuos era mayor en el norte e iba descendiendo hacia el sur (Figura 56).

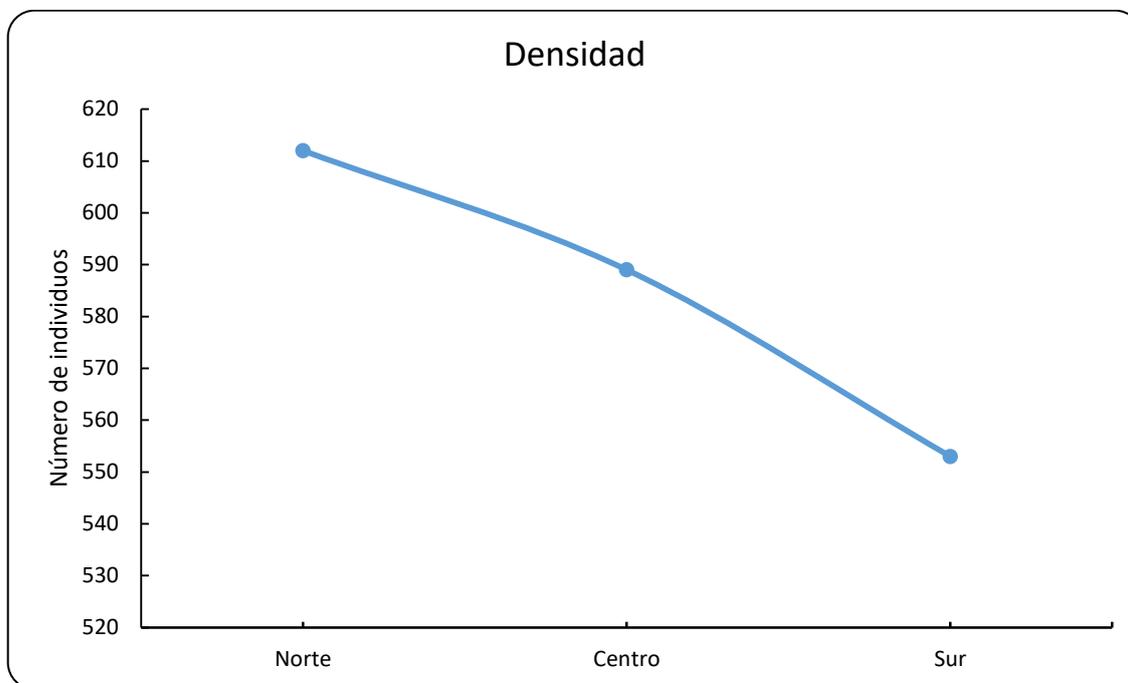


Figura 56. Distribución de *A. germinans*, *L. racemosa* y *B. marítima* en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Agosto – Octubre 2015.

La mayor densidad promedio la obtuvo *A. germinans*, seguido de *L. racemosa* y *B. marítima* con 0.420, 0.268 y 0.021 ind/m<sup>2</sup> respectivamente. De forma análoga en la figura 50 se presentan las proporciones para cada especie de 59%, 38% y 3% correspondientemente (Figura 57).

Al aplicar una prueba de t nos indica que no existen diferencias significativas entre mangle negro y mangle blanco ( $p=0.16$ ). Así mismo al aplicar un análisis de varianza, para comparar las densidades de la zona norte, centro y sur tampoco se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) (Tabla 27).

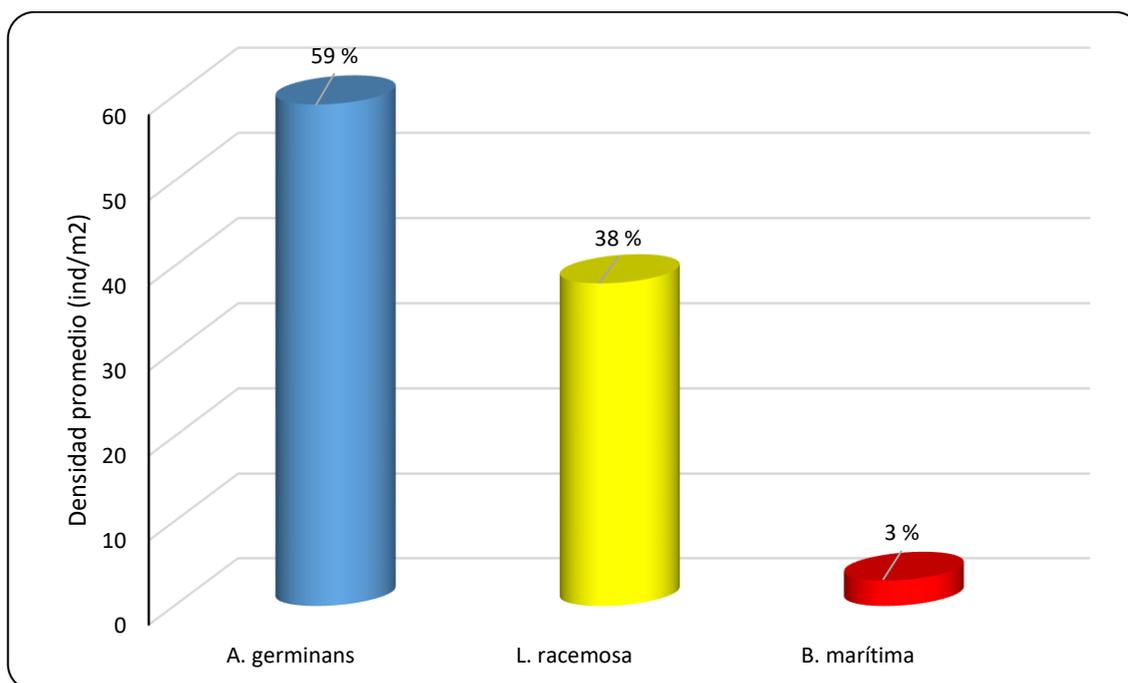


Figura 57. Densidad de *A. germinans*, *L. racemosa* y *B. marítima* en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Agosto – Octubre 2015.

Tabla 27. Análisis de varianza para establecer diferencias significativas entre densidades de la zona norte, centro y sur, en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Agosto – Octubre 2015.

Fuente de variación	F	P
Zonas	0.86	0.46

F: Valor de prueba de F; P: Probabilidad.

#### IV. DISCUSIÓN

El régimen de mareas, el aporte fluvial y la sedimentación influyen de manera directa en la caracterización de los manglares de San Pedro de Vice; en este estudio se han encontrado evidencias a lo mencionado por Pérez (2014), quien indica que dentro del régimen de mareas, el descubrimiento y aireación de los sedimentos sumados al flujo y reflujo de agua salada hacia dentro del estuario, modifica las condiciones fisicoquímicas de la columna de agua y sedimentos intermareales superficiales. Nuestros resultados permiten corroborar la existencia de una variación estacional de las variables evaluadas, hecho que se da en relación a la complejidad estructural del ecosistema (Huaylinos et al., 2002) y debido a las precipitaciones irregulares de la costa norte del Perú, ya que sólo son abundantes durante un evento El Niño, trayendo como consecuencia avances o retrocesos del manglar al colonizar nuevas áreas y perdiendo otras, por su misma dinámica sucesional (PRO NATURALEZA, 2000; INRENA, 2011; MINAM y MINAGRI, 2011).

Al inicio y término del presente estudio se encontraron áreas de cobertura de 79.2 y 79.1 ha respectivamente, representando cifras muy bajas comparadas a las mencionadas por INRENA (2003), Barrionuevo y Marcial (2006) y CNEH, MDV, GRP y EDHUCO (2008), quienes reportaron áreas de 636.10, 400 y 310 ha respectivamente. Estas grandes diferencias pueden ser explicadas por la delimitación de nuestra área de estudio, abarcando concretamente los alrededores del estuario, la cual se hizo debido a la amplitud del ecosistema, ya que al sur del mismo las comunidades de mangle continúan e incluso gracias a la reforestación de autoridades locales, existen relictos de mangle hasta Chulliyachi (Tume, 2014). En general, se observa una pérdida proporcional (100 - 200 ha) de la cobertura en periodos de 2 a 3 años, que implica que después de 7 años (2008 - 2015) los valores de ca. 80 ha es concordante con dicha proporcionalidad.

Por otro lado, la pérdida de 0.1 ha de mangle se debe a la quema y tala de estos árboles, sirviendo esto último como leña para los pobladores aledaños y visitantes de la zona cuando se quedan a acampar. Asimismo ecosistemas como los manglares de Tumbes también han experimentado estas pérdidas (PRO NATURALEZA, 2000), más aún en la década de los 70' cuando se intensificó la

sobreexplotación y deforestación para la conversión de áreas de mangle en estanques para la crianza de langostinos (*P. vannamei*) (PRO NATURALEZA, 2000; OIMT, 2003; INRENA, 2011). Igualmente las actividades agropecuarias alteran negativamente estos ecosistemas como en los manglares del Golfo de Urabá en Colombia (Taborda, 2013), de la misma manera los manglares de Veracruz, México (Moreno-Casasola, Rojas, Zárate, Ortiz, Lara y Saavedra, 2002) y los manglares del complejo lagunar Bahía Magdalena – Bahía Almejas, México, los cuales han sufrido pérdidas en su cobertura debido a factores antrópicos (Acosta-Velásquez y Ruiz-Luna, 2007).

Los manglares, aunque no sean destruidos por el hombre, pueden degradarse con eventos naturales; como el huracán Mitch (OIMT, 2003) que afectó a los manglares de la isla Guanaja, Honduras (Ponce, 2008) o el evento El Niño en los manglares de Tumbes (INRENA, 2011; MINAM y MINAGRI, 2011), e incluso con fuertes oleajes anómalos (10 m), como se ha observado a fines de abril e inicio de mayo en este estudio, cambiando el ecosistema, especialmente entre las estaciones E3 y E4 (bocana) y sus alrededores. No obstante, gracias a estos eventos naturales los manglares también pueden regenerarse, ya que por su misma naturaleza, van colonizando nuevas áreas a la vez que pierden otras (PRO NATURALEZA, 2000; INRENA, 2011; MINAM y MINAGRI, 2011).

El aumento de cobertura que presentó este ecosistema, de debió a un desarrollo en la frondosidad de los árboles de mangle, notados especialmente en los alrededores de las estaciones E6 y E7. En este sentido, coincide con lo ocurrido en la Laguna Gandoca – Costa Rica, donde no se ha observado disminución, sino un aumento de su cobertura, debido a un posible incremento en la sedimentación de la cuenca del río Gandoca o con el terremoto de Limón que pudo afectar la compactación de los materiales de relleno de la zona de la laguna, causando un hundimiento y al mismo tiempo la elevación del agua de mar (Coll, Fonseca y Cortés, 2001; Manrow-Villalobos y Vílchez-Alvarado, 2012). Situación similar ocurrió en el manglar de Vice, ya que a causa de un evento El Niño se hizo posible su expansión, sin embargo el desconocimiento de su valor hizo que el hombre haga uso irracional del mismo, lo cual ha quedado demostrado con la reducción de la población de *L. racemosa* y *A. germinans* (Espinoza, 2011);

convirtiéndolo en un ecosistema vulnerable y amenazado por la pérdida y degradación de hábitats (CODECHOCO e IIAP, 2009).

