

# CONSTRUCCIÓN DEL SEGUNDO PUENTE SOBRE LA LAGUNA DE LA RESTINGA, ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA: CONFLICTOS SOCIO-AMBIENTALES Y PRIMEROS IMPACTOS ECOSISTÉMICOS

## CONSTRUCTION OF THE SECOND BRIDGE OVER LA RESTINGA LAGOON, MARGARITA ISLAND, VENEZUELA: SOCIO-ENVIRONMENTAL CONFLICTS AND FIRST ECOSYSTEM IMPACTS

EDLIN GUERRA CASTRO<sup>1</sup>, RODRIGO LAZO<sup>2</sup>, KELLY HERRERA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, CONACYT - Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Sisal, Yucatán, México, <sup>2</sup>Asesoría Independiente en SIG y Geoportal con Software Libre, Caracas, Venezuela,

<sup>3</sup>Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Departamento de Acuicultura, Boca de Río, Isla de Margarita, Venezuela  
E-mail: edlinguerra@gmail.com

### RESUMEN

En noviembre de 2013 se inició la construcción del segundo puente sobre la laguna de La Restinga, una obra que busca potenciar el transporte hacia la Península de Macanao. A partir de entonces, se generó un conflicto entre las autoridades gubernamentales proponentes de la obra y estudiantes e investigadores de la Universidad de Oriente, quienes exigían la presentación del Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural (EIAS) contemplado en la legislación ambiental venezolana. El 13 de agosto del 2014 las autoridades gubernamentales presentaron públicamente el EIAS, e indicaron que el único impacto negativo sería la tala de 1.241 m<sup>2</sup> de mangle. No obstante, en este trabajo se demuestra que los impactos ambientales fueron mayores al indicado por las autoridades. Para ello, se utilizaron imágenes satelitales para calcular el área de manglar deforestada y otros cambios en los componentes del paisaje. También se colocaron trampas de sedimentos en el canal principal para evaluar el aporte de material exógeno a la laguna. Se pudo identificar que se talaron 2.399 m<sup>2</sup> de manglar, se invadieron 892 m<sup>2</sup> del canal principal con material gravoso-arcilloso y 639 m<sup>2</sup> de las albuferas adyacentes. La sedimentación fue homogénea durante el período de estudio, pero ocurre principalmente en la zona de la obra, cuadruplicando la sedimentación en otras zonas de la boca de la laguna. Se recomienda evaluar por tiempo prolongado el transporte de sedimentos, así como el estado de salud y sobrevivencia de los manglares y organismos marinos susceptibles a la sedimentación, especialmente organismos filtradores.

**PALABRAS CLAVES:** Sedimentación, manglares, lagunas costeras, deforestación, contaminación, RAMSAR, áreas protegidas.

### ABSTRACT

In november 2013 the construction of the second bridge over La Restinga lagoon was initiated, a work that seeks to boost transportation to the Macanao Peninsula. Thereafter, a conflict was generated between governmental authorities that proposed this construction, and students and teachers from Universidad de Oriente who demanded the submission of the Environmental and Sociocultural Impact Assessment (ESIA) required by the Venezuelan environmental legislation. On august 13<sup>th</sup>, 2014, the Governmental authorities publicly presented the ESIA, and indicated that the only negative impact would be the deforestation of 1241 m<sup>2</sup> of mangroves. However, this study shows that the environmental impacts were greater than those indicated by authorities. To support this, satellite images were used to calculate the deforested area and to find out other changes in the components of the landscape. Sediment traps were also placed in the main channel to assess the contribution of exogenous material into the lagoon. It was estimated that the deforestation of mangroves comprised an area of 2399 m<sup>2</sup>, 892 m<sup>2</sup> of the main channel were invaded by gravel-clay material and 639 m<sup>2</sup> in the adjacent lagoons. Sedimentation was homogeneous during the study period, but occurred mainly in the construction area and on occasions was greater in other zones at the mouth of the lagoon. It is recommended a long-term sediment transport evaluation be performed, as well as the monitoring of the health and survival of mangroves and marine organisms susceptible to sedimentation, especially of filter feeders.

**KEY WORDS:** Sedimentation, mangroves, coastal lagoons, deforestation, pollution, RAMSAR, protected areas.

### INTRODUCCIÓN

La Laguna de la Restinga (Isla de Margarita, Venezuela) es un ecosistema marino-costero que se extiende aproximadamente por 26 km<sup>2</sup> (Ramírez 1996), de los cuales  $\pm$  8 km<sup>2</sup> corresponden a bosques de manglar (Sánchez-Arias *et al.* 2011). La especie *Rhizophora mangle*

L es el manglar más abundante y se encuentra bordeando los canales acuáticos naturales del sistema lagunar (Ramírez 1996, Sánchez-Arias *et al.* 2011). Los manglares de este parque son hábitat de, al menos, 62 especies de aves, 44 acuáticas y 18 terrestres (Carrillo 2007, Sanz *et al.* 2010). Así mismo, estas formaciones boscosas ofrecen refugio y sustrato a más de 500 especies

de organismos marinos (Gómez 1980, Díaz *et al.* 2003, Díaz *et al.* 2009, Rocha *et al.* 2010, Guerra-Castro *et al.* 2011), algunos de ellos de importancia para pesquerías artesanales, como la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (Buitriago *et al.* 2000, González *et al.* 2015), y peces como la mojarra *Eugerres plumieri* (Cuvier, 1830), las lisas *Mugil liza Valenciennes*, 1836 y *Mugil curema Valenciennes*, 1836 (Gómez 1980, Marín y Dodson 2000, González *et al.* 2006), y otras de interés para la conservación como el caballito de mar *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Ron *et al.* 2015). Además de la diversidad de especies que sustenta, el componente acuático de la Laguna de la Restinga mantiene elevados niveles de productividad primaria todo el año (de 300 a 800 mgC/m<sup>3</sup>/día) (Gómez 1983, 1991), que tienen influencia directa sobre la fertilidad marina de la costa sureste de la Isla de Margarita, y en consecuencia, en sus pesquerías (Gómez 1991, 1996). Todo esto, sumado a la belleza escénica de los caños y lagunas navegables entre los manglares, hizo que la Laguna de la Restinga fuese reconocida en 1996 como humedal de importancia internacional para la conservación, según el convenio Ramsar (SRC 2015).

