

EFFECTO DE LA ALTITUD DEL TERRENO SOBRE LA ESTRUCTURA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS COMUNIDADES VEGETALES DEL SANTUARIO NACIONAL LOS MANGLARES DE TUMBES

EFFECT OF ALTITUDE ON THE STRUCTURE AND SPATIAL DISTRIBUTION OF PLANT COMMUNITIES IN THE TUMBES MANGROVE NATIONAL SANCUTARY

PARRA C., VÁSQUEZ R., TAKAHASHI K. & ARNILLAS C.

Resumen

Los factores abióticos y la tolerancia de las especies a los mismos determinan la composición y distribución de comunidades vegetales. En las islas del Santuario Nacional Manglares de Tumbes, la topografía local junto a los flujos de marea, determinan la frecuencia de inundación de cada zona, controlando la distribución de especies y la formación de distintas comunidades de vegetación. Para estudiar esta relación, se recopiló información en campo sobre la composición florística, cobertura vegetal por especie y topografía local. Con la información recopilada se realizaron análisis estadísticos exploratorios para definir comunidades vegetales y caracterizarlas internamente. Para evaluar los cambios en composición y abundancia de especies se utilizaron curvas de rango-abundancia e índices de diversidad. Se hizo análisis de ordenación (NMDS) y clasificación (*clusters*) para evaluar la correlación entre la cobertura de las especies y la altitud del terreno. Finalmente, se evaluó la significancia del agrupamiento de comunidades obtenido con análisis de similitud (ANOSIM). Los resultados reflejaron una fuerte correlación entre la distribución de especies y la altitud del terreno. Se diferenciaron y caracterizaron cinco comunidades vegetales: 1) manglar, 2) manglar bajo, 3) vegetación halófito, 4) matorral arbustivo y 5) herbazal. Asimismo, se determinó de forma preliminar la altitud de terreno promedio para cada comunidad (0.74m, 0.83m, 0.94m, 1.76m, 1.54m respectivamente). Esta información también permitió inferir el efecto de las frecuencias de inundación en cada comunidad de vegetación.

Palabras claves: Manglar, Tumbes, comunidad vegetal, altitud.

Abstract

Abiotic factors and species' tolerances to these factors determine the composition and distribution of Plant Communities. On the islands of the Tumbes Mangroves National Sanctuary, the interaction of tidal streams with local topography controls species distribution and hence the composition and spatial pattern formation of different plant communities. To study this relationship, exploratory statistical analysis was performed on collected field data of floristic composition, vegetative cover by species and local topography. Based on the results of this analysis, plant communities were identified and their internal composition characterized. To evaluate changes in species' composition and abundance, rank-abundance curves and diversity indexes were used. NMDS and cluster classification were used to determine correlation between vegetative cover by species and local topography. Finally, the significance of community grouping was obtained and studied with ANOSIM. Five plant communities were identified and characterized: (1) Mangroves, (2) Low Mangroves, (3) Halophytic vegetation, (4) Shrubland and (5) Grasslands. The results showed a strong correlation between species distribution and local topography (m). For each community, a preliminary mean terrain elevation was determined (0.74 m, 0.83 m, 0.94 m, 1.76 m, 1.54 m, respectively). This information also allowed inferring the effect of flood frequency on each plant community.

Keywords: Mangroves, Tumbes, Plant communities, topography.

Introducción

El estudio de comunidades vegetales constituye una de las herramientas más valiosas para la conservación de ecosistemas. El carácter unificador de la vegetación hace que sea uno de los mejores indicadores para caracterizar paisajes y ecosistemas, además de ser preferida por la relativa facilidad de su evaluación (Grossman *et al.*, 1998).

