



INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 40, Números 3-4



Julio-Diciembre 2013
Callao, Perú

CALIDAD AMBIENTAL DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE LA REGIÓN TUMBES, 2007

ENVIRONMENTAL QUALITY OF THE AQUATIC ECOSYSTEMS IN THE TUMBES REGION, 2007

Percy Montero

RESUMEN

MONTERO P. 2013. *Calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos de la Región Tumbes, 2007. Inf Inst Mar Perú. 40(3-4): 240-253.* - En el 2007 se efectuó el estudio de calidad ambiental en los tres ecosistemas acuáticos de la Región Tumbes. La máxima temperatura ambiental fue 39,2 °C en Playa Hermosa, el promedio fue menor que la registrada en el 2006. La máxima temperatura del agua fue 36,0 °C en el canal de marea Puerto 25 y el promedio fue menor en la mayoría de las estaciones de muestreo. La salinidad máxima sobrepasó los 42,000 ups en los canales de marea Soledad y Envidia. En el ecosistema marino, durante el segundo y tercer trimestres predominaron Aguas Tropicales Superficiales (ATS). El máximo oxígeno disuelto (OD) fue 15,88 mL/L en la laguna La Coja. Concentraciones máximas de: fosfatos fue 56,03 ug-at/L en Zorritos, silicatos 591,63 ug-at/L en el río Zarumilla, nitritos 29,34 ug-at/L en el canal de marea Puerto 25 y nitratos 65,51 ug-at/L en el canal de marea Soledad. Los nitritos presentaron menor concentración promedio en los tres ecosistemas. En sedimentos el promedio de materia orgánica fue 7,51% en el canal de marea Corrales y carbonatos 32,99 g/kg en el canal de marea Puerto 25. El pH máximo fue 8,17 en la laguna La Coja.

Palabras CLAVE: calidad ambiental, ecosistemas acuáticos, Tumbes, Perú, 2007.

ABSTRACT

MONTERO P. 2013. *Environmental quality of the aquatic ecosystems in the Tumbes Region, 2007. Inf Inst Mar Peru. 40 (3-4): 240-253.* - In 2007 was made the study of environmental quality in the three aquatic ecosystems of the Tumbes Region. The maximum temperature was 39.2 °C in Playa Hermosa, the average was lower than that recorded in 2006. The maximum water temperature was 36.0 °C in the tidal channel Puerto 25 and the average temperature was lower in most sampling stations. The maximum salinity of 42.000 ups in the tidal channels Soledad and Envidia. In the marine ecosystem in the second and third quarters prevailed Surface Tropical Waters (ATS). The maximum dissolved oxygen (DO) was 15.88 mL/L in Lake La Coja. Maximum concentrations of: phosphate was 56.03 ug-at/L in Zorritos, silicates 591.63 ug-at/L in the river Zarumilla, nitrites 29.34 ug-at/L in the tidal channel Puerto 25 and nitrates 65.51 ug-at/L in the tidal channel Soledad. Nitrites had lower average concentration in the three ecosystems. Sediments average was 7.51% organic matter in the tidal channel Corrales and carbonates 32.99 g/kg in the tidal channel Puerto 25. The maximum pH was 8.17 in the lagoon La Coja.

KEYWORDS: environmental quality, aquatic ecosystems, Tumbes, Peru, 2007

1. INTRODUCCIÓN

Para la elaboración de la Línea Base de Calidad (LBC), se continuó con el monitoreo de los parámetros ambientales en los tres ecosistemas acuáticos de la Región Tumbes, siguiendo con los objetivos planteados en julio 2005 para el estudio sobre calidad ambiental.

En el 2007 los monitoreos comenzaron en marzo pero se utilizó información oceanográfica del ESTUDIO BIOLÓGICO PESQUERO DE CUATRO

INVERTEBRADOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN LA REGIÓN TUMBES, 2007 (SEGUNDA ETAPA), en el hábitat de la ostra *Ostrea iridescens*, que permitió un mejor análisis del ecosistema marino-costero.

El estudio de calidad ambiental del 2007 se dividió en período lluvioso y período seco con la finalidad de poder explicar mejor los cambios y variaciones de los parámetros ambientales, debiéndose acotar que el período de lluvias fue más corto que durante el 2006. En este trabajo se

dan a conocer los valores de los parámetros meteorológicos, físicos y químicos (marzo a diciembre 2007) registrados en el campo y los obtenidos en el laboratorio, así como el análisis con respecto al 2006.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Ubicación de las estaciones de muestreo

En el ecosistema de manglares (canales de marea) se trabajaron diez

estaciones, cuatro en el de aguas continentales (Tabla 1, Fig. 1) y catorce en el marino-costero a orilla de playa (Tabla 2). En el ecosistema marino-costero propiamente dicho, se efectuaron 50 estaciones (Tabla 3), las que dependieron de la ubicación de los bancos naturales del recurso ostra.

2.2 Obtención de datos y recolección de muestras

En los tres ecosistemas acuáticos la información meteorológica consistió en temperatura del aire, cobertura, velocidad y dirección del viento. Para la obtención de datos oceanográficos se trabajó en una embarcación de fibra de vidrio de 4 m de eslora con motor fuera de borda de 40 hp y se utilizó el GPS MAGELLAN 315.

En cada estación se recolectaron muestras de agua en frascos de polietileno de 250 mL para la determinación de salinidad, pH y nutrientes, que fueron llevados al laboratorio. En el ecosistema marino costero se trabajó con un buzo para la lectura de la temperatura de fondo y la recolección de las muestras para los análisis de salinidad, nutrientes y oxígeno disuelto. En el ecosistema de manglares (canales de marea) trimestralmente se recolectó sedimentos en bolsas plásticas (500 g) para la determinación de materia orgánica, carbonatos y pH en el laboratorio de ensayo.

2.3 Métodos de análisis e instrumentos

El uso de instrumentos, las determinaciones físico-químicas de los parámetros de calidad ambiental y el análisis de resultados se basaron en:

- La temperatura ambiental (T. amb.) se determinó con un termómetro digital, la temperatura del agua (T. a.) con un termómetro de mercurio simple protegido.

Tabla 1.- Estaciones de muestreo en los ecosistemas de esteros y de aguas continentales, Región Tumbes, 2007

N°	Tipo de Ambiente	Nombre del lugar	Posición		Altura msnm	Código
			Latitud	Longitud		
ECOSISTEMA DE ESTEROS DEL MANGLAR-Tumbes						
1	Canal de marea	Puerto Rico	3°30'17,22"	80°23'47,04"	0	C.P.R.
2	Canal de marea	Puerto Pizarro	3°30'01,68"	80°23'28,92"	4	P.P.
3	Canal de marea	Jelí	3°29'43,98"	80°22'28,98"	0	C.J.
4	Canal de marea	El Bendito	3°26'59,76"	80°19'03,6"	0	C.B.
5	Canal de marea	Envidia	3°27'18,36"	80°18'45,42"	0	C.E.
6	Canal de marea	Soledad	3°27'31,86"	80°18'30,48"	0	C.S.
7	Canal de marea	Algarrobo	3°28'13,68"	80°17'53,34"	1	C.A.
8	Canal de marea	Puerto 25	3°27'21,0"	80°16'15,6"	0	C.P.25
9	Canal de marea	El Alcalde	3°30'56,22"	80°26'36,12"	1	C.Ade.
10	Canal de marea	Corrales	3°33'24,18"	80°30'43,32"	6	C.C.
ECOSISTEMA DE AGUAS CONTINENTALES-Tumbes						
1	Laguna	La Coja	3°36'0,84"	80°12'22,86"	20	L.L.C.
2	Río	Zarumilla	3°33'35,76"	80°12'42,66"	16	R.Z.
3	Río	Tumbes	3°34'18,6"	80°27'44,64"	5	R.T.
4	Dren	Los Cerezos	3°36'45,42"	80°33'42,54"	0	D.L.C.

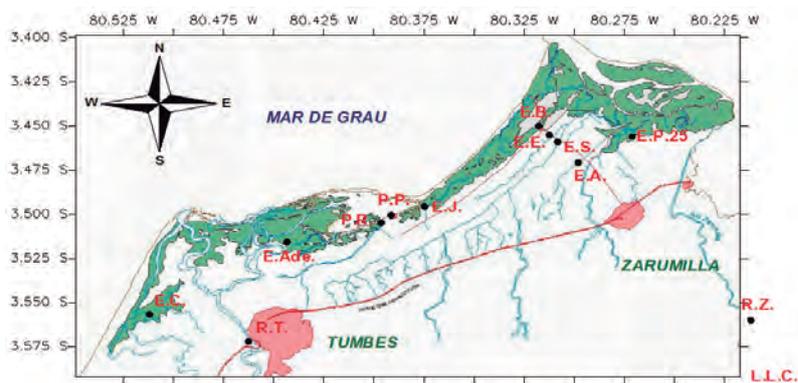


Figura 1.- Estaciones de muestreo en manglares y aguas continentales. Tumbes, 2007

Tabla 2.-Estaciones de muestreo en el ecosistema marino-costero, a orilla de playa, Región Tumbes, 2007

N°	Tipo de Ambiente	Nombre del lugar	Posición		Altura msnm	Código
			Latitud	Longitud		
ECOSISTEMA MARINO COSTERO-Tumbes						
14	Playa	El Bendito	3°25'54,0"	80°19'22,98"	0	P.B.
15	Playa	Playa Hermosa	3°34'34,68"	80°32'19,68"	0	P.H.
16	Playa	Los Cerezos	3°37'10,56"	80°34'01,26"	0	L.C.
17	Playa	Caleta La Cruz	3°38'05,64"	80°35'25,86"	0	C.L.C.
18	Playa	Mal Paso	3°38'54,54"	80°36'54,18"	0	M.P.
19	Playa	Caleta Grau	3°39'57,78"	80°38'05,46"	0	C.G.
20	Playa	Zorritos	3°40'40,2"	80°40'28,5"	0	Z.
21	Playa	Bocapan	3°42'43,68"	80°44'14,34"	0	B.
22	Playa	Acapulco	3°44'22,02"	80°46'18,66"	0	A.
23	Playa	Playa Florida	3°46'26,52"	80°48'03,66"	0	P.F.
24	Playa	El Rubio	3°52'33,24"	80°50'08,16"	0	E.R.
25	Playa	Punta Mero	3°53'54,6"	80°52'06,9"	0	P.M.
26	Playa	Cancas	3°56'43,14"	80°56'26,64"	0	C.
27	Playa	Punta Sal	3°58'49,08"	80°58'40,08"	0	P.S.