La Laguna de la Restinga es uno de los atractivos naturales turísticos de mayor importancia en la Isla de Margarita, lo cual le confirió la declaratoria de Parque Nacional en 1974 (Decreto N° 1591, Gaceta Oficial N° 30.325, 6 de febrero de 1974) (PRV 1974). Las directrices y lineamientos de uso, zonificación, así como las normativas para la ejecución de las actividades que puedan ser realizadas en el parque, quedaron establecidas en el Decreto N° 1641 (Gaceta Oficial N° 34.758, 5 de junio de 1991) (PRV 1991). Todo este marco jurídico se constituyó con el fin de preservar y conservar una muestra relevante y representativa del sistema de lagunas litorales venezolanas. Sin embargo, el cumplimiento de estos objetivos podría estar comprometido por los planes de desarrollo que se impulsan en la Península de Macanao (Fig. 1) desde el año 2013, específicamente, con la construcción del segundo puente sobre el canal de principal de la Laguna La Restinga. La estabilidad de la Laguna de La Restinga como laguna costera, la salud de los manglares, la biodiversidad, la productividad primaria y secundaria, se mantiene por el continuo intercambio de agua que ocurre desde la única boca de comunicación de la laguna con el mar Caribe (Gómez 1991, Guerra-Castro 2012). En efecto, la mayor parte de la biodiversidad marina se concentra en la boca y el canal de entrada de la laguna, así como en la laguna central (Guerra-Castro *et al.* 2011). Por lo tanto, cualquier obra de ingeniería que implique obstrucción del flujo de

agua, cambios en la dinámica sedimentaria y remoción de cobertura de manglar, en esta zona de la laguna, es una potencial amenaza a la integridad del sistema lagunar. Es precisamente en la boca de la laguna donde se localiza el puente “Antonio Reina Antoni”, inaugurado en 1963, y donde se construye el segundo puente, desde el 26 de noviembre de 2013 (Perdomo 2013).

Los primeros meses de obras del segundo puente fueron polémicos, principalmente por la falta de información respecto a los detalles de ingeniería de la construcción y sus potenciales impactos ambientales, así como lo relativo a la autorización y permisos exigidos por la legislación nacional (Art. 84 y 85 de la Ley Orgánica del Ambiente, Art. 129 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela de 1999) (CRBV 1999, ANRBV 2006) y por el Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del Parque Nacional Laguna de La Restinga (Decreto N° 1641) (PRV 1991). Dicha polémica fue registrada por la prensa regional como «El Sol de Margarita» (Nota de Prensa sin firma 2014, Peñate 2014), la prensa nacional como «El Universal» (Nota de Prensa sin firma 2014) (Anónimo 2014) y programas radiales regionales (*p. ej.* dial 103.9 FM, programa «Al Son de la Verdad», 26/05/2014). El 13 de agosto del 2014, las autoridades gubernamentales (Alcaldía de Macanao, Dirección Estatal del Ministerio de Transporte Terrestre (MTT), Instituto Nacional de Parques (INPARQUES) y el Ministerio del Ambiente) expusieron públicamente en el Consejo Municipal de Macanao el proyecto de puente, así como el Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural. En dicha exposición se planteó que el único impacto negativo derivado de la construcción del segundo puente sería la tala de 1.241 m<sup>2</sup> de mangle, y se descartó cualquier otro posible pasivo ambiental relacionado con la fauna y flora (palabras de Roigar López, Director del MTT; cifra registrada por diversos medios de comunicación como «El Sol de Margarita» del 16/08/2014). Los detalles técnicos de cómo y cuándo se realizó ese estudio, metodologías, resultados en extenso y autores no fueron expuestos, así como tampoco se ofreció acceso a dicho documento para verificar detalles. En consecuencia, surge la incertidumbre sobre la validez de la información presentada por las autoridades, pero más importante aún, en el reconocimiento por parte de las autoridades y ciudadanía en general de la magnitud de los verdaderos impactos ambientales de la obra sobre la integridad del sistema lagunar.

La capacidad de la nueva infraestructura contará con dos canales, de 110 m de largo y 13,6 m de ancho, hombrillos, aceras y soportará 130

toneladas. El puente en construcción se caracterizará por no presentar arco superior, ni pilas centrales y descansará sobre muros de tierra armada (palabras de Roigar López, Director del MTT; detalles registrados por diversos medios de comunicación como «El Sol de Margarita» del 16/08/2014). Para la construcción de esos muros fue necesario: (1) talar manglar, (2) rellenar con material arcilloso-gravoso las zonas de anegación en ambos extremos de la boca, (3) la perforación de las zonas anegadas para colocación de pilas y (4) bombear el agua lodosa que se formaba entre el material de relleno y el agua de marea alta. Todas las maniobras requirieron de maquinaria pesada y de un equipo numeroso de trabajadores, todos de la empresa Pilotes Perforados C.A. (PILPERCA) (Hrastoviak 2014). Considerando estas actividades, los impactos ambientales inmediatos predecibles de dichas maniobras son: (1) reducción en la cobertura de manglar, (2) reducción del espejo de agua de las zonas anegadas paralelas a la boca de la laguna, así como de las salinas alrededor de la boca de la laguna, (3) contaminación por sedimentos en el flujo de agua de la boca de la laguna.