Ante la ocurrencia de dicho evento y posteriores cambios, se acentuaron las diferencias en la cobertura de la zona norte y sur de los manglares de San Pedro, las cuales están relacionados con su origen, extensión (Gómez, 2013), procesos fisiológicos (salinidad) o estabilidad del suelo, presentándose una distribución y desarrollo espacial en este ecosistema (Soto y Jiménez, 1982; Cortés-Castillo, 2011; Parra y Arnillas, 2013).

Por otro lado, el número de especies de mangle en este ecosistema es bajo en comparación con los Manglares de Tumbes, debido a su ubicación, pues la distribución de mangle depende del clima, salinidad, marea, suelo (PRO NATURALEZA, 2000) y microtopografía (Cruz, 2010), presentando condiciones edafoclimáticas que no permiten el éxito de otras especies (Charcape y Moutarde, 2005; Clüsener y Breckle, 1987). En este contexto, los manglares de San Pedro de Vice, no muestra un patrón claro en cuanto a su zonación, pues *A. germinans* y *L. racemosa* aparecen de manera mezclada, pudiendo estar uno de ellos al borde estuario, por lo tanto no existe una distribución homogénea como menciona Huaylinos et al. (2002).

Este mismo patrón se presenta en los bosques de manglar del noroeste de México (Gómez, 2013), debido a que *A. germinans* muestra un carácter bimodal respecto a la inundación (Tomlinson, 1995 como se citó en Gómez, 2013), por lo tanto esta especie tiene un porte arbustivo y bajas densidades arbóreas cuando la frecuencia de inundación decrece, esto podría explicar por qué en la zona sur los individuos de *A. germinans* que están afuera del ecosistema son arbustivos y pequeños. Estudios en la Laguna Gandoca (Coll et al., 2001) también coincide en que no existe una franja definida de esta especie y que puede estar relacionado a fenómenos de competencia entre las diferentes especies de mangle y con posibles cambios en el nivel de agua y salinidad; en este sentido *A. germinans* no es buen competidor en áreas de baja salinidad; siendo abundante en regiones más secas y de mayor salinidad, como el Pacífico norte de Costa Rica (Soto y Jiménez, 1982). Sin embargo una hipersalinización de los suelos, puede ocasionar la desaparición total de una comunidad de manglar (Betancourt-Portera, Parra y

Villamil, 2013), como ocurre en algunas partes de la zona norte de este ecosistema.

*L. racemosa*, en contraste con *A. germinans*, es una especie restringida al borde de la comunidad de manglar más alejada del cuerpo de agua (Hogarth, 2004), lo cual se observa con mejor claridad en la franja aledaña al mar, donde cada cierta distancia forma parches puros; sin embargo esto no sucede en algunas partes de la zona sur del ecosistema, ya que se les encuentra en el borde del estuario, especialmente en los alrededores de la estación E7. En este contexto, Hogarth (2004) menciona que *L. racemosa* puede llegar a ser una especie pionera en lugares no perturbados, formando parches puros.

En otras latitudes influyen factores (aportes de agua dulce, temperatura y radiación) cuyos regímenes son menos variables, dando como resultado mayor mezcla de especies, como ocurre en la región del Golfo de Sierpe-Térraba, Costa Rica; así mismo, en ecosistemas más variables, se puede observar mayores formaciones de unidades vegetativas, como ocurre en la región del Golfo de Fonseca, Honduras (Lizano, Amador y Soto, 2001).

Otro factor importante en el desarrollo espacial de los manglares, es la salinidad, ya que valores altos de este parámetro en el agua, repercute en el suelo y por lo tanto influyen en el desarrollo de estas especies, dándoles ciertas características como menor altura y área de la hoja (Soto y Corrales, 1986; López, Barreto y Conde, 2011). En este estudio podría ser que al haber mayor predominancia de agua salada en la zona norte del manglar, esta sea menos desarrollada y la zona sur que esta favorecido por infiltraciones de agua dulce del Dren Sechura, sea más desarrollada. Este patrón se presenta en otras latitudes como en el Golfo de Sierpe-Térraba, Costa Rica y el Golfo de Fonseca, Honduras, en donde el primero tiene mayor desarrollo estructural que el segundo, debido a los mayores aportes de agua dulce que recibe, así como la influencia de otros parámetros como radiación y temperatura (Lizano et al., 2001).

Por otro lado, la existencia de pequeños parches de *A. germinans* en la zona norte y en el centro de la zona sur, se debe más, a factores ambientales (Gómez, 2013) que a factores de tolerancia fisiológicos (Lugo, 1980), ya que en ambos

panoramas es clara la presencia de colmatación de sedimentos, influyendo en el crecimiento de nuevos individuos

Una posible explicación del poco o nulo desarrollo de *A. germinans* al borde del estuario en la zona sur del manglar, es que en zonas donde los fenómenos de inmersión en agua salobre son mayores y la disposición de oxígeno es pobre, los propágulos *A. germinans* presenta una alta tasa de mortalidad (Coll et al., 2001). Por otra parte, la diferencia en la depredación (por insectos o cangrejos, principalmente) que sufren los propágulos de las diferentes especies de manglar puede ser un patrón significativo en la zonación de las mismas (Smith, 1987 como se citó en Coll et al., 2001).

Investigaciones que se han realizado en este ecosistema, señalan que el poco intercambio de agua trae como consecuencia la eutrofización y desfavorece la fijación de nuevas semillas de mangle (More y Cadenillas, 2009); ante este suceso, los pobladores cada cierto tiempo abren una bocana al noroeste del estuario (José Eche, com. per; CNEH, MDV, GRP y EDHUCO , 2008) para facilitar el crecimiento de los manglares y ayudar en su expansión; sin embargo estos sucesos alteran el ecosistema, debido a que cambios en el hidropérido por la apertura de bocanas originan degradación de los manglares (Zaldívar-Jiménez Herrera-Silveira y Capurro, 2001 como se citó en Zaldívar-Jiménez, Herrera-Silveira, Pérez-Ceballos y Teutli-Hernández, 2012), igualmente la dinámica del sedimento puede afectarlos, como ocurre en el delta Térraba-Sierpe donde sus intensos procesos de erosión y progradación han conllevado a la desaparición total de la vegetación (Silva, Mora y Gonzáles, 2015), hecho que podría explicar la poca vegetación de los manglares en la zona norte. Cabe señalar también que esta zona es transitada por vehículos que pasan cerca de la vegetación y compactan el suelo e impiden la propagación de los manglares (Charcape y Moutarde, 2005).

Estudios de Barrionuevo y Marcial (2006) indican que el estuario tuvo una longitud y un ancho de 9 Km y 500 m, respectivamente, sin embargo en el presente trabajo se ha encontrado una longitud de 7.16 Km y un ancho máximo de 415 m, con una superficie promedio de aproximadamente 95.9 ha, indicando de que a pesar que haya empezado su expansión con el evento El Niño de 1982

(Huaylinos et al., 2002) este estuario se ha ido reduciendo, debido a que el ingreso de agua dulce ya no es la misma desde entonces (Alvarado-Ancieta y Berns, 2008).

Además se debe agregar que el cambio de ubicación de la bocana, que en un principio estuvo en el lado noroeste, con el transcurso del tiempo evidencio obstrucción y movimiento (Barrionuevo y Marcial, 2006), suceso que se cree fue debido a la falta de agua dulce proveniente del Dren Sechura, lo que causó la ausencia de una fuerza que empuje los sedimentos hacia el exterior, incluso se han realizado acciones de desarenamiento mecánico en la bocana, pero luego de cierto tiempo se vuelve a cerrar (CNEH, MDV, GRP y EDHUCO 2008). En este sentido, en febrero y marzo hubo lluvias en la parte alta de Piura, sin embargo el ingreso de agua al estuario, no fue suficiente como para mantener la bocana que se abrió en enero; no obstante, hoy en día la bocana sigue ubicándose en el centro del estuario.

La superficie y el perímetro del cuerpo de agua fue muy variable, dependiendo de las intensidades de las mareas, en este sentido la zona norte presentó variaciones en marea baja, hecho que puede explicarse por la baja profundidad y pendiente formada por la dinámica de las mareas, corrientes y procesos de acreción (colmataciones) y degradación de los sedimentos. Por otro lado las diferencias entre ambos parámetros en noviembre 2014 - agosto y febrero - octubre 2015, nos dan una idea del papel que juega la profundidad y forma del lecho del estuario; asimismo la menor superficie presentada en octubre, se debió a un menor coeficiente de marea y la mayor superficie observada en agosto coincide con el mayor coeficiente de marea (HIDRONAV, 2015)

Por otra parte, en la zona sur no hubo una variación notoria, debido a que en marea baja y en marea alta, el estuario recibe aportes de infiltraciones del dren Sechura y agua salada remanente que fluyen a través de los manglares, haciendo posible su poca variación. Cabe mencionar, que a pesar de las diferencias de aportes del dren, este no influye en el perímetro ya que en esta zona la profundidad oscila entre 0.0 a 3.5 m aproximadamente (APECO, 2002), lo que sí influiría sería en el volumen, parámetro que por cuestiones logísticas no se realizó.

Este ecosistema está sujeto a cambios durante la ocurrencia de pleamar y bajamar, en esta última se observa la presencia de formación de deltas internos (colmataciones), producto de la dinámica recurrente, cambios en las mareas, oleajes, periodos de lluvia (Fajardo, 2013; Flores, Céspedes y Martínez, 2013) y procesos de erosión, transporte y sedimentación (Castillo-Romano y Brena-Zepeda, s.f.) que hacen que los sedimentos se colmaten a lo largo del estuario.

En este contexto, el estuario muestra un patrón estacional, ya que sólo a fines de invierno y primavera 2015 se observó el mayor número y áreas de colmataciones a largo del estuario, sin embargo Sánchez-Carrillo, Álvarez-Cobelas, Angeler, y Vizcayno-Muñoz (2000) para el parque Nacional Las Tablas de Daimiel en España, señalan que existe mayor sedimentación en otoño e invierno debido a los aportes procedentes de la descomposición de los macrófitos emergentes. En este ecosistema existen pocos macrófitos, excepto en el sur (*Typha* sp. "Inea"), por lo tanto, la deforestación que sufre esta hierba puede magnificar la sedimentación en esta zona (Blanco- Libreros et al., 2013).

Por otra parte, las colmataciones mantuvieron formas semejantes, observándose la unión y/o separación de dos o más con el paso del tiempo, haciéndose muy notoria la dinámica del sedimento; además dependen del flujo de agua que proviene del dren Sechura y de la entrada de agua marina por la bocana (APECO, 2002; CNEH, MDV, GRP y EDHUCO, 2008), los cuales modifican la morfología del suelo (Castillo-Romano y Brena- Zepeda, s.f.), condicionando la distribución espacial de los sedimentos, así como de factores como la profundidad y del desarrollo de la vegetación (Sánchez-Carrillo et al., 2000). En este sentido, la presencia de colmataciones en la zona norte del estuario, en abril, estaría relacionada con el fuerte oleaje que se presentó en ese mes, cambiando drásticamente la morfología del lecho, ya que el rápido vaciamiento del estuario y la confluencia de corrientes en la bocana hizo que ésta erosionara y los sedimentos provenientes de la zona sur y centro se posicionen en la zona norte, situación similar ocurrió en julio, sin embargo en esta ocasión los sedimentos se colmataron en la zona sur del estuario, diferenciándose en que el vaciamiento fue lento, de manera que no arrastró los sedimentos de esta zona. Así se muestra la relación inversa entre profundidad y sedimentación (Sánchez-Carrillo, Álvarez-Cobelas, M. y Angeler, 2001).