- Para el oxígeno disuelto se utilizó el método de Winkler modificado por Carpenter en 1966 (GRASSHOFF 1976).
- Con el método espectrofotométrico de STRICKLAND y PARSONS (1967) se efectuaron las determinaciones de los fosfatos y silicatos con el espectrofotómetro MILTON ROY 20D; los nitritos y nitratos con el SPECTRONIC MINI 20.
- Con el método gravimétrico Loss on Ignition se determinó la materia orgánica y carbonatos en los sedimentos, utilizando la balanza analítica OHAUS y la mufla Thermolyne Type 47900 FURNACE.
- El pH del agua y sedimentos se determinó con el método potenciométrico, utilizando un pH metro HANNA pH 213.
- La salinidad se determinó con el método de inducción usando un salinómetro Portasal Guildline 8410A en el Laboratorio costero de Paita.
- Se obtuvo el Índice de correlación lineal de Pearson "r", entre algunos parámetros, por medio del método de regresión lineal.

Tabla 3.- Estaciones de muestreo en el ecosistema marino costero. Tumbes, 2007

Nº Est.	Tipo de Ambiental	Nombre de la zona	Posición	
			Latitud	Longitud
1	mar	Punta Sal Grande	03° 59' 05,84"	080° 59' 20,39"
2	mar	Punta Sal Grande	03° 58' 54,81"	080° 59' 10,38"
3	mar	Punta Sal Grande	03° 58' 46,26"	080° 59' 02,25"
4	mar	Punta Sal Chico	03° 57' 25,63"	080° 57' 45,81"
5	mar	Baja de Cancas	03° 57' 19,20"	080° 57' 41,10"
6	mar	Canoas	03° 56' 21,42"	080° 56' 06,30"
7	mar	Canoas	03° 56' 06,09"	080° 55' 22,87"
8	mar	Canoas	03° 55' 41,15"	080° 55' 00,80"
9	mar	Canoas	03° 55' 22,05"	080° 54' 21,66"
10	mar	Canoas	03° 55' 04,06"	080° 53' 44,64"
11	mar	Baja Pta. Mero	03° 54' 27,29"	080° 52' 57,20"
12	mar	Baja. Pta. Mero	03° 54' 14,56"	080° 52' 51,99"
13	mar	Baja. Pta. Mero	03° 54' 07,31"	080° 52' 41,91"
14	mar	Pta. Mero	03° 53' 46,22"	080° 51' 38,55"
15	mar	Pta. Mero	03° 53' 33,47"	080° 51' 51,93"
16	mar	Pta. Mero	03° 53' 40,42"	080° 51' 36,92"
17	mar	Plateros	03° 53' 08,86"	080° 51' 00,92"
18	mar	El Rubio	03° 52' 53,60"	080° 50' 48,02"
19	mar	El Rubio	03° 52' 42,04"	080° 50' 33,52"
20	mar	Peña Redonda	03° 51' 21,92"	080° 50' 09,46"
21	mar	Playa Florida	03° 45' 43,88"	080° 48' 20,88"
22	mar	Playa Florida	03° 45' 33,78"	080° 47' 54,60"
23	mar	Huacura	03° 45' 20,08"	080° 47' 46,34"
24	mar	Punta Picos	03° 44' 54,66"	080° 47' 27,92"
25	mar	Punta Picos	03° 44' 45,08"	080° 47' 19,70"
26	mar	Punta Picos	03° 44' 37,38"	080° 47' 07,50"
27	mar	Punta Picos	03° 44' 31,00"	080° 46' 55,28"
28	mar	Punta Ciccía	03° 44' 17,88"	080° 46' 38,88"
29	mar	Acapulco	03° 44' 23,04"	080° 46' 30,64"
30	mar	Acapulco	03° 44' 06,56"	080° 46' 18,76"
31	mar	Bonanza Norte	03° 42' 43,29"	080° 44' 28,04"
32	mar	Bonanza Norte	03° 42' 46,05"	080° 44' 33,28"
33	mar	Bonanza Norte	03° 42' 52,92"	080° 44' 48,69"
34	mar	Bonanza Sur	03° 42' 57,84"	080° 45' 03,14"
35	mar	Bonanza Sur	03° 43' 02,00"	080° 45' 19,56"
36	mar	Peña Negra	03° 43' 15,02"	080° 45' 32,60"
37	mar	Peña Negra	03° 43' 25,60"	080° 45' 40,92"
38	mar	Peña Negra	03° 43' 32,58"	080° 45' 48,98"
39	mar	Peña Negra	03° 43' 40,56"	080° 45' 58,78"
40	mar	Peña Negra	03° 43' 47,16"	080° 46' 07,90"
41	mar	Tres Puntas	03° 41' 43,35"	080° 41' 29,13"
42	mar	Tres Puntas	03° 41' 38,55"	080° 42' 21,39"
43	mar	Tres Puntas	03° 41' 27,09"	080° 42' 06,06"
44	mar	Los Pinos	03° 41' 15,69"	080° 41' 54,54"
45	mar	Los Pinos	03° 40' 59,10"	080° 41' 35,10"
46	mar	Los Pinos	03° 40' 48,96"	080° 41' 22,47"
47	mar	Los Pinos	03° 40' 42,24"	080° 41' 07,83"
48	mar	Zorritos	03° 40' 35,70"	080° 40' 55,68"
49	mar	Zorritos	03° 40' 34,20"	080° 40' 45,84"
50	mar	Zorritos	03° 40' 34,41"	080° 40' 12,63"

Fuente: Estudio Biológico Pesquero de cuatro Invertebrados de Importancia Económica en la Región Tumbes, 2007 (hábitat de *Ostrea iridescens*)

3. RESULTADOS

3.1. ECOSISTEMA DE MANGLARES (canales de marea)

3.1.1. Datos meteorológicos y análisis físico-químico de agua

Los valores y promedios registrados de los datos meteorológicos y los análisis físico-químicos de agua se encuentran en las Tablas 4 y 5.

3.1.2. Análisis de sedimentos (Tabla 6)

El promedio de **Materia Orgánica (MO)** varió entre 1,02% en Puerto Pizarro y 7,51% en el canal Corrales, **Carbonatos** varió entre 12,88 g/kg en Puerto Pizarro y 32,99 g/kg en el canal Puerto 25 y el **pH** fluctuó entre 5,02 en el estero Corrales y 7,67 en el estero Soledad.

3.1.3. Información estadística

El índice de correlación "r" de todos los parámetros se observa en la Tabla 9; resaltando que no hubo asociación entre la T. a. y la

Salinidad a excepción del canal El Alcalde donde la relación fue moderada e inversa ($r = -0,625$); en el canal Envidia se registró la más alta asociación directa entre la T. a. (°C) y el OD (mL/L) ($r = 0,821$); en el canal El Alcalde hubo la más alta asociación directa entre la T. a. (°C) y el pH ($r = 0,676$). La T. a. (°C) presentó una asociación moderada y directa con los silicatos ($r = 0,618$), mientras que con los fosfatos fue indirecta ($r = -0,588$). La salinidad (ups) y el OD (mL/L) presentaron asociación moderada e inversa en el canal El Alcalde ($r = -0,606$). Entre el OD y el pH hubo asociación moderada y positiva en el canal Algarrobo ($r = 0,730$).

3.2. ECOSISTEMA DE AGUAS CONTINENTALES

3.2.1. Datos meteorológicos y análisis físico-químicos del agua

El rango y los promedios registrados de los datos meteorológicos y los análisis físico-químicos en agua se encuentran en las Tablas 7 y 8.

3.2.2. Análisis físicos en sedimentos (Tabla 6)

El promedio de la **Materia Orgánica (MO)** varió entre 2,55% en el río Zarumilla y 4,34% en el río Tumbes; **Carbonatos** varió entre 14,45 g/kg en el río Zarumilla y 32,34 g/kg en el río Tumbes y el **pH** fluctuó entre 7,23 en el río Tumbes y 8,17 en la laguna La Coja.