Las características del ambiente físico del ecosistema manglar, sumado a los rangos de tolerancia de las plantas a diferentes factores, hacen que en el ecosistema de manglar exista una zonificación de comunidades vegetales (Cintrón y Schaeffer, 1983). Esta investigación tiene como objetivo definir y describir las comunidades vegetales del ecosistema manglar que se forman bajo influencia de la altitud del terreno de las islas del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes (SNLMT). Se evaluará la hipótesis que sugiere que las variaciones en la altitud del terreno desde la orilla hacia el interior de las islas del SNLMT determinan cambios en la distribución de especies de vegetación, produciendo así agrupamientos en comunidades vegetales. Este enfoque es importante debido a que existe un total de 15.2 millones de hectáreas de bosque de manglar en el mundo y 71 especies (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2007) y que dentro de todos los servicios ambientales que brinda se encuentra la filtración o purificación de aguas continentales, la protección costera y el almacenamiento de grandes cantidades de carbono (Feller y Sitnik, 1996). Asimismo, la distribución de manglares en Perú constituye el punto más austral de los manglares de la costa sudamericana del Pacífico (INRENA, 2007) y ello es una característica importante al permitir estudiar características peculiares de este ecosistema ante las condiciones más extremas que permiten su crecimiento.

La particularidad de los diferentes espacios naturales a nivel nacional hace que resulte muy importante la necesidad de contar con un sistema de clasificación a nivel de unidades más detallado, como por ejemplo

ecosistemas. Esta investigación aporta a dicho componente y pretende aportar al uso de este tipo de herramientas de clasificación y a la vez proporcionar conocimientos acerca de las características del ecosistema manglar para que con ella se pueda mejorar su gestión y con ello contribuir a una mejor conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

Para lograr el objetivo principal de la investigación se realizó, en primer lugar, una descripción de la composición y cobertura vegetal de las especies de las comunidades vegetales del ecosistema manglar del interior del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes. Posteriormente se realizó la descripción de la altitud a las que cada una de las comunidades se sitúa dentro de las islas y, finalmente, se definieron las comunidades vegetales en función del análisis integral de la composición de especies y la altitud donde se ubican, haciendo uso de análisis estadísticos multivariados y exploratorios.

Materiales y métodos

El área de estudio comprendió el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes el cual se encuentra ubicado en la provincia de Zarumilla, región Tumbes, y es parte del Sistema de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE). Dentro del SNLMT, con ayuda de una imagen satelital GeoEye2 de 2011, se ubicó al azar 17 bloques de evaluación distribuidas en las islas Matapalo, Correa y Roncal (Figura 1). Cada uno de estos bloques estuvo compuesto por un número diferente de líneas de muestreo de 20 m de longitud (entre 10 a 25 dependiendo de la profundidad del bosque) que, a su vez, estuvieron orientados de forma paralela a la orilla y distribuidos uno a continuación del otro a una distancia de 5 metros desde el inicio de la vegetación en el centro de la isla hacia la vegetación ubicada más cerca a la orilla de la isla (Figura 2).

La hipótesis de ésta investigación es que, debido a la variación de factores físicos, es posible diferenciar claramente tipos de comunidades vegetales y que, además,

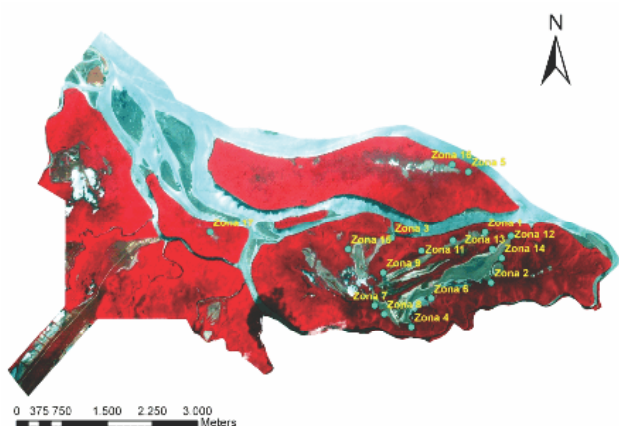


Figura 1. Bloques de evaluación dentro del SNLMT.