De manera similar, Sánchez-Carrillo et al. (2000) y Sánchez-Carrillo et al. (2001) señalan que menores intensidades de los flujos de agua favorecen la formación de colmataciones, coincidiendo con nuestros resultados en agosto, setiembre y octubre; a diferencia de febrero y marzo, que por la presencia de lluvias en la parte alta de Piura (Yauri, com. per.) no se observaron colmataciones en la zona sur del estuario; de modo que no necesariamente los picos de sedimentación ocurren en meses de mayor precipitación y caudal (Blanco- Libreros et al., 2013).

Asimismo Huaylinos et al., (2002) y Silva et al., (2015) señalan que en época de carga, el caudal transporta una gran cantidad de sólidos en suspensión, determinando altas tasas de sedimentación en el manglar, sin embargo es posible que las filtraciones que llegaron al manglar por el dren Sechura en febrero y marzo, no trajeron o trajeron poco sedimentos hacia el estuario pues no influyeron en la formación de colmataciones o cambios en el estuario puesto que enero y los meses siguientes mantienen una forma similar, salvo cuando hubo fuertes oleajes (abril y julio).

El transporte de sedimentos es un proceso natural, sin embargo cuando es alterado por actividades antrópicas (agricultura, deforestación, modificación de la morfología del cauce del río, extracción de material pétreo del cauce del río, entre otros), rompe el equilibrio natural y trae como consecuencia el incremento de sedimentos (Castillo-Romano y Brena-Zepeda, s.f.). En este contexto, la apertura de la bocana (manera mecánica) en la parte noroeste del estuario, trae consigo cambios en la distribución de especies de plantas, como ocurre en los manglares de la sub cuenca del río Hiuxtla, México, en donde los manglares no han cambiado su área de cobertura, sin embargo sí ha variado su distribución, se ha incrementado en el cuerpo de agua que tiene salida al mar por medio del canal que fue abierto, ya que al modificar la hidrografía local los efectos de las mareas y la salinidad favorecen la expansión de *Rhizophora sp.* en áreas ocupadas originalmente por otras especies de hidrófitas (Castillo-Romano y Brena-Zepeda, s.f.).

A pesar de las condiciones áridas de la zona, hidrodinámicamente el principal condicionante de la físico química del agua del estuario son las corrientes que interactúan en esta zona de transición: las corrientes tropicales (Corriente El Niño)

y corrientes frías (Corriente de Humbolt o corriente peruana), provenientes del norte y del sur, respectivamente (IMARPE, 2007). Asimismo el agua de mar presenta de manera global características fundamentales uniformes, éstas características se presentan en sus propiedades físicas y químicas, siendo las más sobresalientes la temperatura y salinidad (IMARPE, 2007).

La variación de la temperatura superficial del estuario estuvo entre 19.9 °C y 31.9 °C, ambas, correspondientes a verano; a pesar de que en esta estación siempre se registran temperaturas altas, la mínima temperatura se explica a que este valor se registró a primeras horas de la mañana (08:00). Los resultados obtenidos tienen un amplio rango, comparados con los reportados para el mismo ecosistema, como Barrionuevo y Marcial (2006), quienes registraron de 21 °C (noviembre) a 26.2°C (marzo) en primavera y verano correspondientemente y Carreño (2010) quien obtuvo de 18 °C (julio-agosto) a 29 °C (marzo). Probablemente, esto se deba al tiempo del estudio (6 - 7 meses) y hora de muestreo, asimismo cabe recalcar que ambos autores registran máximas temperaturas en marzo, de igual manera APECO (2002) también registró temperaturas de 30 °C a 32.6 °C para ese mes; es decir existe un comportamiento variable, no necesariamente se presentan temperaturas de acorde con la estación, ya que influye la hora de registro, posición del sol, mareas y otros factores externos que afectan el cuerpo de agua.

En enero el manglar presentó una temperatura mínima promedio a causa de las Aguas Costeras Frías (ACF) que influyeron en ese mes (IMARPE, 2015a). Las altas temperaturas registradas en febrero y marzo coinciden con temperaturas propias de la estación y con la intromisión de ondas Kelvin a la costa peruana, influenciadas por Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y Aguas Tropicales Superficiales (ATS), respectivamente (IMARPE, 2015b, c, d), sin embargo a pesar de tener datos referenciales de la bocana, es necesario recalcar que éstas fueron tomados a mitad de marea, es decir cuando la marea recién estaba subiendo, esto fue debido a que corría peligro la integridad física de los autores. Según los boletines mensuales de IMARPE (2014) e IMARPE (2015e, f, g, h, i, j, k) podemos inferir que gran parte del año (diciembre 2014, mayo-noviembre 2015) el manglar estuvo influenciado por aguas de mezcla: Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y ACF, excepto en setiembre que estuvo influenciada por AES y ACF

(IMARPE, 2015i), es por ello que el estuario también presentó temperaturas entre 20.1 y 27.3 °C. Lo antes mencionado concuerda con lo expuesto por Carreño (2010) quien señala que el manglar recibe influencias de ASS (abril - setiembre) y ATS (marzo).

Situación similar ocurre en los manglares de Tumbes, los cuales están influenciados por la corriente peruana o de Humboldt y la corriente de El Niño, que junto al Anticiclón del Pacífico Sur, ocasionan periodos irregulares de lluvia (2700 a 3800 mm por año) y sequía (100 a 300 mm anuales) que influyen en la dinámica del ecosistema (SERNANP, 2016; Takahashi, 2002), asimismo está fuertemente influenciada por la zona de convergencia intertropical (ZCIT) y la interacción con anomalías tipo El Niño o La Niña (Pérez, 2014). En este sentido las condiciones del manglar de Vice las rigen las características oceanográficas y el agua de riego provenientes del dren Sechura en las épocas de siembra.

En cuanto a la salinidad, ésta presentó mucha variabilidad debido a la influencia de agua de mar y agua dulce, donde las estaciones E1, E2 y E3 estuvieron influenciadas por marea alta; la estación E4 ubicada en la bocana, influenciada por agua de mar propiamente dicha; la estación E5 y E6 influenciadas por marea alta y agua dulce y la estación E7 que recibe aportes del dren Sechura. En este contexto Carreño (2010) y Barrionuevo y Marcial (2006) señalan un patrón similar en sus 3 estaciones de muestreo con valores de 3 (abril y setiembre) a 36 ups (julio y agosto) y 2 (febrero) a 25.5 ups (noviembre), respectivamente.

Por otro lado, el hecho de que en la estación E7 siempre se presenten bajas concentraciones de salinidad es porque el subsistema fluvial (Dren Sechura) oscila entre valores de 3.12 a 4.19ups (Huaylinos et al., 2002), asimismo el mínimo valor registrado (2.84 ups) en esta misma estación (marzo 2015) coincide con el periodo de lluvias que se dieron en la parte alta de la cuenca del río Piura (Yauri, com. pers.), sin embargo los resultados difieren a lo mencionado por Wetzel (1981), quien señala que gran parte de la salinidad de la lluvia es depositada en las regiones de poca altitud, por lo que nos lleva a pensar que la cuenca del dren Sechura está formado por rocas ígneas que no influyen en el aumento de la salinidad en el cuerpo de agua.

En general se detectó una variación horizontal de la salinidad, gradiente típico de los estuarios, como consecuencia de la mezcla de agua de mar y el agua dulce (Silva y Acuña-González, 2006); cabe señalar que a pesar de que no se hizo la lectura de la salinidad de fondo, puede que las aguas de este estuario estén bien mezcladas, ya que cumple con los requisitos de tener una magnitud de onda de marea alrededor de los 3m, poca profundidad del estuario (2 a 3 m), la fisiografía y la posición de la bahía (somera) (Silva y Acuña-González, 2006; APECO, 2002), sin embargo es necesario la realización de otro estudio para corroborar esta hipótesis.

Se encontró una relación inversa de la temperatura con la salinidad, esto se debe a la variación latitudinal de estos componentes, ya que a pesar de que este ecosistema se encuentre cerca al ecuador y por consiguiente presenta altas temperaturas, las frecuentes lluvias hacen que la salinidad disminuya (Carbajal, 2004), sin embargo en el norte del Perú esto no ocurre debido a la presencia la corriente de Humboldt y por ser una zona de transición de corrientes frías y tropicales (IMARPE, 2007; CONAM, 2006).

Por otro lado, la salinidad en la entrada de agua de mar (estación E4), presentó valores de 20.77-35.20 ups, siendo menores comparados con los de la estación E1-E3 (21.60-36.94 ups) debido a la evaporación que se va dando a lo largo del día y en baja mar, quedan las sales sobre el sustrato, entonces al subir la marea, lava este sustrato, haciendo que la salinidad sea mayor que en la entrada de agua de mar. No obstante se vuelve a recalcar que las muestras tomadas en esta estación (E4) fueron en una marea intermedia, por lo tanto al comparar estos valores con los de la estación E3 (próxima a la estación E4) se tienen salinidades entre 21.60 y 35.15 ups, la salinidad de 21.60 se explica, porque esta fue tomada en marea baja, ya que los demás valores varían entre 34.3 y 35.1 ups siendo muy próximos a la salinidad del agua de mar. Es aquí donde se resalta tener un mismo patrón de muestreo (todo en marea alta).

Los altos valores de oxígeno disuelto obtenidos en mayo-1 (7.06 ml/L) indicaron una mayor actividad fotosintética a lo largo del estuario, lo cual está relacionado con un evento de marea roja (IMARPE, 2007) corroborándose por la coloración rojiza de las aguas en el estuario y coincidiendo con el fuerte oleaje que cambió

morfológicamente el manglar. APECO (2002), reportó valores similares (4.66 – 8.72 ml/L) para este estuario, indicando que éstos fueron menores cerca de la bocana (al noroeste del estuario, en ese entonces) y mayores en la zona cercana a la entrada de agua dulce (dren), guardando cierta relación con los resultados del presente estudio (E4) sin embargo, las estaciones E1, E2 y E3 a pesar de estar lejos de la entrada de agua dulce, presentó concentraciones altas, esto se debe al ingreso de ACF al estuario, el cual explica las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en la bocana (E4) y los vientos, corrientes y procesos propios del estuario explicarían el oxígeno disuelto alto en las primeras estaciones.

Huaylinos et al. (2002) para el subsistema manglar, reportó valores de oxígeno disuelto entre 5.0 a 13.2 ml/L, siendo mayores comparados con los obtenidos en este estudio, sin embargo coincide con que las altas concentraciones se dan en las estaciones de mezcla (E2) y las bajas concentraciones se dan en ambientes con agua dulce (E7).