Este estudio tiene como objetivo principal demostrar que los impactos ambientales de la fase inicial de la obra son mayores a los proyectados por las autoridades. Para ello se midieron los cambios en los componentes del paisaje alrededor del puente, y se determinó la sedimentación en el canal de entrada. Además, con base en los resultados obtenidos, se propondrán algunas directrices sobre la evaluación de potenciales impactos a mediano y largo plazo, que puedan ser consideradas por los entes gubernamentales responsables.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El segundo puente se ubica al lado sur del puente “Antonio Reina Antoni”, específicamente sobre las coordenadas 10°58'32" N y 64°10'0" O en el extremo del municipio Tubores, y 10°58'36" N y 64°10'5" O en el extremo de la Península de Macanao (Fig. 1). El primer extremo del puente se construye sobre la vía de acceso vehicular que accedía a los barcos pargueros que se amarraban en la boca de la laguna, y sobre zonas de anegación aleañas caracterizadas por presentar pobre cobertura de manglar. En este extremo, los manglares suelen tener baja altura, y el suelo tiende a estar expuesto la mayor parte del año. En el extremo occidental, el puente se construye principalmente sobre una laguna de baja profundidad con exposición periódica, con cobertura de manglar importante, de altura que

oscila entre los 2 m y 4 m aproximadamente. Este estudio se enfocó en evaluar los cambios en paisaje, principalmente cobertura de manglar, en el área de las zonas anegadas e intervenidas y en el ancho de la boca. Además, considerando la actividad de perforación y bombeo de agua lodosa hacia la laguna, se estimó la tasa de sedimentación a lo largo de todo el canal de entrada.

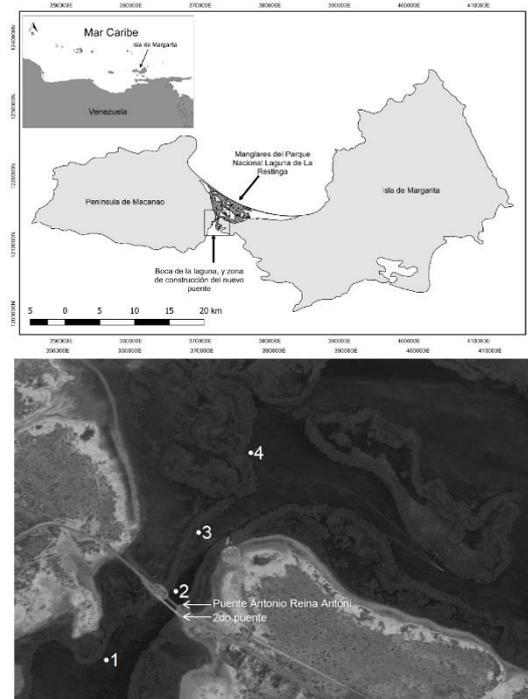


Figura 1. Isla de Margarita y área del Parque Nacional Laguna de La Restinga (imagen superior) e imagen satelital de Google Earth (mayo 2016) de la boca de la Laguna de La Restinga. En la segunda imagen se indican ambos puentes, así como los cuatro puntos donde se midió la tasa de sedimentación.

### Cobertura de manglar y otros cambios del paisaje

Para estimar cambios en elementos del paisaje, se construyó un sistema de información geográfica sobre una ventana espacial de aproximadamente 62 ha alrededor del puente (Fig. 2a,b) y dos imágenes satelitales obtenidas del portal Google Earth. La primera imagen, de fecha 12/2013 (Image ©2015 CNES/Astrium), se utilizó para calcular el área de manglar y otros componentes del paisaje justo al inicio de la obra (Fig. 2a). La segunda imagen es del 01/2015 (Image ©2015 DigitalGlobe), y se empleó para estimar los cambios en los componentes del paisaje producidos durante los primeros 13 meses de la obra (Fig. 2b). Las imágenes satelitales se georreferenciaron en el Datum WGS84 UTM huso zona 20N. De la primera imagen se identificaron y digitalizaron las siguientes unidades: manglar vivo, zonas anegadas, terrenos elevados, canal de navegación de la laguna y

vialidad (Fig. 3a). De la segunda imagen se identificó y digitalizó la zona intervenida por las obras del segundo puente (Fig. 3b). Seguidamente, se ejecutó una intersección entre la capa “Zona intervenida por el segundo puente” de la imagen 2015 sobre la capa de manglares vivos, zonas anegadas y canal de navegación de la imagen de 2013. Los cambios ocurridos de 2013 a la fecha se calcularon por la estimación del área de los polígonos generados con las intersecciones. El software empleado para estos análisis fue QGIS (versión 2.8.1).



Figura 2. Imágenes digitalizadas de los alrededores del puente “Antonio Reina Antoni”. A: imagen satelital de Google Earth de fecha 12/2013, justo antes del inicio de la construcción del segundo puente. B: imagen satelital de Google Earth de fecha 1/2015, un año después de inicio de la obra.

Seguidamente, para tener un valor actualizado de la cobertura de manglar en todo el parque que sirva como futura referencia para determinar si se presentan cambios, se utilizó una imagen de satélite Landsat 8 de fecha 02/mayo/2015, con los valores de reflectancia de la superficie. Se generó una imagen correspondiente al área del Parque Nacional La Restinga, con la siguiente combinación espectral: rojo visible (banda 4: 0,64 - 0,67  $\mu\text{m}$ ), infrarrojo cercano (banda 5: 0,85 - 0,88  $\mu\text{m}$ ) e Infrarrojo de onda corta 1 (banda 6: 1,57 - 1,65  $\mu\text{m}$ ). Con esta combinación se pueden diferenciar los tipos de vegetación y la interfaz tierra/agua claramente, para posteriormente hacer la estimación del área. Paralelamente, se verificó

la estimación con el método de análisis de componentes principales y relaciones de bandas (4, 5, 6, 4/6 y 6/5) propuesto Green *et al.* (1998) para analizar cobertura de manglar. Una vez verificada la cobertura actual de manglar, se relativizó el área talada para la obra respecto al total en el parque.