3.2.3. Información estadística

Los resultados sobre el índice de correlación "r" se registran en la Tabla 9, observándose que la mayor parte de asociaciones de los parámetros en este ecosistema fueron moderadas

3.3. ECOSISTEMA MARINO-COSTERO A ORILLA DE PLAYA

3.3.1. Datos meteorológicos y análisis físico-químico del agua

El rango y los promedios registrados de los datos meteorológicos y los análisis físico-químicos en agua se encuentran en las Tablas 10 y 11.

3.3.2. Información estadística

Los resultados sobre el índice de correlación "r" (Tabla 9), revelaron que el OD (mL/L) y la T. a. (°C) tuvieron asociación moderada y directa en la superficie y en el fondo ($r_{sup.} = 0,639$ y $r_{fon.} = 0,621$). Los nitratos (ug-at/L) y la T. a. (°C) alcanzaron un grado de asociación moderado y directo tanto en superficie como en fondo ($r_{sup.} = 0,761$ y $r_{fon.} = 0,775$) (Tabla 12). La profundidad no tuvo efecto significativo

Tabla 4.- Rango de los parámetros físicos y químicos, Esteros del Manglar. Tumbes, 2007

Parámetros	Valor	Fecha	Estación
T. amb. (°C)	Mínimo	22,5	25/06/2007 Canal Corrales
	Máximo	38,5	20/04/2007 Canal Envidia
T.a. (°C)	Mínimo	22,9	15/10/2007 Canal Corrales
	Máximo	36	20/03/2007 Canal Puerto 25
Salinidad (ups)	Mínimo	2,777	26/11/2007 Canal Corrales
	Máximo	41,625	15/10/2007 Canal Envidia
pH	Mínimo	6,74	21/05/2007 Canal Envidia
	Máximo	8,96	26/12/2007 Canal Envidia
OD (mL/L)	Mínimo	1,09	15/10/2007 Puerto Pizarro
	Máximo	11,18	26/12/2007 Canal Algarrobo
Fosfatos (ug-at/L)	Mínimo	0,94	25/06/2007 Canal Jelí
	Máximo	21,07	20/04/2007 Puerto Pizarro
Silicatos (ug-at/L)	Mínimo	10,82	26/11/2007 Canal El Bendito
	Máximo	167,80	10/09/2007 Canal Puerto 25
Nitritos (ug-at/L)	Mínimo	0,01	20/04/2007 Canal El Alcalde
	Máximo	29,34	25/06/2007 Canal Puerto 25
Nitratos (ug-at/L)	Mínimo	0,01	12/11/2007 Canal El Bendito
	Máximo	65,51	20/08/2007 Canal Soledad

Tabla 5.- Promedio de los parámetros físicos y químicos del Ecosistema de Manglares. Tumbes, 2007

Estación	T° amb. °C	T° a °C	Sal. ups	pH	OD mL/L	PO ₄ ⁻³ ug-at/L	SiO ₃ ⁻² ug-at/L	NO ₂ ⁻ ug-at/L	NO ₃ ⁻ ug-at/L
Canal Puerto Rico	29,1	27,7	34,346	7,78	4,20	2,94	49,44	1,18	3,05
Puerto Pizarro	28,0	27,9	32,112	7,76	4,16	6,32	36,26	0,64	5,74
Canal Jelí	28,9	26,6	32,106	7,82	3,79	2,24	33,71	0,47	2,75
Canal El Bendito	28,2	27,7	33,769	7,79	4,51	3,23	43,40	0,57	2,96
Canal Envidia	29,9	26,8	37,367	8,07	4,24	4,42	59,40	0,58	1,91
Canal Soledad	29,2	27,6	37,063	8,12	5,82	6,30	50,12	4,16	13,29
Canal Algarrobo	29,2	27,6	34,225	7,92	5,66	3,52	58,42	1,03	3,94
Canal Puerto 25	27,7	27,6	34,624	7,68	3,07	5,42	78,96	3,57	4,63
Canal El Alcalde	28,4	27,5	27,399	7,76	3,91	5,81	99,09	2,03	4,27
Canal Corrales	26,5	27,3	18,264	7,68	4,79	4,36	102,96	2,21	4,82
Promedio	28,5	27,4	32,128	7,84	4,36	4,46	61,18	1,64	4,74

Tabla 6.- Promedios de Materia orgánica (%), carbonatos (g/kg) y pH Sedimento, manglar y Aguas continentales. Tumbes, 2007

Ecosistema	Estación	MO prom. (%)	CO ₃ ⁻² prom g/kg	pH prom
Manglar	Canal Algarrobo	3,28	18,03	7,20
	Canal El Alcalde	2,44	18,10	7,49
	Canal El Bendito	2,38	15,23	6,88
	Canal Corrales	7,51	27,40	5,02
	Canal Envidia	3,92	29,30	7,52
	Canal Jelí	3,13	20,48	7,13
	Canal Puerto 25	4,88	32,99	7,38
	Canal Soledad	3,17	24,16	7,67
	Puerto Pizarro	1,02	12,88	7,03
Aguas Continentales	Canal Puerto Rico	3,73	26,03	7,18
	Laguna La Coja	2,57	20,46	8,17
	Río Tumbes	4,34	32,34	7,23
	Río Zarumilla	2,55	14,45	7,42

sobre los parámetros evaluados (Tabla 13).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los parámetros meteorológicos son aquellos que van a caracterizar el clima de una determinada región y a la vez van a tener influencia sobre los ecosistemas acuáticos provocando modificaciones en sus parámetros físicos, químicos y biológicos (MONTERO 2007).

En el informe anual 2006, se hizo mención acerca de la importancia de la cobertura y de los vientos en los cuerpos de agua y sobre los procesos que en ellos se llevan a cabo, el primer parámetro participa en la cantidad de luz que llega a un cuerpo de agua y el segundo en su influencia en el clima de una región (MONTERO 2007). Los registros de estos dos parámetros se consideran referenciales, pues son factores ambientales cambiantes durante el día, y requieren mediciones más continuas. Sin embargo, los vientos en los tres ecosistemas acuáticos provinieron del NW y por lo general las ráfagas de mayor intensidad se presentaron en la tarde (Tabla 14).

La **temperatura promedio ambiental** registrada durante el 2007 fue menor que la registrada en el 2006 en los tres ecosistemas acuáticos. En el ecosistema marino costero (orilla de playa) se observó un descenso latitudinal, mostrando en Punta Sal el menor valor así como la temperatura mínima de 20,2 °C en julio; en Playa Hermosa se tuvo la máxima de 39,2 °C (Anexo 4).

La **temperatura ambiental** tuvo influencia sobre la temperatura del agua, en promedio tuvieron asociaciones medias y directas en la mayoría de las estaciones de muestreo en los tres ecosistemas, sobre todo en el ecosistema marino costero orilla de playa (Tabla 9).

Tabla 7.- Rango de los datos meteorológicos y parámetros físico-químicos Ecosistema: Aguas continentales. Tumbes, 2007

Parámetros	Valor	Fecha	Estación
T. amb. (°C)	Mínimo	22,5	20/08/2007 Laguna La Coja
	Máximo	37	20/03/2007 Laguna La Coja
T.a. (°C)	Mínimo	20	12/11/2007 Río Zarumilla
	Máximo	34,8	20/03/2007 Laguna La Coja
Salinidad (ups)	Mínimo	0,006	20/04/2007 Río Tumbes
	Máximo	28,826	15/06/2007 Dren Los Cerezos
pH	Mínimo	4,12	09/12/2007 Río Tumbes
	Máximo	9,95	12/11/2007 Laguna La Coja
OD (mL/L)	Mínimo	0,29	15/06/2007 Dren Los Cerezos
	Máximo	15,88	26/11/2007 Laguna La Coja
Fosfatos (ug-at/L)	Mínimo	0,58	26/11/2007 Río Tumbes
	Máximo	15,9	15/06/2007 Dren Los Cerezos
Silicatos (ug-at/L)	Mínimo	22,56	26/06/2007 Dren Los Cerezos
	Máximo	591,63	20/03/2007 Río Zarumilla
Nitritos (ug-at/L)	Mínimo	0,01	20/04/2007 Río Zarumilla
	Máximo	14,30	17/09/2007 Río Tumbes
Nitratos (ug-at/L)	Mínimo	0,06	25/06/2007 Laguna La Coja
	Máximo	46,48	15/10/2007 Río Tumbes

Tabla 8.- Promedio de parámetros físico-químicos

Estación	T° amb.	T° a	Sal.	pH	OD	PO ₄ ³⁻	SiO ₃ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
	°C	°C	ups	mL/L	ug-at/L	ug-at/L	ug-at/L	ug-at/L	ug-at/L
Laguna La Coja	26,2	27,2	9,594	8,65	5,54	7,00	197,36	0,28	6,59
Río Zarumilla	26,2	25,3	0,081	7,57	5,36	4,03	328,98	0,33	2,96
Río Tumbes	28,9	27,7	0,208	7,24	5,58	2,34	205,72	1,62	21,08
Dren Los Cerezos	28,7	27,1	3,090	7,84	4,79	3,21	138,88	0,56	4,41

Tabla 9.- Índice de Correlación de Pearson "r" entre los parámetros ambientales. Tumbes, 2007