Las altas concentraciones en febrero y marzo (5.24 y 5.56 ml/L respectivamente) coinciden con las lluvias que se dieron en ese periodo. Según lo reportado para el subsistema fluvial (6.55 – 10.5 ml/L) la concentración de oxígeno disuelto aumenta al aumentar el caudal (Huaylinos et al., 2002). De igual manera ocurre en los manglares de Tumbes, en donde el oxígeno disuelto presenta valores altos en el periodo húmedo (Pérez, 2014) época en donde el flujo y reflujo de las aguas del río Zarumilla se vuelve significativa (INRENA, 2011).

Por otro parte, las menores concentraciones de oxígeno disuelto en todo el año se registraron en la estación E7, discrepando con lo señalado por APECO (2002), que indica que a medida que se ingresa por el canal del manglar hacia la parte continental, aumenta la concentración de este parámetro; por el contrario en este estudio se observó un ligero descenso desde la estación E2 hacia la estación E1, esto se debe en la estación E7 existe poca circulación y la presencia de árboles de mangle influyen en la poca ventilación y recirculación de las aguas, situación similar ocurre en los manglares de Tumbes, en donde los registros de oxígeno disuelto fueron bajos en los esteros secundarios y en el canal Zarumilla, para ambos periodos: seco y húmedo, especialmente durante la temporada seca (Pérez, 2014).

Valores similares de este parámetro (2,94-8,3 mg/L) se reportan en el estuario del río Pas (Pérez y Canteras, 1990), sin embargo, para este caso, hubo más oxígeno en bajamar que en pleamar, muy diferente a nuestro caso, ya que todas las muestras fueron tomados en marea alta, excepto en la estación E4, que fue en una marea intermedia, encontrándose diferencias sólo con la estación E7, sin embargo ésta última no está influenciado por las mareas, por lo tanto son otros los factores que influenciarían la concentración de oxígeno disuelto, como poca ventilación y escasas corrientes.

Se sabe que la salinidad reduce hasta cierto punto la solubilidad del oxígeno en el agua, asimismo la solubilidad del oxígeno se ve afectada de manera no lineal por la temperatura (Wetzel, 1981), situación similar reportó Pérez y Canteras (1990), para el estuario del río Pas. Sin embargo en este ecosistema se encontró una relación negativa entre los dos primeros parámetros y una relación positiva entre los dos últimos, esto se debe quizás a la agrupación de datos, ya que mensual y periódicamente se obtiene lo antes mencionado, sin embargo al hacer una agrupación por estaciones de muestreo nos muestra correlaciones diferentes.

La concentración de clorofila "a" registrados en este estudio, difieren a las reportadas por IMARPE (2007) para la bahía de Sechura de 0.36 a 14.64 ug/L. Asimismo se sabe que hay mayor clorofila "a" frente a la costa peruana en verano e inicio de otoño (Echevin, Aumont, Ledesma y Flores, 2008), hecho que se verifica en este estuario, al estar influenciada por ASS, ACF, AES y AET. En relación a estuarios de otras latitudes, este ecosistema presenta similares disposiciones de clorofila "a" con el estuario del río Pas en España (Pérez y Canteras, 1990). Las altas concentraciones presentadas en la estación E1 (noviembre 2014) y E2 (marzo), se debe a procesos de formación de colmataciones en sus alrededores, que en marea baja no se muestran, haciendo que estas áreas queden más profundos (1.5 m aprox.) y con menor movilidad de sus aguas, realizándose un mayor proceso de fotosíntesis en la superficie. La baja concentración de este parámetro en la estación E7 se explica por el ancho del estuario, la baja profundidad (1.5 m) y por el gran número de manglares que se encuentran actuando como biorremediadores haciendo que las aguas sean claras y de bajos nutrientes (Zaldívar-Jiménez et al., 2012), por lo tanto no permiten la proliferación de fitoplancton.

La concentración de fosfatos fueron similares a los reportados por Carreño (2010) de 0.05 (julio) – 4.1 mg/L (setiembre), pero muy bajo a lo obtenido por APECO (2002) de 4.59 a 5.71  $\mu\text{M/L}$ ; asimismo IMARPE (2007) para la bahía de Sechura reportó valores de 1.5 a 3.0  $\mu\text{M/L}$  entre la bocana San Pedro y Punta Gobernador; generándose cierta diferencia debido aportes terrígenos del manglar (Carreño, 2010), residuos de detergentes y fertilizantes (Méndez y Jiménez, 2014), pues cabe resaltar que debido al uso creciente de fósforo para abonos agrícolas con fines industriales o en detergentes o productos de uso doméstico (Wetzel, 1981) trae como consecuencia el aumento de la concentración de fosfatos, que para este ecosistema, se dio en febrero (3.34  $\mu\text{M/L}$ ), época donde se reportaron lluvias en la parte alta de la cuenta (Yauri, com. per.).

La concentración de silicatos estuvo dentro del rango de valores reportados por APECO (2002) entre 169.02 y 260.94  $\mu\text{M/L}$  para este ecosistema y coincidió en que los mayores valores se presentaron en zonas de agua dulce, como ocurrió en este estudio, donde la mayor concentración de este parámetro se registró en la estación E7 y disminuyó hacia el norte del estuario (zona salada). En comparación con reportes de IMARPE (2007) para la bahía de Sechura (10.0  $\mu\text{M/L}$ ) y el estuario del río Pas (2 – 115  $\mu\text{M/L}$ ) (Pérez y Canteras, 1990), los valores de silicatos obtenidos son muy altos, esto debido a que las aguas tropicales (aguas dulces), normalmente son pobres en electrolitos, formando gran parte de sílice en su composición total, es por ello que generalmente aparece con moderada o mayor abundancia en aguas continentales (Wetzel, 1981; Spetter, Freije y Marcovecchio, 2013); además se debe mencionar a los componentes del dren Sechura que llegan a los manglares, así como la muerte de organismos y descomposición de la materia orgánica, que en su composición poseen sílice (APECO, 2002)

Asimismo los silicatos muestran una regeneración mínima en las capas superficiales, siendo el primer nutriente que se agota, pudiendo ser limitante para el fitoplancton (Dugdale, Wilkerson y Minas, 1995; Nelson, Goering y Boisseau, 1981 como se citó en Graco, Ledesma, Flores y Girón, 2007), esto explicaría porque entre las estaciones E1 y E7 existieron bajas concentraciones de silicatos, pues fueron en estas mismas estaciones donde en primavera 2014 y verano se presentaron valores elevados de clorofila “a”.

Los nitritos son producidos y/o excretados por el fitoplancton, bacterias y/o utilizadas por diferentes microorganismos a diferentes profundidades (Graco et al, 2007), los nitritos registrados en este estudio (0.01 – 1.11  $\mu\text{M/L}$ ) fueron bajos en comparación con la bahía de Sechura (0.06 – 2.09  $\mu\text{M/L}$ ) (IMARPE, 2007), esto se debe a que la bahía de Sechura es un foco de afloramiento, por lo tanto hay mayor presencia de fitoplancton que en este estuario. Así mismo existió una relación negativa de este parámetro con el oxígeno disuelto, coincidiendo con lo mencionado por Graco et al. (2007).

En cuanto a la concentración de nitratos reportados en este estudio, fueron valores altos en comparación a los obtenidos por Carreño (2010) para este mismo ecosistema de 0.02 (julio) a 1.77  $\text{mg/L}$  (abril), asimismo en los reportes para la bahía de Sechura (IMARPE, 2007) oscilan entre 0.47 a 5.0  $\mu\text{M/L}$ , considerados intermedios en comparación con este estudio.

A pesar de que en el subsistema fluvial las concentraciones de nitratos varían entre 2.5 y 5  $\text{mg/L}$  (Huaylinos et al., 2002), las concentraciones de nitratos en la estación E7 siempre fueron bajas (0.06 – 2.81  $\mu\text{M/L}$ ), debido a que la estación es estrecha (3 m) y está rodeada de frondosos árboles de mangle, los cuales actúan como biofiltro natural (Foroughbakhch, Céspedes, Alvarado, Núñez, y Badii, 2004), por lo tanto tienen la capacidad de reducir la carga de nutrientes y materia suspendida de los efluentes (Zaldívar-Jiménez et al., 2012).

Por otro lado, valores de nitratos obtenidos en época de estiaje (mayo #2 y julio) y carga (febrero y marzo), fueron muy bajos a los reportados por Huaylinos et al. (2002) de 0.05  $\text{mg/L}$  y  $>0.25 \text{ mg/L}$ , respectivamente. Las elevadas y bajas concentraciones de nitratos en invierno y verano respectivamente, coinciden con lo expuesto por Pérez y Canteras (1990), sin embargo difieren con que, en época de lluvia estas aumentan, por el contrario, este estuario presentó mínimas concentraciones en esta época.

Los valores de materia orgánica en este estudio fueron bajos (0.45 - 11.20 %) comparados a los indicados por Soto y Jiménez (1982) para los manglares de Puerto Soley, Puerto Rico (2.24 a 20.80 %). La apertura mecánica de la bocana al noroeste del estuario (enero) originó que la materia orgánica se acumulara en la estación E2, del mismo modo, las lluvias en febrero y marzo ocasionaron que

haya mayor concentración en la estación E6. Por otro lado, a pesar de que las hojas, semillas, propágulos y raíces desprendidas representan un gran porcentaje de los principales componentes de la materia orgánica sedimentaria (INRENA, 2011; Soto y Jiménez, 1982) no se observó que en la estación E7 haya grandes cantidades de materia orgánica, por el contrario en casi todo el año se presentaron concentraciones por debajo de 2 %, excepto en diciembre 2014 y enero, meses que concordaron con la llegada de aves al ecosistema, especialmente en esta estación E7, coincidiendo con lo mencionado por (Hemández-Alcántara y Solís-Weiss, 1995) que el contenido de materia orgánica está relacionado directamente con los nutrientes provenientes del río, en este caso por los nutrientes aportados con el huano de las aves.

En las estaciones E3 y E4, las cuales están conformadas por arena, las concentraciones de MO fueron menores, hecho similar ocurre en los Manglares de Tumbes, pues el contenido de arenas exhibe una correlación negativa con la materia orgánica (Pérez, 2014), también esto ocurre en otros ecosistemas de manglar (Raz-Guzmán, De la Lanza y Soto, 1992; Bravo, Piedra y Piedra, 2012). Por otro lado Sánchez-Carrillo et al. (2000) señalan que las condiciones energéticas determinan la deposición de sedimentos, siendo más arenoso en las zonas más someras o estancas donde existe una menor capacidad de transporte por la corriente, sin embargo, esto no ocurre en este ecosistema, debido a que a que las estaciones que están conformadas por manglar están cerca a la playa, por tanto acarrea el mismo sedimento de la zona.

La alternancia de temporadas dentro del estuario es esencial ya que durante la época seca, el estuario sufre menos perturbación física y mayor acumulación de material autóctono y la época húmeda trae consigo una detoxificación natural de las condiciones altamente reductoras del sistema (Pérez, 2014); en este sentido la materia orgánica en los manglares de Tumbes es mayor durante la temporada seca (Pérez, 2014), por el contrario en los manglares del Golfo de México, el mayor aporte de MO se da en época de lluvias, donde la defoliación de hojas es más rápido y el río trae mayor aporte de nutrientes (Hemández-Alcántara y Solís-Weiss, 1995). Estos hechos no ocurren en el ecosistema de Vice, ya que no se encontraron diferencias significativas estacionalmente, pero sí entre las estaciones muestreadas, donde las altas concentraciones coinciden con

sedimentos finos de la estación E1 y E5, asociada a sedimentos areno limosos, limo arenosos y arcillo limosos (Morón, Velazco y Beltrán, 2013; Raz-Guzmán et al., 1992)

Los nitratos y sedimentos producen un incremento en la producción del ecosistema sobre todo en la época de lluvias cuando el agua llega a niveles más altos (CNEH, MDV, GRP y EDHUCO, 2008).

