

VARIABILIDAD FÍSICOQUÍMICA Y FISIAGRÁFICA DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR SAN PEDRO-VICE (PIURA-PERÚ)

Walter Huaylino Villalva*. Eliana Quispitúpac Quispitúpac*. Norberta Martínez Luján*

RESUMEN

El ecosistema de manglar San Pedro (Vice-Piura) empezó su expansión a partir del evento "El Niño" del año 1983; constituye una zona de refugio y reproducción para organismos acuáticos de importancia comercial. Se realizó un monitoreo estacional, estableciéndose 9 estaciones fijas (R1, R2, R3, M1, M2, M3, M4, M5 y M6), para la evaluación de parámetros físicoquímicos y fisiográficos. Los valores altos de oxígeno (10.40-13.20 mg/l). La conductividad eléctrica (8.89-14.22 mS), la concentración de nitratos (> 0.25 ppm) y el pH (8.0-8.1) reflejan procesos de actividad del fitoplancton, calificando al ecosistema como altamente productivo; el factor de impacto es la sedimentación de material arrastrado del curso superior del río que determina las características fisiográficas para cada ambiente. El sustrato arenoso y arenolimoso asociado con vegetación sumergida en el río, limoso, limoarcilloso y arenolimoso con materia orgánica en el manglar, depende directamente de los procesos de sedimentación, afectando de modo directo en el establecimiento de hábitat para los macroinvertebrados. Este ecosistema presenta alta heterogeneidad de hábitat e inestabilidad espacio-temporal respecto a sus características físicoquímicas y fisiográficas.

Palabras clave: Manglar, dinámica estructural, productividad.

ABSTRACT

The swamp ecosystem San Pedro (Vice-Piura), their expansion began starting from the event ENSO of the year 1983, it constitutes a refuge area and reproduction for aquatic organisms of commercial importance. We was carried out a seasonal monitoreo, settling down 9 fixed stations (R1, R2, R3, M1, M2, M3, M4, M5 and M6), for the evaluation of parameters physicochemicals and fisiográficos. The high values of I oxygenate (10.40 - 13.20 mg/l). The electric conductivity (8.89 - 14.22 mS), the concentration of nitrates (> 0.25 ppm), and the pH (8.0 - 8.1) they reflect processes of activity of the fitoplancton, qualifying to the ecosystem like highly productive, the impact factor is the sedimentation of dragged material of the superior course of the river that determines the characteristic fisiográficas for each habitat. The sandy sustrato and arenolimoso associated to vegetation submerged in the river, oozy, limoarcilloso and arenolimoso with organic matter in the swamp, depend directly on the sedimentation processes, affecting in a direct way in the habitats establishment for the macroinvertebrados. This ecosystem, presents high habitat heterogeneity and uncertainty space-storm regarding its characteristic físicoquímicas and fisiográficas.

Keywords: Swamp, structural dynamics, productivity.

INTRODUCCIÓN

El estudio ecológico de un hábitat evalúa las características físicoquímicas y fisiográficas en las que se vive asociado con el componente biótico; estas apreciaciones son útiles para comprender el

grado de intervención o de deterioro al que ha sido sometido un ecosistema y así establecer estrategias correspondientes a un manejo adecuado (UICN, 2001; Tabilo, 1999; Day y Yañez, 1988; Lugo *et al*, 1980).

* Laboratorio de Entomología. Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM. wjvillalva@yahoo.es

La estructura de las comunidades biológicas, sus variaciones cuantitativas y cualitativas, están determinadas por las condiciones del ambiente, el potencial biótico y la resistencia ambiental de sus componentes. En los ecosistemas acuáticos tropicales, la distribución y abundancia de los organismos está afectado principalmente por la calidad del agua, el sustrato, la velocidad del caudal y sus variaciones estacionales (Briceño *et al*, 1998; Briceño, 1994; Yáñez *et al*, 1988).

La estructura de las comunidades acuáticas tropicales está sujeta a la variabilidad espacio temporal del ecosistema; esta variabilidad representa una oferta de alimento y hábitat, y la oferta alimenticia y la de hábitat están condicionadas esencialmente por la variación en la dinámica fisiográfica del paisaje (De Lachica, 1980).

La heterogeneidad espacial permite caracterizar la distribución horizontal y vertical de las comunidades presentes; su alteración o variación afecta de modo directo en la estructura comunitaria de los organismos asociados con ella, y la evaluación espacial permite conocer la respuesta o fluctuaciones de las comunidades a diversos impactos (Briceño *et al*, 1996). La ribera de los cuerpos de agua constituye un hábitat con mayor riqueza y diversidad y la naturaleza física del sustrato es un factor que incide en la distribución y abundancia de la fauna límnic (Flores, 1980).

Por los antecedentes mencionados, es necesario describir la variación espacio temporal de los componentes y procesos importantes que participan en la dinámica del ecosistema, a través de la descripción de la variabilidad físicoquímica del medio acuático y la persistencia de la oferta de hábitat del ecosistema de manglar de San Pedro (Vice-Piura). La evaluación paisajística del manglar implica un análisis integral de factores que actúan a escala temporal y espacial; estos datos permitirán evaluar los procesos que regulan la estructura y el funcionamiento del ecosistema (Bacon, 1980).