ECOSISTEMA	ESTACIÓN	T.a. (°C)	T.a. (°C)	T.a. (°C)	T.a. (°C)	T.a. (°C)	T.a. (°C)	T.a. (°C)	T.a. (°C)	Sal(ups)	O.D. (mL)
		v.s. T.a. (°C)	v.s. Sal(ups)	v.s. O.D. (mL)	v.s. pH	v.s. PO ₄ ³⁻ (ug-at/L)	v.s. SiO ₃ ²⁻ (ug-at/L)	v.s. NO ₂ ⁻ (ug-at/L)	v.s. NO ₃ ⁻ (ug-at/L)	v.s. O.D. (mL)	v.s. pH
Manglares	Canal Puerto Rico	0,569	0,059	0,194	0,419	0,275	0,447	0,319	0,253	-0,306	0,044
	n° de datos	14	14	14	10	13	14	13	13	16	11
	Puerto Pizarro	0,594	0,026	0,206	0,197	0,362	0,179	0,349	0,352	0,234	0,361
	n° de datos	16	16	16	12	15	14	14	15	12	12
	Canal el Jeli	0,316	-0,007	0,266	0,172	0,333	0,618	-0,249	0,460	-0,536	0,262
	n° de datos	16	15	16	12	15	16	15	16	12	12
	Canal El Benedito	0,726	0,217	0,597	0,511	0,213	-0,036	-0,106	-0,180	0,409	0,438
	n° de datos	17	15	16	12	15	16	15	15	12	12
	Canal Envidia	0,417	0,130	0,821	0,245	-0,044	0,024	-0,227	-0,403	0,353	0,583
	n° de datos	16	12	16	12	15	16	15	12	12	12
	Canal Soledad	0,577	0,299	0,740	0,176	0,042	0,397	-0,094	-0,257	0,292	0,451
	n° de datos	16	14	16	12	15	16	15	14	14	12
Canal El Algarrobo	0,649	0,105	0,789	0,555	0,072	0,225	-0,226	-0,346	0,417	0,730	
n° de datos	16	15	16	12	15	15	15	15	16	12	
Canal Puerto 25	0,795	0,444	0,274	0,199	0,277	0,584	-0,156	-0,168	-0,606	0,110	
n° de datos	16	15	16	12	15	16	15	16	12	12	
Canal El Alcáide	0,522	-0,625	0,528	0,676	-0,201	-0,071	-0,461	-0,387	-0,080	0,706	
n° de datos	12	13	9	12	12	12	12	12	12	9	
Canal Corrales	0,534	-0,087	0,012	0,110	-0,588	-0,005	-0,348	0,349	-0,145	0,680	
n° de datos	11	11	11	7	11	11	11	11	11	7	
Aguas Continentales	Río Zarumilla	0,674	-0,528	0,298	-0,382	0,863	0,527	-0,369	0,047	-0,289	-0,385
	n° de datos	13	13	13	9	12	13	12	13	9	9
	Laguna La Coja	0,692	-0,514	0,495	0,159	0,249	-0,087	0,260	0,705	0,185	0,561
	n° de datos	15	13	15	11	14	15	14	14	13	11
	Río Tumbes	0,241	0,398	0,233	-0,213	0,049	-0,039	-0,312	0,257	0,697	-0,727
	n° de datos	15	15	15	11	14	14	14	14	11	11
Dren Los Cerezos	0,247	0,409	0,271	0,553	0,103	0,139	-0,010	-0,504	-0,529	0,662	
n° de datos	15	14	15	10	14	14	14	14	14	10	
Marino-costero	Playa El Benedito	0,705	0,116	-0,195	0,329	0,668	0,404	-0,466	0,843	-0,154	-0,113
	n° de datos	15	14	15	11	12	15	12	11	11	11
	Playa Hermosa	0,190	-0,457	-0,239	-0,119	-0,138	0,066	-0,210	-0,174	0,079	0,0186
	n° de datos	16	15	16	11	16	16	16	16	15	11
	Los Cerezos	0,197	-0,347	-0,166	0,037	0,028	-0,336	-0,133	-0,230	0,048	0,167
	n° de datos	17	16	17	12	17	17	17	17	16	12
	Caleta La Cruz	0,441	-0,453	0,179	-0,006	0,199	0,327	-0,087	-0,080	-0,014	0,112
	n° de datos	17	16	17	12	16	16	16	16	16	12
	Mal Paso	0,531	-0,403	-0,118	0,009	0,167	0,054	0,193	-0,189	-0,152	-0,294
	n° de datos	17	16	17	12	17	17	17	17	16	12
	Caleta Grau	0,704	-0,091	-0,013	0,020	0,275	0,559	-0,253	-0,130	-0,084	-0,061
	n° de datos	17	16	17	12	17	17	17	17	16	12
Zorritos	0,700	-0,099	0,402	0,096	-0,387	0,452	-0,410	0,088	-0,111	0,457	
n° de datos	17	16	17	12	16	16	16	16	16	12	
Bocapan	0,611	-0,060	0,637	0,010	0,242	0,041	-0,240	-0,217	-0,035	-0,149	
n° de datos	17	16	17	12	16	15	17	17	16	12	
Acapulco	0,596	-0,202	-0,145	0,059	0,121	0,262	-0,238	-0,190	-0,080	0,133	
n° de datos	17	16	17	12	17	17	17	17	16	12	
Playa Florida	0,719	-0,334	-0,156	0,033	-0,478	-0,272	-0,219	-0,372	-0,163	-0,233	
n° de datos	17	16	17	12	16	16	16	16	16	12	
El Rubio	0,652	-0,378	-0,074	-0,026	-0,100	0,600	-0,442	0,227	0,055	-0,080	
n° de datos	17	16	17	12	17	17	17	17	16	12	
Punta Mero	0,677	0,091	-0,236	0,017	0,204	0,502	-0,266	-0,371	-0,044	0,008	
n° de datos	17	16	17	12	17	17	17	17	16	12	
Cancas	0,639	-0,102	-0,157	-0,030	0,084	0,010	0,011	-0,194	0,014	0,023	
n° de datos	17	16	17	12	16	14	16	14	16	12	
Punta Sal	0,802	-0,065	-0,214	-0,100	-0,126	0,326	-0,417	-0,276	-0,010	0,095	
n° de datos	17	16	16	12	17	16	17	16	16	12	

Tabla 10.- Rango de los datos meteorológicos y parámetros físico-químicos
Ecosistema: Marino costero a orilla de playa, región Tumbes, 2007

Parámetros		Valor	Fecha	Estación
T. amb. (°C)	Mínimo	20,2	04/07/2007	Punta Sal
	Máximo	39,2	18/07/2007	Playa Hermosa
T.a. (°C)	Mínimo	21,2	31/10/2007	Cancas
	Máximo	32,4	22/03/2007	Bocapán
Salinidad (ups)	Mínimo	22,360	30/10/2007	Playa El Bendito
	Máximo	40,440	16/06/2007	Caleta Grau
pH	Mínimo	7,14	22/05/2007	Mal Paso
	Máximo	8,45	13/11/2007	Bocapán
OD (mL/L)	Mínimo	0,43	13/11/2007	Mal Paso
	Máximo	7,62	20/04/2007	Playa El Bendito
Fosfatos (ug-at/L)	Mínimo	0,04	07/08/2007	Punta Mero
	Máximo	56,03	31/10/2007	Zorritos
Silicatos (ug-at/L)	Mínimo	2,09	11/09/2007	El Rubio
	Máximo	220,60	26/06/2007	Los Cerezos
Nitritos (ug-at/L)	Mínimo	0,02	31/12/2007	Caleta Cruz
	Máximo	2,77	26/11/2007	Los Cerezos
Nitratos (ug-at/L)	Mínimo	0,00	11/06/2007	Cancas
	Máximo	35,00	26/11/2007	Caleta Grau

Tabla 11.- Promedio de parámetros físico-químicos
Ecosistema: Marino costero a orilla de playa, región Tumbes, 2007

Estación	T° amb. °C	T° a °C	Sal. ups	pH	OD mL/L	PO ₄ ³⁻ ug-at/L	SiO ₃ ²⁻ ug-at/L	NO ₂ ⁻ ug-at/L	NO ₃ ⁻ ug-at/L
Playa El Bendito	28,4	26,9	31,278	7,88	4,90	1,85	29,03	0,62	2,29
Playa Hermosa	27,9	26,4	32,576	7,96	4,82	2,35	19,13	0,39	2,41
Los Cerezos	28,2	26,4	31,256	7,89	4,89	2,59	41,70	0,61	2,81
Caleta La Cruz	28,5	26,6	32,783	7,91	4,76	1,53	19,40	0,49	2,37
Mal Paso	28,5	26,4	33,146	7,94	4,69	2,31	19,04	0,41	1,67
Caleta Grau	28,2	26,6	33,490	7,94	4,80	2,02	21,21	0,41	3,75
Zorritos	29,0	26,0	33,497	7,90	5,01	4,91	21,66	0,58	2,23
Bocapán	27,2	26,0	33,591	7,98	5,13	2,23	15,49	0,47	2,36
Acapulpo	28,2	25,4	33,384	7,94	4,96	2,31	15,94	0,48	2,46
Playa Florida	28,4	25,3	33,559	7,96	4,68	1,63	24,62	0,37	2,30
El Rubio	27,9	25,3	33,349	7,97	4,86	1,85	18,19	0,53	2,08
Punta Mero	27,0	24,9	33,208	7,94	4,76	1,59	10,36	0,31	2,28
Cancas	25,7	24,2	33,463	7,94	4,70	3,82	8,95	0,43	2,92
Punta Sal	25,6	23,7	33,501	7,89	4,88	2,92	17,49	0,42	4,02
Promedio	27,8	25,7	33,006	7,93	4,85	2,42	20,16	0,47	2,57

Tabla 12. Valores del Índice de Correlación de Pearson "r", entre los parámetros oceanográficos de superficie y fondo en el hábitat de *Ostrea iridescens*, Región Tumbes, 2007

Nivel	T (°C) vs.	T (°C) vs.	T (°C) vs.	T (°C) vs.	T (°C) vs.	T (°C) vs.	Sal (ups) vs.
	Sal (ups)	O.D. (mL/L)	PO ₄ ³⁻ (ug-at/L)	SiO ₃ ²⁻ (ug-at/L)	NO ₂ ⁻ (ug-at/L)	NO ₃ ⁻ (ug-at/L)	O.D. (mL/L)
SUPERFICIE	-0,032	0,639	-0,044	-0,100	-0,453	-0,761	0,059
Nº de datos	58	103	103	103	103	103	59
FONDO	-0,435	0,621	-0,101	-0,101	-0,409	-0,775	-0,024
Nº de datos	55	102	102	102	102	102	55

Fuente: Estudio Biológico Pesquero de cuatro Invertebrados de Importancia Económica en la Región Tumbes, 2007

Tabla 13. Valores del Índice de Correlación de Pearson “r”, entre los parámetros oceanográficos de fondo y la profundidad en el hábitat de *Ostrea iridescens*. Tumbes, 2007

Nivel	Prof. (m) vs. T (°C)	Prof. (m) vs. Sal (ups)	Prof. (m) vs. O.D. (ml/L)	Prof. (m) vs. PO ₄ ⁻³ (ug-at/L)	Prof. (m) vs. SiO ₃ ⁻² (ug-at/L)	Prof. (m) vs. NO ₂ ⁻ (ug-at/L)	Prof. (m) vs. NO ₃ ⁻ (ug-at/L)
FONDO	-0,096	0,231	0,082	-0,029	-0,029	-0,156	0,024
Nº de datos	164	55	99	98	98	98	98

Fuente: Estudio Biológico Pesquero de cuatro Invertebrados de Importancia Económica en la Región Tumbes, 2007

Tabla 14.- Información meteorológica en los ecosistemas acuáticos. Tumbes, 2007

Ecosistema	Cober. Prom (octavos)	Viento			
		Dirección más frecuente	Velocidad máx.	Fecha	Estación
Esteros del manglar	5	NW	8,37	09-dic-07	Canal el Bendito
Aguas continentales	6	N y NW	6,71	30-oct-07	Río Tumbes
Marino costero	5	NW	6,28	09-dic-07	Playa El Bendito

El **promedio de la temperatura del agua** durante el 2007 fue menor en la mayoría de las estaciones de muestreo en los tres ecosistemas acuáticos con respecto a los promedios del 2006 (Anexo 4). Los datos evidenciaron que en el ecosistema de manglares, Puerto 25, alcanzó el máximo valor (36 °C) en marzo; mientras que el mínimo se encontró en Punta Sal, ecosistema marino costero. En el ecosistema marino la temperatura promedio del agua, fue mayor en la superficie, presentando una amplitud térmica de 0,6 °C.

La **salinidad** en el ecosistema de manglares, mostró mayores concentraciones en los canales Envidia y Soledad, que en ocasiones sobrepasaron las 42,00 ups, constituyéndose en promedio como los canales de marea más salinos. En los canales de marea Puerto Rico, Jelí, Algarrobo, Puerto 25 y Puerto Pizarro, la salinidad promedio no sobrepasó las 35,00 ups; sin embargo, los canales Corrales y El Alcalde presentaron salinidades promedio menores a los demás canales de marea, debido a la mayor proximidad con el río Tumbes. La salinidad y la temperatura del agua sólo mostraron asociaciones significativas en el canal El Alcalde (ecosistema de manglares) y en la

laguna La Coja del ecosistema de aguas continentales.

En el ecosistema de aguas continentales se obtuvieron las menores salinidades promedio, tal es el caso del río Zarumilla que alcanzó a 0,081 ups y el río Tumbes (abril) 0,006 ups.

En el ecosistema marino costero (orilla de playa) la menor salinidad promedio se registró en El Bendito (influencia del río Zarumilla), Playa Hermosa (influencia del río Tumbes) y Los Cerezos (influencia de las descargas de canales agrícolas). En el resto de playas muestreadas a lo largo del litoral se observó que la salinidad no tuvo marcada diferencia. La salinidad tuvo un grado medio de asociación indirecta con la temperatura en el fondo, mientras que en la superficie la asociación fue poco significativa; con la profundidad no existió relación de variación (ORDINOLA et al., 2008).

En el primer trimestre 2007, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se presentaron desde Punta Sal Grande hasta Canoas y Aguas Tropicales Superficiales (ATS) desde Baja Punta Mero hasta Bonanza Norte. En el segundo y tercer trimestre prevalecieron

las ATS; en el cuarto trimestre las AES predominaron desde Punta Sal Grande hasta Peña Redonda y las ATS desde Playa Florida hasta Acapulco (ORDINOLA et al., 2008).

El **oxígeno disuelto (OD)** presentó mayor concentración promedio en el canal Algarrobo (5,66 mL/L) del ecosistema de manglares.

En el ecosistema de aguas continentales, no hubo mucha diferencia entre los cuerpos de agua evaluados, las aguas de los ríos Tumbes y Zarumilla y las de la laguna La Coja se clasificaron tipo “buena” mientras que las aguas del dren Los Cerezos tipo “aceptable” (Anexo 1). La concentración mínima de oxígeno disuelto fue 0,29 mL/L (junio) en el dren Los Cerezos y la máxima fue 15,88 mL/L (noviembre) en la laguna La Coja.

PERKINS (1976) indicó que el rango óptimo de oxígeno en el agua para sostener la vida y el crecimiento debe fluctuar entre 3,70 y 5,60 mL/L; los resultados muestran que los canales de marea Puerto 25, Jelí y El Alcalde presentaron promedios críticos de OD para tales fines (Anexo 3).

Tras observar las diferencias entre el 2006 y el 2007 (Anexo 4),

la concentración promedio de OD en el 50% de las estaciones del ecosistema de manglares fue mayor en el 2007; en el ecosistema de aguas continentales sólo se observó diferencia entre ambos años en la laguna La Coja. En el ecosistema marino costero, se observó poca diferencia entre ambos años desde playa El Bendito hasta Acapulco; pero, desde Playa Florida hasta Punta Sal el OD promedio disminuyó en el 2007. En el ecosistema marino costero, orillas de playas, el OD fue casi constante a lo largo del litoral evaluado donde en promedio alcanzó un máximo de 5,13 mL/L en la playa Bocapán.

El OD superficial en el ecosistema marino costero (mar), fue alto en la mayoría de las estaciones, y entre Canoas y Punta Picos hubo saturación media. La concentración de OD en superficie y en fondo tuvo un grado moderado de asociación directa con la temperatura; en contraste con la salinidad y la profundidad que no ejercieron influencia significativa. De acuerdo a PERKINS (1976), el OD en el mar costero de Tumbes durante el 2007 tuvo niveles óptimos para la vida y crecimiento (sup. 4,94 mL/L, fondo 4,87 mL/L) y se clasificó en el tipo V de la Ley General de Aguas (LGA) (Anexos 2, 3).

Se observó que el OD promedio en la mitad (5) de los canales de marea evaluados tuvo comportamiento anómalo respecto a la temperatura del agua, mientras que en la otra mitad no existió correlación significativa. Lo mismo se observó en la laguna La Coja y en playa Bocapán. La correlación entre la salinidad y el OD en la mayoría de los canales de marea fue poco significativa, excepto en los canales Jelí y Puerto 25, caso similar se observó en el dren Los Cerezos, mientras que en el río Tumbes se obtuvo una anómala correlación directa y moderada. En las playas no hubo asociación significativa entre la salinidad y el OD (Tabla 9).

Al observar las correlaciones entre el OD y la temperatura del agua y el OD y la salinidad, se infiere que los niveles de concentración media de OD en el ecosistema de manglares y en aguas continentales estuvo más ligado a procesos biológicos y a procesos físicos (turbidez); mientras que en el ecosistema marino costero por playas, dependería más de los procesos físico-mecánicos y de mezcla en las orillas que de procesos biológicos.

El promedio del pH (2006, 2007) en las estaciones de muestreo en los ecosistemas de manglares y marino costero en orilla de playas, no presentó grandes diferencias. La laguna La Coja tuvo el máximo valor de 8,65 que la convirtió en el cuerpo de agua más alcalino de la región (Anexo 4).

En el ecosistema de manglares en un 70% de los canales de marea evaluados no existió asociación significativa entre el pH y la temperatura del agua, a excepción del canal El Alcalde que mostró una anómala asociación directa y moderada entre estos parámetros. En el ecosistema de aguas continentales el pH tuvo sus valores promedio dentro del rango óptimo, ya que las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5,0 o mayor a 9,5 no soportan vida vegetal ni especies animales. En base a los valores promedio de pH en el ecosistema de aguas continentales se pudo clasificar a las aguas, como "buena" para la laguna La Coja y "aceptable" para los ríos Zarumilla y Tumbes así como para el dren Los Cerezos (Anexo 1 A). En el ecosistema marino-costero a orilla de playa, el pH fue muy uniforme a lo largo de todo el litoral, sin superar a 8,0.

En los canales de marea Envidia, Algarrobo, Alcalde y Corrales existió una asociación directa y moderada entre el pH y el OD. Casos similares se detectaron en la laguna La Coja y el dren Los Cerezos; pero en el río Tumbes se

obtuvo una anómala asociación inversa y moderada. En el caso del ecosistema marino costero en playas sólo en Zorritos estos parámetros tuvieron una asociación significativa (Tabla 9).

Los **nutrientes** se encuentran por lo general en bajas concentraciones en las aguas naturales, principalmente en los océanos, y constituyen elementos importantes en la cadena trófica de los ecosistemas, pues a partir de ellos los microorganismos, principalmente el fitoplancton y algunas bacterias, sintetizan gran parte de compuestos orgánicos necesarios para su desarrollo. Pero, cuando estos elementos logran alcanzar altas concentraciones pueden causar la eutroficación de los cuerpos de agua donde se almacenan. Por estas razones es que se consideró evaluar la condición y fluctuaciones de los nutrientes en los ecosistemas acuáticos de la Región Tumbes ya que ellos con el tiempo han venido soportando un constante aporte de nutrientes y de otros compuestos (orgánicos e inorgánicos) producto de las actividades industriales y domésticas de la población, así como de las lluvias.

La concentración promedio de **fosfatos**, en el ecosistema de manglares, durante el 2007, mostró diferencias entre los 10 canales de marea. Se observó que las mayores concentraciones se presentaron en Puerto Pizarro y el canal Soledad, donde alcanzaron 6,32 y 6,30 ug-at/L respectivamente, lo cual parece estar ligado a la alta carga de material orgánico en suspensión que se observó en ambas estaciones. En los canales Puerto 25 y El Alcalde las altas concentraciones de fosfatos podrían justificarse en la misma razón. En este ecosistema, sólo en el canal Corrales se obtuvo una asociación media e inversa con la temperatura del agua, en los demás no hubo asociación significativa (Tabla 9).

En el ecosistema de aguas continentales, la laguna La Coja presentó la máxima concentración promedio de fosfatos llegando a 7,00 ug-at/L, lo cual la situó como el cuerpo de agua con mayor concentración de este nutriente. Este valor puede justificarse en parte por lo expuesto en el párrafo anterior, además que en este cuerpo de agua lenticó no hubo recambio ni circulación de agua en casi todo el año 2007, salvo en el período de lluvias donde más bien pudo haber aporte terrígeno. Sólo en el río Zarumilla los fosfatos y la temperatura del agua alcanzaron un alto grado de asociación anómala directa; en los demás esta asociación no fue significativa (Tabla 9).

En el ecosistema marino costero a orilla de playas, los fosfatos alcanzaron el menor promedio anual. En mar, los fosfatos alcanzaron mayores concentraciones en el fondo de la columna de agua. En las estaciones del litoral sur y norte se observó que la concentración media en la columna de agua apenas sobrepasó 2,00 ug-at/L, mostrando picos de mayor concentración en la zona centro. Ni la temperatura, ni la profundidad ejercieron influencia sobre los fosfatos. La mínima concentración de fosfatos fue 0,04 ug-at/L (agosto) en Punta Mero y la máxima fue 56,03 ug-at/L (octubre) en Zorritos.

Los **silicatos**, en el ecosistema de manglares presentaron concentraciones cercanas a los 100,00 ug-at/L en los canales de marea El Alcalde y Corrales, este último debido a la influencia cercana de las aguas del río Tumbes. Se observó que sólo en los canales Jelí y Puerto 25 hubo asociaciones anómalas directas y moderadas con la temperatura del agua. Este nutriente fue el más abundante en los tres ecosistemas evaluados. La mínima concentración de silicatos fue 2,90 ug-at/L (septiembre) en El Rubio del ecosistema marino costero, y la máxima fue 591,63 ug-at/L (marzo) en

el río Zarumilla del ecosistema de aguas continentales.

En las orillas de las playas en el ecosistema marino costero los silicatos alcanzaron las menores concentraciones promedio; la mayor estuvo en playa Los Cerezos, llegando a 41,70 ug-at/L debido a la influencia de las descargas del dren agrícola del mismo nombre, mostrándose uniforme en el resto de playas. En las orillas de las playas Caleta Grau, Zorritos, El Rubio y Punta Mero existió asociación anómala moderada y directa con la temperatura del agua. En mar, los silicatos casi siempre presentaron mayores concentraciones medias en el fondo de la columna de agua, mostrando picos en la zona centro del litoral (El Rubio), donde llegaron casi a 50,00 ug-at/L en el fondo; pero la concentración máxima de este nutriente se registró en marzo en Punta Picos (130,61 ug-at/L).

Los **nitritos** fueron los nutrientes que presentaron menor concentración promedio en los tres ecosistemas. En el ecosistema de manglares alcanzó sus máximos valores promedio en el 2007, llegando a 4,16 ug-at/L en el canal de marea Soledad; destacando también en los canales como Puerto 25, El Alcalde y Corrales. Este nutriente sólo tuvo asociación significativa con la temperatura del agua en el canal de marea El Alcalde.

En el ecosistema de aguas continentales, los nitritos mantuvieron sus concentraciones promedio por debajo de 2,00 ug-at/L, siendo el máximo promedio de 1,62 ug-at/L en el río Tumbes; en este ecosistema la temperatura del agua y los nitritos no presentaron asociación significativa.

En el ecosistema marino costero por playas, los nitritos alcanzaron concentraciones promedio anuales sin mucha diferencia entre las playas evaluadas, llegando a un máximo de 0,62 ug-at/L en playa El Bendito, seguido de 0,61 ug-at/L

en Los Cerezos. Sólo en playa El Bendito se apreció una asociación significativa con la temperatura del agua. En mar, las concentraciones de nitritos por lo general fueron mayores en el fondo, alcanzando un máximo de 1,38 ug-at/L (marzo) en Peña Negra; pero en promedio en la columna de agua no sobrepasó 0,90 ug-at/L y mostró picos de máximas concentraciones entre Punta Picos y Acapulco. En esta parte del ecosistema la temperatura del agua tuvo un grado de asociación casi medio e inverso con este nutriente; con la profundidad no existió asociación significativa (Tabla 9).

La mínima concentración de nitritos fue 0,01 ug-at/L (abril) en el río Zarumilla (ecosistema de aguas continentales), y la máxima fue 29,34 ug-at/L (junio) en el canal de marea Puerto 25 (ecosistema de manglares).

Los **nitratos**, fueron el segundo grupo de nutriente más abundantes en los tres ecosistemas de la región, muy cerca estuvieron los fosfatos. En el ecosistema de manglares, en la mayoría de las estaciones la concentración promedio anual no sobrepasó 6,00 ug-at/L; sin embargo, en el canal Soledad logró alcanzar 13,29 ug-at/L, por lo que este canal de marea fue el mayor portador de procesos de descomposición de materia orgánica y nitrificación durante el 2007, ya que no sólo superó al resto de canales en nitratos, sino también lo hizo en fosfatos y nitritos. La temperatura del agua en este ecosistema parece no haber guardado mucha relación con la concentración de los nitratos; sin embargo, en el canal Jelí se obtuvo una anómala asociación casi media.

En el ecosistema de aguas continentales los nitratos mostraron una máxima concentración promedio del año, de 21,08 ug-at/L en el río Tumbes convirtiéndolo en el cuerpo de agua donde se produjeron procesos de nitrificación a ma-

yor escala. En este río los nitratos llegaron a alcanzar 46,48 ug-at/L. En laguna La Coja, los nitratos y la temperatura del agua mostraron anómala asociación directa y moderada, mientras que en el dren Los Cerezos la asociación fue media e inversa. En base a la concentración promedio de nitratos, se clasificó al agua de la laguna La Coja, del río Zarumilla y dren Los Cerezos como "excelente", mientras que las del río Tumbes como "buena" (Anexo 1).

En el ecosistema marino costero por playas los nitratos en promedio no tuvieron grandes fluctuaciones a lo largo del litoral, sus concentraciones no llegaron a los 5,00 ug-at/L. La temperatura mostró asociación anómala y moderada con los nitratos en la playa El Bendito. En mar, los nitratos mostraron un aumento latitudinal, mostrándose por lo general en mayor concentración en el fondo de la columna de agua. La temperatura del agua y los nitratos tuvieron una asociación inversa y moderada tanto en superficie como en fondo, con la profundidad no hubo asociación significativa.

La mínima concentración de nitratos fue 0,00 ug-at/L (septiembre) en Cancas, y la máxima fue 65,51 ug-at/L (agosto) en el canal de marea Soledad.

HUANES (1978) mencionó que el grado de correlación es variable cuando las muestras son pocas y que el coeficiente de correlación no implica necesariamente una medida de causa-efecto (citado en MONTERO, 2005); sin embargo, su uso en el presente estudio ha sido de gran utilidad y lo será en el futuro cuando la data sea mayor y más consistente (MONTERO, 2007).

Las diferencias de concentración de nutrientes entre el 2006 y el 2007 (Anexo 4) indican incremento en la mayoría de las estaciones de muestreo en los tres ecosistemas acuáticos. En el ecosistema de

manglares en el 2007 aumentaron los nitritos (48%) y nitratos (58%), mientras que en el ecosistema marino costero a orilla de playas, fueron fosfatos (98%) y silicatos (86%). En el caso del ecosistema de aguas continentales, en el río Tumbes hubo un aumento de fosfatos (117%) y nitritos (136%) mientras que en la laguna La Coja se produjo un aumento de silicatos (132%) y nitratos (492%).

Los sedimentos son una matriz integradora en el tiempo de los cambios químicos y equilibrio de la solubilidad de los compuestos orgánicos e inorgánicos contenidos en la columna de agua. La absorción de compuestos orgánicos, la formación de complejos y/o de precipitados, son los mecanismos que integran compuestos químicos a los sedimentos (RUDOLPH et al., 2000). El papel que juega el sedimento en el medio acuático es de primordial importancia, ya que es reflejo de lo que sucede en la columna de agua; en épocas de gran florecimiento el aporte de materiales orgánicos a la fase sedimentaria es mayor y dadas las características diagenéticas y geológicas de cada región, como tasas de sedimentación y velocidades de degradación (STEWART, 1958), se proporcionan materiales remineralizados para los consumidores primarios y alimentación para los consumidores béticos, algunos de ellos de importancia comercial. Los estudios sobre materia orgánica (MO) en el sedimento de ambientes marinos, salobres y dulceacuícolas son muy variados y con diversos fines. Un aspecto biológico de los más abordados ha sido la remineralización y disponibilidad de sus productos a los consumidores primarios, base fundamental para las cadenas alimentarias (RICHARDS et al. 1965, DARNELL 1967, JOHANNES 1968 HEALD 1969, PARSONS y SEKI 1970 WETZEL y MANNY 1972, HEAD 1973, entre otros). La materia orgánica es la fuente de energía del sistema sedimentario y en donde los agentes biológicos son los principales fac-

tores de los cambios diagenéticos, lo que lleva a una transformación de materiales tanto en su composición como en sus propiedades físicas y químicas (STRAKHOV 1960, vide BORDOVSKIY 1965). Según MEYERS et al. (1997), la materia orgánica sedimentaria (MOS) proporciona variedad de indicadores que pueden utilizarse como registros de paleoambientes y paleoclimas marinos y continentales.

En el ecosistema de manglares se observó que en un 50% de los canales de marea los sedimentos presentaron porcentajes homogéneos de materia orgánica, mientras que en el otro 50% fueron muy variados. La concentración de carbonatos fue heterogénea entre los canales de marea, mostrando distintos niveles de mineralización en sus sedimentos. El pH de los sedimentos de los canales de marea reveló que el 60% fueron neutros (Anexo 3).

En el ecosistema de aguas continentales, los sedimentos presentaron porcentajes heterogéneos de materia orgánica y de concentraciones de carbonatos, observándose diferencias notables entre los ríos Tumbes y Zarumilla. El pH de los sedimentos (Anexo 3) de la laguna La Coja y del río Zarumilla fueron medianamente alcalinos, mientras que en el río Tumbes estuvieron cercanos a la neutralidad.

En los ecosistemas de manglares y de aguas continentales se determinó moderada asociación directa entre el porcentaje de materia orgánica y la concentración de carbonatos.

El menor porcentaje promedio de materia orgánica en sedimentos fue 1,02 en Puerto Pizarro, mientras que el máximo fue 7,51 en el canal de marea Corrales.

La menor concentración promedio de carbonatos en sedimentos fue 12,88 g/kg en Puerto Pizarro, mientras que la máxima fue 32,99 g/kg en el canal de marea Puerto 25.

El menor pH promedio fue 5,02 (moderadamente ácido) en el canal de marea Corrales y el mayor fue 8,17 (medianamente alcalino) en la laguna La Coja.

5. REFERENCIAS

- CIFUENTES J, TORRES M, FRÍAS M. El océano y sus recursos II. Las ciencias del mar: Oceanografía, Geología y Oceanografía química.
- GRASSHOFF K. 1976. Methods of seawaters Análisis. Verlag Chemie. New York.
- GONZÁLEZ I, BELTRÁN L, ANTONIETTI E, JACINTO M, OROZCO R. 2006. Evaluación de la Calidad marina y mareas rojas en la bahía de Paita, marzo del 2005. Inf. Prog. IMARPE.
- MONTERO P. 2005. Calidad del Lago Sauce (Región San Martín) con fines piscícolas de marzo a octubre del 2004. Tesis para optar el título profesional de Biólogo Pesquero. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela de Biología Pesquera. Trujillo, Perú.
- MONTERO P. 2007. Calidad Ambiental de los Ecosistemas Acuáticos de la Región Tumbes, 2006. Inf. Anual. IMARPE – Tumbes.
- ORDINOLA E, ALEMÁN A, MONTERO P. 2008. Estudio Biológico Pesquero de cuatro Invertebrados de Importancia Económica en la Región Tumbes. Inf. Anual, 2007. IMARPE – Tumbes.
- PERKINS E. 1976. The Biology of Estuaries and Coastal Waters. Academic Press Inc. 2da edic. London, Great Britain.
- RUDOLPH A, FRANCO C, BECERRA J, et al. 2000. Evaluación de materia orgánica e hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos superficiales, Bahía Concepción-Chile. *Bol. Soc. Chil. Quím.*, dic. 2002, vol.47, no.4, p.403-410. ISSN 0366-1644.
- STRICKLAND J, PARSONS T. 1972. A practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada. 2da. edic. Ontario, Canadá.
- WEB SITE:**
- (¹) <http://www.k12science.org/curriculum/dipproj2/es/fieldbook/dbo.shtml>
- (²) <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/oceano2.html>
- (³) OCEANOGRAFÍA BÁSICA
Características químicas del agua de mar
http://danival.org/100%20biolomar/1300mar/mar_carquim.html
- (⁴) http://danival.org/100%20biolomar/1300mar/mar_carquim.html
- (⁵) <http://biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1986-1/articulo203.html>
- DE LA LANZA G. Materia orgánica en los Sedimentos del Sistema Lagunar Huizache y Caimanero: Importancia, Comportamiento y Significado en Modelos de Predicción. Anales del Instituto de Ciencias del mar y Limnología.
- (⁶) http://www.igme.es/internet/Serv_Publicaciones/boletin/117_esp_2006/ART16.pdf
- SÁNCHEZ GARCÍA L et al. 2006. Caracterización geoquímica de la materia orgánica en sedimentos. Discusión sobre la cuantificación del BC. *Boletín Geológico y Minero*, 117 (Núm. Monográfico Especial): 571-576 ISSN: 0366-0176 (Archivo PDF)

ANEXO 1

Tablas de calidad de agua dulce basadas en la concentración de pH (A), oxígeno disuelto (B) y nitratos (C).

A) Nivel de pH	Calidad del agua
	Mala: Muy ácida
Menos de 5,5	A los peces y otros organismos les será casi imposible sobrevivir
5,5 - 5,9	Aceptable
6,0 - 6,4	Buena
6,5 - 7,5	Excelente
7,6 - 8,0	Buena
8,1 - 8,5	Aceptable
	Mala: Muy alcalina
Más de 8,6	A los peces y otros organismos les puede se casi imposible sobrevivir

B) Nivel de OD (ppm)	Calidad del agua
	Mala
0,0 - 4,0	Algunas poblaciones de peces y macro invertebrados empezarán a bajar
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 - 12,0	Buena
	Repita la prueba
12,0 - +	El agua puede airearse artificialmente

C) Nivel NO ₃ -N (ppm)	Calidad del agua
0 - 1,0	Excelente
1,1 - 3,0	Buena
3,1 - 5,0	Aceptable
5,0 o más	Mala

Derechos de Autor © 2006 Stevens Institute of Technology.

Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE) Todos los Derechos Reservados.

Fuente: <http://www.k12science.org/curriculum/dipproj2/fieldbook/dbo.shtml>

ANEXO 2

LEY GENERAL DE AGUAS D.L. N° 17752 Y SUS MODIFICACIONES AL REGLAMENTO SEGÚN EL DECRETO SUPREMO N° 007-83-S.A.

CLASIFICACIÓN DE LOS CURSOS DE AGUA Y DE LA ZONA COSTERA

AGUA MARÍTIMA				
DENOMINACIÓN	IV	V	VI	Expresado
Coliformes Totales	5000	1000	20000	NMP/100 mL
Coliformes Fecales	1000	200	4000	NMP/100 mL
Oxígeno disuelto (OD)	3	5	4	mg/L como OD
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	10	10	10	mg/L como DBO
Sólidos suspendidos (SST)	100	+100	---	mg/L

IV: Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños similar)

V: Aguas de zona de pesca de mariscos bivalvos

VI: Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial

Fuente: Evaluación de la calidad marina y mareas rojas en la bahía de Paita, marzo del 2005.
Evaluación de la calidad marina y mareas rojas en la bahía de Paita, agosto del 2005.

ANEXO 3

Tabla de clasificación de los suelos en según el valor de su pH

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	< 5,0
Moderadamente ácido	5,1 – 6,5
Neutro	6,6 – 7,3
Medianamente alcalino	7,4 – 8,5
Fuertemente alcalino	> 8,5

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000

[http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Normas Oficiales Mexicanas vigentes/NOM-021-RECNAT-2000.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-021-RECNAT-2000.pdf)

ANEXO 4

Comparación de algunos parámetros ambientales en los ecosistemas acuáticos de la Región Tumbes, entre el 2006 y el 2007.

Estación	T.A. (°C)			T.a. (°C)			Sal. (ups)			pH			O.D. (ml/L)		
	2006	2007	Dif.	2006	2007	Dif.	2006	2007	Dif.	2006	2007	Dif.	2006	2007	Dif.
Canal Puerto Rico	29,1	29,1	0,0	26,6	27,7	-1,1	29,884	34,346	-4,462	8,01	7,78	0,23	3,85	4,20	-0,35
Puerto Pizarro	29,7	28,0	1,7	26,9	27,9	-1,0	31,929	32,112	-0,183	7,94	7,76	0,18	3,76	4,16	-0,40
Canal El Jeli	30,0	28,9	1,1	26,5	26,6	-0,1	33,019	32,106	0,913	8,05	7,82	0,23	4,27	3,79	0,48
Canal El Bendito	29,6	28,2	1,4	27,4	27,7	-0,3	35,226	33,769	1,457	7,95	7,79	0,16	3,67	4,51	-0,84
Canal Envidia	29,9	29,9	0,0	28,0	26,8	1,2	24,000	37,367	-13,367	8,06	8,07	-0,01	6,11	4,24	1,87
Canal Soledad	29,2	29,2	0,0	28,4	27,6	0,8	33,015	37,063	-4,048	7,94	8,12	-0,18	6,87	5,28	1,59
Canal Algarrobo	29,5	29,2	0,3	27,9	27,6	0,3	31,068	34,225	-3,157	7,92	7,92	0,00	5,40	5,66	-0,26
Canal Puerto 25	29,8	27,7	2,1	28,4	27,6	0,8	33,284	34,624	-1,340	7,98	7,68	0,30	4,19	3,07	1,12
Cana El Alcalde	28,7	28,4	0,3	27,8	27,5	0,2	32,955	27,399	5,556	7,69	7,76	-0,07	3,72	3,91	-0,19
Canal Corrales	31,0	26,5	4,5	27,1	27,3	-0,2	20,420	18,264	2,156	7,88	7,68	0,20	5,32	4,79	0,53
Laguna La Coja	28,2	26,2	2,0	28,3	27,2	1,1	3,849	9,594	-5,745	8,34	8,65	-0,32	4,88	5,54	-0,66
Río Zarumilla	29,6	26,2	3,4	28,2	25,3	2,9	0,016	0,081	-0,065	7,45	7,57	-0,12	5,45	5,36	0,09
Río Tumbes	30,8	28,9	1,9	26,8	27,7	-0,9	1,510	0,208	1,302	7,76	7,24	0,52	5,42	5,58	-0,16
Playa El Bendito	29,3	28,4	0,9	26,8	26,9	-0,1	31,959	31,278	0,681	8,08	7,88	0,20	4,90	4,90	0,00
Playa Hermosa	28,9	27,9	1,0	26,6	26,4	0,2	33,473	32,576	0,897	8,10	7,96	0,14	4,75	4,82	-0,08
Los Cerezos	29,2	28,2	1,0	26,7	26,4	0,3	33,529	31,256	2,273	8,05	7,89	0,16	4,75	4,89	-0,14
Caleta La Cruz	28,9	28,5	0,4	26,8	26,6	0,2	33,961	32,783	1,178	8,12	7,91	0,21	4,76	4,76	0,00
Mal Paso	28,7	28,5	0,2	27,0	26,4	0,6	33,820	33,146	0,674	7,98	7,94	0,04	4,73	4,69	0,04
Caleta Grau	29,6	28,2	1,4	27,0	26,6	0,4	33,651	33,490	0,161	8,08	7,94	0,14	4,75	4,80	-0,05
Zorritos	28,7	29,0	-0,3	26,7	26,0	0,7	33,839	33,497	0,342	7,98	7,90	0,08	4,83	5,01	-0,18
Bocapan	28,4	27,2	1,2	26,8	26,0	0,8	33,876	33,591	0,285	8,04	7,98	0,06	5,08	5,13	-0,05
Acapulco	28,6	28,2	0,4	26,2	25,4	0,8	33,751	33,384	0,367	7,98	7,94	0,04	5,02	4,96	0,06
Playa Florida	28,3	28,4	-0,1	25,8	25,3	0,5	34,008	33,559	0,449	8,11	7,96	0,15	5,21	4,68	0,53
El Rubio	28,3	27,9	0,4	26,2	25,3	0,9	33,874	33,349	0,525	8,01	7,97	0,04	5,35	4,86	0,49
Punta Mero	28,1	27,0	1,1	25,4	24,9	0,5	33,931	33,208	0,723	8,04	7,94	0,10	5,34	4,76	0,58
Cancas	28,1	25,7	2,4	24,6	24,2	0,4	34,003	33,463	0,540	7,95	7,94	0,01	5,33	4,70	0,63
Punta Sal	27,2	25,6	1,6	24,4	23,7	0,7	34,137	33,501	0,636	7,98	7,89	0,09	5,42	4,88	0,54

Estación	PO ₄ ⁻³ (ug-at/L)			SiO ₃ ⁻² (ug-at/L)			NO ₂ ⁻ (ug-at/L)			NO ₃ ⁻ (ug-at/L)		
	2006	2007	Dif.	2006	2007	Dif.	2006	2007	Dif.	2006	2007	Dif.
Canal Puerto Rico	2,14	2,94	-0,80	33,27	49,44	-16,17	0,38	1,18	-0,80	2,80	3,05	-0,25
Puerto Pizarro	2,75	6,32	-3,57	26,66	36,26	-9,60	0,37	0,64	-0,27	2,31	5,74	-3,43
Canal El Jeli	1,73	2,24	-0,51	21,32	33,71	-12,39	0,37	0,47	-0,10	2,16	2,75	-0,59
Canal El Bendito	3,86	3,23	0,63	42,88	43,40	-0,52	0,55	0,57	-0,02	3,50	2,96	0,54
Canal Envidia	10,58	4,42	6,16	68,99	59,40	9,59	1,80	0,58	1,22	3,15	1,91	1,24
Canal Soledad	6,00	6,30	-0,30	62,55	50,12	12,43	6,86	4,16	2,70	4,22	13,29	-9,07
Canal Algarrobo	7,34	3,52	3,82	71,57	58,42	13,15	0,55	1,03	-0,48	1,49	3,94	-2,45
Canal Puerto 25	8,28	5,42	2,86	86,47	78,96	7,51	2,11	3,57	-1,46	3,25	4,63	-1,38
Cana El Alcalde	7,11	5,81	1,30	79,75	99,09	-19,34	1,86	2,03	-0,17	2,99	4,27	-1,28
Canal Corrales	3,45	4,36	-0,91	76,63	102,96	-26,33	1,07	2,21	-1,14	5,30	4,82	0,48
Laguna La Coja	7,03	7,00	0,03	85,06	197,36	-112,30	0,48	0,28	0,20	1,11	6,59	-5,48
Río Zarumilla	4,49	4,03	0,46	152,24	328,98	-176,74	0,48	0,33	0,15	4,54	2,96	1,58
Río Tumbes	1,08	2,34	-1,26	126,09	205,72	-79,63	0,69	1,62	-0,93	14,54	21,08	-6,54
Playa El Bendito	2,95	1,85	1,10	18,24	29,03	-10,79	0,49	0,62	-0,13	1,80	2,29	-0,49
Playa Hermosa	1,21	2,35	-1,14	13,06	19,13	-6,07	0,39	0,39	0,00	2,14	2,41	-0,27
Los Cerezos	1,81	2,59	-0,78	14,05	41,70	-27,65	0,29	0,61	-0,32	1,73	2,81	-1,08
Caleta La Cruz	0,87	1,53	-0,66	11,71	19,40	-7,69	0,28	0,49	-0,21	1,26	2,37	-1,12
Mal Paso	1,39	2,31	-0,92	11,09	19,04	-7,95	0,41	0,41	0,00	1,16	1,67	-0,52
Caleta Grau	1,10	2,02	-0,92	11,90	21,21	-9,31	0,28	0,41	-0,13	1,27	3,75	-2,48
Zorritos	0,95	4,91	-3,96	12,01	21,66	-9,65	0,36	0,58	-0,22	1,25	2,23	-0,98
Bocapan	1,77	2,23	-0,46	10,96	15,49	-4,53	0,61	0,47	0,14	1,92	2,36	-0,44
Acapulco	1,17	2,31	-1,14	9,15	15,94	-6,79	0,42	0,48	-0,06	1,96	2,46	-0,50
Playa Florida	0,81	1,63	-0,82	8,43	24,62	-16,19	0,36	0,37	-0,01	1,71	2,30	-0,59
El Rubio	1,23	1,85	-0,62	7,37	18,19	-10,82	0,35	0,53	-0,18	1,43	2,08	-0,65
Punta Mero	1,19	1,59	-0,40	6,89	10,36	-3,47	0,42	0,31	0,11	2,39	2,28	0,11
Cancas	1,12	3,82	-2,70	8,53	8,95	-0,42	0,43	0,43	0,00	3,77	2,92	0,85
Punta Sal	1,57	2,92	-1,35	9,22	17,49	-8,27	0,48	0,42	0,06	4,16	4,02	0,14

Fuente: Calidad Ambiental de los Ecosistemas Acuáticos de la Región Tumbes, 2006.