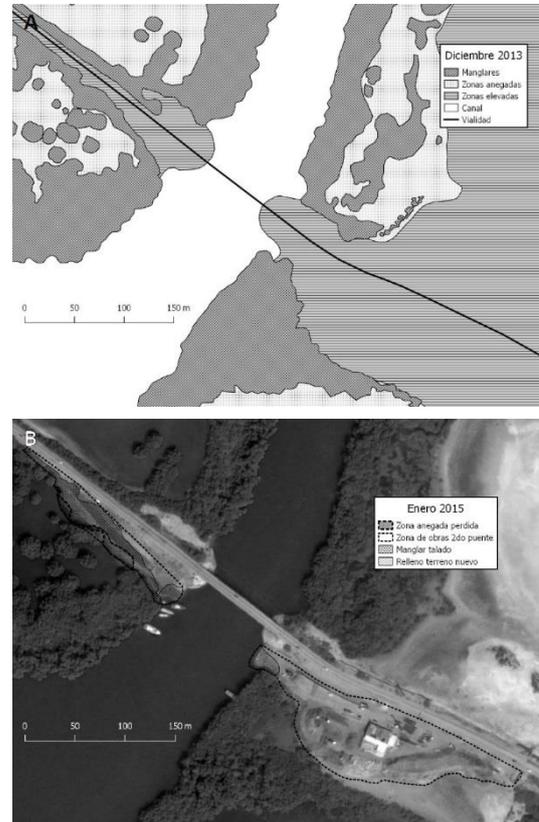


Figura 3. Imágenes digitalizadas de los alrededores del puente “Antonio Reina Antoni”. En A, componentes del paisaje alrededor de la obra en diciembre de 2013 a partir de imagen satelital de Google Earth. En B, polígonos digitalizados del área de la obra a partir de la imagen de Google Earth de enero 2015.

### Sedimentación en el canal principal de La Restinga

Se midió la tasa de sedimentación en cuatro puntos distribuidos a lo largo del canal principal con trampas de sedimentos. Cada trampa consistió en una base cuadrada metálica de 1 m<sup>2</sup> que sostenía verticalmente en sus esquinas cuatro recolectores (tubos de PVC de 45 cm de altura y 10 cm de diámetro). Las trampas fueron ubicadas al margen costero occidental del canal, separadas 1-2 m del borde del manglar y a profundidad de 2-3 m. Cada punto se distanció 200 - 300 m entre sí en: la boca de La Laguna (punto 1), a 30 m de las obras hacia el interior del canal (punto 2), frente al embarcadero El Indio (punto 3) y el final del canal (punto 4) (Fig. 1). Las trampas fueron colocadas en tres oportunidades desde que inició la construcción del segundo puente: diciembre

2014, mayo 2015 y julio 2015. En cada ocasión, el período de inmersión de las trampas fue de siete días.

Una vez en el laboratorio, el sedimento fue liberado de organismos refugiados en los recolectores y enseguida lavados profusamente con agua destilada con el fin de eliminar el contenido de sales que representarían una sobreestimación del peso. Las muestras se dejaron decantar y el sobrenadante limpio fue descartado. El lodo fue vertido sobre bandejas de aluminio (previamente pesadas) y secado en una estufa a 70°C por 72 horas. La diferencia entre la muestra seca (sedimento + bandeja) menos el peso de la bandeja indica la cantidad de sedimento contenido en cada recolector. Las estimaciones en cada recolector por trampa fueron extrapoladas a 1 m<sup>2</sup> y usadas como réplicas del punto en la laguna para análisis estadísticos comparativos. Estos datos fueron empleados para la determinación de la tasa de sedimentación entendida esta como la cantidad de sedimento en gramos depositada cada metro cuadrado por día (g/m<sup>2</sup>/día).

Formalmente, se sometió a prueba la hipótesis nula que la tasa de sedimentación difiere en los cuatro puntos a lo largo del canal. Esta hipótesis se analizó con un análisis de varianza de dos vías, siendo los factores principales la localidad (fijo, cuatro niveles correspondientes a los lugares donde se colocaron las trampas), y el momento (aleatorio, tres niveles correspondientes a las ocasiones en las que se colocaron las trampas). La homogeneidad de las varianzas se evaluó con la prueba de Levene (Zar 1996). Considerando que hay particular interés en la tasa de sedimentación en las zonas adyacentes a la construcción del puente, se hicieron comparaciones múltiples entre puntos siguiendo el protocolo de Dunnett con un  $\alpha$  de 0,05 (Zar 1996).

## RESULTADOS

### Componentes del paisaje y cobertura de manglar

Los polígonos generados con la intersección entre las subunidades del paisaje y las zonas intervenidas permiten identificar tres tipos de cambios asociados a las operaciones de construcción del segundo puente en La Restinga, estos fueron: (1) desaparición de un área ocupada previamente por manglares, (2) desaparición de un área en las zonas de anegación aledañas a los manglares talados, (3) aparición de nuevo suelo sobre el nivel del mar en ambos lados del canal principal de la laguna (Fig. 3b). El primer polígono, indicador de manglar desaparecido, tuvo un área de 2.399 m<sup>2</sup>. El segundo polígono,

asociado con la desaparición parcial de la zona de anegación, tuvo un área de 639 m<sup>2</sup>. El tercer tipo de cambio resultó de dos polígonos con 390 m<sup>2</sup> y 502 m<sup>2</sup> sobre el canal principal, indicadores de vaciado de material de relleno dentro del canal principal. El área total de cobertura de manglar en el Parque Nacional La Restinga para mayo de 2015 fue de 7,8 km<sup>2</sup>. Con esta cifra, se puede indicar que el área de manglar talado para la obra representó 0,03% de la cobertura de manglar total del parque.

### Sedimentación

La tasa de sedimentación medida fue constante en los cuatro puntos durante el período de estudio, tal como lo indica la interacción no significativa L x M (Tabla 1, ANOVA,  $p > 0,05$ ). Además, no se detectaron diferencias significativas en la tasa de sedimentación entre los momentos comparados (Tabla 1, ANOVA,  $p > 0,05$ ). No obstante, sí se detectaron diferencias significativas en la tasa de sedimentación promedio entre los puntos a lo largo del canal (Tabla 1, ANOVA,  $p < 0,05$ ). En efecto, la Figura 4 refleja que la sedimentación fue notablemente mayor en el punto 2. De esta figura también destaca que la variación no fue homogénea entre trampas, la variación residual en el punto 2 fue notablemente mayor que en el resto de los puntos (Prueba Levene,  $p < 0,05$ ).