El funcionamiento de este ecosistema, al igual que de ambiente similares, no es independiente del paisaje que lo rodea, sino que existen fuertes lazos entre los aspectos físicos y bióticos; la existencia de estos esteros depende en gran medida de la presencia de condiciones creadas y mantenidas por factores a gran escala entre los que se encuentran los procesos de sedimentación y el patrón de cobertura del terreno, que afecta el desarrollo hidrológico del sistema acuático por influir en el patrón de almacenamiento de agua, en el

mantenimiento de la biodiversidad y el papel que desempeña en el sostenimiento de la conectividad y movilidad de los procesos ecológicos (Soberón *et al*, 1988).

Este manglar, formado por la porción terminal del río Sechura, presenta heterogeneidad de hábitat. Esta heterogeneidad a través de la dinámica de sus variables físicoquímicas y fisiográficas condiciona la dinámica de sus comunidades bióticas. Para comprender el manejo integral de este ecosistema es preciso señalar, analizar e interrelacionar los componentes principales que determinan el carácter de la estructura paisajística y su mecanismo de regulación.

El objetivo del presente estudio es describir las variaciones espaciales y temporales en el manglar San Pedro durante el año 2002 a fin de encontrar los procesos y componentes importantes que condicionan la dinámica de este ecosistema.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el año 2002 en el manglar San Pedro (Fig. N.º 1), localizado en la desembocadura del río Sechura (05° 30' 10,6" S y 80° 53' 49" W). Se realizó la descripción espacio temporal de las características físicoquímicas y fisiográficas mediante la evaluación de la variabilidad en el espacio y tiempo de parámetros físicoquímicos y fisiográficos (tabla N.º 1). Además, se evaluó la estabilidad como la tendencia de cada subsistema a permanecer o volver luego de una perturbación al punto inicial, la persistencia en el tiempo y espacio de las variables fisiográficas y el mecanismo de regulación ambiental de naturaleza determinística o estocástica si cada subsistema está asociado con el libre flujo de los factores ambientales, a fin de determinar el carácter de la estructura del ecosistema, mediante el protocolo de monitoreo de la National Water Quality Assessment Program (Dallmeier y Alonso, 1997).

Se llevaron a cabo cuatro muestreos: verano, otoño, invierno y primavera (V, O, I y P respectivamente). Se establecieron nueve estaciones fijas; tres correspondieron al río (R1, R2 y R3) y seis al manglar (M4, M5, M6, M7, M8 y M9).

En cada estación se llevó a cabo la evaluación físicoquímica del agua "in situ"; para la cuantificación del oxígeno (O₂ mg/l) y nitratos (NO₃ mg/l) se empleó un kit limnológico LaMotte; el pH y la conductividad eléctrica (CE mS/cm²) se midieron con un potenciómetro y conductímetro digital

respectivamente; la salinidad (Sal ‰) se evaluó de acuerdo con el método propuesto por Roldán (1992), como función directa de la conductividad eléctrica, teniendo en consideración que este parámetro mide la cantidad total de sales disueltas, profundidad (Prof), transparencia (Trans) mediante el disco de Secchi; el valor de la productividad (Prod) se obtuvo en función al índice de extinción de la luz, y la temperatura del agua (T° Agua) por medio de un termómetro óptico de mercurio (-5 °C - 45 °C / 0,5 °C). Estos datos, excepto los nitratos, cuyos rangos son de < 0,25 (1), 0,25 (2), > 0,25 (3) ó 0,5 mg/l (4), se consideran cuantitativos para su análisis posterior.

Con el objeto de determinar las características fisiográficas de cada estación, se estableció un transecto de 10 x 3 m paralelo a la línea de ribera, teniendo en cuenta, que cada variable fisiográfica no solo puede diferir internamente de categoría a categoría, sino que puede ser clasificada en rangos. Se eligió una escala ordinal para cada evaluación, de tal modo que el sustrato (Sus) en función al análisis de textura manual se clasificó como arenoso (1), limoarenoso (2), limo (3) o limoarcilloso (4), hidrofitas sumergidas (Hid) ausentes (1) o presentes (2); pendiente (Pend) puede ser clasificada como moderada (1) si la línea de caída desde la orilla no excede a los 45° o fuerte (2). El uso del terreno circundante, de acuerdo con el tipo de actividad desarrollada dentro del área evaluada (Terr), zona de arrojado de basura, pastoreo y extracción de totora (1), zona de pastoreo y extracción de totora (2), zona de desembarque (3), zona de extracción de totora (4) o zona sin uso (5). La evidencia de contaminación (Cont) no evidente (1), potencial (2) o evidente (3). El estado de la vegetación ribereña, en función a cualquier impacto que hubiese afectado su composición (Veg), intacta (1) poco disturbada (2) o muy disturbada (3). El grado de erosión marginal (Eros), baja (1), moderada (2) o alta (3). La cobertura vegetal de acuerdo con la densidad de organismos vegetales (Cob), despejada (1), parcialmente cubierta (2) o totalmente cubierta (3). La acumulación de materia orgánica en el cuerpo de agua (MO), ausente (1), parcial (2) o alta (3). El flujo del caudal del cuerpo de agua (Flu) se ordena como laminar, cuando no se observa movimiento (1), o turbulento (2); la composición de la estructura vegetal (Estr), homogénea, en caso de que la composición de especies no presente variación (1), o heterogénea (2). Estos datos se consideran cualitativos para su análisis posterior.