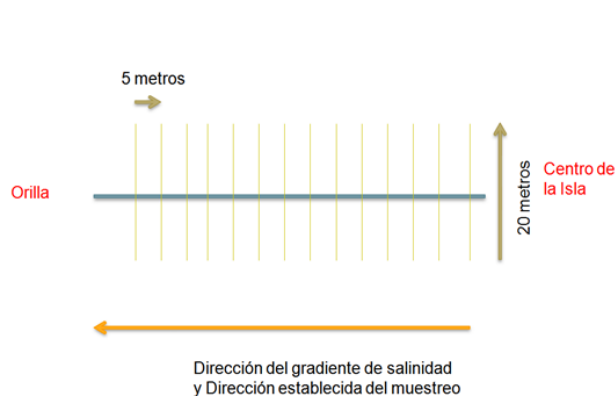


Figura 2. Muestreo en zonas de cambio de un tipo de comunidad a otra.

la distribución de ellas está determinado por los cambios en la altitud del terreno que, a su vez, determina cambios en la salinidad del terreno donde se asienta la vegetación.

Para poder estudiar las relaciones mencionadas, se analizaron las siguientes variables:

- a) **Composición de especies:** Está determinada por todas las especies vegetales de las zonas evaluadas. Para su evaluación se utilizó el método de línea intersección y estuvo determinada por todas las especies que cruzan la línea de evaluación (Grossman *et al.*, 1998).
- b) **Cobertura vegetal:** Se evaluó a través del método de línea intersección y está compuesta por la longitud (m) de la proyección vertical de cada individuo que atravesó la línea. La cobertura fue expresada por especie y en relación a la longitud total de la línea (Matteucci y Colma, 1982).
- c) **Altitud del terreno:** Se evaluó con ayuda de un nivel autoelaborado sobre la base del principio de Pascal en cada línea de evaluación.
- d) **Distancia a la orilla:** Se midió la distancia a la orilla de cada línea de muestreo con ayuda de la imagen satelital de GeoEye2 de 2011.

A partir de la información obtenida se realizaron los siguientes análisis:

- a) **Análisis de la diversidad:** Se realizó un análisis de diversidad especies y su distribución con base en el índice de Shannon-Wiener y Curvas de Rango abundancia, respectivamente.
- b) **Análisis de asociación entre especies:** Se analizó el nivel de asociación entre especies con base en un análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis y un análisis de *clusters* en base a la distancia euclidiana.

Estos análisis permitieron identificar los cambios en composición de especies según su ubicación en las islas.

- c) **Análisis de ordenación y clasificación de líneas de muestreo para identificar comunidades vegetales:** Para el análisis de ordenación se utilizó también el análisis NMDS y para el análisis de clasificación se utilizó el análisis de *cluster*. Estos análisis permitieron distinguir visualmente las posibles comunidades vegetales que luego fueron corroboradas en términos de independencia de las demás, con ayuda de un análisis de similitud (ANOSIM), también basado en el índice de Bray-Curtis.

Este procedimiento se realizó de manera iterativa hasta obtener un agrupamiento significativo que muestre similitud de composición de especies dentro de cada comu-

nidad vegetal y alta diferenciación entre las demás comunidades vegetales.

- d) **Análisis de ordenación de líneas de muestreo incorporando la altitud del terreno para evaluar su interrelación:** Una vez identificadas las comunidades vegetales, se procedió a incorporar la variable altitud del terreno para analizar si la distribución de estas comunidades está influenciada por la altitud. Para ello también se utilizó el análisis NMDS con base en el índice de Bray-Curtis.
- e) **Frecuencia de inundación:** Con ayuda de información de niveles de marea, recopilados por el Proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes” ejecutado por el Instituto Geofísico del Perú, se calculó la frecuencia de inundación para cada comunidad vegetal.

Resultados y discusión

Análisis de diversidad

Según el levantamiento de datos realizado, se encontró 17 familias, 28 géneros y 29 especies. Con ayuda de las curvas de rango abundancia se pudo proponer una primera diferenciación de comunidades vegetales que se analizó con mayor profundidad con análisis de ordenación y clasificación.

Análisis de asociación entre especies

Con base en la primera propuesta de diferenciación de comunidades vegetales se analizó la asociatividad entre especies con ayuda de análisis NMDS y *cluster*, la figura 3 muestra el análisis de *clusters* con colores distintos para comunidades preliminares diferentes. Se pudo observar que hay una clara diferenciación entre la asociatividad de ciertas especies que posteriormente será correlacionada con la altitud del terreno.