La mayor concentración de clorofila "a" se presentó en verano-otoño, existiendo una relación negativa con los nutrientes (Echevin et al., 2008; Pérez y Canteras, 1990) en esta época, ya que en las demás estaciones a pesar de la existencia de buenas concentraciones de nitratos, existió una baja concentración de clorofila "a", debido posiblemente a condiciones pobres de hierro bio-disponibles, lo cual podría limitar la productividad (Bruland, Rue, Smith y Ditullio, 2005); en este sentido los mayores valores de nitratos y nitritos ocurrieron en invierno, mientras que en verano los valores fueron próximos a cero (Calienes, Guillén y Lostaunau, 1985).

El nitrato es un factor limitante durante un evento El Niño (Guillén e Izaguirre, 1973 como se citó en Graco et al, 2007), así por ejemplo en marzo, con el arribo de una onda Kelvin a nuestras costas, ésta afectó la concentración del mismo, evidenciándose en las estaciones E3 y E4 bajos valores de nitratos (0.56 – 0.28  $\mu\text{M/L}$  respectivamente), asimismo cabe señalar que estuvo influenciada por AES y ATS, las mismas que presentan bajas concentraciones de nutrientes (Calienes y Guillén, 1981). Por otro lado en la ausencia de nitritos (verano), hubo predominio de fosfatos, observado también en otros ecosistemas de manglar (Silva y Acuña-Gonzalez, 2006)

Los máximos valores de oxígeno disuelto se registraron en verano-otoño, acorde a lo indicado por Zuta y Guillén (1970), este incremento se debe a la fotosíntesis que ocurre en el estuario. Mientras que los nitratos y silicatos suelen agotarse durante los florecimientos fitoplanctónicos (verano, para este ecosistema), el fósforo está presente siempre en exceso (Graco et al., 2007), toda vez que los suelos de los humedales de manglar son considerados el mayor reservorio de fósforo (Alongi, 1996).

Los menores valores de oxígeno disuelto y clorofila "a" se dieron en la misma estación (E7) debido a que eran aguas cristalinas, con una profundidad de aproximadamente 1 m, pudiéndose ver el fondo del estuario.

En ciertas temporadas, en las estaciones E3 y E4 se registraron altas concentraciones de nutrientes, debido probablemente a que ambos contienen arena como sedimento, por lo tanto no les permite retener ningún tipo de nutrientes, liberándolos a la columna de agua (Bravo et al., 2012).

La producción del ecosistema depende en gran parte de la vegetación y la dinámica de la vegetación denota la dinámica del ecosistema, si cambia una cambiará la otra (Gómez, 2013), en este sentido la productividad ha sido representada en varios estudios como tasa de producción de hojarasca (partes vegetales que se desprenden de los árboles o arbustos) (Ochoa, 2014).

La producción generada estacionalmente por los manglares de San Pedro de Vice, no presentó diferencias significativas, al mismo tiempo ésta no estuvo influenciada por la producción de hojarasca (hojas y no hojas) ya que tampoco se encontraron diferencias entre ellas, vale decir, existe homogeneidad en la producción de la misma; sin embargo, al hacerse las comparaciones mensuales, la hojarasca propiamente dicha influye de manera significativa en la producción mensual, diferencia que puede responder a la agrupación de datos y vacíos que se tuvieron en algunos meses.

La mayor producción se registró en verano (enero-febrero), coincidiendo con la ocurrencia de lluvias en febrero y marzo; asumiendo que existe una relación directa de la producción con la precipitación, este resultado coincide con lo reportado por Barreiro- Güemes (1999) y Querales, Barboza, Briceño y Medín (2011). A su vez Zaldívar-Jiménez, Herrera, Coronado y Alonzo (2004) señala que este no es el único factor sino que también está fuertemente relacionado con la salinidad y el suelo e incluso con efectos mecánicos del viento (Querales et al. 2011). Sin embargo otros autores como Rodríguez et al. (2012), Martínez-Ballesteros, Plaza-Rodríguez y Guevara (2014) y Palacios y Vargas (1991) señalan que no existe una relación directa de la producción con las precipitaciones, ya que debido a diferencias fisiológicas y diferentes adaptaciones de las especies de mangle, son varios los factores que influyen en la producción

de hojarasca, como *A. germinans* que no está influenciada por ningún factor, *L. racemosa* la cual está influenciada por la temperatura del ambiente y la insolación y *R. mangle* que tiene una relación directa con la insolación, en la comunidad de manglares de Balandra (Ochoa, 2014). Por otro lado Félix-Pico, Holguín-Quiñones, Hernández-Herrera y Flores-Verdugo (2006) señala que las variaciones climáticas pueden interferir en la producción de semillas de *A. germinans*.

Es necesario indicar, que para la ubicación de las canastas no se tuvo en cuenta la abundancia de una especie de mangle respecto al otro, además sólo se tuvieron datos de una canasta debido a que la otra canasta fue hurtada, es por eso que se presentan los datos en conjunto no sabiendo cuál es la influencia de uno sobre el otro. También se sabe que la producción y la biomasa de los manglares disminuye conforme aumenta la latitud (Morrisey, Beard, Morrison, Craggs y Lowe, 2007); ante esto, estudios como el de García-Hansen, Gaviria-Chiquazuque, Prada-Triana y Álvarez-León (2002) en los manglares de la Isla de San Andrés, Caribe colombiano, señalan que no existe una variación estacional en la producción de hojarasca de *A. germinans*, debido a que la salinidad se mantiene baja durante la mayor parte del año, sin embargo *L. racemosa* sí muestra tal variación; situación similar ocurre en la comunidad de manglar de Balandra, México (Ochoa, 2014).

Lema-Vélez y Polanía (2005) han señalado que las hojas representan el mayor aporte a la producción; para el caso de *A. germinans*, este comportamiento coincide con los estudios reportados por Martínez-Ballesteros et al. (2014) y Rodríguez-Ramírez, Nivia-Ruíz y Garzón-Ferreira (2004), asimismo *R. mangle* también muestra este comportamiento (Zaldívar et al., 2004; Querales et al., 2011 y Rodríguez et al., 2012). Por otro lado, ecosistemas como el estero El Salado, que a pesar de estar conformado por 3 tipos de mangle (*R. mangle*, *A. germinans*, *L. racemosa*), es *R. mangle* el que mayor aporta a la producción con porcentajes de 39 a 41% de hojas (Estrada-Durán, Cupul-Magaña y Cupul-Magaña, 2001), este mismo patrón se repite en la comunidad de manglar de Balandra (Ochoa, 2014), sin embargo en los manglares del estero El Conchallito, México, es *A. germinans* quien más aporta a la producción con 84% de hojas (Félix-Pico, 2006).

Los bosques de manglar jóvenes contribuyen con el 60-80% de hojas del total de la producción de hojarasca (Aké-Castillo, Vázquez y López-Portillo, 2006), en el caso de Vice se estaría hablando de un ecosistema joven, ya que aporta con 74.58 % de hojas, coincidiendo con otros ecosistemas (Ochoa, 2014; Rodríguez et al., 2012; Zaldívar et al., 2004; Estrada-Durán, Cupul-Magaña y Cupul-Magaña, 2001; Lema-Vélez y Polanía, 2005)

Las condiciones de crecimiento de los árboles han sido consideradas como uno de los mayores factores en la producción de hojarasca, donde los árboles mayores a 10 m producen hojarasca arriba de 8 t/ha/año y manglares enanos producen 3t/ha/año (Woodroffe, 1988).

Así se tiene que la producción de hojarasca resultó ser relativamente baja (770.52 g/m<sup>2</sup>/año), sin embargo en comparación con la reportada en la bahía de Chengue, Caribe colombiano para *A. germinans* (517.1 g/m<sup>2</sup>/año) (Rodríguez-Ramírez et al., 2004) es alta, asimismo comparada con bosques de *R. mangle*, la producción es menor (13.07 t/ha/año) (Querales et al., 2011), (1 262.9 g/m<sup>2</sup>/año) (Rodríguez et al., 2012). Por otro lado en bosques mixtos, es alta comparada con el bosque de manglar del estero El Salado (256 g/m<sup>2</sup>/año) (Estrada-Durán, Cupul-Magaña y Cupul-Magaña, 2001), casi similar con la producida por el manglar de Balandra (698.5 g/m<sup>2</sup>/año) (Ochoa, 2014); baja al reportado para Cabo Manglares Costa del Pacífico Colombiano (1084 g/m<sup>2</sup>/año) (Palacios y Vargas, 1991) y los manglares del delta de río Ranchería, Caribe colombiano (20.2 Mg/ha/año), considerando a las condiciones extremas a las que está expuesta (Lema-Vélez y Polanía, 2005).

Respecto a la proporción de especies de mangle en este ecosistema, *A. germinans* predominó con un 59 %, sin embargo el análisis de varianza aplicado señala que no existen diferencias significativas en la proporción de especies, resultados similares, de mayor predominancia de esta especie, fueron reportados por Charcape y Moutarde (2005) con 75 %, la diferencia de porcentajes podría explicarse por la tala y quema de esta especie, como refiere el mismo autor y Espinoza (2011), sin embargo se tendría que tomar en cuenta los cuadrantes empleados en este estudio, ya que podrían haber coincidido con un parche de vegetación uniforme (Charcape, 2007), como ocurrió en el cuadrante 11, donde sólo se encontró *A. germinans*.

Por otro lado Charcape (2007) sugiere que *A. germinans*, presenta una dominancia de 50,58 %, resultamos muy similares a lo obtenido en este estudio, mostrando claramente la importancia y representatividad de esta especie en el ecosistema manglares de San Pedro de Vice. Del mismo modo se podría señalar el éxito que iría tomando *L. racemosa*, pues estaría ocupando hábitats que antes habían sido de *A. germinans*, considerándola como una especie oportunista - colonizadora, además de la capacidad que tienen ambas especies para adaptarse a las diferentes condiciones (salinidad, sustrato) que ofrece este ecosistema, presentándose una disposición espacial aglomerada o amontonada (Charcape, 2007).

Como ya se mencionó anteriormente, los manglares tienen una mayor distribución en la zona sur, sin embargo los datos obtenidos a partir de los cuadrantes indican que la mayor densidad está en la zona norte del ecosistema, esto se debe a que en el norte los manglares son pequeños, por lo tanto su copo no está desarrollado, como sí ocurre en el sur, los cuales son menores en número, pero más desarrollados, robustos y con mayor amplitud de copo.

## V. CONCLUSIONES

Los manglares de San Pedro de Vice, compuesto por *A. germinans* y *L. racemosa*, es un ecosistema complejo y moderadamente productivo, con variaciones estacionales en su geomorfología.

En la actualidad, están siendo impactados negativamente de manera moderada por la acción antropogénica (tala y quema) y condiciones extremas (marejadas y oleajes anómalos), reflejándose en la disminución de su área.