Tabla 1. ANOVA dos vías - efectos mixtos para evaluar cambios espaciales y temporales en la tasa de sedimentación en los cuatro puntos de muestreo en el canal principal de la Laguna de La Restinga. Valor de  $p$  obtenido con 9999 permutaciones.

Fuente	gl	SC	CM	F	P(perm)
Localidad	3	1,12E+05	37448,0	16,0	<b>0,0190</b>
Momento	2	1805	902,3	0,5	0,6600
L x M	6	14008	2334,7	1,3	0,3170
Residuales	36	67009	1861,3		
Total	47	1,95E+05			

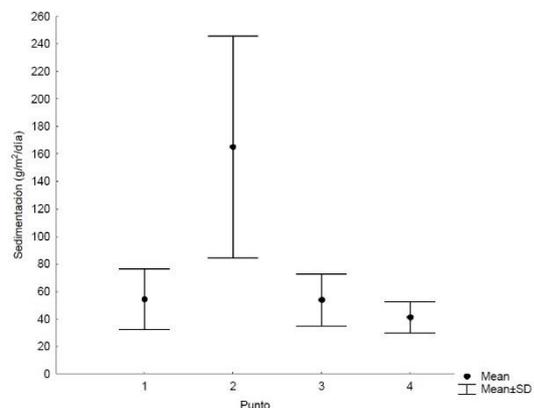


Figura 4. Tasa de sedimentación promedio g/m<sup>2</sup>/día estimada durante el período de estudio en cuatro puntos a lo largo del canal de entrada del Parque Nacional Laguna de La Restinga.

El análisis de comparación múltiple para promedios con varianzas heterogéneas (Prueba de Dunnett) indica que la sedimentación en el punto 2 fue significativamente mayor que en el resto, a pesar de la heterogeneidad de las varianzas. La tasa de sedimentación promedio en el punto 2 fue

entre tres y cuatro veces mayor que en los otros puntos. La menor tasa de sedimentación y menor varianza se observó en el punto 4 (Tabla 2). No obstante, no se detectaron diferencias significativas entre los puntos 1, 3 y 4 (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba de comparación múltiple (Prueba de Dunnett) sobre la sedimentación en los cuatro puntos de muestreo en el canal principal de la Laguna de La Restinga.

Punto	Promedio (g/m <sup>2</sup> /día)	Desv. Est.	Grupos homogéneos
4	41,17	11,24	****
3	53,88	18,88	****
1	54,41	22,07	****
2	164,96	80,61	****

## DISCUSIÓN

En este estudio se identificaron dos tipos de cambios sobre las características ambientales del Parque Nacional Laguna de La Restinga asociables a la construcción del segundo puente: (1) evidente modificación en los componentes del paisaje en el canal de entrada y (2) incremento localizado en los patrones de sedimentación a lo largo del canal. El primero implicó la desaparición de hábitat para varias especies animales, mientras que el segundo representa una alteración de las condiciones ambientales para los organismos filtradores de los alrededores del puente. Específicamente, el primer impacto consistió en la reducción de la cobertura de manglar en aproximadamente 2.399 m<sup>2</sup> y en la afectación directa de la albufera en 639 m<sup>2</sup>. El segmento de manglar removido duplica lo indicado por las autoridades (1.241 m<sup>2</sup>). Más allá de la magnitud del manglar removido, éste representaba una barrera de protección de 341 m de longitud a la albufera en ese sector, que iniciaba en el canal de entrada hasta la porción más elevada de terreno paralela a la carretera de entrada a Macanao, y quedó ahora reducida a 135 m de longitud. La albufera resguardada por dicha barrera tiene un área aproximada de 11.658 m<sup>2</sup>, y corresponde a zonas de muy baja profundidad.

En la Isla de Margarita, la superficie aproximada del bosque de manglar vivo es de 19,89 km<sup>2</sup>, siendo el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) la especie dominante (Sanz *et al.* 2010). La zona con mayor extensión de manglar en la isla es el Parque Nacional Laguna de La Restinga, con una extensión aproximada de 8 km<sup>2</sup>. A pesar de su protección, el cambio en la cobertura de manglar del Parque Nacional Laguna de La Restinga se suma a una tendencia ya medida sobre la pérdida de vegetación en el estado Nueva Esparta, asociada al crecimiento de las áreas urbanas y edificios turísticos (Sanz *et al.* 2011). En el

período 1986-1999, se determinó que los bosques de manglar presentaron una reducción en su cobertura de 0,28 km<sup>2</sup> (Zager y Carrasquel 2010).

El segundo tipo de impacto estuvo asociado con la invasión al canal de entrada con dos nuevos suelos consolidados de 892 m<sup>2</sup> entre ambos, y con el incremento del material sedimentario en el canal principal, específicamente en los alrededores de la obra. Las consecuencias del nuevo material sedimentario no fueron evaluadas en este estudio, pero se pueden proyectar algunos escenarios hipotéticos. El primero, el material sedimentario producto de la obra se sedimenta localmente y durante el período de construcción de la obra. Este sería un impacto localizado, de corta duración en el tiempo. Bajo este escenario, los organismos marinos aledaños al puente morirían por el exceso de sólidos suspendidos (considerando que la gran mayoría son filtradores), pero eventualmente, al detenerse el proceso de incorporación de sedimentos, nuevos recultas ocuparán la zona y la comunidades bentónicas así como la ictiofauna se recuperará. Un segundo escenario es que la obra dure más tiempo de lo previsto, durante dicho período las partículas sedimentarias pueden ser arrastradas al interior de la laguna. Esto podría modificar los perfiles batimétricos en las zonas más someras y acelerar que parches de manglar se sequen, así como afectar fisiológicamente la biología de los peces e invertebrados marinos. Un tercer escenario podría ser un aumento en la concentración de contaminantes al interior de la laguna. El material extraído de las perforaciones tiene una composición fundamentalmente orgánica (Salazar *et al.* 2003). Estas partículas tienen décadas inmovilizadas en el sedimento, funcionando como trampa de metales pesados provenientes de la actividad naviera de Macanao, muy especialmente de los barcos pesqueros que amarran en la boca de la Laguna de La Restinga, justo en las inmediaciones del puente “Antonio

Reina Antoni". Algunas de las mediciones de metales pesados como Cu, Pb y Zn en sedimentos superficiales de Laguna de La Restinga no alcanzan niveles reconocidos para generar toxicidad en invertebrados marinos, pero otros como el Cd sí (Long *et al.* 1995, González 2008). Es bien conocido que los sedimentos orgánicos de las lagunas costeras suelen adsorber metales pesados y mantenerlos secuestrados bajo ambientes anóxicos (García *et al.* 2008, 2010). Al remover esos sedimentos y mezclarse con aguas ricas en oxígeno, los contaminantes como el Cd podrían estar disponibles para ser incorporados por los organismos filtradores (González 2008). Este sería un impacto de amplio espectro y larga duración.