Con base en la información de cobertura vegetal de especies y haciendo uso de análisis multivariados se determinó un total de cinco comunidades vegetales donde cada una tiene una composición específica de especies. La tabla 1 muestra la descripción de las comunidades definidas.

Análisis de ordenación y clasificación de líneas de muestreo para identificar comunidades vegetales

La Figura 4 muestra el resultado del análisis NMDS de dichos grupos donde se aprecia la independencia de cada uno. El análisis de similitud mostrado en la figura 5 muestra diferencias significativas entre grupos y dan valores altos para el estadístico R y significancia según los p-value. El valor de R= 0.9352. Por lo tanto, se puede deducir que este agrupamiento es robusto y ello contribuye a dar más fuerza a la hipótesis inicial de la existencia de comunidades vegetales.

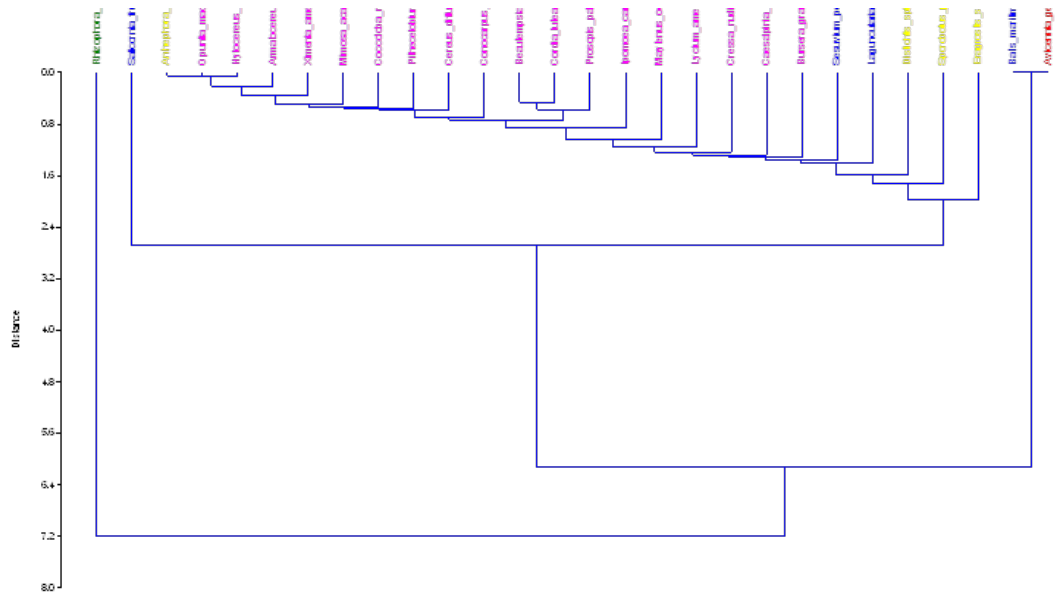


Figura 3. Análisis de clusters en base a distancia euclidiana para visualizar asociatividad entre especies.

TABLA 1
DESCRIPCIÓN DE COMUNIDADES VEGETALES
HIPOTÉTICAS INICIALES

COMUNIDAD	ESPECIES QUE CARACTERIZAN LA COMUNIDAD
Herbazal	Especies de porte herbáceo
Matorral arbustivo	Especies arbustivas y arbóreas de Bosque Seco Ecuatorial, también se encuentra Conocarpus erectus
Vegetación halófila	Especies propias de saladares, muy tolerantes a suelos salinos. Presencia de especies de mangle <i>Avicennia germinans</i> y <i>Laguncularia racemosa</i> . No predominancia de <i>Avicennia germinans</i>
Manglar bajo	Transición de zona de vegetación halófila hacia la zona de manglar <i>Rhizophora</i> spp. Presencia de especies de saladares incluidas <i>Avicennia germinans</i> y <i>Laguncularia racemosa</i> . Predominancia de <i>Avicennia germinans</i>
Manglar	Predominancia de <i>Rhizophora</i> spp.