Con el objeto de determinar si existe una variación espacio temporal en cada subsistema se

procedió al análisis de la varianza de los datos cuantitativos y al test no paramétrico de Kruskal Wallis para los datos cualitativos.

Se realizó el Análisis de Conglomerados, que elabora una matriz de similaridad entre las estaciones, empleando el índice de correlación de Pearson y su posterior clasificación jerárquica, a través del método UPGMA, para obtener un dendrograma y establecer estadísticamente la zonación definida visualmente y determinar la variación espacio temporal de las variables evaluadas, y el Escaleo No Métrico Multidimensional (NMDS), cuyo análisis resulta en un diagrama de puntos en el cual la distancia entre ellos sigue el mismo orden que la similitud de composición (Legendre y Legendre, 1983; Field et al, 1982). El Análisis de Regresión Múltiple, la selección de las variables que condicionan la productividad se basó en las correlaciones significativas más altas, considerándose las siguientes variables: oxígeno, pH, conductividad eléctrica y concentración de nitratos.

Los datos considerados para los análisis corresponden a valores de cada uno de los factores evaluados por estación de muestreo. El procesamiento estadístico fue realizado utilizando el software SPSS (V. 10,05).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El río Sechura en su porción terminal da origen a un ecosistema de manglar (Bocana San Pedro), el cual presenta una heterogeneidad de hábitat en función a la estructura del paisaje y la variabilidad de sustratos bentónicos, que combina diversos ambientes de fondo arenoso, limoarenoso, limoso y limoarcilloso.

Este ecosistema puede ser dividido en dos subsistemas: fluvial y manglar, claramente definidos por las variables fisicoquímicas y fisiográficas evaluadas. Cada subsistema es aprovechado por numerosos organismos, entre los que destacan bosques de manglar e hidrófitas sumergidas y emergentes, conjuntos vegetales que son zonas de alimentación, reproducción, cría y refugio de peces (*Mugil sp*, *Galeichtys sp*, *Rhinobatos sp*, *Umbrina sp*) y crustáceos (*Callinectes arcuatus*, *Penaeus stylirostris*, *P. californiensis* y *P. vannamei*) de importancia económica (Peña, 1987).

Los estudios de la diversidad vegetal han identificado la existencia de organismos característicos de un ecosistema de manglar: bosque de mangle (*Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*) con una distribución homogénea en el subsistema

de manglar, hidrófitas sumergidas (*Bacopa monnieri*) y emergentes (*Scirpus maritimus*, *Thypha angustifolia*) (Charcape *et al*, 2001), presente en ambos subsistemas.

Esta estructura de vegetación depende del patrón fluvial de aumento y disminución del caudal y de la circulación unidireccional, que determina dos fases, carga y estiaje para el ecosistema. En la época de carga, el caudal transporta una gran cantidad de sólidos en suspensión, producto del periodo de lluvias en el curso superior del río, determinando tasas altas de sedimentación en el manglar y consecuentemente un proceso dinámico de formación de deltas internas. La presencia y distribución de hidrófitas sumergidas y emergentes está sujeta a esta influencia de aporte fluvial en los deltas interiores. Así, en la etapa de carga abundan las hidrófitas flotantes y disminuyen las sumergidas, como consecuencia directa del arrastre y deposición del sedimento. En la época de estiaje se posibilita una débil influencia marina, la cual se evidencia en el aumento de la salinidad en el subsistema de manglar, predominantemente dulce acuícola a lo largo del año.

Esta intensa dinámica ha modificado el ecosistema; es probable que en épocas pasadas la influencia marina en el manglar haya sido mayor e ido disminuyendo; la evidencia biótica que confirmaría esta hipótesis es la gran abundancia de conchas vacías en el sustrato bentónico del género *Tagelus sp*, así como restos calcáreos de moluscos marinos en el subsistema de río y manglar.

Nuestro estudio ha comprendido la evaluación de 20 parámetros fisicoquímicos y fisiológicos que constituyeron evaluaciones cuantitativas y cualitativas; ellos se sometieron a un análisis de varianza paramétrico y no paramétrico (prueba de Kruskal-Wallis), respectivamente. La media estadística y el nivel de significancia de cada variable se presentan en las tablas 2 y 3.

3.1. Variabilidad espacio temporal en el subsistema fluvial

En el subsistema fluvial el rango de variación del oxígeno fue de 6,55-10,5 mg/l, que correspondió a la época de estiaje y carga, respectivamente, los valores mayores se registraron en la segunda época, cuando empezó a aumentar el caudal.

La variación del pH es de 7,3-8,1; se mantuvo en un nivel ligeramente básico a lo largo del

año con un promedio de 7,6. La conductividad eléctrica fluctuó entre 6,62-8,89 mS/cm²; el rango de variación de la salinidad tuvo un comportamiento similar: 3,12-4,19 ‰, en la etapa de estiaje y carga, respectivamente.