Un punto de comparación importante para medir la magnitud de los impactos producidos por la construcción del segundo puente es conocer los generados por la construcción del primer puente. Para esta época (década de los 60), no existía mayor legislación ambiental, ni obligatoriedad de realizar estudios de impacto ambiental, por lo que se desconocen cifras que permitan poner en la balanza lo presentado en este estudio. No obstante, algunos elementos pueden ser identificados. En primer lugar, la amplitud del canal de entrada de la Laguna de La Restinga se ha mantenido igual a pesar de la construcción del primer puente. Esta información se extrae de testimonios de lancheros locales oriundos, así como de fotografías aéreas que datan de 1937 (Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar). De estas mismas imágenes se puede evidenciar que la cantidad de manglares talados para la construcción del primer puente fue considerablemente mayor que para el segundo puente, pues implicó la creación de una carretera. Esta vía dividió a los bosques de manglar y albuferas aledañas al canal de entrada en dos partes, representando un típico caso de fragmentación de hábitat. Además de la pérdida de manglar por la construcción del primer puente, la cobertura de manglar en 1989 era de 11,34 km<sup>2</sup>, pero para el año 2001 se había reducido a 9,7 km<sup>2</sup> (Sánchez-Arias y Rodríguez 2008, Sánchez-Arias *et al.* 2011). Las estimaciones hechas para este estudio indican que la cobertura en 2015 fue de 7,8 km<sup>2</sup>. Este declive en la cobertura parece estar asociado a un proceso de sedimentación generalizada que se está dando en la laguna, causada por la alteración de la dinámica hidrológica (Sánchez-Arias y Rodríguez 2008, Sánchez-Arias *et al.* 2011).

La reducción de los bosques de manglar en el mundo es una tendencia mundial (Giri *et al.* 2011). En efecto, los remanentes de estos son 12% menores a las coberturas reconocidas por la FAO

(Giri *et al.* 2011). No obstante, los mayores declives ocurren en zonas no protegidas, este no es el caso de La Restinga, que es un Parque Nacional con figura RAMSAR (Sánchez-Arias *et al.* 2011). Esta tendencia es un indicador de alerta del estado de salud de estos bosques costeros tropicales que debe ser atendidos por las autoridades responsables, especialmente porque también se pronostica mayor disminución en su cobertura a consecuencia del cambio climático (*i. e.* por aumento del nivel del mar y disminución de las precipitaciones) (Snedaker 1995, Gilman *et al.* 2008). Los manglares son uno de los ecosistemas costeros más biodiversos del trópico (Sasekumar *et al.* 1992, Sheridan y Hays 2003, Faunce y Serafy 2006, Nagelkerken *et al.* 2008), pero además, ofrecen servicios ecosistémicos fundamentales para las economías costeras, por lo que su conservación debe ser tomada con mayor responsabilidad.

El surgimiento de conflictos ambientales es un problema generalizado en el mundo, pero muy especialmente en América Latina (Aide y Grau 2004). Existe todo un desarrollo de técnicas que permite abordar, mediar y resolver dichos conflictos con la mayor satisfacción posible entre las partes (Wittmer *et al.* 2006). En Venezuela, en teoría, esos conflictos se resuelven durante la ejecución de un Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural, que se genera, discute y desarrolla por las partes interesadas, es decir, desarrollistas, gobierno, comunidad y especialistas técnicos. Estos estudios no solo plantean análisis predictivos sobre cambios en los componentes ecosistémicos, también incluyen componentes sociológicos, y en ambos casos, el espíritu es identificar las acciones del proyecto y los problemas ambientales y sociales que generarían, de tal forma de disminuir al máximo los impactos. No obstante, la problemática ambiental sobre el segundo puente no fue abordada usando algún criterio técnico. Más allá de cumplir con la presentación pública de un Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural, la forma y duración del conflicto, así como la subestimación de los pasivos ambientales, revelan que la problemática ambiental por la construcción del segundo puente sobre La Restinga no fue abordada adecuadamente.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La construcción del segundo puente sobre La Restinga generó mayores pasivos ambientales que los reconocidos oficialmente por las autoridades gubernamentales en la presentación oral del Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural el 13 de agosto del 2014. Estos pasivos incluyen: (1)

2.399 m<sup>2</sup> de manglar deforestado, (2) desaparición de 639 m<sup>2</sup> de zonas de anegación aledañas a los manglares talados, (3) aparición de nuevo suelo sobre el nivel del mar en ambos lados del canal principal de la laguna, y (4) se cuadruplicaron los patrones de sedimentación en el canal de entrada de agua marina a la laguna durante los primeros meses de la obra. Se recomienda evaluar por tiempo prolongado el transporte de sedimentos, así como el estado de salud y sobrevivencia de los manglares y organismos marinos susceptibles a la sedimentación, especialmente organismos filtradores. Esta evaluación debe incorporar estimativas de concentración de metales pesados, especialmente por ser la ostra de mangle una de las especies más vulnerables de acumular metales y ser uno de los principales recursos extraídos de la laguna para consumo humano. Así mismo, se sugiere la planificación y ejecución de programas de reforestación de manglar basados en experiencias previas y conocimiento técnico como el descrito por Sánchez-Arias y Rodríguez (2008).

#### AGRADECIMIENTOS

Las trampas de recolección de sedimento fueron colocadas con la ayuda de los estudiantes de la asignatura Ecología General de las licenciaturas en Biología Marina y Acuicultura durante los años 2014 y 2015. Todo el trabajo de campo se realizó con embarcaciones de la Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar de la Universidad de Oriente. Este manuscrito se benefició sustancialmente de los comentarios de la Dra. Virginia Sanz así como de dos evaluadores anónimos.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDE TM, GRAU HR. 2004. Globalization, migration, and Latin American ecosystems. *Science*. 305(5692):1915-1916.
- ANÓNIMO. 2014. Alertan que construcciones amenazan a la Laguna de La Restinga. *El Universal*. Disponible en línea en: <http://www.eluniversal.com/vida/140820/alertan-que-construcciones-amenazan-a-la-laguna-de-la-restinga> (Acceso 20.08.2014).
- ANÓNIMO. 2014. Nuevo puente La Restinga crea polémica. *El Sol de Margarita*. Disponible en línea en: <http://www.elsoldemargarita.com.ve/posts/post/id:137242/Nuevo-puente-La-Restinga-crea-pol%C3%A9mica> (Acceso 16.08.2014).
- ANRBV (ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA). 2006. Ley Orgánica del Ambiente. *Gaceta* Oficial N° 5.833, 22 de diciembre de 2006.
- BUITRAGO E, LUNAR K, MORENO P. 2000. Cultivo piloto de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) en la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita. *Mem. Fund. La Salle de Cienc. Nat.* 154:24-38.
- CARRILLO DJ. 2007. Factores que afectan el éxito reproductivo del ñángaro en la Isla de Margarita, Venezuela. *Mem. Fund. La Salle de Cienc. Nat.* 167:89-99.
- CRBV (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA). 1999. Título III. De los Derechos Humanos y Garantías, y de los Deberes: Capítulo IX - De los Derechos Ambientales. República Bolivariana de Venezuela.
- DÍAZ MC, PAULS SM, VILLAMIZAR E, ALVIZU A, AMARO ME, CELLAMARE M, GRUNE S, HERNANDEZ-ÁVILA I, NARCISO S, PÉREZ A, PÉREZ J, RAMÍREZ I, RAMOS R, ROMERO MP, YOUNG P. 2003. Porifera biodiversity in Nueva Esparta, Venezuela: common species from "La Restinga" and Cubagua Island. *The Twin Cays Mangrove Ecosystem, Belize: Biodiversity, Geological History, and Two Decades of Change*. Smithsonian Institution Conference, Florida, USA.
- DÍAZ O, LIÑERO-ARANA I, VILLAFRANCA S, ALLEN T. 2009. Epizoic polychaetes (Annelida: Polychaeta) on *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) from La Restinga lagoon, Margarita Island, Venezuela. *Ecotrópicos*. 22(1):13-22.
- FAUNCE CH, SERAFY JE. 2006. Mangroves as fish habitat: 50 years of field studies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 318:1-18.
- GARCÍA EM, CRUZ-MOTTA JJ, FARINA O, BASTIDAS C. 2008. Anthropogenic influences on heavy metals across marine habitats in the western coast of Venezuela. *Cont. Shelf Res.* 28:2757-2766.
- GARCÍA EM, BASTIDAS C, CRUZ-MOTTA JJ, FARINA O. 2010. Metals in waters and sediments of the Morrocoy National Park, Venezuela: increased contamination levels of cadmium over time. *Water Air Soil Pollut.* 214(1-4):609-621.
- GILMAN EL, ELLISON J, DUKE NC, FIELD C. 2008. Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquat. Bot.*

- 89(2):237-250.
- GIRI C, OCHIENG E, TIESZEN LL, ZHU Z, SINGH A, LOVELAND T, MASEK J, DUKE N. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecol. Biogeogr.* 20(1):154-159.
- GÓMEZ A. 1980. Estudio sobre las comunidades de peces en dos localidades de la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 20(1-2):91-112.
- GÓMEZ A. 1983. Pigmentos clorofílicos, producción primaria y abundancia planctónica en el canal de entrada a la Laguna de La Restinga, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 22(1-2):43-63.
- GÓMEZ A. 1991. Interacción entre un estuario negativo (Laguna de La Restinga, Isla de Margarita) y el mar Caribe adyacente. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 30(1):47-55.
- GÓMEZ A. 1996. Causas de la fertilidad marina en el nororiente de Venezuela. *Interciencia.* 21(3):140-146.
- GONZÁLEZ A. 2008. Determinación de Cd, Cu, Zn y Pb en *Perna viridis* (Mollusca: Bivalvia) en la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita. Boca del Río, Venezuela: Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias Aplicada del Mar, Departamento de Acuicultura [Disertación Licenciado en Biología Marina], pp. 53.
- GONZÁLEZ C, CRESCINI R, VILLALBA W, MALDONADO A, VÁSQUEZ G, SOTO G. 2015. Estructura de tallas, crecimiento y mortalidad de *Crassostrea rhizophorae* en la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Saber.* 27(2):331-336.
- GONZÁLEZ LW, ESLAVA N, GUEVARA F. 2006. Catálogo de la pesca artesanal del estado Nueva Esparta, Venezuela. Coordinación de Publicaciones del Rectorado de la Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. pp. 222
- GREEN EP, CLARK CD, MUMBY PJ, EDWARDS AJ, ELLIS AC. 1998. Remote sensing techniques for mangrove mapping. *Int. J. Remote Sens.* 19(5):935-956.
- GUERRA-CASTRO E. 2012. Diversidad de especies, patrones y procesos estructurales de las comunidades incrustantes asociadas a las raíces de mangle rojo *Rhizophora mangle* L. Altos de Pipe, Venezuela: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Centro de Ecología [Disertación Doctorado en Ciencias, mención Ecología], pp. 309.
- GUERRA-CASTRO E, CRUZ-MOTTA JJ, CONDE JE. 2011. Cuantificación de la diversidad de especies incrustantes asociadas a las raíces de *Rhizophora mangle* L. en el Parque Nacional Laguna de La Restinga. *Interciencia.* 36(12):923-930.
- HRASTOVIK J. 2014. Segundo puente no tiene impacto ecológico. El Sol de Margarita. Disponible en línea en: <http://www.elsoldemargarita.com.ve/posts/post/id:137222/Segundo-puente-no-tiene-impacto-ecol%C3%B3gico> (Acceso 17.08.2014).
- LONG ER, MACDONALD DD, SMITH SL, CALDER FD. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environ. Manage.* 19(1):81-97.
- MARÍN BJ, DODSON JJ. 2000. Age, growth and fecundity of the silver mullet, *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae), in coastal areas of Northeastern Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 48(2-3):389-398.
- NAGELKERKEN I, BLABER SJM, BOUILLON S, GREEN P, HAYWOOD M, KIRTON LG, MEYNECKE JO, PAWLIK J, PENROSE HM, SASEKUMAR A, SOMERFIELD PJ. 2008. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquat. Bot.* 89(2):155-185.
- PEÑATE M. 2014. Sigue diatriba por segundo puente sobre La Restinga. El Sol de Margarita. Disponible en línea en: <http://www.elsoldemargarita.com.ve/posts/post/id:137500/Sigue-diatriba-por-segundo-puente-sobre-La-Restinga> (Acceso 21.08.2014).
- PERDOMO A. 2013. En 12 meses estará listo segundo puente sobre La Restinga. Agencia Venezolana de Noticias. Disponible en línea en: <http://www.avn.info.ve/contenido/comienza-construcci%C3%B3n-del-segundo-puente-sobre-restinga> (Acceso 26.11.2013).
- PRV (PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA). 1974. Decreto N° 1591: Creación del Parque Nacional "Laguna de la Restinga". *Gaceta Oficial* N° 30.325, 6 de febrero de 1974.