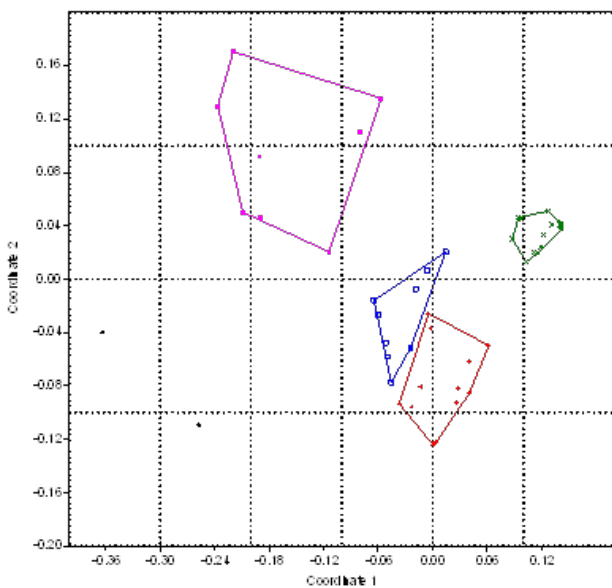


Figura 4. Resultado del NMS en base a índice Bray Curtis de los nuevos grupos formados o comunidades de vegetación preliminares. 2D.

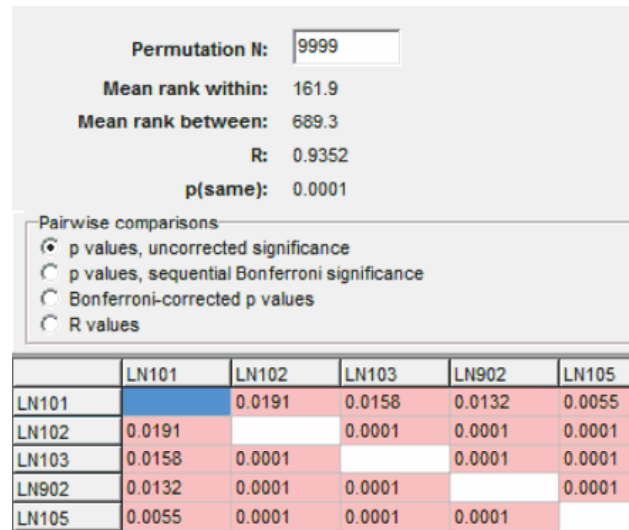


Figura 5. Resultado del ANOSIM en base a índice Bray Curtis post agrupamiento de líneas iniciales.

Análisis de ordenación de líneas de muestreo incorporando la altitud del terreno para evaluar su interrelación

La figura 6 muestra el resultado del análisis de ordenación NMS que incluye la variable altitud del terreno con base en las comunidades vegetales propuestas en la tabla 1. Se puede observar que, aunque existe relativa dispersión dentro de cada grupo, sí se encuentra un patrón general que cumple la hipótesis generada desde el inicio sobre la distribución de especies como producto de la variación altitudinal del terreno. Los resultados muestran que la variable altitud del terreno está relacionada con la distribución de especies y por lo tanto con la conformación de comunidades vegetales.

Frecuencia de inundación

La tabla 2 muestra las frecuencias de inundación y altitudes de distribución de cada comunidad de vegetación.

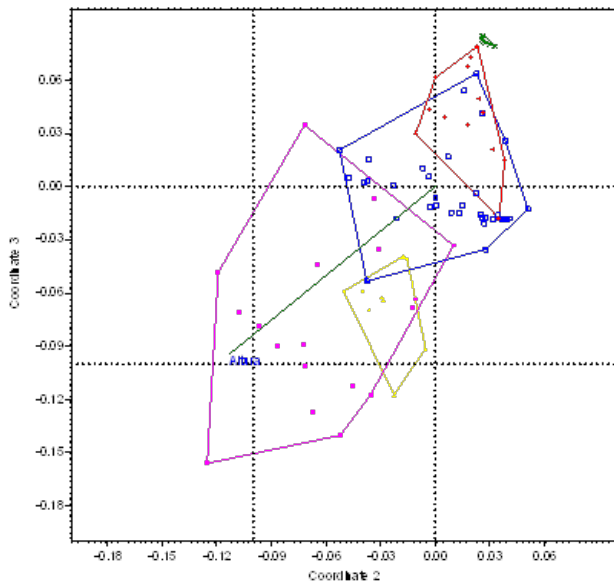


Figura 6. Resultado del NMDs de las comunidades en relación a la altura (vector).