Las mayores profundidades se verificaron en otoño como consecuencia del aumento del caudal, incrementándose el nivel de NO₃ (2,5 - 5 mg/l) y conductividad, lo que indica que el río no solo trae sedimentos sino también sales disueltas, razón por la que se verifica un incremento en la productividad del ecosistema. La transparencia media es de 0,6 m; el subsistema presenta aguas turbias a medida que la etapa de carga llega a sus niveles más altos.

El sustrato, a lo largo del año, se presentó arenoso y arenolimoso, tornándose predominantemente arenoso como consecuencia directa de la sedimentación en la época de carga. La presencia de hidrófitas se correlacionó directamente con el comportamiento del sustrato; éstas desaparecen a medida que se incrementa el caudal del río; la erosión ribereña ligada a este proceso afecta de modo significativo a la pendiente y cobertura vegetal. El uso del terreno circundante sirve principalmente para el pastoreo y la extracción de totora (*Scirpus sp*), actividades que incrementan el disturbio de la vegetación ribereña. La acumulación de materia orgánica en el cauce del río, ausente a lo largo del año, se incrementa a medida que la extracción aumenta por efecto de la caída de material vegetal. Existe una evidente contaminación en la primera estación como consecuencia de las actividades humanas en la ciudad de Sechura.

3.2. Variación espacio temporal en el subsistema manglar

En el subsistema manglar, el rango de variación del oxígeno es de 5,0-13,2 mg/l; se observó que existen zonas donde esta variable alcanza valores altos durante todo el año (M2) y otras cuyo nivel es relativamente bajo (M3).

El pH varió de 7,2-8,0, con una media anual de 7,6; este parámetro se mantuvo ligeramente básico durante todo el periodo de estudio. La conductividad fluctuó de 6,32-14,22 mS/cm²; la salinidad varió de 2,98-6,71 ‰ y el nitrato alcanzó valores de > 0,25 mg/l en la fase de carga y de 0,05 en la de estiaje. Estas variables mostraron un comportamiento aleatorio en todas las estaciones. Los valores más altos de productividad se

limitaron a determinadas estaciones; aquellas donde la transparencia es alta, los niveles de productividad son bajos y viceversa.

El sustrato arenolimoso, limoso y limoarcilloso tuvo un comportamiento aleatorio en su distribución. El proceso de sedimentación afectó de modo directo la presencia de hidrófitas en el manglar en la fase de carga del subsistema fluvial, este evento favoreció la formación de deltas internas. La erosión fue nula excepto en la estación M1; esta zona se utiliza como desembarque y presenta un proceso de contaminación evidente. El principal impacto a la cobertura de la vegetación es la extracción de totora; actividad que se incrementa en otoño e invierno y que ocasiona un incremento de materia orgánica por aumento de la caída de materia vegetal al subsistema.

El valor promedio básico del pH, en ambos subsistemas, refleja intensos procesos de oxidación y reducción; es conocido que una alta actividad fotosintética consume CO_2 , lo cual hace que el medio se torne básico hasta alcanzar un pH cercano a 8.0 (Camacho, 1989; De Souza *et al*, 1989); valores cercanos a ese nivel se hallan en el subsistema manglar. En tanto que la conductividad eléctrica, relacionada con la naturaleza geoquímica del suelo, depende de modo significativo del patrón de carga y descarga del río y del estado trófico de cada subsistema.

Los valores altos del oxígeno y del nitrato revelan una alta actividad del fitoplancton, lo cual evidencia un subsistema manglar altamente productivo. No obstante, esto se limita a determinadas estaciones; aquellas donde la transparencia es alta, los niveles de productividad son bajos, y viceversa. La alta productividad del ecosistema en general no está en función de una estratificación térmica del cuerpo de agua, tal como ocurre en ecosistemas similares (Bemvenuti, 1999; Gil *et al*, 1999), sino al aporte de sedimentos y dilución de nutrientes que permite una mayor o menor productividad de acuerdo con el nivel de flujo del caudal en función a la carga del caudal y estiaje.

El análisis de agrupamiento entre estaciones diferencia dos grandes subsistemas, fluvial y de manglar, a un 11,92 % de similaridad (Fig. N.º 2); el dendrograma, producto de un análisis individual, muestra una diferenciación entre un periodo de carga y estiaje en el primero (Fig. N.º 3); el manglar no muestra esta diferenciación (Fig. N.º 4).

En el subsistema fluvial, el grupo I está asociado con la época de estiaje (primavera); el gru-

po II, a la época de transición (otoño e invierno) y el grupo III a la época de carga (verano). En el subsistema de Manglar, sus estaciones se agrupan en función a la influencia ejercida por procesos de sedimentación, en tres grupos íntimamente ligados. El grado de similitud entre las estaciones se origina en función a la influencia de la sedimentación del material arrastrado y dilución de nutrientes, proceso intenso en el manglar.

Resultado similar se obtiene a través de una matriz de similitud mediante la técnica del Escaleo No Métrico Multidimensional (NMDS), que produce una ordenación de estaciones que discrimina claramente un subsistema fluvial con ambientes ecológicamente similares y un subsistema de manglar con una alta diversidad de hábitat (Fig. N.º 5).