Las colmataciones que se forman responden a la hidrodinámica del estuario, la cual está influenciada por el régimen de mareas, el aporte fluvial que pueda existir y sedimentación, afectando directamente a los hábitats y biodiversidad.

Estadísticamente existe una estacionalidad de los parámetros temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes, excepto clorofila "a" y materia orgánica del sedimento.

La producción primaria estacional medida a través de la hojarasca no muestra una mayor influencia en determinadas épocas del año

*A. germinans* presentó la mayor densidad (59 %), mientras que el número de individuos de la vegetación mostró un gradiente de distribución de norte a sur, sin embargo no evidenciaron diferencias significativas entre zonas.

## VI. RECOMENDACIONES

Evaluar tasas de sedimentación y la relación que tiene con la época de lluvias en la zona sur de los Manglares de San Pedro de vice.

Incrementar los lugares de muestreo de la producción primaria (hojarasca) de los manglares de San Pedro de Vice.

Establecer más cuadrantes de muestreo de la densidad de las especies de mangle y otras fanerógamas, a fin de mejorar el inventario de diversidad específica.

Estudios de la dinámica del caudal y de las mareas en la bocana del manglar a fin de encontrar correlaciones con el grado de colmatación.

Implementar un plan de monitoreo sistemático y manejo con enfoque ecosistémico de los manglares de San Pedro de Vice.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Velásquez, J. y Ruiz-Luna, A. (2007). Variación en la cobertura, distribución y estructura de los manglares del complejo lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas (1990-2005). En R. Funes, J. Gómez, R. Palomares (Ed), Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena (pp. 127-141). México D. F. Editorial Instituto politécnico nacional.
- AGUA (2013). Prontuario ambiental de desarrollo costero Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental. Recuperado en: [http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com\\_content&view=article&id=24289:manglares&catid=1337:manglares&Itemid=99](http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=article&id=24289:manglares&catid=1337:manglares&Itemid=99)
- Aké-Castillo, J., Vázquez, G., y López-Portillo, J. (2006). Litterfall and decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. *Hydrobiologia*, 559, 101-111.
- Alongi, D. (1996). The dynamic of benthic nutrient pool and fluxes in tropical mangrove forests. *Journal of Marine Research*, 54, 123-148.
- Alvarado-Ancieta, C., y Berns, E. (2008). Agradación y degradación del río Piura – realineamiento del cauce principal inferior, fenómeno El Niño, Perú. *Revista interdisciplinaria de ciencia y tecnología del agua*, 23(3), 5-28.
- Angulo, F. (2014). Los manglares del Perú. *Xilema*, 27, 5-9.
- APECO. (2002). Conservación del sistema de humedales marino costeros de Sechura provincia de Sechura, Piura – Perú.
- Arguedas, M. (2015). Valoración económica de servicios ecosistémicos brindados por el manglar del Golfo de Nicoya, Costa Rica (tesis de maestría). Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Astrálaga, M. (2006). La convención Ramsar y los ecosistemas de manglar. Secretaría de la Convención Ramsar. Gland, Suiza.
- Barreiro-Güemes, T. (1999). Aporte de hojarasca y renovación foliar del manglar en un sistema estuarino del Sureste de México. *Rev. Biol. Trop.*, 47(4), 729-737.

- Barrionuevo, R., y Marcial, R. (2006). Ecología trófica de la fauna acuática en el manglar de San Pedro – Sechura. *Universalía*, 11(2), 44-56.
- Banco Central de Reserva del Perú - BCRP. (2016). Caracterización del departamento de Piura.
- Betancourt-Portera, J., Parra, J., y Villamil, C. (2013). Emisión de metano y óxido nítrico de los sedimentos de manglar de la ciénaga grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Biol. Invest. Mar. Cost.*, 42(2), 131-152.
- Blanco-Libreros, J., Taborda-Marín, A., Amortegui-Torres, V., Arroyave-Rincón, A., Sandoval, A., Estrada, E., Leal-Flórez, J., Vásquez-Arango, J., y Vivas, A. (2013). Deforestación y sedimentación en los manglares del Golfo de Urubá. *Revista Gestión y Ambiente*, 16(2), 19-36
- Borsdorf, A., Dávila, C., Hoffert, H., y Tinoco, C. (2012). Manglares – un ecosistema sensible. Institut für Geographie der Universität Innsbruck. Recuperado de <http://www.lateinamerikastudien.at/content/natur/naturesp/natur-1275.html>
- Bravo, F., Piedra, G., y Piedra L. (2012). Evaluación físico - química de los sedimentos en el estero Tamarindo y sus tributarios, Guanacaste, Costa Rica. *Uniciencia*, 26, 41-50.
- Brown, M. (1984). Mangrove litter production and dynamics. En: S.C. Snedaker y J.G. Snedaker, (Ed.), *The mangrove ecosystem: Research methods*. (pp. 231-237). Bungay, Reino Unido: Editorial UNESCO.
- Bruland, K., Rue, E., Smith, G., y Ditullio, G. (2005). Iron, macronutrients and diatom blooms in the Perú upwelling regime: brown and blue waters of Peru. *Marine Chemistry*, 93, 81-103.
- Calderón, C., Aburto, O., y Ezcurra, E. (2009). El valor de los Manglares. *CONABIO. Biodiversitas*, 82, 1-6.
- Calienes, R., y Guillén, O. (1981). Masas de agua y producción primaria en el Perú. *Bol. Inst. Mar Perú, Vol. Extraordinario ICANE*, 155-163.

- Calienes, R., Guillén, O., y Lostaunau, N. (1985). Variabilidad espacio-temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú, 10, 6-12.
- Carbajal, W. (2004). La oceanografía y los recursos pesqueros del mar peruano. Lambayeque, Perú.
- Carreño, E. (2010). Diatomeas y dinoflagelados en santuario regional manglares de san pedro marzo-setiembre 2010. (Tesis de Pre grado). Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.
- Castillo-Romano, C., y Brena-Zepeda, J. (s.f.). Acumulación de sedimentos en la zona de humedales y manglares en la sub cuenca del río Huixtla, Chiapas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales - CNEH. (2008). Manglares de San Pedro de Vice. Perú: Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales. Recuperado de [http://www.centroneotropical.org/manglares\\_san\\_pedro\\_vice/index.html](http://www.centroneotropical.org/manglares_san_pedro_vice/index.html)
- Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales - CNEH, Municipalidad Distrital de Vice -MDV, Gobierno Regional Piura - GRP, Ecología Desarrollo Humano y Conservación en el Perú - EDHUCO. (2008). Ficha informativa de los humedales de Ramsar.
- Charcape, M., y Moutarde, F. (2005). Diversidad Florística Y Conservación Del Santuario Regional De Piura Manglares San Pedro de Vice-Sechura. Revista Perú Biol, 12 (2), 327 – 334.
- Charcape, R. (2007). Evaluación y valoración económica ambiental del manglar “San Pedro” de Vice, Sechura – Piura – Perú (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Clüsener, M., y Breckle, S. (1987). Reasons for the limitation of mangrove along the west coast of northern Peru. Vegetatio, 68, 173-177.
- Coll, M., Fonseca, C., y Cortés, J. (2001). El manglar y otras asociaciones vegetales de la laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 49, 321-329.

- Consejo Nacional del Ambiente - CONAM. (2006). Indicadores Ambientales Piura. Corporación autónoma regional para el Desarrollo sostenible de Choco - CODECHOCO e Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAP. (2009). Diagnóstico y zonificación del ecosistema de manglar del Pacífico Chocoano. Recuperado en <http://siatpc.iiap.org.co/docs/avances/dcmanglar.pdf>.
- Cortés-Castillo, D. (2011). Los bosques de mangle en un gradiente de salinidad en la bahía de Cispatá – Boca Tinajones, departamento de Córdoba-Colombia. *Caldasia*, 33(1), 155-176.
- Cruz, M. (2010). Topografía y factores ambientales relacionados a las comunidades vegetales en un humedal (Tesis de Pre grado). Universidad Veracruzana. Veracruz, México.
- Dirección de Hidrografía y Navegación - HIDRONAV. (2014). Mareas. Perú: Dirección de Hidrografía y Navegación Marina de Guerra del Perú. Recuperado de <https://www.dhn.mil.pe/mareas>
- Dirección de Hidrografía y Navegación - HIDRONAV. (2015). Mareas. Perú: Dirección de Hidrografía y Navegación Marina de Guerra del Perú. Recuperado de <https://www.dhn.mil.pe/mareas>
- Dugdale, R., Wilkerson, F., y Minas, H. (1995). The role of a silicate pump in driving new production. *Deep-Sea-Research I*, 42(5), 697-719.
- Echevin, V., Aumont, O., Ledesma J., y Flores, G. (2008). The seasonal cycle of surface chlorophyll in the Peruvian upwelling system: A modelling study. *Progress in Oceanography*, 79, 167-176.
- Espinoza, O. (2011). Plantas medicinales del Santuario Regional “Manglares de San Pedro de Vice”, Sechura – Piura. 2011 (Tesis de Pre grado). Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.
- Estrada-Durán, G., Cupul-Magaña, F., y Cupul-Magaña, A. (2001). Aspectos de la estructura y producción de hojarasca del bosque de manglar del Estero El Salado, Puerta Vallarta, Jalisco. *Ciencia y Mar. Artículos y ensayos*, 3-12.

- Fajardo, J. C. (2013). Influencia de la salinidad en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes. En D. Flores, L. Céspedes y A. Martínez (Ed). Identificación de Servicios Ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes Informa Técnico Especial. (pp 55 – 58). Editorial IGP.
- FAO. (2007). Mangroves of South America 1980-2005: Country reports. Forest Resources Assesment Programme. Rome, Italy.
- FAO. (2010a). Comunicado de prensa: los manglares se encuentran entre los ecosistemas más valiosos del mundo. El “Atlas Mundial de los Manglares” destaca la importancia de estos bosques y las amenazas que se ciernen sobre su supervivencia.
- FAO. (2010b). World Atlas of mangroves. Recuperado en <https://www.routledge.com/World-Atlas-of-Mangroves/Spalding-Kainuma-Collins/p/book/9781844076574>
- Félix-Pico, E., Holguín-Quiñones, O., Hernández-Herrera, A., Flores-Verdugo, F. (2006). Producción primaria de los mangles del Estero El Conchalito en Bahía de La Paz (Baja California Sur, México). Ciencias Marinas, 32(1A), 53-63.
- Flores, D., Céspedes, L., y Martínez, A. (2013). Identificación de Servicios Ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes Informa Técnico Especial. Lima, Perú: Editorial IGP
- Foroughbakhck, R., Céspedes, A., Alvarado, M., Núñez, A., y Badii, M. (2004). Aspectos ecológicos de los manglares y su potencial como fitorremediadores en el golfo de México. Ciencia UANL, 7(2), 203-208.
- García-Hansen, I., Gaviria-Chiquazuque, J., Prada-Triana, M., y Álvarez-León, R. (2002). Producción de hojarasca de los manglares de la Isla de San Andrés, Caribe colombiano. Rev. Biol. Trop., 50(1), 273-291.
- Gómez, L. (2013). Características estructurales de los bosques de manglar del noroeste de México.