Se puede observar que algunas diferencias en altitud entre las comunidades vegetales son mínimas, no obstante, cabe resaltar que la variación del terreno es bastante sutil con relación al espacio, es decir, desde la orilla de la isla, la altitud incrementa suavemente hacia el terreno y no existen cambios abruptos. Estos resultados afirman la hipótesis inicial planteada sobre la fuerte relación entre las comunidades vegetales y la altitud del terreno y también siguen la línea de lo propuesto por CDC (1986).

Relevancia del resultado y su aporte a la realidad nacional, regional o local

Los resultados obtenidos muestran que la vegetación del ecosistema manglar está fuertemente influenciada por la altitud del terreno. La hidrodinámica de las fuentes de agua continental que desembocan donde está situado el ecosistema manglar afecta la variable altitud del terreno y son fundamentales para la formación de las islas. De forma más precisa, la acumulación de sedimentos ha dado origen a las islas donde se asienta el manglar y ello está influenciado por la carga de sedimentos que cargan las fuentes de agua continentales, la velocidad del flujo, el mismo crecimiento de la vegetación del manglar, entre otros.

Esta dinámica está íntimamente relacionada con la precipitación y nivel del mar, entre otros factores que se ven alterados cuando ocurren episodios de variabilidad climática como El Niño. Un aumento inesperado del caudal de la fuente de agua continental y del contenido de sedimentos puede cubrir de una capa adicional de sedimentos las raíces de los mangles y plantear como consecuencia una situación anaeróbica para

TABLA 2
COMUNIDADES DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR,
ALTITUDES DE DISTRIBUCIÓN Y FRECUENCIA DE
INUNDACIÓN

COMUNIDAD VEGETAL	FRECUENCIA DE INUNDACIÓN (DÍAS)	ALTURA		
		PROMEDIO (M)	MÍNIMO (M)	MÁXIMO (M)
Herbazal	0	1.54	1.45	1.68
Matorral arbustivo	0	1.76	1.32	2.3
Vegetación halófila	20.97	0.94	0.14	1.56
Manglar bajo	39.56	0.83	0.15	1.45
Manglar	57.33	0.74	0.1	1.23

las raíces de las especies de manglar que viven más cercanas a la orilla como *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii* y *Avicennia germinans*. Asimismo, un incremento en el nivel medio del mar también contribuiría a que la frecuencia de inundación de los lugares donde se sitúan las comunidades vegetales se vea alterada. Las especies de mangle cercanas a la orilla poseen adaptaciones especiales para oxigenar sus raíces en suelos fangosos y llenos de materia orgánica como el manglar y, al ser cubiertas se generaría su muerte. Un incremento del caudal también alteraría la salinidad del agua de los esteros que bañan las islas y esto, sumado a un aporte excesivo de sedimentos, también traería la muerte de algunas especies de fauna que son recursos hidrobiológicos de interés económico, pues son especies filtradoras y también muy sensibles a los aportes de agua dulce.

Los episodios de variabilidad climática pueden verse alterados en su frecuencia e intensidad bajo un escenario de cambio climático. Esto alteraría al ecosistema en términos de mortalidad de individuos y distribución de especies, pues los diferentes procesos de sedimentación podrían alterar la altura de algunas zonas de las islas, formar zonas de acumulación de sedimentos en zonas donde antes no existía y otros cambios. Las implicancias ecológicas, económicas y sociales son considerables y, por lo tanto, es importante realizar procesos de planificación bajo escenarios de variabilidad climática futura que el contexto de cambio climático presentará en un futuro no muy lejano. En ese sentido, esta investigación aporta al conocimiento del ecosistema y con ello es un insumo para la planificación, tomando en cuenta la importancia de los servicios ambientales que brinda este ecosistema entre los que está la protección costera, purificación de aguas, almacenamiento de carbono, recursos hidrobiológicos, entre otros.