La variación espacio temporal de los parámetros evaluados para cada estación confrontados con sus coeficientes de correlación de Pearson muestran una asociación de estaciones cuya similitud fisiográfica permite la formación de hábitat ecológicamente afines. Esta similitud ecológica cuantificada por el análisis de conglomerados UPGMA con el propósito de apreciar un dendrograma construido en función a las épocas de muestreo, muestra la existencia de dos subsistemas claramente diferenciados.

El análisis de ordenación NMDS entre estaciones muestreadas en distintas épocas del año, discrimina claramente un estado de comunidad correspondiente al río caracterizado por un breve estado de transición al subsistema manglar que se verifica en la primavera, lo que indicaría que el ecosistema presenta una similitud de condiciones ecológicas en esta época, equilibrando sus condiciones para luego pasar a un proceso de diferenciación en dos subsistemas claramente definidos (Pannier y Pannier, 1980).

Al analizar estos resultados, verificamos que el comportamiento espacio temporal de las variables evaluadas del subsistema fluvial presentan homogeneidad longitudinal y lateral estable. El manglar, por el contrario, se diversifica longitudinalmente y homogeniza lateralmente, ello implica una alta heterogeneidad de hábitat. El subsistema fluvial brinda hábitat estable en el tiempo y espacio; en el manglar la inestabilidad de los mismos es responsable de una mayor complejidad estructural de las comunidades asociadas a ella. En el subsistema fluvial, la comunidad biológica seguiría un patrón de distribución longitudinal; en el manglar se seguiría una dinámica de parches.

El subsistema fluvial presenta mayor estabilidad espacio temporal que el manglar; esta estabilidad prevalece a través de un ritmo endógeno de disturbio predecible, sedimentación del material particulado arrastrado del cauce superior del río. Esta estabilidad generaría condiciones propicias para valores altos de diversidad, en tanto que las fluctuaciones impredecibles de los factores fisicoquímicos o fisiográficos modifican este parámetro (Soto, 1982).

El análisis de regresión múltiple de las variables fisicoquímicas (oxígeno, nitratos, pH y concentración de sales) evaluadas, define con un $r^2 = 33,2\%$ y $20,0\%$ al subsistema fluvial y de manglar respectivamente, las correlaciones entre estos factores muestran una significancia estadística ($p < 0,05$) (tabla N.º 3). Las ecuaciones que determinan la productividad para cada ambiente son:

$$\text{Prod (Río)} = - 2.4 - 0.231 \text{ O}_2 + 0.46 \text{ pH} + 0.397 \text{ CE} + 1.42 \text{ NO}_3$$

$$\text{Prod (Manglar)} = - 59.1 + 1.10 \text{ O}_2 + 7.5 \text{ pH} - 0.30 \text{ CE} + 19.2 \text{ NO}_3$$

El análisis de regresión múltiple entre las variables evaluadas muestran que la productividad del subsistema fluvial está controlada de modo predominante por las condiciones fisicoquímicas del agua, las que desempeñan un rol importante en el estado trófico de este ambiente. En tanto que en el subsistema de manglar, además de los factores fisicoquímicos, las condiciones fisiográficas participan en la determinación de un alto nivel de productividad.

IV. CONCLUSIONES

Al analizar estos resultados, verificamos que el comportamiento espacio temporal de las variables evaluadas del subsistema fluvial presentan homogeneidad longitudinal y lateral estable. El manglar, por el contrario, se diversifica longitudinalmente y homogeneiza lateralmente; ello implica una alta heterogeneidad de hábitat. El subsistema fluvial brinda hábitat estable en el tiempo y espacio; en el manglar la inestabilidad es responsable de una mayor complejidad estructural de las comunidades asociadas a ella. En el subsistema fluvial la comunidad biológica seguiría un patrón de distribución longitudinal; en el manglar, una dinámica de parches.

En conclusión, el funcionamiento de este ecosistema es regido por la variabilidad del sedimento, parámetro correlacionado con un patrón

de dos fases, carga y estiaje del curso superior del río.

En el subsistema fluvial las características fisiográficas junto a un ritmo fisicoquímico predecible en las dos fases consolidan una estructura paisajística persistente, que estaría de acuerdo con un mecanismo de regulación determinístico.

En el subsistema de manglar el comportamiento de las variables define un patrón estocástico, regido aleatoriamente por las variables fisicoquímicas y fisiográficas del paisaje como factor de disturbio; esta aparente inestabilidad ambiental incrementaría la complejidad estructural del hábitat.

El manglar es inestable a causa de las fluctuaciones aleatorias de las variables evaluadas, lo que incrementa su complejidad estructural; por lo contrario, el subsistema fluvial es más estable y sigue un ritmo de dos fases: incremento del caudal y estiaje del curso superior del río.