- PRV (PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA). 1991. Decreto N° 1641: Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso: Parque Nacional "Laguna de la Restinga". Gaceta Oficial N° 34.758, 5 de junio de 1991.
- RAMÍREZ P. 1996. Lagunas costeras de Venezuela. Primera edición. Universidad de Oriente, CRIA, Porlamar, Venezuela, pp. 275
- ROCHA RM, GUERRA-CASTRO E, LIRA C, PAULS SM, HERNÁNDEZ I, PEREZ A, SARDI A, PEREZ J, HERRERA C, CARBONINI A, CARABALLO V, SALAZAR D, DÍAZ MC, CRUZ-MOTTA JJ. 2010. Inventory of ascidians (Tunicata, Ascidiacea) from the National Park La Restinga, Isla Margarita, Venezuela. Results from a NaGISA workshop. *Biota Neotrop.* 10(1):1-10.
- RON E, PATTI J, PADRÓN M. 2015. Caballito de mar, *Hippocampus reidi*. *En: RODRÍGUEZ JP, GARCÍA-RAWLINS A, ROJAS-SUÁREZ F (Ed). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Cuarta edición. Provita y Fundación Empresas Polar. Caracas, Venezuela. Disponible en línea en: animalesamenazados.provita.org.ve/content/caballito-de-mar-hippocampus-reidi (Acceso 25/11/2016).*
- SALAZAR J, ROSAS J, RODRÍGUEZ J. 2003. Condiciones sedimentológicas de la Laguna La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Interciencia.* 28(1):44-50.
- SÁNCHEZ-ARIAS LE, RODRÍGUEZ JP. 2008. Creation of mangrove "Productive Oases": Community participation for the sustainable utilization of halophytes. *In: HELMUT L, GARCÍA M, HERZOG B (Ed). Mangroves and Halophytes: Restoration and Utilisation. Springer Science + Business Media B.V. Dordrecht, Netherlands, pp 157.*
- SÁNCHEZ-ARIAS LE, RODRÍGUEZ JP, CABALLER M, ASMUSSEN MV, MEDINA G. 2011. Diagnostics of health status in mangrove ecosystems. *In: RILEY AT (Ed). Advances in Environmental Research. Nova Science Publishers, Inc. 6, Denver, USA, pp. 235-262.*
- SANZ V, OVIOL L, MEDINA A, MONCADA R. 2010. Avifauna del estado Nueva Esparta, Venezuela: recuento histórico y lista actual con nuevos registros de especies y reproducción. *Interciencia.* 35(5):329-339.
- SANZ V, RIVEROS M, GUTIÉRREZ M, MONCADA R. 2011. Vegetación y uso de la tierra en el estado Nueva Esparta, Venezuela: un análisis desde la ecología del paisaje. *Interciencia.* 36(12):881-887.
- SASEKUMAR A, CHONG VC, LEH MU, D'CRUZ R. 1992. Mangroves as a habitat for fish and prawns. *Hydrobiologia.* 247:195-207.
- SRC (SECRETARIAT RAMSAR CONVENTION). 2015. The List of Wetlands of International Importance, pp 48.
- SHERIDAN P, HAYS C. 2003. Are mangroves nursery habitat for transient fishes and decapods. *Wetlands.* 23(2):449-458.
- SNEDAKER SC. 1995. Mangroves and climate change in the Florida and Caribbean region: scenarios and hypotheses. *In: WONG Y-S, TAM NFY (Ed). Asia-Pacific Symposium on Mangrove Ecosystems: Proceedings of the International Conference held at The Hong Kong University of Science & Technology, September 1-3, 1993. Springer Netherlands. Dordrecht, Netherlands, pp. 43-49.*
- WITTMER H, RAUSCHMAYER F, KLAUER B. 2006. How to select instruments for the resolution of environmental conflicts? *Land Use Policy.* 23(1):1-9.
- ZAGER I, CARRASQUEL F. 2010. Estado de amenaza de los ecosistemas terrestres de la isla de Margarita, estado Nueva Esparta. *En: RODRÍGUEZ JP, ROJAS-SUÁREZ F, HERNÁNDEZ DG (Ed). Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela. Provita, Caracas, Venezuela, pp. 244-249.*
- ZAR J. 1996. *Biostatistical Analysis.* Prentice-Hall. New Jersey, USA, pp. 662.