- Graco, M., Ledesma, J., Flores, G., y Girón, M. (2007). Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú. *Rev. Peru. Biol.*, 14(2), 117-128.
- Guillén, O., e Izaguirre, R. (1973). Nutrients in the Peru coastal current. En R. Fraser [Ed.], *Oceanography of the South Pacific* (pp. 397-418). Wellington, New Zeland: Editorial UNESCO.
- Hemández-Alcántara, P., y Solís-Weiss, V. (1995). Algunas comunidades macrobénticas asociadas al manglar (*Rhizophora mangle*) en laguna de Términos, Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.*, 43 (1-3), 117-129.
- Hogarth, P. J. (2004). *The Biology of Mangroves*. New York, USA. Editorial Oxford University Press
- Huaylinos, W., Quispitúpac, E., y Martínez, N. (2002). Variabilidad fisicoquímica y fisiográfica del ecosistema de manglar San Pedro-Vice (Piura-Perú). *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias*, 6 (11), 7-19.
- Instituto del Mar del Perú - IMARPE. (2007). Estudio de línea base del ámbito marino de la bahía de Sechura 14-28 enero 2007. Recuperado de <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/lbase-sechura.pdf>
- IMARPE. (2009). Informe final: Estudio de línea base en el ámbito marino de Bahía de Samanco 13-24 diciembre 2008. Recuperado de <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/informeLB-Samanco.pdf>
- IMARPE. (2010a). Informe nacional sobre el estado del ambiente marino del Perú. Informe de consultoría convenio IMARPE – CPPS. Recuperado de [http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2010/oct/XVII\\_AG\\_GC/18.Contaminacion.marina.Informe.final.Peru.pdf](http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2010/oct/XVII_AG_GC/18.Contaminacion.marina.Informe.final.Peru.pdf)
- IMARPE. (2010b). Bases técnicas para el ordenamiento pesquero y acuícola de la Bahía de Paracas línea base – 2010. Recuperado de

<http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/estudios-bahia-paracas.pdf>

IMARPE. (2010c). Delimitación y caracterización de bancos naturales de invertebrados bentónicos comerciales y áreas de pesca artesanal en el litoral de la región Piura (bocana Colán – Máncora). Recuperado de <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/Inf-BBNN-Piura-Bocana-Colan-Mancora.pdf>

IMARPE. (2014). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Diciembre 2014. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_diciemb2014.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_diciemb2014.pdf)

IMARPE. (2015a). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Enero 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_enero2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_enero2015.pdf)

IMARPE. (2015b). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Febrero 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_febre2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_febre2015.pdf)

IMARPE. (2015c). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Marzo 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_marzo2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_marzo2015.pdf)

IMARPE. (2015d). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Abril 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_abril2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_abril2015.pdf)

IMARPE. (2015e). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Mayo 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_mayo2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_mayo2015.pdf)

- IMARPE. (2015f). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Junio 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_junio2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_junio2015.pdf)
- IMARPE. (2015g). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Julio 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_julio2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_julio2015.pdf)
- IMARPE. (2015h). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Agosto 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_agos2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_agos2015.pdf)
- IMARPE. (2015i). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Setiembre 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_setie2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_setie2015.pdf)
- IMARPE. (2015j). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Octubre 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_octu2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_octu2015.pdf)
- IMARPE. (2015k). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras Noviembre 2015. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_gti\\_infor\\_novie2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_gti_infor_novie2015.pdf)
- Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA. (2003). Mapa de bosques secos del departamento de Piura. Proyecto algarrobo.
- INRENA. (2011). Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007 - 2011. Lima, Perú.
- Jiménez, A. (2014). Aislamiento y caracterización molecular de microorganismos del orden de Thraustochytriales provenientes de los manglares de Tumbes

- (Tesis de pregrado). Universidad nacional mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Ledesma, J., y León, V. (2013a). Protocolo de muestreo para la determinación de parámetros químicos en agua de mar. IMARPE. Cod. IMP-AFIOQG/Pt-LAB 08.01/M.
- Ledesma, J., y León, V. (2013b). Protocolo de análisis de oxígeno disuelto en agua de mar. IMARPE. Cod. IMP-AFIOQG/Pt-LAB 01.01/O.
- Ledesma, J., y León, V. (2013c). Protocolo de análisis de clorofila "a" –a en agua de mar. IMARPE. Cod. IMP-AFIOQG/Pt-LAB 01.01/Chla.
- Lema-Vélez, L., y Polanía, J. (2005). Regeneración natural y producción del manglar del delta del río Ranchería, Caribe colombiano. *Actual Biol.*, 27 (82), 25-33.
- León, V., y Ledesma, J. (2013a). Protocolo de análisis de fosfatos en agua de mar. IMARPE. Cod. IMP-AFIOQG/Pt-LAB 01.01/P.
- León, V., y Ledesma, J. (2013b). Protocolo de análisis de silicatos en agua de mar. IMARPE. Cod. IMP-AFIOQG/Pt-LAB 01.01/Si.
- León, V., y Ledesma, J. (2013c). Protocolo de análisis de nitrito en agua de mar. IMARPE. Cod. IMP-AFIOQG/Pt-LAB 01.01/NO<sub>2</sub>.
- León, V., y Ledesma, J. (2013d). Protocolo de análisis de nitrato en agua de mar. IMARPE. Cod. IMP-AFIOQG/Pt-LAB 01.01/NO<sub>3</sub>.
- Lizano, O., Amador, J., y Soto, R. (2001). Caracterización de manglares de Centroamérica con sensores remotos. *Rev. Biol. Trop.*, 49(2), 331-340.
- López, B., Barreto, M., y Conde, J. (2011). Caracterización de los manglares de zonas semiáridos en el noroccidente de Venezuela. *Interciencia*, 36(12), 888-893.
- Lugo, A. (1980). Mangrove ecosystems: successional or steady state?. *Biotropica*, 12, 65-72.
- Luque, M. (2003). Aproximación paleolimnológica II: el "Loss on Ignition" y el contenido en materia orgánica en el sedimento del Lago de Sanabria. En

- M. Luque (Ed), El Lago de Sanabria: un sensor de las oscilaciones climáticas del Atlántico Norte durante los últimos 6.000 años (tesis doctoral) (pp. 273-293). Barcelona, España.
- Manrow-Villalobos, M., y Vílchez-Alvarado, B. (2012). Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del Suelo en Los manglares Laguna De Gandoca Y Estero Moín, Limón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9(23), 1-18.
- Martínez-Ballesteros, A., Plaza-Rodríguez, C., y Guevara, G. (2014). Aporte de hojarasca del mangle negro (*A. germinans* L.) en el caribe colombiano. *Rev. Luna azul*, 38, 218-230.
- Mecanismos de Desarrollo Alternos - MDA. (2014). Fortalecimiento de la conservación del ecosistema manglar en la reserva de biosfera del noroeste del Perú. Organización internacional de las maderas tropicales-OIMT.
- Méndez, C., y Jiménez, J. (2014). Análisis de la asociación entre la estructura y composición de la comunidad vegetal de manglar, y los parámetros físico-químicos del agua en la Bahía La Graciosa, Izabal, Guatemala. *Revista científica*, 25, 50-64.
- Menéndez, L., y Guzmán, J. (2006). Manglares del Archipiélago Cubano: aspectos generales. En L. Menéndez y J. Guzmán. (Ed), *Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano Estudios y experiencias enfocadas a su gestión*. (pp. 15-25). La Habana, Cuba: Editorial Academia.
- Mennonite Economic Development Associates - MEDA y MDA (2009). Santuario nacional los manglares de Tumbes Plan de uso turístico y recreativos del santuario nacional los manglares de Tumbes y estrategia de desarrollo turístico de su zona de amortiguamiento marzo, 2009.
- Ministerio del Ambiente - MINAM EDUCCA. (Productor). (2013, 02 Dic). Cátedra Perú Ambiental - Manejo integrado de la zona marino costera (YouTube). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=8zukC6RhWgA>

- Ministerio del Ambiente - MINAM y Ministerio de Agricultura - MINAGRI. (2011). El Perú de los bosques. Recuperado en <http://cdam.minam.gob.pe/novedades/elperudelosbosques2011.pdf>.
- More, A., y Cadenillas, R. (2009). Manglares de san pedro ¿estamos presenciando el ocaso de un sitio importante para la biodiversidad en Piura?
- Moreno-Casasola, P., Rojas, J., Zárate, D., Ortiz, M., Lara, A., y Saavedra, T. (2002). Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. *Madera y Bosques*, 8 (1), 61-88.
- Moreno-Casasola, P., e Infante, D. (2009). Manglares y selvas inundables. Instituto de Ecología A.C. CONAFOR y OIMT. Veracruz, México.
- Morón, O., Velazco, F., y Beltrán, L. (2013). Características hidrológicas y sedimentológicas de la bahía de Sechura. *Inf. Inst. Mar Perú*, 40(3-4), 150-159.
- Morrisey, D., Beard, C., Morrison, M., Craggs, R., y Lowe, M. (2007). The New Zeland mangrove: review of the current state of knowledge. Auckland Regional Council, 325, 1-130
- Mostacedo, B., y Fredericksen, T. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia: Editorial El País.
- Naturaleza, ciencia y tecnología local para el servicio social - NCTL. (1989). La Evolución del Área de los Manglares en el Departamento de Tumbes 1943 - 1987. CONCYTEC. Lima, Perú.
- Nelson, D., Goering, J., y Boisseau, D. (1981). Consumption and regeneration of Silicic Acid in three coastal upwelling systems. In F. A. Richards (Ed.), *Coastal Upwelling* (pp. 242-256). Coastal and estuarine Science 1. American Geophysical Union. Washington, EEUU.
- Ochoa, J. 2014. Estructura y productividad del manglar de Balandra, BCS. México (Tesis de maestría). Universidad autónoma de baja California sur. México.

- Organización Internacional de las maderas Tropicales - OIMT. (2003). Manglares un mar de riqueza
- Palacios, M., y Vargas, E. (1991). Determinación de la productividad primaria del manglar en cabo manglares costa pacífica colombiana. Boletín científico C. C. P., 2, 50-68.
- Parra, C., y Arnillas, C. (2013). Distribución del bosque manglar y usos. En D. Flores, L. Céspedes y A. Martínez (Ed), Identificación de Servicios Ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes Informa Técnico Especial. (pp 43 – 46). Editorial IGP.
- Pérez, A. (2014). Influencia del régimen hídrico y de las condiciones geoquímicas sobre la comunidad y el flujo energético del meiobentos metazoario de los sedimentos intermareales y submareales de los Manglares de Tumbes (Tesis de maestría). Universidad Cayetano Heredia. Lima, Perú.
- Pérez, L., y Canteras, J, C. (1990). Características físicas, químicas y biológicas del estuario del río Pas (Cantabria). Scientia gerundensis, 16 (2), 79-98.
- Perillo, G., y Cuadrado, D. (2013). Clasificación, geomorfología y sedimentología de estuarios. En J. Marcovecchio y R. H. Freije (Ed). Procesos químicos en estuarios. Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
- Pinto, F. (1999). Sucesión y fisionomía de los manglares de Colombia. Revista Académica Colombia Ciencia. 23 (1), 141 – 161.
- Ponce, Y. (26 de octubre de 2008). La isla Guanaja aún no se recupera. La prensa. Recuperado de <http://www.laprensa.hn/honduras/554969-97/la-isla-guanaja-aun-no-se-recupera>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- PNUMA. (2012). Manejo integrado de las zonas costeras y gestión sostenible de los manglares de Guatemala, Honduras y Nicaragua. Proyecto Manglares. Recuperado de: <http://www.pnuma.org/manglares/>.
- PRO NATURALEZA. (2000). Aportes para un manejo sostenible de los manglares de Tumbes: Informes y productos finales del proyecto manejo y uso integral

de los manglares de la costa norte del Perú – proyecto manglares. Lima, Perú.

Querales, Y., Barboza, F., Briceño, J., y Medín, E. (2011). Producción de hojarasca de *Rhizophora mangle* en el manglar de punta capitán chico, estado Zulia-Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 45 (2), 181-194.

RAMSAR. (1994). Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como Hábitat de aves acuáticas. UNESCO. París, Francia.

Raz-Guzmán, A., De la Lanza, G., y Soto, L. (1992). Caracterización ambiental y  $\delta^{13}\text{C}$  del sedimento, detrito y vegetación del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, México. Rev. Biol. Trop., 40(2), 215-225.

Rodríguez, E., Chang, J., y Goti, I. (2012). Productividad primaria del manglar de *Rhizophora mangle* en el canal estuarino de isla de Cañas, provincia De los Santos, República de Panamá. Rev. Tecnociencia, 14(2), 85-99.

Rodríguez-Ramírez, A., Nivia-Ruíz, J., y Garzón-Ferreira, J. (2004). Características estructurales y funcionales del manglar De *Avicennia Germinans* en la Bahía de Chengue (Caribe Colombiano). INVEMAR, 33, 223-244.

Sánchez-Carrillo, S., Álvarez-Cobelas, M., Angeler, D., y Vizcayno-Muñoz, C. (2000). Tasas de acreción y características de los sedimentos actuales en el parque nacional Las tablas de Daimiel (Ciudad Real). Rev. Estudios Geol., 56, 239-250.

Sánchez-Carrillo, S., Álvarez-Cobelas, M., y Angeler, D. (2001). Sedimentation in the semi-arid freshwater wetland Las Tablas de Daimiel (Spain). Wetlands, 21 (1), 112-124.

Sánchez-Carrillo, S., Sánchez-Andrés, R., Alatorre, L., Angeler, D., Álvarez-Cobelas, M., y Arreola-Lizárraga, J. (2009). Nutrient fluxes in a semi-arid microtidal mangrove wetland in the Gulf of California. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 82, 654–662.

- Sánchez-Páez, H., Ulloa-Delgado, G., y Tavera-Escobar, H. (2004). Manejo integral de los manglares por comunidades Locales. Caribe de Colombia. Bogotá Colombia: Editorial Unión Gráfica Ltda.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI. (2016). Clima: Estaciones del año. Perú: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Recuperado de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=0280>
- Servicio Nacional de Áreas Protegidas - SERNANP. (2016). Perú: Servicio Nacional de Áreas Protegidas. Los manglares de Tumbes. SERNANP. Recuperado de <http://www.sernanp.gob.pe/los-manglares-de-tumbes>.
- Serra, C., Vide, D., Briansó, M., Carrasco, J., y Amorós, J. 2014. Estudio multidisciplinario del ecosistema manglar en la comunidad tradicional de Curral Velho. Análisis de los servicios ecosistémicos producidos por los manglares a partir de la percepción de la comunidad de Curral Velho. UAB, Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals UAB e icta.
- Silva, A., y Acuña-González, J. (2006). Caracterización físico-química de dos estuarios en la bahía de Golfito, Golfo Dulce, Pacífico de Costa Rica. Rev. Biol. Trop, 54 (1), 241-256.
- Silva, A., Picado, J., Mora, R., y Gonzáles, C. (2015). Implicaciones sedimentológicas sobre el cambio en la cobertura del bosque de manglar en Boca Zácate, humedal Nacional Térraba-Sierpe, Costa Rica. Revista de biología tropical, 63(3), 591-601.
- Smith, T. 1987. Seed predation in relation to tree dominance and distribution in mangrove forests. Ecology, 68, 266-273.
- Soto, R., y Corrales, L. (1986). Variación de algunas características foliares de *Avicennia germinans* (L) L. (Avicenniaceae) en un gradiente climático y de salinidad. Rev. Biol. Trop, 35(2), 245-256.
- Soto, R., y Jiménez, J. (1982). Análisis fisonómico estructural del manglar de Puerto Soley, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. Rev. Biol. Trop, 30(2), 161-168.
- Spetter, C., Freije, R., y Marcovecchio, J. (2013). Ciclo biogeoquímico de los nutrientes en estuarios. En J. Marcovecchio y R. H. Freije (Ed). Procesos

químicos en estuarios. Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.

Taborda, A. (2013). Sedimentación en manglares: Causas y consecuencias en un microdelta del golfo de Urabá, Caribe colombiano (Tesis doctoral). Universidad de Alicante. España.

Takahashi, J. (2002). Manglares del Perú, revisión histórica 1942-2002. Proyecto Fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas – FANPE: INRENA-GTZ.

Tam, J., Vera, G., y Oliveros, R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación. *Pensamiento y acción*, 5, 145-154.

Tomlinson, P. (1995). *The botany of mangroves*. Cambridge University Press.

Tume, V. (12 de marzo de 2014). Manglares de Chullichaye (Mensaje en un blog). Recuperado de <http://sechura-noticias.over-blog.com/article-manglares-de-chullichaye-41955101.html>

Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Barcelona, España. Editorial Omega.

Woodroffe, C. D., 1988. Changing mangrove and wetland habitats over the past 8000years, northern Australia and Southeast Asia. En: Wade- Marshall, D., and Loveday, P. (Eds.), *Northern Australia: Progress and Prospects*, Vol. 2: Floodplains research, pp. 1-33, North Australia Research Unit, Australian National University Press, Canberra. En Ochoa, J. 2014. Estructura y productividad del manglar de Balandra, BCS. México (Tesis de maestría). Universidad autónoma de baja California sur. México.

Zaldívar-Jiménez, A., Herrera-Silveira, J., y Capurro, L. (2001). Soil salinity and community structure of two mangrove forests in Yucatan, southeastern Mexico. *International Verhein International Verein Limnologie*, 27(3), 1707-1710.

Zaldívar-Jiménez, A., Herrera, J., Coronado, C., y Alonzo D. (2004). Estructura y productividad de los manglares en la reserva de biósfera Ría Celestún, Yucatán, México. *Madera y Bosques*, 2, 25-35.

- Zaldívar-Jiménez, A., Herrera-Silveira, J., Pérez-Ceballos, R., y Teutli-Hernández, C. (2012). Evaluación del uso de los humedales de manglar como biofiltro de efluentes de camarónicas en Yucatán, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47 (3), 395-405.
- Zuta, S., y Guillén, O. (1970). Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú*, 2(5), 157-324.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1. Vista fotográfica de las estaciones de muestreo en el estuario del ecosistema manglares de San Pedro de Vice, Sechura – Piura.

#### ESTACIÓN 1



#### ESTACIÓN 2



#### ESTACIÓN 3



### ESTACIÓN 4



### ESTACIÓN 5



### ESTACIÓN 6



## ESTACIÓN 7



**ANEXO 2. Bocana temporal al noroeste del estuario.**



**25 de enero de 2015.**



**27 de febrero de 2015.**



**01 de mayo 2015.**

**ANEXO 3. Impacto (inundación) de la marejada extremadamente alta en mayo 2015.**



**02 de mayo 2015 (entrada de la estación E4, frente a la bocana).**



**02 de mayo 2015 (carretera adyacente a los manglares de San Pedro de vice).**

### ANEXO 4. Trabajo en campo



Salida a campo mensuales



Delimitación de cobertura externa de los manglares de San Pedro de Vice.



Delimitación de la superficie y colmataciones formadas al interior del estuario de los manglares de San Pedro de Vice.



**Toma de muestras de parámetros fisicoquímicos del agua superficial del estuario y fijación del oxígeno, en los manglares de San Pedro de Vice.**



**Ubicación de canasta para la medición de producción primaria de los manglares de San Pedro de Vice.**



**Delimitación de los cuadrantes para determinar la densidad de los manglares de San Pedro de Vice**

### ANEXO 5. Trabajo en laboratorio



Muestras de agua superficial del estuario de los manglares de San Pedro de Vice.



Muestras de materia orgánica del sedimento del estuario de los manglares de San Pedro de Vice.

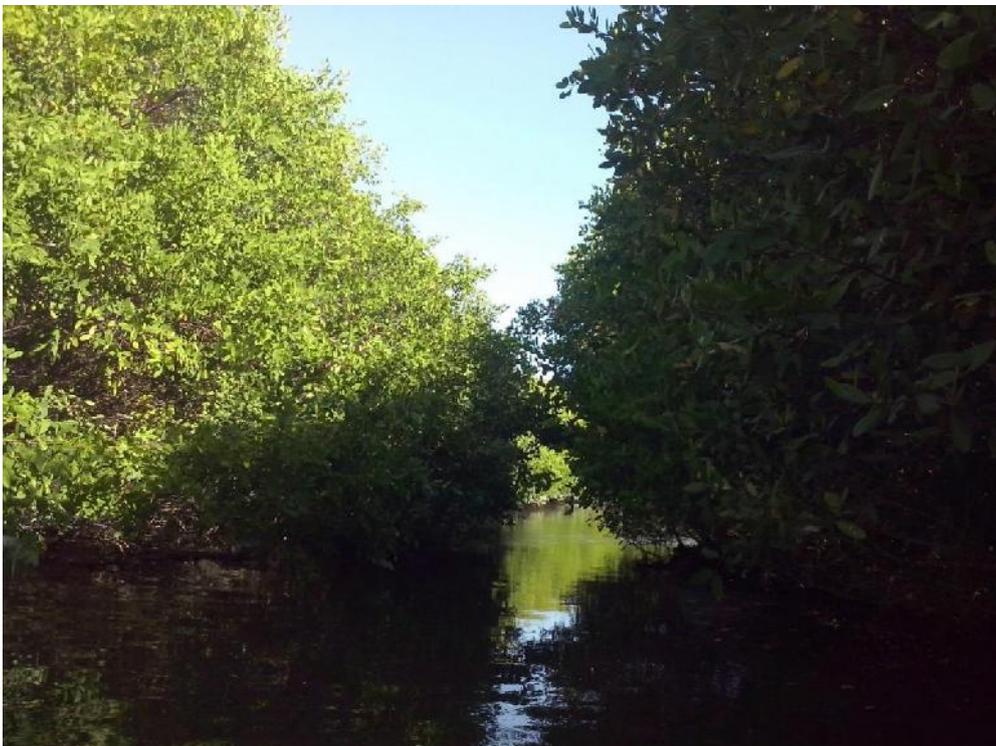


Muestras de hojarasca para la medición de la producción primaria de los manglares de San Pedro de Vice.

**ANEXO 6. Aumento de la frondosidad de los árboles de mangle, cerca de la estación E6**



**Noviembre 2014**



**Setiembre 2015**

**ANEXO 7.**



**Vista panorámica de una colmatación formada en la estación E1, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice.**



**Colmatación formada entre las estaciones E1 y E2, en el estuario de los manglares de San Pedro de Vice.**