En general el ecosistema presenta aguas oxigenadas, con un alto contenido de nutrientes y sales, y pH básico estable a lo largo del año, caracteres que definen a este ecosistema como altamente productivo; el factor de impacto es la sedimentación de material arrastrado del curso superior del río que determina las características fisiográficas para cada ambiente

V. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación forma parte del proyecto intitulado "Evaluación de la Calidad Ambiental de un Ecosistema de Manglar empleando Macroinvertebrados como Bioindicadores", impulsado por el Consejo Superior de Investigaciones de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Expresamos nuestro agradecimiento al biólogo César Chávez V., docente de la Universidad Nacional de Piura, al Dr. Armando Arévalo Z, alcalde del distrito de Vice (Piura), por las facilidades que nos proporcionaron para las evaluaciones de campo. Al Dr. Julio Manosalva B., Decano de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM, por su constante apoyo para la realización del presente trabajo.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- 1 BACON, P. 1980. "Methodology for decision making in the management of neotropical mangrove ecosystems". En Memorias del Se-

- minario sobre el Estudio Científico e Impacto Humano en el Ecosistema de Manglares. UNESCO, pp. 355-363.
- 2 BEMVENUTI, C. 1999. Influencia de procesos físicos e biológicos sobre as associações de macroinvertebrados bentônicos na região estuarina da lagoa dos patos. RS. Brasil. En VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Libro de Resúmenes. Trujillo-Perú, pp. 700-701.
 - 3 BRICEÑO, C.; GALVIS, G. y GUILLOT, G. 1998. "Dinámica ecológica de las comunidades ícticas de tres sistemas lóticos del piedemonte llanero". En *Diógenes*. Vol. 5 (1). Univ. La Salle. Colombia, pp. 17-41.
 - 4 BRICEÑO, C.; GALVIS, G. y GUILLOT, G. 1996. "Descripción espacio temporal de la oferta de coriotos y caracterización físicoquímica de tres sistemas lóticos del piedemonte llanero". En *Diógenes*. Vol 3 (2). Univ. La Salle. Colombia, pp. 41-62.
 - 5 BRICEÑO, G. 1994. "Distribución espacial de la comunidad íctica como respuesta a la oferta alimenticia en un caño del piedemonte llanero". En *Diógenes*. Vol. 1 (2), pp. 151- 166.
 - 6 CAMACHO, V. y ÁLVAREZ, S. 1989. "Dinámica de nutrientes de las aguas intersticiales de sedimentos con macroflora en una laguna costera". En *Anales Científicos, UNALM*. Vol. Extr: Memorias del II Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, pp. 5-17.
 - 7 CHARCAPE, M.; CHÁVEZ, C. y MOSTACERO, J. 2001. "Checklist de la flora del manglar de San Pedro de Vice, Sechura-Piura-Perú. En VII Jornada de Investigación Científica en Ciencias Biológicas "Antonio Samanamud Romero". UNT-Perú. Libro de Resúmenes, p. 71.
 - 8 DALLMEIER, F. y ALONSO, A. 1997. "Biodiversity assessment and long-term monitoring of the lower Urubamba Region in Peru". Executive Summary. Contribution Series N.º 2. Smithsonian Institution, Washington, D. C. 44 pp.
 - 9 DAY, J. y YÁÑEZ, A. 1988. "Consideraciones ambientales y fundamentos ecológicos para el manejo de la región de la Laguna de Términos, sus hábitat y recursos pesqueros". En *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del golfo de México: La región de la Laguna de Términos*. 1.ª ed. UNAM. México, pp. 453-482.
 - 10 De LACHICA, F. 1980. "Diversidad espacial y temporal de la bentocenosis del estuario del río Coatzacoalcos, Veracruz, México". En *Memorias del Seminario sobre el Estudio Científico e Impacto Humano en el Ecosistema de Manglares*. UNESCO, pp. 121-135.
 - 11 DE SOUZA, M.; SORIANO, E. y DAS, J. 1987. Distribuição espacial e temporal dos principais nutrientes e parâmetros hidrologicos de Lagoa da Conceição, SC. Brasil. En *Anales Científicos UNALM*. Vol. Extr: Memorias del 2º Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, pp. 19-32.
 - 12 FIELD, J.; CLARKE, K. y WARWICK, R. 1982. "A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns". En *Marine Ecology*. Vol. 8. Progress Series, pp. 37-52.
 - 13 FLORES, C. 1980. "El manglar como refugio y sustrato de componentes faunísticos con énfasis en la realidad de Venezuela". En *Memorias del Seminario sobre el Estudio Científico e Impacto Humano en el Ecosistema de Manglares*. UNESCO, pp. 135-159.
 - 14 GIL, M.; COMMENDATORE, M. y ESTEVES, J. L. 1999. "Caracterización de sedimentos infralitorales y flujos de nutrientes en la interfase agua-sedimento de la bahía nueva (Golfo Nuevo, Patagonia, Argentina)". En VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Libro de Resúmenes. Trujillo-Perú, pp. 625-626.
 - 15 LEGRENDE, L. y LEGRENDE, P. 1983. *Numerical Ecology*. Elsevier Scientific Publishing Company, 420 pp.
 - 16 LUGO, A.; CINTRON, G. y GOENAGA, C. 1980. "El ecosistema de manglar bajo tensión". En *Memorias del Seminario sobre el Estudio Científico e Impacto Humano en el Ecosistema de Manglares*. UNESCO, pp. 261-285.
 - 17 PANNIER, R. y PANNIER, F. 1980. "Estructura y dinámica del ecosistema de manglares: un enfoque global de la problemática". En *Memorias del Seminario sobre el Estudio Científico e Impacto Humano en el Ecosistema de Manglares*. UNESCO, pp. 46-55.
 - 18 PEÑA, G. y VÁSQUEZ, P. 1987. Un relicto de manglar en San Pedro (Piura): estudio preliminar. *Bol. de Lima* (42), pp. 27-32.
 - 19 ROLDÁN, G. 1992. *Fundamentos de limnología tropical*. 1.ª ed. Edit. Universidad de Antioquia, Colombia, 529 pp.
 - 20 SIERRA, B. y SORIANO, E. 1989. *Actividades humanas y sus efectos sobre los recursos vivos*

- de un sistema de lagunas costeras del sur del Brasil. En *Anales Científicos UNALM*. Vol. Extr: *Memorias del 2º Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar*, pp. 105- 106.
- 21 SOBERÓN, G.; YÁÑEZ, A. y DAY, J. 1988. "Fundamentos para un modelo ecológico preliminar de la Laguna de Términos". En *Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos*. 1ª ed. UNAM, México, pp. 159 - 414.
- 22 SOTO, R. y JIMÉNEZ, J. 1982. "Análisis fisonómico estructural del manglar de Puerto Soley, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica". *Rev. Biol. Trop.*, 30 (2). pp. 161-168.
- 23 TABILO-VALDIVIESO, E. 1999. El beneficio de los humedales en América Central. El potencial de los humedales para el desarrollo. 2ª ed. Turrialba. C. R-WWF. CATIE, 79 pp.
- 24 UICN. 2001. Política de humedales de Costa Rica. Ministerio del Ambiente y Energía. Programa Nacional de Humedales. Costa Rica. 28 pp.
- 25 YÁÑEZ, A.; LARA, A.; SÁNCHEZ, P.; ROJAS, J. y ALVAREZ, H. 1988. "Dinámica de las comunidades nectónicas costeras en el sur del Golfo de México". En *Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos*. 1ª ed. UNAM. México, pp. 357-379.



Figura N.º 1. Ubicación geográfica del ecosistema del manglar San Pedro

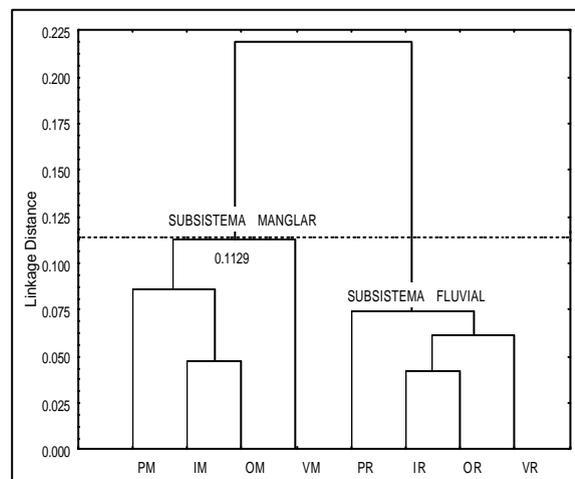


Figura N.º 2. Dendrograma de similitud que muestra los dos subsistemas presentes en el manglar San Pedro

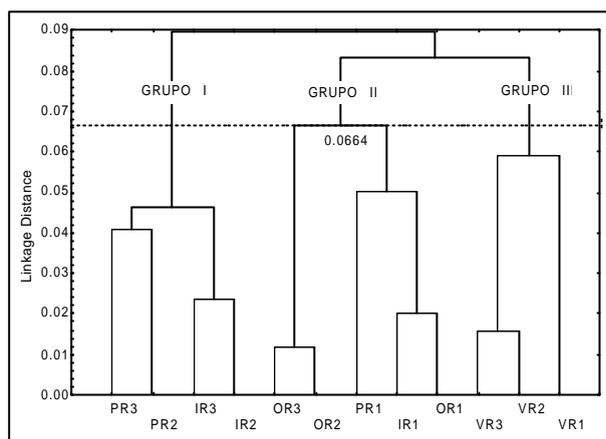


Figura N.º 3. Dendrograma de similaridad espacio temporal que muestra la presencia de tres grupos en las estaciones del subsistema fluvial

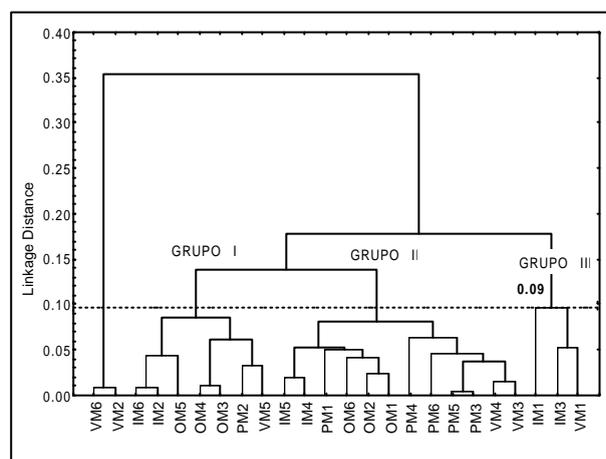


Figura N.º 4. Dendrograma de similaridad espacio temporal que muestra la presencia de tres grupos en el subsistema manglar

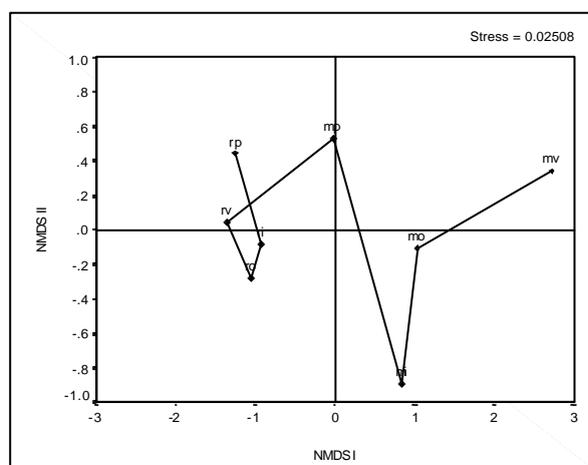


Figura N.º 5. Ordenación espacio temporal de las estaciones de muestreo a través del método de escaleo no métrico multidimensional

Tabla N.º 2. Análisis de varianza paramétrico de las variables evaluadas en el manglar San Pedro

SAS Output for Table 2:

0.9461	0.7665	0.7121	0.9258
0.9445		0.7122	
0.6846			
0.8702			
0.9629			

Tabla N.º 3. Análisis de varianza no paramétrico de las variables evaluadas en el manglar San Pedro

SAS Output for Table 3:

1.0000	0.7165	1.0000	1.0000
0.9505	0.8583	1.0000	0.9990
	1.0000		
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Tabla N.º 4. Análisis de varianza paramétrico (anova) espacio temporal de las variables evaluadas en el manglar San Pedro

VARIABLES	VARIABILIDAD ESPACIAL		VARIABILIDAD TEMPORAL	
	F	Sig.	F	Sig.
O2 (mg/l)	0.678	0.437	2.024	0.205
pH	0.147	0.713	0.424	0.539
CE (mS)	1.435	0.270	0.310	0.598
Sal (‰)	1.436	0.270	0.307	0.599
Prof (m)	60.549	0.000	63.377	0.000
Trans (m)	68.813	0.000	16.353	0.007
Prod	5.542	0.051	11.974	0.013
T° Aqua (°C)	0.050	0.830	0.310	0.869

Tabla N.º 5. Análisis de varianza no paramétrico (test de kruskall wallis) espacio temporal de las variables evaluadas en el manglar San Pedro

VARIABLES	VARIABILIDAD ESPACIAL		VARIABILIDAD TEMPORAL	
	Chi-Square	Asymp. Sig.	Chi-Square	Asymp. Sig.
NO3 (mg/l)	7.714	0.005	0.3415	0.5590
Sus	4.000	0.046	1.1747	0.2784
Hid	0.500	0.480	1.0000	0.3173
Pen	2.000	0.157	0.0000	1.0000
Terr	6.545	0.011	4.5733	0.0325
Cont	2.381	0.123	4.2000	0.0404
Veg	5.333	0.021	2.3333	0.1266
Eros	7.714	0.005	4.5733	0.0325
Cob	5.000	0.025	4.2000	0.0404
MO	6.000	0.014	6.2222	0.0126
Flu	0.000	1.000	0.0000	1.0000
Estr	2.000	0.157	4.2000	0.0404

Tabla N.º 6. Respuesta de los subsistemas al carácter de la estructura del manglar San Pedro

VARIABLE	SUBSISTEMA FLUVIAL	SUBSISTEMA MANGLAR
Variabilidad ambiental	Baja	Alta
Estructura del hábitat	Compleja / Homogénea	Simple / Heterogénea
Estabilidad anual	Alta	Baja
Persistencia de la estructura	Predecible	Impredecible
Mecanismo de regulación estructural	Fisicoquímico	Fisicoquímico y Fisiográfico
Carácter estructural	DETERMINÍSTICO	ESTOCÁSTICO



Foto 1. Estación fluvial R3 en la época de estiaje del río Secura

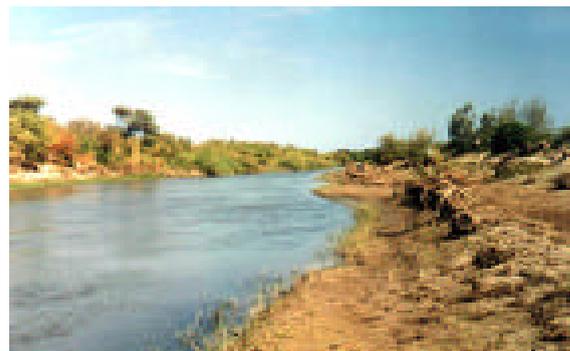


Foto 2. Estación fluvial en la época de carga del río Secura



Foto 3. Estación R5 en el ecosistema de manglar



Foto 4. Efecto de la sedimentación en el subsistema de manglar



Foto 5. Impacto del pastoreo en la vegetación en el subsistema fluvial