Conclusiones

Sobre la base de la información de la cobertura vegetal en el ecosistema manglar e información sobre la altitud del terreno, donde cada una de ellas se asienta, se determinaron cinco comunidades vegetales. Cada una de ellas se encuentra caracterizada según su composición de especies. La cobertura relativa de cada una, la altitud a la que se sitúa y la frecuencia de inundación a la que está expuesta a lo largo del año: a) herbazal (1.54 m), b) matorral arbustivo (1.76 m), vegetación halófila (0.94 m), manglar bajo (0.83 m) y manglar (0.74 m).

El análisis de toda la información reveló que la altitud es una variable importante para el establecimiento de las distintas especies del ecosistema manglar. Cada una de estas especies cumple un rol específico y es importante conocerlo ya que, de no ser conservado adecuadamente, se corre el riesgo de perder los beneficios ecológicos, sociales y económicos que aportan.

Bajo un contexto de cambio climático, los factores que interactúan con el ecosistema manglar (por ejemplo: caudales, carga de sedimentos de los ríos, precipitación, nivel del mar, entre otros) pueden verse intensificados o experimentar variabilidad, por lo tanto, contar los resultados de este estudio puede servir para planificar las acciones de conservación con base en una zonificación técnicamente correcta, orientar mejor las obras de ingeniería hidráulica que se piensa construir y que influenciarían al ecosistema, realizar acciones de diversificación de actividades económicas de los extractores de recursos hidrobiológicos, realizar la planificación urbana de centros poblados asentados cerca, entre otras.

Agradecimientos

Al invaluable apoyo del Instituto Geofísico del Perú (IGP), a través del proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes”, en especial al doctor Ken Takahashi y la MSc. Alejandra Martínez. Por su apoyo científico, motivación y por haber hecho posible realizar esta investigación. Al constante y también invaluable apoyo del Centro de Datos para la Conservación (CDC) de la UNALM, en especial al MSc. Pedro Vásquez y Blgo. Carlos Arnillas por su ase-

oría científica. Al apoyo de la Jefatura del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP), por su predisposición a apoyar el trabajo de campo, en especial al Ing. Eduardo Ríos, Ing. Rosa García, Sr. Carlos Ricardi, Sr. Martín Silva y Sr. Edwin Soccola. Al apoyo de investigadores que alimentaron con su punto de vista y crítica, MSc. Juan Torres Guevara y Dr. María de los Ángeles La Torre. Al apoyo y comprensión de la Coordinación de Suelos y Agua del Ministerio del Ambiente, en especial a MSc. Sonia González, actual Directora de Investigación e Información Ambiental del MINAM. A todos los tesisistas del Proyecto Manglares del IGP por la sinergia de conocimientos realizada, en especial a Jean Carlo Fajardo, Erick Príncipe y Karel Idrogo.

Referencias

- CDC-UNALM. (1986). Estrategia de Conservación para los Manglares del Nor-Oeste Peruano. *Informe final del proyecto WWF-US 3604*. Lima: UNALM.
- CINTRÓN, G. y SCHAEFFER, Y. (1983). *Introducción a la ecología del manglar*. Uruguay: UNESCO.
- FELLER, I. y SITNIK, M. (1996). *Mangrove Ecology Workshop Manual*. Smithsonian Institution. Washington D.C.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). (2007). *The World's mangroves 1980-2005*. Roma: FAO.
- GROSSMAN, D. *et al.* (1998). International classification of ecological communities: terrestrial vegetation of the United States. Volume I. *The National Vegetation Classification System: development, status, and applications*. Arlington, Virginia, USA: The Nature Conservancy.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES. (2007). *Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007-2011*. Lima, Perú: INRENA.
- MATTEUCCI, S. y COLMA, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington.