

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**EVALUACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE AVES ACUÁTICAS DEL
ESTUARIO DE LA BAHÍA DE SAN JUAN.**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental
en Conservación y Manejo de Recursos Naturales

Por
Laura Lucia Fidalgo-De Souza

18 de diciembre de 2009

DEDICATORIA

*Madre Naturaleza, fuente de inspiración,
te doy gracias por las aves que
migran y residen en esta isla.
Formando ellas parte
del mosaico colorido
que enriquece
nuestro entorno.*

AGRADECIMIENTOS

Para todas aquellas personas que contribuyeron en este documento exhorto mi mayor agradecimiento. Al Programa del Estuario de la Bahía de San Juan por brindarme los datos de campo de los Censos Navideños de Audubon. En particular al Dr. Jorge Bauzá del programa, quien depositó en mí su confianza y sincera ayuda durante todo el transcurso de mi investigación. Por su conocimiento de la Ciénaga las Cucharillas agradezco al Sr. Carlos Morales (UMET). Sin duda alguna el enfoque ornitológico que es meritorio de esta tesis se lo debo al Prof. Alexis Molinares. El Dr. William Gould (USDA Forest Service) puso a mi alcance sus herramientas del análisis de GAP, para poder evaluar el hábitat del estuario. Los frutos cosechados de mi análisis de datos son compartidos con el Dr. Carlos Ramos y el Sr. Juan Carlos Lubary, que me ayudaron a darles sentido a mis resultados estadísticos. Al decano de la UMET, el Dr. Carlos M. Padín, que siempre brindó una sonrisa de esperanza cuando encontré obstáculos en el proceso. Por iluminarme en el proceso de desarrollar mi propuesta y dirigirme a la meta final, gracias Dr. Juan Carlos Musa y Sra. Silvia Roch. Agradezco el trabajo desinteresado que realizaron el Sr. José Enrique Rodríguez, Sr. Pedro Carrión, y todos los voluntarios de los Censos Navideños del PEBSJ, lo cual hizo posible la recopilación de datos. Sin olvidar a mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mi padre, Enrique Fidalgo Estévez, quien cultivó en mí el aprecio a la fauna y el ambiente natural que me rodea. Cada uno de los mencionados comparte el esfuerzo y logro realizado en esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
Trasfondo del problema de estudio.....	1
Problema de estudio.....	2
Justificación del estudio.....	3
Preguntas de investigación.....	5
Metas y objetivos.....	5
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Trasfondo histórico.....	6
Marco conceptual.....	7
Estudios de casos.....	10
Marco legal.....	12
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	15
Área de estudio.....	15
Descripción de la población.....	17
Fuentes de datos.....	18
Diseño metodológico.....	19
Análisis de datos.....	20
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
Composición.....	22
Diversidad.....	30
Análisis de GAP.....	32
CAPÍTULO V: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	43
Conclusión.....	43
Limitaciones.....	44
Recomendaciones de manejo.....	45
Recomendaciones de educación.....	47
Recomendaciones de estudios.....	48
LITERATURA CITADA.....	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Data de Censos Navideños de Audubon del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan en el transepto de las Cucharillas, realizados en los años 2000 al 2003 y del 2005 al 2006.....	57
Tabla 2. Data de Censos Navideños de Audubon del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan en el transepto de la Esperanza, realizados en los años 2000 al 2003 y del 2005 al 2006.....	60
Tabla 3. Data de Censos Navideños de Audubon del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan en el transepto del Caño Martín Peña, realizados en los años 2000 al 2003 y del 2005 al 2006.....	63
Tabla 4. Data de Censos Navideños de Audubon del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan en el transepto del Bosque de Piñones, realizados en los años 2000 al 2003 y del 2005 al 2006.....	66
Tabla 5. Especies presentes por área censado.....	69
Tabla 6. Índice de diversidad de Simpson, Inversa del índice de dominancia de Simpson, y Uniformidad.....	73
Tabla 7. Prueba Kruskal-Wallis.....	74
Tabla 8. Análisis de GAP de cobertura terrestre de las Cucharillas.....	75
Tabla 9. Análisis de GAP de cobertura terrestre de la Esperanza.....	76
Tabla 10. Análisis de GAP de cobertura terrestre del Caño Martín Peña.....	77
Tabla 11. Análisis de GAP de cobertura terrestre del Bosque de Piñones.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Transepto las Cucharillas.....	80
Figura 2. Transepto Esperanza.....	81
Figura 3. Transepto Caño Martín Peña.....	82
Figura 4. Transepto Bosque de Piñones.....	83
Figura 5. Mapa de transeptos observados en el EBSJ.....	84
Figura 6. Familias observadas en las Cucharillas.....	85
Figura 7. Familias observadas en Esperanza.....	86
Figura 8. Familias observadas en Caño Martín Peña.....	87
Figura 9. Familias observadas en Bosque de Piñones.....	88
Figura 10. Número de especies por familias taxonómicas encontradas en el EBSJ.....	89
Figura 11. Familias predominantes por área de observación.....	90
Figura 12. Porcentaje de las cinco especies de mayor observación en las Cucharillas....	91
Figura 13. Porcentaje de las cinco especies de mayor observación en Esperanza.....	92
Figura 14. Porcentaje de las cinco especies de mayor observación en Caño Martín Peña.....	93
Figura 15. Porcentaje de las cinco especies de mayor observación en Bosque de Piñones.....	94
Figura 16. Porcentaje de las cinco especies de mayor observación en el EBSJ.....	95
Figura 17. Estado migratorio observado en las Cucharillas.....	96
Figura 18. Estado migratorio observado en Esperanza.....	97
Figura 19. Estado migratorio observado en Caño Martín Peña.....	98

Figura 20. Estado migratorio observado en Bosque de Piñones.....	99
Figura 21. Estado migratorio observado en el EBSJ.....	100
Figura 22. Nivel trófico observado en las Cucharillas.....	101
Figura 23. Nivel trófico observado en Esperanza.....	102
Figura 24. Nivel trófico observado en Caño Martín Peña.....	103
Figura 25. Nivel trófico observado en Bosque de Piñones.....	104
Figura 26. Nivel trófico observado en el EBSJ.....	105
Figura 27. Por ciento de frecuencia (frecuente, común, y rara) de las especies detectadas en las Cucharillas.....	106
Figura 28. Por ciento de frecuencia (frecuente, común, y rara) de las especies detectadas en Esperanza.....	107
Figura 29. Por ciento de frecuencia (frecuente, común, y rara) de las especies detectadas en Caño Martín Peña.....	108
Figura 30. Por ciento de frecuencia (frecuente, común, y rara) de las especies detectadas en Bosque de Piñones.....	109
Figura 31. Mapa de análisis de GAP de cobertura terrestre de Cucharillas.....	110
Figura 32. Mapa de análisis de GAP de cobertura terrestre de Esperanza.....	111
Figura 33. Mapa de análisis de GAP de cobertura terrestre de Caño Martín Peña.....	112
Figura 34. Mapa de análisis de GAP de cobertura terrestre de Bosque de Piñones.....	113
Figura 35. Abundancia observada según por ciento de Manglares por área.....	114
Figura 36. Abundancia observada según por ciento de desarrollo urbano por área.....	115
Figura 37. Riqueza observada según por ciento de Manglares por área.....	116
Figura 38. Número de especies migratorias observadas según el por ciento de manglares.....	117

LISTA DE SÍMBOLOS O ABREVIATURAS

PEBSJ	Programa del Estuario de la Bahía de San Juan
EBSJ	Estuario de la Bahía de San Juan
USFS	Servicio Forestal de los Estados Unidos
USFW	Departamento de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos
IBA	Área importante para aves
Ind	Individuos
ha	Hectárea
Δ_s	Índice de diversidad Simpson
δ_s	Inversa de dominancia de Simpson
E_Δ	Uniformidad
C	Las Cucharillas
E	Esperanza
CMP	Caño Martín Peña
BP	Bosque de Piñones
DRNA	Departamento de Recursos Naturales y Ambientales
GAP	Acercamiento geográfico para la protección
CBC	Censos Navideños de Aves de Audubon
SOPI	Sociedad Ornitológica Puertorriqueña. Inc
ONG	Organizaciones No Gubernamentales

RESUMEN

La investigación que llevamos a cabo fue para estudiar los censos navideños de aves de Audubon (CBC, por su siglas en inglés) realizados por el Programa del Estuario de la Bahía de San Juan (PEBSJ), durante un los años del 2000 al 2003 y del 2005 al 2006. Analizamos la composición y diversidad de aves acuáticas en los transeptos de las Cucharillas, la Esperanza, el Caño Martín Peña y el Bosque de Piñones dentro del Estuario de la Bahía de San Juan (EBSJ), Puerto Rico. Evaluamos si existen diferencias en la comunidad de aves por área. Además, utilizamos el análisis de GAP de Puerto Rico del Servicio Forestal de los Estados Unidos, para comparar la capa terrestre (porcentaje de humedal natural y desarrollo urbano), dentro de un radio de amortiguamiento de 500 metros, de cada transepto observado. Calculamos la diversidad usando el índice de diversidad de Simpson, y comparamos la diversidad de aves por área con la prueba estadística de Kruskal-Wallis. El CBC reveló, en los cuatro sitios mencionados, un total de 5,666 individuos de 50 especies pertenecientes a 12 familias de aves acuáticas. La variada estructura de las comunidades acuáticas por área, propone que el EBSJ tiene valor por su conjunto de hábitats que salvaguarda la diversidad de aves residentes y migratorias en Puerto Rico. Cada fragmento de humedal contiene unos elementos ambientales y ecológicos que crean nichos particulares, donde determinadas especies de aves establecen parcial o totalmente su ciclo de vida. Estrategias de manejo y educación se ofrecen como recomendaciones para mejorar el monitoreo de aves del PEBSJ e involucrar a las comunidades locales en el proceso. Futuros estudios de distribución, comportamiento y uso de hábitat de aves necesitan ser realizados, con la intención de comprender que factores ecológicos afectan la biodiversidad, con el propósito de preservar de aves acuáticas y su hábitat.

ABSTRACT

We studied the Christmas Bird Count of Audubon (CBC) carried out by the San Juan Bay Estuary Program (SJBEP), during a period of six years (2000-2003, 2005-2006). We analyzed the composition and diversity of water birds in the transects of Cucharillas, Esperanza, Caño Martín Peña, and Bosque de Piñones inside the San Juan Bay Estuary (SJBE), Puerto Rico. We evaluated if there are differences in the community of birds by area. Utilizing the análisis GAP of Puerto Rico of the U S Forest Service, we compared the terrestrial layers (percent of natural wetland, and urban development), inside a buffer zone of 500 meters, of each transept observed. We calculated the diversity using the index of diversity of Simpson, and compare the diversity of birds by area with the statistical test of Kruskal-Wallis. The CBC revealed a total of 5,666 individuals of 50 species belonging to 12 families of water birds. The various structure of bird communities by area proposes that the SJBE has value for the assembly of habitats that safeguards the diversity of migratory and resident birds in Puerto Rico. Each fragment of wetland contains ecological and environmental elements that create specific niches for specific species of birds to establish partial or completely their life cycle. Strategies of management and education are offered as recommendations to improve the monitoring of birds by the PEBSJ and to involve the local communities in the process. Future studies of distribution, behavior and birds habitat use agree to be carried out with the intention to understand the ecological factors that affects the local biodiversity, with the purpose of conserving water birds and their habitat.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del problema

A nivel mundial, actividades humanas han afectado los ecosistemas costeros húmedos (Rendón et al., 2007). El desarrollo agrícola, industrial y urbano ha contribuido a la destrucción de cientos de miles de humedales. El desvío de cuencas y ríos, fue utilizado, como método de desecación de estos terrenos para la agricultura, posibilitando también el relleno de los mismos, para la construcción de comercios y viviendas. Con el pasar de los años, este desarrollo sigue en aumento por razón del crecimiento poblacional.

Puerto Rico, isla de las Antillas Mayores de la región del Gran Caribe, muestra el problema de la reducción agresiva de los humedales a nivel local. En sus costas se observa las detrimenales consecuencias del asentamiento y la contaminación del humano. Específicamente la capital, San Juan, considerada una de las ciudades de mayor desparrame urbano de Estados Unidos, se ha visto impactada por el crecimiento urbano, comercial y el establecimiento del principal puerto marítimo y aeropuerto de la isla (Martinuzzi et al., 2007). Esto contribuye especialmente a la degradación del sistema costero del Estuario de la Bahía de San Juan (EBSJ), que forma parte de la zona metropolitana.

El EBSJ ha pasado por un proceso de explotación de sus recursos de agua, suelo, flora y fauna, desde principios de la colonización (Seguinot, 1997). Agravándose el

problema en los últimos 50 años, a través del dragado de la Bahía de San Juan, la canalización de ríos, la extracción de arena, el relleno y la edificación urbana (PEBSJ, 2000). Esto ha generado contaminación producida por las descargas de aguas sanitarias, químicos industriales y desperdicios sólidos; produciendo una notable disminución y deterioro de los recursos naturales presentes. Por consiguiente, se ha restringido simultáneamente el hábitat apropiado que presta el estuario a las más de 160 especies de aves residentes y migratorias, ocasionando cambios en las comunidades de las mismas (PEBSJ, 2000).

La reducción de los humedales costeros conlleva una disminución de su funcionamiento, causando la pérdida de hábitat adecuada para la fauna dependiente de este ecosistema. Las comunidades de aves acuáticas son en particular unas de las más afectadas, ya que son especies especializadas a sobrevivir únicamente en ciertos tipos de humedales (USGS, 2007). Esto origina que un número considerable de especies vulnerables y en peligro de extinción del mundo, pertenezcan a este grupo. En particular, Puerto Rico está localizado dentro de una importante ruta de aves migratorias provenientes de América del Norte y Sur. Para evitar la extinción inminente de estas especies se requiere esfuerzos mayores en la preservación de los humedales de la isla, que son el refugio y parada de aves acuáticas.

Problema de estudio

El estuario, hoy por hoy, según censos realizados por diversas entidades (Audubon, SOPI, y DRNA), presenta una alta diversidad de aves. Pese a esta diversidad, son pocas las áreas protegidas, dando paso a mayor fragmentación de hábitat mediante la expansión

urbana, urbanismo que altera los procesos del ecosistema y pone en estado de vulnerabilidad las especies residentes (Donnelly et al, 2004). Problema que dificulta la proliferación de las aves, por falta de identificar y proteger de las áreas estrechamente vinculadas a su alimentación, reproducción, y refugio.

Actualmente el EBSJ no cuenta con una estrategia de manejo de hábitat dirigido a mantener, proteger y mejorar la productividad de aves acuáticas residentes y migratorias. Estas aves dependen diariamente de los humedales para alimentarse y ejercer su ciclo de vida, por ello la disponibilidad y calidad de agua, alimentos, estructura y tipo de vegetación, como también el tipo de suelo del lugar afectan la propagación de las aves (USGS, 2007). Por ello, es fundamental el monitoreo de las propiedades físicas, químicas y biológicas específicas que mantienen saludable y pueden producir cambios en el hábitat que sustenta el progreso de la comunidad de aves acuáticas (NOAA, 1998). Todos los factores antes expuestos determinan la necesidad de llevar a cabo, un análisis de composición y diversidad de las aves acuáticas de los sitios censados anteriormente, a fin de poder identificar las especies asociadas y los lugares importantes para su monitoreo dentro del plan de manejo del Programa del EBSJ.

Justificación del estudio

Desde 1992, el Estuario de la Bahía de San Juan ha sido reconocido por la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA) por su valor como lugar de alta biodiversidad, para ser restaurado y preservado, bajo el Programa Nacional de Estuarios (NEP), siendo el único estuario tropical participe de este programa. Además, la organización mundial Bird Life Internacional, en el 2007, designó la reserva natural Ciénaga las Cucharillas,

que forma parte del Estuario, como área importante para la conservación de las aves de Puerto Rico. A pesar del reconocimiento adquirido y leyes ambientales establecidas para proteger los humedales, son pocas las investigaciones científicas llevadas a cabo para fortalecer las iniciativas de manejo que preserven el Estuario.

Reconocidos los estuarios como hábitat primordial para aves acuáticas, se ha propagado la creación de estrategias de manejo y restauración para preservar este ecosistema mundialmente (Lotze, 2006). Para contribuir con este esfuerzo, a nivel local, se necesita identificar la complejidad de las comunidades de aves acuáticas y las características del hábitat que alojan estas especies dentro del Estuario de la Bahía de San Juan, lo que comprende realizar estudios de composición y diversidad de aves, y características de hábitat, para favorecer la riqueza de especies de aves en Puerto Rico.

Considerando que el hábitat que comprende un estuario es un sistema dinámico de alta complejidad, se requiere producir información que represente visualmente el espacio a ser manejado y conservado (Tian et al., 2008). Esta información facilita la creación de estrategias de manejo del hábitat, para la proliferación de aves acuáticas presentes en este ecosistema. Resaltando así, el valor del estuario como un santuario de aves a ser preservado. Este análisis proporciona información fundamental para el manejo efectivo que salvaguarde la productividad de estas especies.

Para este estudio se efectuó un análisis de composición, abundancia y riqueza descriptiva y cuantitativa de la comunidad de aves acuáticas dentro del EBSJ. Este tipo de estudio ha sido realizado escasamente en la región del Gran Caribe (Currie et al., 2005), en particular en áreas fragmentadas de humedales (Guadagnin et al., 2005).

Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es la abundancia y riqueza de aves acuáticas observada en los Censos Navideños de Audubon reportados del 2000 al 2003 y 2005 al 2006?
- ¿Existen diferencias en la composición y diversidad de aves acuáticas, y características terrestres entre los áreas donde se han realizado los Censos Navideños?
- ¿Qué factores ambientales están afectando la composición de las comunidades de aves en cada área censada?

Metas y Objetivos

La meta de esta investigación fue evaluar la estructura de las comunidades de aves acuáticas del Estuario de la Bahía de San Juan. Logramos nuestro propósito llevando a cabo dos objetivos:

1. Identificamos la composición de aves para determinar su biodiversidad.
2. Identificamos estrategias de manejo dirigidas a la preservación de aves acuáticas para el Programa del Estuario de la Bahía de San Juan.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Trasfondo histórico:

A principios del siglo XX, en Estados Unidos, los movimientos ambientalistas de protección de hábitat para el manejo de vida silvestre, iniciados por Aldo Leopold (1887-1948), promueven la conservación de los humedales y las aves acuáticas que los componen (Cox, 1997). Cuyo interés principal era manejar el hábitat para la proliferación de especies de caza, propiciando la creación de un programa de fondos para la adquisición de terrenos y la conservación de los mismos. El Servicio Forestal Federal (USFS, siglas en inglés) y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre Federal (USFW, siglas en inglés) tuvieron la oportunidad de adquirir gran cantidad de humedales, ya que había una gran demanda por la caza de aves acuáticas. Así, fue como este movimiento proporcionó el comienzo de la preservación y manejo de hábitat, y propició estudios poblacionales de estas especies.

Posteriormente en 1971, a través de la Convención de RAMSAR en Irán, se reconoció la importancia de los humedales como habitáculo de aves acuáticas a nivel internacional; al explorar la gran biodiversidad que estos ecosistemas albergan. Esta biodiversidad, mediante el movimiento y establecimiento humano masivo a las zonas de humedales costeros, se ha visto amenazada por la pérdida de hábitat. En especial, especies migratorias, que viajan largas distancias, requiriendo de este ecosistema

independientemente de las fronteras que lo divide. Lo que, proporciona incentivo a los países para integrar sus esfuerzos a fin de implementar estudios que fortifiquen las estrategias de manejo de humedales, con el propósito de conservar la avifauna regional y contribuir al sostén de los recursos naturales globales.

El Servicio de Pesca y Vida Silvestre federal (USFW), la Agencia de Protección Ambiental Federal (EPA), el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) estatal, y las ONG de Puerto Rico han trabajado en mantener los humedales costeros de la isla. Estos humedales se han visto impactados por el crecimiento de la población puertorriqueña y su traslado a las costas, lo que ha causado la pérdida alármate de pantanos, ciénagas y estuarios.

Aquellos humedales que logran coexistir en medio del desarrollo urbano en su mayoría son víctimas de la contaminación generada por las ciudades (Seigel et al, 2005). Un ejemplo se observa en el ecosistema del EBSJ, cuyo desarrollo urbano ha fragmentado este humedal costero; reduciendo la capacidad del ecosistema como lugar de reproducción, forrajeo, y refugio para una gran variedad de especies de aves dependientes de este medio natural.

Marco conceptual o teórico:

Los Estuarios son cuerpos de agua encontrados donde las afluentes de aguas dulces se encuentran con el mar (NOAA, 2008). Su sistema abarca complejos y heterogéneos habitáculos que genera un sinnúmero de nichos ecológicos, lo que propicia que diferentes especies de aves acuáticas se encuentren en determinados tipos específicos de humedal dentro del estuario.

Los estuarios son hábitat de importancia para especies de aves acuáticas residentes y migratorias (Siegel et al, 2005). Censos realizados dentro del Estuario han podido detectar alrededor de 160 especies de aves (PEBSJ, 2001) de las aproximadamente 350 especies de todo Puerto Rico (Oberle, 2003); incluyendo especies de aves acuáticas reconocidas por el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico vulnerables: la chiriría antillana (*Dendrocygna arborea*), el pato chorizo (*Oxyura jamaicensis*), el pato quijada colorada, (*Anas bahamensis*), y el gallinazo nativo (*Fulica caribaea*); y anteriormente en peligro de extinción el Pelicano Pardo (*Pelecanus occidentalis*). Pero, aunque existen censos efectuados dentro del estuario, no existen estudios que revelen la composición y diversidad de aves acuáticas; por lo que no se cuenta con información, acaso muy escasa, que contribuya al adelanto del Plan Integral de Manejo del PEBSJ (2001). Programa que tiene como uno de sus objetivos “proteger las poblaciones existentes de aves vulnerables y en peligro de extinción, y proteger y restaurar sus hábitats”. Objetivo que ayuda a promover el sostén de la diversidad de avifauna en el sistema.

Por otra parte, estudiar los atributos de las poblaciones de aves acuáticas puede ser ventajoso para monitorear las condiciones del ecosistema del estuario (Stolen et al., 2005; Seigel et al., 2005), considerando que las aves son sensibles a cambios ambientales, se puede utilizar especies de esta comunidad como indicadores de cambios en la estructura, composición y funcionamiento del medio natural (Donnelly et al., 2004). Ello contribuye al monitoreo de aves del Estuario como una herramienta adicional, para identificar ciertos cambios ambientales significativos. Además, estudios de aves en zonas urbanas ayudan a

diseñar estrategias de manejo para la reserva, y sugiere esquemas de desarrollo urbano que disminuyan los efectos negativos a la biodiversidad (Donnelly et al., 2004).

Las aves tienen una función ecológica importante en la dispersión de semillas y el control de plagas (Sekercioglu, 2006). Parte de la alimentación de especies de aves omnívoras y herbívoras son semillas de plantas nativas que logran ser transportadas por estas alrededor y en las afueras del EBSJ, originando la proliferación y diversificación de la flora de los humedales. Gran número de aves carnívoras caza invertebrados e insectos, lo que conlleva la reducción de plagas que afectan los ecosistemas y la población humana local. Así que, el monitoreo y preservación de aves acuáticas proporcionan beneficios precisos para la ecología y la sociedad del área metropolitana de Puerto Rico.

La economía local también puede ser beneficiada por la conservación de aves acuáticas. La belleza estética de estas aves atrae a millones de personas anualmente a diferentes partes tropicales del mundo para observarlas. Este pasatiempo ha generado un notable crecimiento en la industria del ecoturismo. Actividad que puede ser introducida como parte de los atractivos de la zona metropolitana. No obstante, crear este tipo de desarrollo conlleva producir estudios de las comunidades de aves del Estuario, para evitar impactos adversos que empobrezcan la calidad de hábitat que el sistema ofrece a estas.

Estudios demuestran que existe una estrecha relación entre la pérdida y degradación de este ecosistema húmedo con la pérdida y descenso de especies de aves acuáticas (Hongyu et al., 2004). Además, las presiones antropogénicas en aumento en los estuarios costeros pueden influenciar en la estructura de estas comunidades (DeLuca et al., 2008). Por tal razón, la investigación que llevamos a cabo, sobre la composición y diversidad de aves acuáticas dentro del EBSJ, propuso aportar información para

enriquecer el Plan Integral de Manejo del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan. La misma promueve la expansión de estudios de avifauna, para el sostén de la biodiversidad local y continental.

Estudios de casos:

Alrededor del mundo la problemática de identificar áreas apropiadas para la conservación de aves acuáticas se ha visto en aumento. Estudios del estado poblacional y diversidad de aves se han realizado para mejorar el manejo y la conservación de los humedales (Akosim et al., 2008; Giri et al., 2008; Olmos et al., 2005).

- En Asia, países como China se dedican a hacer investigaciones para manejar sus humedales y preservar la biodiversidad representativa de estos ecosistemas. Tian, B. et al. (2008) analizó en la Reserva Natural de Chongming Dongtan, de Shanghai, qué hábitat es adecuado para aves migratorias. Para ello estableció relaciones entre las poblaciones de aves y factores claves del hábitat, implementando un estudio visual, a través del uso del Sistema de Información Geográfica (GIS) y los datos obtenidos de los censos de aves de la reserva.
- En Baja California, México, se ha evaluado como el entorno espacial determina la presencia de las aves acuáticas. Basado en los patrones de distribución poblacional y diversidad de especies, pudieron demostrar que la heterogeneidad espacial del hábitat afecta la estructura de las comunidades de aves; demostrando así que las poblaciones de cada

especie se limita al espacio donde los recursos naturales utilizados yacen disponibles (Zárate-Ovando et al., 2008).

- Otros estudios pertinentes a la relación entre hábitat y población de aves acuáticas, también se han producido en la región del Caribe. St. Croix, isla que compone las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, ha determinado los sitios de prioridad aviaria que existen dentro de sus humedales salinos, mediante la abundancia y distribución de las poblaciones de aves. La investigación puso al descubierto que charcos de agua dulce hechos por el hombre han compensado por la pérdida de humedales en la isla (McNair et al., 2006).

El Estuario de la Bahía de San Juan forma parte del Programa Nacional de Estuarios (PNE) de la EPA; reconociendo la importancia de este lugar como área de conservación de la fauna y flora terrestre y acuática en medio del desarrollo urbano. Consta de una diversidad de hábitáculos como arrecifes de coral, praderas de hierbas marinas, bosques de mangle, ciénagas de agua dulce, y lagunas. Los estudios diseñados para desarrollar un plan de manejo efectivo para la preservación de hábitat y las especies asociadas, ayudará a otros estuarios tropicales.

Marco legal:

A continuación se mencionan las leyes federales y estatales que justifican y reglamentan el estudio llevado a cabo.

1. Endangered Species Act of 1973 (16 U.S.C. 1531-1544)

La Ley de Especies en Peligro de Extinción de 1973 protege las especies que estén bajo estado crítico, reconocidas como vulnerables o en peligro de extinción dentro de territorios de los Estados Unidos. Además, resguarda el área donde habitan estas especies de impactos relacionados a actividades humanas.

2. Estuary Protection Act of (16 U.S.C. 1221-1226)

Esta ley de Protección de Estuarios resalta el valor de los estuarios y la necesidad de conservar los recursos naturales que contiene, proporcionando el subsidio del Gobierno Federal a los estados para implementar un plan de manejo permanente, con el propósito de reducir los impactos ocasionados a estos ecosistemas por el desarrollo comercial e industrial.

Leyes estatales:

1. Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004 conocida como “Ley sobre Política Pública Ambiental de Puerto Rico”

Ley que establece política del Gobierno del Estado Libre Asociado, los municipios y las organizaciones públicas y privadas, a utilizar todos los medios para estimular y promover el bienestar general del hombre. También, busca crear y mantener las condiciones bajo las cuales el hombre y la naturaleza puedan existir en armonía y cumplir

con las necesidades sociales, económicas y cualesquiera otras que puedan surgir con las presentes y futuras generaciones de puertorriqueños.

2. Ley Núm. 314 de 24 de diciembre de 1998, conocida como “Política Pública Sobre Humedales en Puerto Rico, Ley de Tierra”

Esta ley reconoce que los humedales constituyen un recurso natural en Puerto Rico de gran valor ecológico, de incomparable belleza y de un significado beneficioso para la recreación, la educación, la ciencia y la economía. Los estuarios proveen varias funciones necesarias tales como, mejorar la calidad del agua, recargar de los acuíferos o aguas subterráneas, suplir de alimento y hábitat a la vida silvestre, propiciar el establecimiento de cadenas alimentarias, ayudar a mitigar inundaciones, producir oxígeno, retener y estabilizar los sedimentos provenientes de tierras altas y proveer lugares de atractivo turístico. Por lo que se establece como política pública del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, la protección de los humedales.

3. Ley Núm. 241 de 15 de agosto de 1999, conocida como “Nueva Ley de Vida Silvestre de Puerto Rico”

El Artículo 3 de esta ley establece que es política pública del Gobierno de Puerto Rico la protección de la vida silvestre y en particular el hábitat de dichas especies. Las agencias públicas deberán consultar al DRNA sobre cualquier acción que pueda tener impactos significativos previsibles sobre la vida silvestre. Además, esta ley establece una prohibición de modificación de aquellos hábitats críticos esenciales de especies vulnerables o en peligro de extinción. Además, el Reglamento para Regir el Manejo de las Especies Vulnerables y en Peligro de Extinción del Departamento de Recursos

Naturales y Ambientales (6766) establece que, la protección y la conservación de especies vulnerables o en peligro de extinción recibirán primera prioridad en el establecimiento de objetivos de manejo para áreas naturales bajo la jurisdicción del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Asimismo, establece que se tomarán las medidas necesarias para que, de surgir conflictos entre especies vulnerables o en peligro de extinción y otras actividades, se resuelvan a favor de las especies vulnerables o en peligro de extinción.

3. Plan Integral de Manejo y Conservación del Estuario de la Bahía de San Juan, Programa del Estuario de la Bahía de San Juan (EBSJ)

El Programa del Estuario de la Bahía de San Juan representa el compromiso del Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico con la Agencia de Protección Ambiental Federal para proteger y recuperar la calidad de las aguas y los ecosistemas que forman parte del estuario de la Bahía de San Juan. Como parte de este acuerdo, en el año 2000 se estableció el Plan de Manejo Integral del Estuario de la Bahía de San Juan, que establece la política pública para el manejo, la protección y la conservación de este recurso natural. Una de las metas específicas de este Plan es “...mejorar y mantener un ecosistema que sustente una diversidad óptima de recursos vivos sobre una base sostenible”.

Entre las acciones recomendadas en el Capítulo 4 del Plan se encuentran acciones afirmativas denominadas HW-14, que propone “Proteger las Poblaciones Existentes de Especies de Aves Vulnerables y en Peligro de Extinción y Proteger y Restaurar sus Hábitats en el Sistema del EBSJ”, debido a su importancia como hábitat de especies críticas y en peligro de extinción.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Identificamos y analizamos la diversidad y composición de aves acuáticas en áreas manejadas del EBSJ, con observaciones de seis años (200-2003, 2005-2006). Para esto, tomamos en consideración, mediante la recopilación de censos navideños de aves (Christmas Bird Count) realizados por el PEBSJ, la riqueza de especies y abundancia poblacional por cada especie dentro del sistema. De igual forma, se calculó la biodiversidad de cada área censada, y se determinó su localización. Analizamos las coberturas terrestres (por ciento de tipo de humedal y desarrollo urbano) de cada transecto censado, para observar si existe relación entre las capas con la composición (abundancia, familia taxonómica, estado migratorio y nivel trófico) de aves. Toda esta información fue recopilada para ser utilizada como base de datos en futuros planes de monitoreo e investigaciones relacionadas a la avifauna local.

Área de estudio

El EBSJ se encuentra en la región de los valles húmedos de la costa norte de la isla de Puerto Rico. Esta isla está ubicada en las coordenadas 18.15° N y 66.30° O, formando parte de las Antillas Mayores en la región del Gran Caribe. Siete municipios componen el Estuario (Toa Baja, Guaynabo, Cataño, San Juan, Carolina, Loíza y Canóvanas). Los cuerpos de agua que componen el estuario incluyen la Ciénaga las Cucharillas, la Bahía de San Juan, el Canal San Antonio, la Laguna del Condado, El Caño Martín Peña, la Laguna San José, el Canal Suárez, la Laguna la Torrecilla y la Laguna de Piñones. Las

zonas mayormente segregadas e impactadas por actividades humanas son la Bahía de San Juan, mediante la construcción del puerto principal de la isla, la Laguna de Condado, por las edificaciones comerciales y residenciales, y el Caño Martín Peña, que ha sido rellenado clandestinamente por basura y escombros residenciales e impactado por descargas de aguas usadas sin tratar (PEBSJ, 2007).

Este sistema estuárico incluye canales, lagunas, y una bahía cuyas aguas intercambian con el Océano Atlántico a través de la Bahía de San Juan. Los aportes de agua dulce provienen de los ríos de Puerto Nuevo y Río Piedras, y de las quebradas Juan Méndez, San Antón, y Blasina (Municipio de Cataño, 2007). Dentro del Estuario encontramos ciénagas herbáceas de agua dulce, lagunas dulces y salobres, bosques de manglares costeros, y playas (US EPA, 2007).

El Estuario se localiza en una zona húmeda subtropical. La temperatura anual fluctúa entre 27° C y 23° C. Las lluvias promedio anual varían entre 1,500 mm a nivel del mar, y 2,100 mm en los lugares más altos del límite sur de las cuencas hidrográficas. De noviembre a abril son los meses de sequía, y de mayo a octubre de lluvia (PEBSJ, 2001).

Seleccionamos los transeptos para analizar las comunidades de aves, en base al mayor número y menor interrupción de años observados. Conseguimos cuatro áreas con el mayor lapso de tiempo de observación de seis años (2000-2003, 2005-2006). Eliminamos en este proceso las áreas de San Juan Viejo, Torrecilla Alta, y Jardín Botánico, por falta de continuidad en la recolección de datos por año.

Los transeptos que estudiamos dentro del EBSJ (Figura 5.) son los siguientes:

- Las Cucharillas (C), localizado en el área de la Laguna Secreta, al oeste de la carretera PR-165 en Cataño (Figura 1.).
- La Esperanza (E), a lo largo de la PR- 888, al margen de la Bahía de San Juan en Cataño (Figura 2.).
- El Caño Martín Peña (CMP), sobre el paseo lineal del Parque Central hasta llegar al puente de la Avenida Muñoz Rivera en Hato Rey (Figura 3.).
- El Bosque de Piñones (BP), por el paseo tablado comenzando por la costa del balneario y terminando dentro del Bosque de Piñones (Figura 4.).

Estas cuatro áreas fueron elegidas para censar por ser de los pocos fragmentos de humedal conservados dentro de la zona metropolitana de la isla, su fácil acceso y la riqueza de especies observada en censos anteriores.

Consideramos dos escalas geográficas: la escala local, para analizar la composición y diversidad de aves acuáticas por área censada y la escala del paisaje para determinar la cobertura terrestre que compone el área de estudio del EBSJ.

Descripción de la población:

La población estudiada se compone de aves acuáticas residentes y migratorias observadas dentro de EBSJ. Aves acuáticas se consideran todas aquellas especies que necesitan forrajear, reproducirse, y/o refugiarse en o cerca del agua. Según el convenio de Ramsar define las aves acuáticas como "aves que dependen ecológicamente de los humedales".

Para analizar la composición y diversidad de aves acuáticas, elegimos las especies observadas en los censos cuyas familias taxonómicas dependen de humedales. Consideramos el listado de familias representadas en el libro de “Wetland Birds” (Weller, 1999) como criterio de selección.

El Estuario de la Bahía de San Juan acoge especies de aves acuáticas vulnerables (chiriría caribeña, *Dendrocygna arborea*; pato quijada colorada, *Anas bahamensis*; gallinazo nativo, *Fulica caribaea*), y en peligro de extinción (pelícano pardo, *Pelecanus occidentalis*) (DRNA, 2004). Especies que incluimos dentro del estudio poblacional para determinar si los lugares observados sirven de hábitat que ampara su productividad.

Periodo del estudio:

Durante un periodo de seis meses (de enero a mayo de 2009) analizamos los censos poblacionales de aves acuáticas del PEBSJ del 2000 al 2003, y del 2005 al 2006. Con la información obtenida se generó un análisis descriptivo y cuantitativo de composición de aves y biodiversidad de las áreas censadas.

Fuentes de datos:

Los datos poblacionales de las aves acuáticas fueron recopilados de los CBC realizados dentro del EBSJ. Censos efectuados por miembros y voluntarios del PEBSJ durante los años del 2000 al 2003 y del 2005 al 2006. La metodología utilizada para hacer los avistamientos de aves ha sido la de transeptos lineal sin estimación de distancia del Dr. Joseph M. Wunderle, Jr. para aves del Caribe, que es implementado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (Wunderle, 1994).

Diseño metodológico:

Comenzamos tabulando, en el programa computarizado Microsoft Excel, el número de especies y cantidad de individuos por especie encontrados por año, de cada uno de los sitios observados, dentro del EBSJ. Las cuatro áreas observadas fueron las Cucharillas, la Esperanza, el Caño Martín Peña (Parque Central), y el Bosque de Piñones (Paseo Tablado). Con la información de los censos tabulada pasamos a examinar la composición (familia taxonómica, estado migratorio, y nivel trófico), y diversidad de la comunidad de aves acuáticas por sitio. Calculamos el índice de diversidad de Simpson (Δ_s), la uniformidad (E_Δ , Evenness) de los individuos observados por especie, y la inversa del índice de dominancia de Simpson (δ_s , equivale al número de especies dominantes presentes) de cada área y del total de las áreas. Este índice es utilizado también en otros estudios de biodiversidad de aves (Akosim et al., 2008; Giri & Kumar, 2008; Kikvidze & Ohsawa, 2002).

El GAP Análisis de Puerto Rico, del Servicio Forestal Federal (Gould et al., 2008), lo utilizamos como base de datos para estudiar la cobertura terrestre de los transectos censados. El por ciento de tipo de humedal y desarrollo urbano fueron calculados, en un perímetro de amortiguamiento alrededor de los transectos de 500 metros (Figura 31, 32, 33 y 34), perímetro utilizado anteriormente por estudios de hábitat (Kirsch et al, 2008). La información extraída del análisis de GAP la utilizamos para comparar la relación entre la composición y diversidad de la comunidad de aves acuáticas por sitio con las capas de cobertura terrestre mencionadas, utilizando como herramienta de asociación diagramas de dispersión. De igual forma, cotejamos en que características se observa la mayor abundancia de aves acuáticas.

Análisis de datos:

Evaluamos la diversidad de especies de aves determinando el índice de biodiversidad de cada lugar del censo realizado. Calculamos el índice de biodiversidad de Simpson (Δ_s), que considera la recurrencia del número de especies (riqueza) y cantidad de individuos por especies (abundancia) que pueden presentarse en la comunidad de aves de un área específica (Brower et al., 1997). Mediante la ecuación:

$$\Delta_s = 1 - \frac{\sum n_i^2}{N^2}$$

Donde el número total de organismos por especies es n y el total de organismos de todas las especies es N . En este índice, 1 representa diversidad infinita y 0 ninguna diversidad. Significando que mientras el valor de Δ_s se acerca más a 1, mayor es la diversidad.

La uniformidad (E_Δ , Evenness) de la comunidad de aves acuáticas por sitio la calculamos con la siguiente ecuación:

$$E_\Delta = \Delta_s / \Delta_{max}$$

Esta ecuación señala la aproximación del índice de diversidad observado al índice de diversidad máximo posible, según la distribución de N individuos entre las s especies de la muestra (Brower et al., 1997).

El índice de dominancia de Simpson (λ) es la concentración de N individuos entre s especies, mientras mayor sea la diversidad de una muestra de especies menor será la dominancia de una especie en particular. Según estudios, la inversa del índice de dominancia (δ_s) equivale al número de especies dominantes presentes en una muestra (Brower et al., 1997). La cual calculamos para las cuatro muestras estudiadas mediante la ecuación:

$$\delta_s = \frac{N^2}{\sum n_i^2} .$$

Comparación entre las medidas de índice de diversidad Simpson (Δ_s) por área la realizamos con la prueba Kruskal-Wallis, utilizando el programa estadístico MINITAB. Esta prueba se realiza para datos que no representan una distribución poblacional normal, y la muestra colectada no es de forma al azar ('nonrandom') (Mann, 2001). La prueba determina si la hipótesis nula (la diversidad de aves acuáticas de cada área de observación es igual) se rechaza o no. Si es rechazada la hipótesis nula entonces se acepta la hipótesis alterna (la diversidad de aves acuáticas de cada área de observación es diferente), determinando que existen diferencias significativas entre la diversidad por área. Utilizamos un nivel significativo de 5 % para la prueba de Kruskal-Wallis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nuestro objetivo principal ha sido revelar la composición (familia taxonómica, estado migratorio y nivel trófico) y calcular la diversidad de aves acuáticas que muestran los CBC. Con el propósito de observar diferencias en la composición y diversidad de aves entre las cuatro áreas monitoreadas (Las Cucharillas, Esperanza, Caño Martín Peña, y Bosque de Piñones). Igualmente, comparamos la información obtenida con las características geográficas (porcentaje de humedal natural, desarrollo urbano y área manejada) de cada área censada.

Los datos de CBC realizados en los cuatro transeptos dentro del EBSJ los tabulamos en dos tablas distintas. La lista de especies sigue el orden taxonómico que propone el Sistema de Información Taxonómica Integrada (ITIS, por sus siglas en inglés) según lo presenta en: www.itis.gov/. Con los datos organizados y cotejados hicimos el análisis de la composición y diversidad de aves acuáticas.

Composición

Según CBC, de los años 2000 al 2003 y del 2005 al 2006, realizados en EBSJ, se observaron 5,666 aves pertenecientes a 50 especies en 12 familias de aves acuáticas. Encontramos cuatro especies vulnerables (Pato quijada-colorada, *Anas bahamensis*; Pato chorizo, *Oxyura jamaicensis*; Gallinazo nativo, *Fulica caribaea*; y Playero melódico, *Charadrius melodus*) (DRNA, 2004). El pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*) considerado en peligro también fue observado en este estudio, pero durante el mes de

noviembre del 2009 de la lista federal de especies en peligro de extinción, del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, se removi6. Cuatro especies observadas en los censos no fueron registradas en el informe t6cnico inicial del listado sobre flora y fauna del EBSJ (Rivera, 1996), las cuales son el Playero mel6dico (*Charadrius melodus*), Playero solitario (*Tringa solitaria*), Gaviota monja (*Sterna anaethetus*), y Pato pescuecilargo (*Anas acuta*).

Las Familias observadas son descritas a continuaci6n mediante la definici6n de Weller (1999):

1. Podicipedidae: Aves que se conocen com6nmente como somormujo: especialistas zambullidores. Especies encontradas mayormente en climas templados alrededor del mundo. Son palm6peda con cuatro dedos, facilit6ndoles nadar por debajo del agua. Tienen dificultad para caminar en la tierra, por lo que prefieren permanecer en el agua, ya que sus patas est6n posicionadas bien atr6s en su cuerpo. La mayor parte de estas especies prefieren humedales de poca profundidad y densa vegetaci6n. Tanto adultos como juveniles se alimentan de peces, anfibios, e invertebrados. Una especie fue detectada de esta familia.
2. Sulidae: Especies oce6nicas. Se mantienen gran parte de su ciclo de vida mar a dentro. Su alimentaci6n principal son peces. De esta familia se observ6 una especie.
3. Pelecanidae: Grupo diverso de aves acu6ticas de tama1o grande asociadas a sistemas marinos costeros. Aproximadamente ocho especies existen alrededor del mundo. Sus patas son palm6pedas con cuatro dedos,

adaptadas para nadar. Su pico largo y saco pronunciado es singular de esta familia. Su dieta consiste principalmente de peces, pero comen también anfibios y otras presas acuáticas. El pelícano pardo es la única especie de esta familia que se lanza de clavado, a más de 20 metros de altura, para pescar. Los adultos pueden viajar hasta 75km para conseguir alimento. Una especie fue detectada.

4. Fregatidae: Cinco especies componen esta familia. Principalmente son aves marinas de trópico. Aunque frecuentan islas remotas oceánicas, también se pueden observar en humedales costeros. La mayor parte del tiempo se mantienen en el aire, y pescan rozando el pico con la superficie del agua sin amarizar en ella. Comen peces y calamares, por lo general son oportunistas y roban de gaviotas y otras aves marinas. Una especie fue detectada de esta familia.
5. Ardeidae: Familia de las garzas. Especies de patas largas, y picos largos que los ayudan a coger peces, anfibios, reptiles, y en ocasiones mamíferos y otras aves. Su presa depende del tamaño del ave. Existen especies que buscan alimento solitariamente y otras en grupo en hábitat terrestre como acuático. Se adaptan con facilidad al medio urbano. Diez especies fueron detectadas.
6. Anatidae: Altamente cosmopolita distribuidas en zonas tropicales, como en latitudes de los extremos del norte y sur del planeta. Mayormente se reúnen en grandes números, y migran largas distancias. Esta familia se divide taxonómicamente en tribus (entre subfamilias y género), para

describir con mayor precisión las características de la especie. Dentro del EBSJ encontramos tres tribus: Anatini, Aythyini y Oxyurini.

- a. Anatini: Considerada la tribu de aves acuáticas de mayor distribución. Son llamado patos de río. Son altamente adaptables a una variedad de hábitat desde la tundra hasta el trópico. Su alimentación es flexible, por lo que son omnívoros. Tres especies fueron detectadas.
 - b. Aythyini: Se conocen como patos zambullidores. Aunque son especies que están dispersas alrededor del mundo requieren cuerpos de agua permanentes, a diferencia de Anatini. En invierno se puede encontrar en cuerpos de agua dulces o salados. Se alimentan de invertebrados, y material vegetal sumergido. Dos especies fueron detectadas.
 - c. Oxyurini: Patos conocidos por su pronunciada cola dura. Su distribución es amplia, aunque limitada a grandes y llanos cuerpos de agua. Son omnívoros, cuya alimentación principal es invertebrados. Una especie fue detectada.
7. Accipitridae: Familia de las águilas y halcones. Usuarios facultativos (oportunistas) de humedales. La especie estudiada (Águila de mar, *Pandion haliaetus*) está restringida a humedales, ya que se alimenta estrictamente de peces, lo que las lleva a frecuentar áreas costeras alrededor del mundo.

8. Rallidae: Especies como el pollo de mangle se encuentran en las orillas y zonas densas en vegetación donde son difíciles de observar. Mientras que los gallinazos y gallaretas utilizan cuerpos de agua profundos y abiertos. Su dieta es omnívora. Sus patas lobuladas los ayudan a sumergirse, además de caminar sobre marismas. Cinco especies fueron detectadas.
9. Charadriidae: Esta taxa abarca las especies más necesitadas del hábitat que ofrecen los humedales. Conocidos por su nombre común de playeros o chorlitos. Mayormente aves migratorias de larga distancia. Prefieren buscar alimentos en humedales de vegetación baja y seca. Se alimentan mayormente de invertebrados. Especies como el playero melódico y sabanero son reconocidos por ser tolerantes a las perturbaciones humanas. Cinco especies fueron detectadas.
10. Scolopacidae: Forman parte del mismo Orden (Charadriiformes) que Charadriidae. Llamados también playeros. Su dieta consiste primordialmente de invertebrados encontrados en las orillas de marismas, y playas arenosas. Sus características anatómicas, de variados largos de pico, cuellos y patas, hacen que se adapten a específicos tipos de humedales. Por lo que, diferentes especies de la misma familia no necesariamente comparten el mismo hábitat dentro de un humedal. Once especies fueron detectadas.
11. Laridae: Dentro de esta familia se observaron dos grupos de aves: charranes, y gaviotas. Los charranes son depredadores que prefieren pescar presas vivas (peces, e invertebrados), en la superficie de agua dulce

o salada de cuerpos abiertos de agua. Las gaviotas por lo contrario son aves carroñeras, oportunistas que roban las sobras de peces, y crustáceos de otras aves. Siete especies fueron detectadas.

12. Alcedinidae: Aunque esta familia se encuentra en diversos hábitats y comprenden diferentes hábitos alimentarios, la especie que fue observada (Martín pescador, *Megaceryle alcyon*) es especialista de humedales. Su técnica de pesca es posarse en puntos altos para luego tirarse de clavado a pescar. Prefieren aguas llanas que le faciliten coger peces. Utilizan variados tipos de humedales, especialmente donde hallan árboles para posarse a cierta altura.

Resultados obtenidos por transepto.

En las Cucharillas se observaron un total de 1,587 individuos de 22 especies en 9 familias (Podicipedidae, Pelecanidae, Ardeidae, Anatidae, Accipitridae, Rallidae, Charadriidae, Laridae, y Alcedinidae), donde las familias Sulidae, Fregatidae, y Scolopacidae estuvieron totalmente ausentes (Figura 6.). La Esperanza obtuvo un total de 537 individuos de 26 especies de 9 familias (Sulidae, Pelecanidae, Fregatidae, Ardeidae, Accipitridae, Charadriidae, Scolopacidae, Laridae, y Alcedinidae), donde las familias Podicipedidae, Anatidae, y Rallidae estuvieron ausentes (Figura 7.). El Caño Martín Peña mostró 1,711 individuos de 30 especies de 11 familias (Podicipedidae, Sulidae, Fregatidae, Ardeidae, Rallidae, Charadriidae, Scolopacidae, Laridae, Alcedinidae), cuya familia Anatidae fue la única ausente (Figura8.). En el Bosque de Piñones un total de 1,831 de 31 especies de 10 familias (Sulidae, Pelecanidae, Fregatidae,

Ardeidae, Accipitridae, Rallidae, Charadriidae, Scolopacidae, Laridae, Alcedinidae) fueron observadas, con la ausencia de las familias Podicipedidae y Anatidae (Figura 9.).

En total las familias con mayor número de especies observadas fueron Scolopacidae (11 spp.), Ardeidae (10 spp.), Laridae (7 spp.), Anatidae (6 spp.), Rallidae (5 spp.), y Charadriidae (5 spp.). Mientras que en las familias Podicipedidae, Sulidae, Pelecanidae, Fregatidae, Accipitridae, y Alcedinidae solo se observó una especie representativa (Figura 10.). Las familias Ardeidae, Pelecanidae, Accipitridae, Charadriidae, Laridae, y Alcedinidae estuvieron presentes en los cuatro sitios, a diferencia de la familia Anatidae que solo estuvo presente dentro de la Laguna Secreta en las Cucharillas. El porcentaje de las familias predominantes por área están ilustradas en la Figura 11.

En la Figura 12, 13, 14, 15 y 16. mostramos el porcentaje en abundancia de las cinco especies más observadas por cada sitio y la suma de los cuatro sitios, durante los seis años de censos. Encontramos en las Cucharillas el gallinazo nativo (*Fulica caribaea*) con un 62%, pato chorizo (*Oxyura jamaicensis*) 18%, garza ganadera (*Bubulcus alba*) 7%, gallareta común (*Gallinula chloropus*) 6%, y zaramago (*Podilymbus podiceps*) 2%. En la Esperanza, el pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*) 50%, gaviota real (*Sterna maxima*) 12%, garza real (*Ardea alba*) 9%, gaviota monja (*Sterna anaethus*) 6%, y tijerilla (*Fregata magnificens*) 5%. En el Caño Martín Peña se observaron de garza ganadera 26% (*Bubulcus ibis*), gallareta común 9% (*Gallinula chloropus*), de viuda 8% (*Himantopus mexicanus*), de gaviota real 7% (*Sterna maxima*) y de garza pechiblanca 7% (*Egretta tricolor*). En el Bosque de Piñones el 22% fue playero cabezón (*Pluvialis squatarola*), playero arenoso 18% (*Calidris alba*), playero acollarado 10% (*Charadrius semipalmatus*), playero turco 8% (*Arenaria interpres*) y playerito gracioso 8% (*Calidris*

pusilla). Al sumar las observaciones de los cuatro sitios, las cinco especies de mayor abundancia, durante los seis años de censos, resultaron ser el gallinazo nativo (17%), garza ganadera (11%), playero cabezón (9%), pelícano pardo (7%) y playero arenoso (6%).

Consideramos el estado migratorio de cada especie observada dividida en tres categorías: migratoria de larga distancia (MLD), residente (R) y migratorias de corta distancia y residente (MCD/R) (Azous, 2001). Especies MLD se consideran aquellas que se encuentran parte del año en la isla para invernar y emigran a Norteamérica a reproducirse. Las especies R están todo el año y se reproducen en la isla, y las especies MCD/R son aquellas donde algunos individuos emigran a otras islas del Caribe parte del año, mientras que otros permanecen presentes todo el año. Para cotejar el patrón migratorio revisamos el listado de especies del Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell.

Sacamos los por cientos de aves migratorias observadas por área donde las Cucharillas obtuvo un 46% especies R, 31% MLD y 23% MCD/R (Figura 17.). La Esperanza obtuvo un 41% especies R, 32% MLD y 27% MCD/R (Figura 18.). El Caño Martín Peña mostró un 44% especies R, 33% MLD y 23% MCD/R (Figura 19.); mientras, el Bosque de Piñones tuvo un 32% de especies R, 49% MLD y 19% MCD/R (Figura 20.). Al sumar el total de todas las especies observadas en los cuatro sitios dentro del EBSJ obtuvimos un 38% de especies R, 46% MLD y un 16% MCD/R (Figura 21.). De las 50 especies de aves detectadas en los CBC 23 resultaron ser MLD, representadas en su mayoría por la familia Scolopacidae (11 sp).

El nivel trófico que representa cada especie de ave acuática observada en los cuatro sitios del EBSJ se dividió en tres categorías: Carnívoro-piscívoro (Car-Pisc), cuya alimentación es primordialmente peces, carnívoro-invertívoro (Car-Inv), donde se alimenta mayormente de invertebrados, y omnívoros (Omn), la fuente de alimentación es animal como vegetal dependiendo de la época del año. Determinamos el nivel trófico por especie cotejando los listados de aves del Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell y del Centro de información de identificación de aves de Patuxent, del Servicio Geológico de los Estados Unidos.

Obtuvimos en las Cucharillas un 27% especies Car-Pisc, 35% Car-Inv y 38% Omn (Figura 22.). La Esperanza con un 59% de especies Car-Pisc, 36% Car-Inv y 5% Omn (Figura 23.). En el Caño Martín Peña se observó 40% de especies Car-Pisc, 47% Car-Inv y 13% Omn (Figura 24.). El Bosque de Piñones tuvo un 39% Car-Pisc, 42% Car-Inv y 19% Omn (Figura 25.). Con un total en los cuatro sitios del EBSJ de 30% de Car-Pisc, 38% Car- Inv y 32% Omn (Figura 26.).

Diversidad

Hablamos de diversidad de especies para describir una característica específica a nivel de organización biológica de comunidad. Esta característica ayuda a definir la estructura de la comunidad de aves acuáticas que hemos analizado. Para hacer un análisis matemático substancial tuvimos que considerar el número de especies (riqueza) y el número de individuos de cada especie (abundancia) observada por área (Brower et al, 1997).

Consideramos el índice de diversidad Simpson porque no solamente calcula el número de especies y el total de individuos por especie observada, sino también la distribución proporcional de individuos ó uniformidad que acontecen por especie (Brower et al, 1997). Los resultados de índice de diversidad de Simpson (Δ_s) de aves acuáticas por sitio observado los mostramos en la Tabla 6. Indicamos los siguientes resultados de diversidad de los cuatro sitios: 0.5809 (C), 0.7164 (E), 0.8904 (CMP), y 0.8856 (BP). Probamos que sí existen diferencias significativas en la diversidad calculada por sitio mediante la prueba Kruskal-Wallis ($p < 0.05$, Tabla 7).

Para determinar el número de especies dominantes por sitio calculamos la inversa del índice de dominancia de Simpson (δ_s). Los siguientes resultados fueron obtenidos: 2.39 (C), 3.53 (E), 9.12 (CMP) y 8.74 (BP). Además, corroboramos la uniformidad (E_Δ) de cada sitio, donde adquirimos 0.6042 (C), 0.7505 (E), 0.9211 (CMP) y 0.9152 (BP).

Además de la composición y diversidad, analizamos la frecuencia en la cual cada especie fue observada durante los seis años de censo, dividiéndola en tres categorías: frecuente (presencia en los seis años), común (cinco a tres años) y rara (dos años o menos).

Dentro del transepto de las Cucharillas 15% de las especies son frecuentes, 19% comunes y el 66% raras (Figura 27.). En la Esperanza 18% son frecuentes, 36% comunes y 46% raras (Figura 28.). En el Caño Martín Peña 40% de las especies son frecuentes, 37% comunes y el 23% raras (Figura 29.). Y en el Bosque de Piñones 23% son frecuentes, 54% comunes y 23% raras (Figura 30.).

Análisis de GAP

Mediante el análisis de GAP de Puerto Rico, realizado por el USFS (<http://www.gapservice.ncsu.edu/prgap/prgap/>), calculamos la cobertura y por ciento de hectáreas de humedal natural y desarrollo urbano dentro de una zona de amortiguamiento de 500 metros fijada alrededor de cada transepto censado (Tabla 8, 9, 10, 11).

Las Cucharillas obtuvo un 32% de humedal natural (7% Manglares, 12 % Herbácea salina temporalmente inundada, 5 % Pastizal húmedo, y 8 % otros) y 51 % de desarrollo urbano. En la Esperanza el 17% es humedal natural (1% Manglares, 4% Herbácea salina temporalmente inundada, 3% Herbácea no salina temporalmente inundada, 5% Pastizal húmedo, 4% otros) y 34% de desarrollo urbano. Caño Martín Peña obtuvo un 45% de humedal natural (25% Manglares, 2% Herbácea salina temporalmente inundada, 2% Herbácea no salina temporalmente inundada, 14% Pastizal húmedo, y 2% otros) y 44% de desarrollo urbano. En el Bosque de Piñones un 65% de humedal natural (49% Manglares, 2% Herbácea salina temporalmente inundada, 6% Pastizal húmedo, 2% playas arenosas y costas rocosas, y 6% otros) y 4% de desarrollo urbano.

Consideramos el área dentro de la zona de amortiguamiento asignada por transepto analizado para calcular la densidad (ind/ha) observada de aves. El orden de mayor a menor en densidad de individuos observados por hectárea, durante los seis años, por cada transepto resultó ser 11.5 ind/ha en las Cucharillas, 7.2 ind/ha en el Bosque de Piñones, 6.7 ind/ha en el Caño Martín Peña, y 1.5 ind/ha en la Esperanza.

Analizamos de forma cualitativa y cuantitativa los resultados anteriormente mencionados con relación a los CBC del EBSJ. Examinamos la composición de la comunidad de aves acuáticas, en base a familia y especie taxonómica, estado migratorio y

nivel trófico. Encontrando desigualdad en la estructura de la avifauna entre los sitios censados. Calculamos el número de especies y la uniformidad en las que se distribuyen los individuos por especie, mediante el índice de biodiversidad de Simpson; para descubrir que existe diferencia significativa entre la diversidad observada por cada sitio ($p < 0.05$). Comparamos entre los mismos, las características geográficas en términos de área de humedal natural y desarrollo urbano, percibiendo diferencias en el hábitat encontrada por transepto, además de observar una relación positiva entre el por ciento de bosques de manglar y la abundancia y riqueza encontrada.

Cucharillas (C)

El área de C, según el CBC, contiene un hábitat óptimo para especies de aves acuáticas de las familias Anatidae y Rallidae. La Laguna Secreta dentro de esta ciénaga es un lugar de aguas llanas y tranquilas que brindan espacio de descanso y alimentación para la aglomeración de patos residentes y migratorios, en particular el pato chorizo (*Oxyura jamaicensis*); especie en estado vulnerable. Factores de abundancia de alimentos y protección de condiciones marítimas (viento y olas) han sido reconocidos como razones de presencia de estas especies en hábitat estuárico mas alejado de la costa (McKinney et al., 2006). La densa vegetación de hierbas marinas y manglares que rodean la orilla de la laguna, ofrecen guarida a las especies tímidas y solitarias de gallinazos y gallaretas, donde solamente fue avistada la especie vulnerable Gallinazo nativo.

Cucharillas tiene un valor único en comparación con los cuatro sitios censados. Este transepto presenta la mayor densidad de aves entre las áreas observadas (11.5

ind/ha). Las especies de Gallinazo nativo, Gallareta inglesa, Playero melódico, Playero sabanero, Gaviota argentea y de toda la familia Anatidae, solo fueron observadas aquí. El bajo índice de biodiversidad obtenido ($\Delta_s = 0.5809$), donde la abundancia de individuos por especie encontrada afectó la diversidad calculada, no es un absoluto representativo de la importancia actual de la zona; disponiendo C de un oasis de aves acuáticas en medio de la zona industrial del municipio de Cataño.

Resulta posible que C, haya obtenido la menor diversidad y el mayor porcentaje de especies rara vez vistas, a causa de las limitaciones visuales que componen el entorno del transepto censado; dado que la mayor parte de los avistamientos de aves acuáticas son en la Laguna Secreta que es bordeada de hierbas que ocultan canales de agua. Estos canales son utilizados por especies solitarias, las cuales son difíciles de detectar en la ruta de observación. Pero, no obstante, de acuerdo a los análisis del CBC las C sigue siendo un lugar importante para especies vulnerables y en peligro de extinción y en donde solamente fue observada la familia Anatidae. Las Cucharillas conforman un habitáculo especial y único, que suma a la diversidad de especies de aves acuáticas dentro del EBSJ.

Al considerar que C dispone de un lugar primordial para patos y gallaretas, comprende realizar futuros esfuerzos para entender el uso de estas especies en el área. Estudios de hábitat aumentan el conocimiento de los factores limitantes que controlan las poblaciones aviarias (Heath & Montevecchi, 2008). Una vez se determinan los factores limitantes, una estrategia más adecuada de manejo de hábitat se puede realizar, dirigida por ejemplo, a incrementar recursos alimenticios, controlar los depredadores, remover especies invasoras y crear lugares de refugio. Estas posibles prácticas de campo

remueven los obstáculos físicos del ambiente y amplían la capacidad de acarreo de Anatidae y Rallidae en C.

Esperanza (E)

En la Esperanza las familias de aves marinas (Pelicanidae y Laridae) fueron las que predominaron. La especies piscívoras y residentes que componen en su mayoría estas familias, utilizan la Bahía de San Juan como refugio de tormentas del mar Atlántico, y lugar de abastecimiento de peces; siendo el lugar principal donde se observó el pelícano pardo.

La diversidad calculada en E no es trascendental ($\Delta_s = 0.7164$) cuando la comparamos con la obtenida en CMP y BP. No obstante, se observó el mayor número de especies de gaviotas, siendo este el único transecto en que fue avistada la Gaviota monja.

La abundancia (537 ind) y densidad (1.5 ind/ha) de aves observadas, fue la más baja de los cuatro sitios. Se debe considerar la ruta de observación, ya que está localizada sobre la costa marítima de Cataño; una zona urbanizada y de alta movilidad de vehículos acuáticos, factores que perturban el flujo de actividades naturales de la avifauna.

Caño Martín Peña (CMP)

Garzas, aves playeras y gallaretas (Ardeidae, Charadriidae, Scolopacidae, y Rallidae), fundamentalmente residentes y carnívoras, fueron las familias frecuentemente observadas, incluyendo Viuda. Las familias predominantes que encontramos están

compuestas en su mayoría de especies generalistas y tolerantes a perturbaciones humanas. Esta composición es congruente con la zona donde se encuentra el CMP, rodeado del gran urbanismo bancario y comercial de San Juan. CMP provee una fuente de abastecimiento y refugio para el tipo de especies presentes.

La alta densidad de manglares dentro de la ruta del paseo lineal del Parque Central promueve la proliferación de las especies de las familias predominantes.

El CMP muestra la mayor diversidad ($\Delta_s = 0.8904$) de especies entre los cuatro sitios; considerando que contiene una alta frecuencia y mayor uniformidad de individuos por cada especie observada.

Bosque de Piñones (BP)

Las familias de aves playeras Scolopacidae y Charadriidae predominaron en BP. Principalmente el mayor número de especies de Scolopacidae fueron observadas (11 sp). Seis especies, Playero Solitario, Playero gordo, Playerito menudo, Playerito gracioso, Playerito occidental y Pollo de Mangle, solamente se observaron aquí.

El BP fue el único transecto donde dominaron especies migratorias y carnívoras – invertívoras. Donde principalmente abundaron aves playeras, cuya alta densidad de manglares y único sector de playa rocosa y arenosa, entre las cuatro áreas, aparentan ser la razón de esta composición de aves acuáticas. Estudios demuestran la relación que existe entre manglares y costas de playa y la presencia de playeros como lugar de abastecimiento y protección (Placyk & Harrington, 2004), proporcionando zonas de amortiguamiento entre las aves y el desarrollo urbano (baja densidad urbana, 4%).

EBSJ

Un 32% de las especies de toda la isla, y 52% del total de aves reportadas en la lista sobre flora y fauna del EBSJ (Rivera Herrera, 1996) fueron observados por el CBC. El estudio que llevamos acabo ha demostrado que existe diferencias en la composición de las comunidades de aves acuáticas entre los cuatro sitios.

Las familias taxonómicas de mayor representación en todo el Estuario son Ardeidae (10 sp, 1,397 ind) y Charadriidae (5 sp, 833 ind); tomando en consideración el mayor número de especies e individuos observados con la mayor frecuencia dentro de los cuatro sitios censados, en el transcurso de los seis años. Ardeidae, definida anteriormente, compone especies generalistas capaces de adaptarse a múltiples tipos de hábitat y variedad de alimentación, por lo que comparten áreas de abastecimiento con otras especies (Palacio et al., 2008). Ambas familias abarcan gran parte del estuario, ya que gran parte de sus especies son tolerantes a actividades humanas.

Las familias de menor representación fueron Sulidae (1sp, 37 ind.), observada comúnmente en CMP en pequeñas cantidades, y Podicipedidae (1sp, 38 ind.), detectada en C en escasos números. La Boba parda, la especie observada de Sulidae, es un ave marina cuyo ciclo de vida se realiza mar adentro en invierno, utilizando el ecosistema estuárico mayormente para reproducirse en verano, razón para su escasa observación. El Zaramago, la especie representante de Podicipedidae, realiza sus actividades dentro de sistemas acuáticos, observándose mayormente en cuerpos de agua llanos, de densa vegetación. De los cuatro sitios censados, en los transeptos C y CMP, donde fue observado el Zaramago, disponen de las características físicas que atraen esta especie. Al ser esta especie solitaria, que se refugia dentro de densa vegetación y zambulle con

frecuencia para cazar, no podemos inferir que la limitada presencia observada es real, ya que podría ser causada por problemas de detección por parte de los observadores.

En general los CBC realizados obtuvieron un mayor porcentaje (46%) de aves migratorias (MLD) avistadas. Algo de esperar, tomando en cuenta la época del año, ya que en invierno especies de América del Norte buscan refugio en las costas subtropicales (Zarate et al., 2008). Estudios demuestran que la composición de las comunidades de aves acuáticas muestran menos similitud en los meses de invierno en comparación a otras temporadas del año, a causa del alto movimiento de especies migratorias por cambios en la disponibilidad de recursos (Giri et al., 2008).

Los censos demuestran que las aves migratorias se han acumulado en su mayoría en el Bosque de Piñones, siendo la mayor abundancia de aves de las especies carnívoras-invertívoras. Estudios señalan que las aves migratorias que se refugian en invierno en el trópico, son limitadas en población a causa de la disponibilidad de alimentos (Brown & Sherry, 2006). Se ha demostrado también, que los manglares son altamente productivos y proveen gran cantidad de recursos, en especial son ricos en invertebrados. Cuando comparamos el número de aves migratorias con el por ciento de mangles por sitio, observamos que a mayor densidad de mangles mayor especies de aves migratorias (Figura 38.). Esto podría significar que la aglomeración mayor de aves migratorias, cuya alimentación es principalmente invertebrados en esta área, tiene una relación con la disponibilidad de alimentos; lo que amerita futuros estudios del uso de hábitat de aves migratorias en el EBSJ.

El estado migratorio y nivel trópico de cada área censado es representativo de las familias taxonómicas predominantes. Comenzamos con las Cucharillas (C) cuyas

especies de mayor observación fueron de las familias Anatidae, Rallidae, y Ardeidae. Estas familias en conjunto muestran una mayor parte de las especies residentes y omnívoras. Lo mismo ocurre con la Esperanza (E), el Caño Martín Peña (CMP), y el Bosque de Piñones (BP). La Familia Ardeidae, y Laridae son las más representadas en E, por lo que se observa un porcentaje superior de especies residentes, y carnívoras-piscívoras. En el CMP son las familias Ardeidae, Charadriidae, Scolopacidae, y Rallidae las más representadas, dando un mayor porcentaje de especies residentes, y carnívoras-invertívoras. En el caso del Bosque de Piñones, las familias Ardeidae, Charadriidae, y Scolopacidae, en su conjunto dan un mayor porcentaje de especies migratorias, y carnívoras-invertívoras.

Las especies en peligro de extinción y vulnerables observadas en el CBC, basado en el reglamento número 6766 del DRNA, no representan el total según los censos anteriores (Rivera, 1996). Se detectaron cinco especies, una en peligro de extinción (Pelicano pardo, *Pelecanus occidentalis*) y cuatro vulnerables (Pato quijada-colorada, *Anas bahamensis*; Pato chorizo, *Oxyura jamaicensis*; Gallinazo nativo, *Fulica caribaea*; y Playero melódico, *Charadrius melodus*).

Las especies vulnerables que quedaron pendientes de observar fueron, la chiriría antillana (*Dendrocygna arborea*), el pato dominico (*Oxyura dominica*), el playero blanco (*Charadrius alexandrinus*), la palometa (*Sterna dougalli*), y la gaviota chica (*Sterna antillarum*).

Del total de 50 especies observadas el 62% se observó en BP, 60 % en CMP, 52% en C, y 44% en E. La riqueza mayor de especies fue observada en la costa del Océano Atlántico, de mayor área de manglares (125 ha), y menor área impactada por el desarrollo

urbano (9.5 ha) de BP. En contraste, E obtuvo la menor riqueza de especies, por ubicarse en la costa de la bahía cerrada de San Juan de menor área de manglares (5 ha), y mayor urbanismo (126 ha).

Cuando calculamos la diversidad se puede observar que el hábitat con mayor número de especies dominantes (δ_s), tiene mayor uniformidad (E_Δ), obteniendo un mayor índice de diversidad (Δ_s) en la comunidad de aves acuáticas. En la tabla 6 podemos observar que los sitios en orden de mayor a menor en índice de diversidad Simpson, inversa del índice de dominancia de Simpson y uniformidad, fueron CMP, BP, E, y C, respectivamente.

Luego de calcular los índices de diversidad de Simpson (Δ_s) realizamos la prueba estadística de Kruskal-Wallis que determinó que existen diferencias significativas en la diversidad en las cuatro áreas estudiadas. En consecuencia, el resultado rechazó la hipótesis nula ($p < 0.05$), de igual diversidad en las cuatro áreas (Tabla 7).

Si pocas especies dominan y la mayoría son rara vez observadas, entonces la biodiversidad disminuye; por lo que, al calcular la inversa de dominancia de Simpson (δ_s) obtuvimos un mayor número de especies dominantes en el CMP (9.12), luego BP (8.74), seguido E (3.53), y después C (2.39).

Confirmamos la uniformidad (E_Δ) representada por el total de individuos encontrados de cada especie por sitio. Esto nos indica que la diversidad aumenta a medida que la uniformidad de la comunidad de aves acuáticas se acrecienta. En consecuencia, el orden de mayor a menor en cuanto uniformidad fue el siguiente: CMP (0.92), BP (0.92), E (0.75), y C (0.60).

Cuando analizamos el por ciento de la frecuencia de especies observadas, obtuvimos una relación en común con la diversidad. El CMP al ser el sitio de mayor diversidad, también obtuvo el mayor porcentaje de especies frecuentemente vistas (40%) en los seis años de censos. Seguido por el BP, que obtuvo el mayor porcentaje de especies comúnmente vistas (54%). E obtuvo un mayor porcentaje de especies rara vez vistas (46%), superado por C (66%).

El análisis de GAP del USFS que evaluamos mostró una relación entre el por ciento de bosques de manglares y la cantidad de aves acuáticas observadas en los seis años del CBC (Figura 35.). A mayor área de manglares, mayor es el número de individuos observados. Esta relación fue derivada en otros estudios espaciales donde los manglares mostraron mayor abundancia y riqueza de especies (Zárate et al., 2008).

El porcentaje de desarrollo urbano por sitio no mostró afectar la abundancia ni riqueza de aves, a diferencia de otros estudios de estuarios urbanos (McKinney et al., 2006). Por esta razón, se deben hacer estudios más detallados sobre la estructura y tipo de vegetación, y uso de hábitat que tienen las aves en estos lugares para poder entender la asociación de estas especies al medio; considerando el grado de tolerancia a disturbios humanos.

La variada estructura de las comunidades acuáticas por sitio, propone que el EBSJ tiene valor como hábitat que salvaguarda la diversidad de aves residentes y migratorias de Puerto Rico; considerando el conjunto de segmentos de humedales que componen el mismo. Cada porción de humedal contiene unos elementos ambientales y ecológicos que crean nichos particulares, donde determinadas especies de aves establecen parcial o totalmente su ciclo de vida. Por tal razón, futuros estudios de distribución,

comportamiento y uso de hábitat de aves acuáticas conviene ser realizados, con la intención de comprender que factores ecológicos afectan la biodiversidad y cuáles son las estrategias de manejo a implementar para la preservación de la misma.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es importante reconocer al EBSJ como un sistema primordial para la preservación de la biodiversidad de Puerto Rico. El CBC demuestra una composición y diversidad de la comunidad de aves acuáticas substancial. Las diferencias en cobertura terrestre y en manejo, en los cuatro sitios de observación, son esenciales para sostener y refugiar una gama de especies específicas de cada fragmento que compone el estuario.

Se encontró una diferencia entre los resultados del CBC y la lista de aves publicada en el Reporte de “Lista sobre Flora y Fauna del Estuario de la Bahía de San Juan”. Los resultados del CBC proyectaron un 32% del total de aves acuáticas existentes en Puerto Rico (SOPI, 2007). Aproximadamente la mitad de las especies de aves acuáticas encontradas en el reporte técnico realizado por el PNEBSJ (Rivera Herrera, 1996) fueron observadas en los censos. La causa probable de este contraste es que el informe técnico utilizó un tipo de censo más desarrollado al CBC, ya que fue realizado mayormente en canoas, cubriendo mayor área de observación, en diferentes temporadas del año y con un personal experto en censo de aves. El CBC analizado fue, por lo contrario, en cuatro transeptos limitados dentro del estuario, solamente en invierno y con voluntarios de diferentes niveles de experiencias.

El análisis de diversidad de aves acuáticas es importante para describir la estructura de la comunidad y hacer comparaciones de los hábitats heterogéneos del estuario (Robertson et al., 1998). Los resultados revelan que el EBSJ es un ecosistema importante para el avistamiento y la conservación de aves acuáticas. El índice de

diversidad de Simpson ($\Delta_s = 0.9275$) indica una alta diversidad al considerar el conjunto de áreas censados. Al mismo tiempo al comparar la diversidad por sitio, pudimos demostrar que existe una diferencia significativa de avifauna ($p < 0.05$), cuya variedad es consistente en cada hábitat, con la disponibilidad de recursos de alimento, agua, y refugio existente (Akosim et al., 2008). Cada microhábitat dentro de este sistema estuarino proporciona alternativas heterogéneas para la sobrevivencia de diferentes especies acuáticas.

La combinación de tipos de humedales ha mostrado afectar la composición y diversidad de aves acuáticas por área. Al igual que estudios de fragmentos de humedales del sur de Brasil (Guadagnin, et al., 2005), la estructura de la comunidad aviaria y riqueza de especies del EBSJ, integran la “diversidad gama” (diversidad del total de hábitats dentro de una región). Una mezcla de hábitats que en conjunto incrementan la diversidad de este sistema estuarino urbano. Por lo que, se debe considerar el manejo y conservación de cada fragmento de humedal dentro del estuario, para el éxito de la preservación de la biodiversidad del sistema. Esto tomando en consideración el estudio de Ruiz et al. (2005), que atribuye la riqueza y abundancia de especies a la diversidad de hábitat encontrada en humedales en México.

Limitaciones

Los resultados obtenidos en este análisis de la comunidad de aves acuáticas según el CBC del EBSJ deben ser considerados con prudencia. La composición y diversidad no representan la totalidad de las poblaciones de aves encontradas en el estuario, por el tamaño pequeño del muestreo. Los cálculos derivados para comparar la diversidad por

hábitat fueron simples, porque la metodología del CBC restringen el muestreo en dos asuntos: las rutas de observación no son elegidas aleatoriamente, y existen variantes en el esfuerzo realizado de observación dentro de cada ruta (Dunn et al., 2005). Además, las poblaciones detectadas no figuran tener una distribución normal. No pudimos comprobar si existe una relación estrecha entre las características del hábitat y la abundancia de individuos encontrados, ya que la estadística disponible (Correlación Spearman) no puede hacer asociaciones con menos de cinco pares de variables; necesitando al menos cinco transeptos censados para hacer esta prueba de correlación. Esta limitación de rutas de observación se dio a causa de la eliminación de los transeptos de la Torrecilla y el Viejo San Juan, por no ser regularmente censados por año.

Recomendaciones de manejo

Se debe establecer un programa de censos de aves que tome en consideración:

1. Época reproductiva: Las temporadas de primavera y verano deben ser monitoreadas. Al expandir las observaciones a estas épocas del año se puede observar que especies utilizan el Estuario como lugar de anidaje. Además, podemos contabilizar la cantidad de nidos presentes dentro del sistema. Los datos obtenidos en el proceso contribuyen a seleccionar áreas de prioridad para el manejo de las poblaciones de aves, y para complementar estudios de éxito reproductivo.
2. Metodología:
 - a. Transeptos: Para aumentar y afirmar la data que hemos obtenido de composición y diversidad se deben incrementar el número de

transeptos de observación de forma aleatoria. Cada transepto debe representar un tipo de humedal, considerándose solamente los límites del borde de ese tipo de humedal. Dentro de cada ruta de observación se debe establecer físicamente o mediante un sistema de posicionamiento global, GPS, puntos de censo.

- b. Horario: Los puntos de observación deben tener un tiempo definido, para evitar discrepancias en el esfuerzo realizado del observador dentro de la misma. Veinte minutos es un tiempo considerado para detectar aproximadamente el 100 por ciento de las especies presentes (Wunderle, 1994). Además, el horario de observación debe ser temprano por la mañana (de 6 am a 10 am), que es el momento de mayor actividad aviaria del día, con el propósito de observar el mayor número de aves por área.
 - c. Toma de datos: Las rutas implementadas de observación deben mantener una continuidad en la recopilación de datos por año. Se debe anotar la fecha, punto de observación dentro del transepto, tiempo de observación por punto, personal realizando la observación, condiciones climáticas y todas las aves avistadas y escuchadas. Estas sugerencias contemplan recoger información detallada poblacional, para profundizar el análisis estadístico, con relación a tendencias y distribución espacial poblacional.
3. Poblaciones reales presentes: Curvas de acumulación de especies (Loehle, 2003; Walther, 2001) deben ser creadas para determinar si la data

recolectada de los censos demuestra el número real de especies presente en el área estudiada. Evitando errores en el estimado de la riqueza real del hábitat dentro del sistema observado. Sobre todo, para establecer la presencia de especies raras o vulnerables.

Los análisis de distribución obtenidos mediante los censos deben tener como finalidad la adquisición de nuevas áreas de conservación. Mediante los índices de biodiversidad calculados y áreas de reproducción delimitadas se puede seleccionar fragmentos de humedal dentro del estuario que actualmente no tienen prioridad para ser protegidos.

Recomendaciones de educación

1. Base de datos cibernética: Recomendamos igualmente, que todos los años se realicen análisis de composición y diversidad en las comunidades de aves acuáticas en base a los censos realizados. Los datos crudos y resultados recopilados de los CBC, por transecto, en el estuario deben ser archivados en una base de datos que esté disponible al público. Esto facilita a la comunidad científica, académicos, y al público en general acceso a los resultados por año de los censos dentro del estuario; aumentando su conocimiento acerca de la composición y diversidad de aves dentro del estuario, e incrementando la participación de estas comunidades en el Estuario.
2. Rutas de observación de aves: Se debe asignar rutas de fácil acceso dentro del estuario, para establecer áreas de observación de aves. La rotulación de

estas rutas debe proveer información de las aves predominantes y como identificarlas, el tipo de humedal presente, y una breve metodología de cómo realizar un censo de aves. Estas rutas comprenden un atractivo ecoturístico dentro de la zona urbana de San Juan.

3. Reclutamiento de voluntarios: Con el propósito de atraer más personas se deben realizar, en la temporada de migración (invierno) y reproductiva de las aves, talleres de observación, donde el público tenga la oportunidad de aprender y contestar dudas sobre las técnicas de observación con un personal adiestrado. Se pueden dividir en categorías los talleres (básico, intermedio y avanzado), con el propósito de poner profundizar en el taller de acuerdo al conocimiento de las personas. Mediante este proceso se puede adiestra y reclutar voluntarios para realizar los censos durante el año.

Recomendaciones de estudios

1. Implementación de otros censos: Otros censos deben ser implementados para complementar la información adquirida por los CBC. El tipo de datos recopilados es insuficiente muchas veces, para ciertos análisis estadísticos que le dan significado y valor a la data. Completar el CBC con otros censos como el Censo de Aves en Reproducción o BBC, por su siglas en inglés (Link et al., 2008) (incluye especies en la temporada reproductiva de primavera y verano), el censo de transmisión de llamado (Lor et al., 2002) (aumentan la detectabilidad de especies solitarias, Ej. Pollo de mangle, gallinazo y martinete) y censos de aves nocturnas (Skoruppa et al., 2009)

(añaden datos poblacionales de especies nocturnas como la Chiriría antillana, y la Yaboa real). Estos proporcionan un registro más completo de datos observados, con el propósito de poder en mayor grado analizar los patrones en tendencias y distribución poblacionales; incrementando el conocimiento del estado de la comunidad de aves acuáticas y del hábitat importante para la conservación de las mismas.

2. Estudios de uso de hábitat: Estudios de uso de hábitat son esenciales para sustentar la importancia de los segmentos de humedales conservados en el Estuario. En el proceso de estudiar el comportamiento de las aves en el área censada se puede determinar que poblaciones se alimentan, reproducen, y/o descansan dentro del mismo. Además, se puede señalar que tipo de humedal, característica de flora y cuerpo de agua las aves prefieren utilizar. La información colectada de estas observaciones sirven de fuente para identificar áreas de prioridad como hábitat dentro del Estuario para las aves acuáticas.
3. Análisis de GAP de cuerpos de agua: Mediante los análisis de calidad de agua y características físicas de los cuerpos de agua, realizadas por el PEBSJ, se puede realizar un análisis de GAP. Este estudio comprendería la relación entre la estructura de la comunidad de aves acuáticas con las características químicas y físicas de las aguas por área. La información recopilada podría dar mediante el componente químico del agua, que especies de aves son altamente susceptible a cambios en la condición de agua. Estas especies pueden ser consideradas como bioindicadores de

calidad de agua. Por otra parte, cambios en la características físicas del agua (nivel de profundidad, temperatura, turbulencia y transparencia) afectan la presencia de las aves dentro del sistema, lo que provee información que generar estrategias de manejo para los cuerpos de agua dirigido al la presensación de hábitat adecuada para las aves acuáticas.

La investigación que concebimos provee una base de datos inicial de composición y diversidad de aves acuáticas en cuatro sitios dentro del EBSJ. Sirve como fuente de información básica, para contribuir a la implementación de estrategias de manejo de conservación de la avifauna local. Además, la data recopilada ayuda a determinar que información por área no han sido colectadas dentro del estuario, y a formular nuevas preguntas de estudio sobre las aves acuáticas del sistema.

LITERATURA CITADA

- Akosim, C., Isa, M., Ali, A. & Kwaga, B. T. (2008). Species absolute population density and diversity of water birds in wetlands areas of Yankari national park, Bauchi State, Nigeria. *Environmental Research Journal*. 2(1): 28-32.
<http://medwelljournals.com/fulltext/erj/2008/28-32.pdf>
- Azous, A. L. & R. R. Horner. (2001). *Wetlands and Urbanization: Implications for the Future*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- Brower, J. E., Zar, J. H., & von Ende, C. N. (1997). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 4ta edición. WCB Mc Graw Hill. E. U. 177-187pp.
- Brown, D. R. & Sherry, T. W. (2006). Food supply controls the body condition of a migrant bird wintering in the tropics. *Oecologia*. 149(1): 22-32.
<http://search.ebscohost.com>
- Cox, G. W. (1997). *Conservation Biology: Concepts and applications*. 2da edición. Wm. C. Brown Publishers. Dubuque, Iowa. 14-15pp.
- Currie, D., Wunderle Jr, J. M., Ewert, D. N., Anderson, M. R., Davis, A., & Turner, J. (2005). Habitat Distribution of Birds Wintering in Central Andros, The Bahamas: Implications for Management. *Caribbean Journal of Science*. 41(1): 75-87.
- DeLuca, W. V., Studds, C. E., King, R. S., & Marra, P. P. (2008). Coastal urbanization and the integrity of estuarine waterbird communities: Threshold responses and the importance of scale. *Biological Conservation*. 141(11): 2669-2678.
<http://search.ebscohost.com>
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (1998). Política Pública Sobre Humedales en Puerto Rico, Ley de Tierra del 24 de diciembre de 1998. LPR 314.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (1999). Nueva Ley de Vida Silvestre de Puerto Rico del 15 de agosto de 1999. LPR 241.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2004). Reglamento para Regir las Especies Vulnerables y en Peligro de Extinción en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Reglamento Numero 6766. 27-34pp.
- Donnelly, R. E. & Marzluff, J. M. (2004). Designing research to advance the management of birds in urbanizing areas. *International Urban Wildlife Symposium*. Seattle, Washington.

- Dunn, E. H., Francis, C. M., Blancher, P. J., Drennan, S. R., Howe, M. A., Lepage, D., Robbins, C. S., & Smith, K. G. (2005). Enhancing the scientific value of the Christmas Bird Count. *The Auk*. 122(1): 338-346. <http://search.ebscohost.com>
- Giri, B. & Kumar Chalise, M. (2008). Seasonal diversity and population status of waterbirds in Phewa lake, Pokhara, Nepal. *Journal of Wetlands Ecology*. 1(1/2): 3-7. <http://search.ebscohost.com>
- Gough, G.A., Sauer, J.R., & Iliff, M. (1998). *Patuxent Bird Identification Infocenter*. Version 97.1. Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD. <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/id/framlst/infocenter.html>
- Gould, W. A., Alarcon, C., Fevold, B., Jimenez, M. E., Martinuzzi, S., Potts, G., Quinones, M., Solorzano, M., & Ventosa, E. (2008). *The Puerto Rico GAP Analysis Project*. U. S. D. A. Forest Service. Río Piedras, Puerto Rico.
- Guadagnin, D. L., Peter, A. S., Carvalho, L. F., & Maltchik, L. (2005). Spatial and Temporal Patterns of Waterbird Assemblages in Fragmented Wetlands of Southern Brazil. *Journal of the Waterbird Society*. 28(3): 261-272. <http://search.ebscohost.com>
- Heath, J., & Montevecchi, W. (2008). Differential use of similar habitat by Harlequin Ducks: trade-offs and implications for identifying critical habitat. *Canadian Journal of Zoology*. 86(5): 419-426. <http://search.ebscohost.com>, doi:10.1139/Z08-014
- Hongyu, L., Shikui, Z., Zhaofu, L., Xianguo, L., & Qing, Y. (2004). Impacts on Wetlands of Large-scale Land-use Changes by Agricultural Development: The Small Sanjiang Plain, China. *AMBIO - A Journal of the Human Environment*, 33(6), 306-310. <http://search.ebscohost.com>
- Junta de Calidad Ambiental. (2004). Ley sobre Política Pública Ambiental de Puerto Rico del 22 de septiembre de 2004. LPRA 416.
- Kikvidze, Z. & Ohsawa, M. (2002). Measuring the number of co-dominants in ecological communities. *Ecological Research*. 17: 519-525. doi: 10.1046/j.1440-1703.2002.00508.x
- Kirsch, E. M., Ickes, B., & Olsen, D. A. (2008). Assessing Habitat Use by Breeding Great Blue Herons (*Ardea herodias*) on the Upper Mississippi River, USA. *Waterbirds*. 31(2): 252-267. doi: 10.1675/1524-4695(2008)31[252:AHUBBG]2.0.CO;2
- Link, W., Sauer, J., & Niven, D. (2008). Combining Breeding Bird Survey and Christmas Bird Count Data to Evaluate Seasonal Components of Population Change in Northern Bobwhite. *Journal of Wildlife Management*, 72(1): 44-51. doi:10.2193/2007-299

- Loehle, C. (2003). *A Species Accumulation Method for Reliable Estimation of Species Richness from Multiple Samples*. Extraído mayo 6, 2009, http://www.homepage.montana.edu/~hansen/documents/downloadables/richness_estimation.pdf
- Lor, S. & Malecki, R. A. (2002). Call-response Survey to monitor bird population trends. *Wildlife Society Bulletin*. 30(4): 1195-1201. <http://www.jstor.org/stable/3784288>
- Mann, P. S. (2001). *Introductory Statistics*. 4ta edición. Editorial John Wiley & Sons, Inc. Estados Unidos. 649-654pp.
- Martinuzzi, S., Gould, W. A., & Ramos Gonzalez, O. M. (2007). Land development, land use, and urban sprawl in Puerto Rico integrating remote sensing and population census data. *Landscape and urban planning*. 79: 288-297. doi:10.1016/j.landurbplan.2006.02.014
- McKinney, R. A., Charpentier, M. A., & Wigand, Cathleen. (2008). Assessing the wildlife habitat value of New England salt marshes: II. Model testing and validation. *Environmental Monitoring and Assessment*. Extraído octubre 15, 2008, <http://www.springerlink.com/content/h57107t945844218/>
- McKinney, R. A., McWilliams, S. R., & Charpentier, M. A. (2006). Waterfowl-habitat associations during winter in an urban north Atlantic estuary. *Biological Conservation*. 132(2): 239-249. doi:10.1016/j.biocon.2006.04.002
- McNair, D. B., Yntema, L. D., & Cramer-Burke, C. (2006). Use of Waterbird Abundance for Saline Wetland Site Prioritization on St. Croix, United States Virgin Islands. *Caribbean Journal of Sciences*. 42(2): 220-230. <http://search.ebscohost.com>
- Municipio de Cataño. (2007). *DIA Estratégica (Enmendada): Plan de Ordenación Territorial*. Extraído octubre 17, 2008, http://www.gobierno.pr/NR/rdonlyres/0C285779-67A4-42E4-8283-55999ACB6D3A/0/DIAE_Enmendada_PlanTerritorialMunicipiodeCata%C3%B1oJAC050017_PR_.pdf
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (1998). *Monitoring the Coastal Environment*. Extraído septiembre 30, 2008, http://state_of_coast.noaa.gov/bulletins/html/mcwq_12/mcwq.html
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2008). *NOAA Ocean Service Education*. Extraído septiembre 30, 2008, <http://oceanservice.noaa.gov/education/kits/estuaries/welcome.html>
- Oberle, M. W. (2003). *Puerto Rico's Birds in Photographs*. 2da edición. Editorial Humanitas. Washigton. 5pp.

- Olmos, F., de Giraó e Silva, W. A., & Ginez Albano, C. (2005). Aves em oito áreas de Caatinga no sul do Ceará e oeste de Pernambuco, nordeste do Brasil: composição, riqueza, e similaridade. *Papeis Avulsos de Zoologia*. 45(14): 179-199. <http://scielo.br/paz.htm>
- Palacio Núñez, J., Jiménez García, D., Olmos Oropeza, G. & Enríquez Fernández, J. (2008). Distribución y solapamiento espacial de las aves acuáticas y ribereñas en un humedal de zonas semiáridas del NE de México. *Acta Zoológica Mexicana*. 24(2): 125-141. <http://search.ebscohost.com>
- Placyk, J. S. & Harrington, B. A. (2004). Prey abundance and habitat use by migratory shorebirds at coastal stopover sites in Connecticut. *Journal Field Ornithology*. 75(3): 223-231. <http://search.ebscohost.com>
- Programa del Estuario de la Bahía de San Juan (PEBSJ). (2001). *Plan Integral de Manejo y Conservación para el Estuario de la Bahía de San Juan* (Volumen 1). United State Environmental Protection Agency. San Juan, Puerto Rico.
- Ramsar. (1987). *Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat*. Extraído octubre 26, 2008, http://www.ramsar.org/key_conv_e.htm
- Rendón, M. A., Green, A. J., Aguilera, E., & Almaraz, P. (2007). Status, distribution and long term changes in the waterbird community wintering in Doñana, south-west Spain. *Biological Conservation*. 141: 1371-1388. <http://search.ebscohost.com>
- Rivera Herrera, L. J. (1996). *Listado sobre Flora y Fauna del Estuario de la Bahía de San Juan*. Programa Nacional del Estuario de la Bahía de San Juan. Publicación Técnica #01-96. San Juan, Puerto Rico.
- Robertson, P. A. & Liley, D. (1998). *Assessment of sites: measurement of species richness and diversity*. 1st edición. Royal geographical society. London, England.
- Ruiz-Campos, G., Palacios, E., Castillo-Guerrero, J., González-Guzmán, S., & Batche-González, E. (2005). Composición espacial y temporal de la avifauna de humedales pequeños costeros y hábitat adyacentes en el noroeste de Baja California, México. (Spanish). *Ciencias Marinas*, 31(3), 553-576. <http://search.ebscohost.com>
- Seguinot Barbosa, J. (1997). *San Juan, Puerto Rico: la ciudad al margen de la bahía (Una visión geoecológica y jurídica)*. 1ra edición. Editorial GEO. San Juan, Puerto Rico.
- Sekercioglu, C. H. (2006). Increasing awareness of avian ecological function. *TRENDS in Ecology and Evolution*. 21(8): 464-471. <http://search.ebscohost.com>

- Siegel, A., Hatfield, C., & Hartman, J. M. (2005). Avian Response to Restoration of Urban Tidal Marshes in the Hackensack Meadowlands, New Jersey. *Urban Habitat*, 3(1): 87-116pp. <http://search.ebscohost.com>
- Skoruppa, M., Woodin, M., & Blacklock, G. (2009). Species richness, relative abundance, and habitat associations of nocturnal birds along the Rio Grande in southern Texas. *Southwestern Naturalist*, 54(3), 317-323. <http://search.ebscohost.com>
- Sociedad Ornitológica Puertorriqueña (SOPI). (2007). Catálogo de aves de Puerto Rico. Extraído enero 10, 2009, http://avespr.org/listado_avespr.pdf
- Stolen, E. D., Breininger, D. R., & Frederick, P. C. (2005). Using Waterbirds as Indicators in Estuarine Systems: Successes and Perils. *Estuarine Indicators*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Tian, B., Zhou, Y., Zhang, L., & Yuan, L. (2008). Analyzing the habitat suitability for migratory birds at the Chongming Dongtan Nature Reserve in Shanghai, China. *Estuaries, Coastal and Shelf Science*, 80: 296-302pp. <http://search.ebscohost.com>
- U. S. Environmental Protection Agency. (2007). *San Juan Bay-Program Profiles*. Extraído diciembre 3, 2008, <http://www.epa.gov/owow/estuaries/programs/sjb.htm>
- U. S. Fish and Wildlife Service. (1968) Estuary Protection Act del 3 de agosto de 1968. USCA 16 §§ 1221-1226.
- U. S. Fish and Wildlife Service. (1973). Endangered Species Act del 28 de diciembre de 1973. USCA 16 §§ 1531-1541.
- U. S. Geological Survey. (2007). *Technical Aspects of Wetlands – Wetlands as Bird Habitat*. Extraído noviembre 11, 2008, <http://water.usgs.gov/nwsum/WSP2425/birdhabitat.html>
- Walther, B. A. & Martin, J. L. (2001). Species richness estimation of bird communities: how to control for sampling effort? *Ibis*. 143: 413-419. <http://search.ebscohost.com>
- Weller, M. W. (1999). *Wetland Birds: Habitat Resources and Conservation Implications*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Wunderle, J. M. (1994). Census methods for Caribbean land birds. *Gen. Tech. Rep. SO – 98*. U. S. Department of Agriculture. 16 p. http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/gtr_so098.pdf
- Zárate-Ovando, B., Palacios, E., & Reyes-Bonilla, H. (2008). Estructura de la comunidad y asociación de las aves acuáticas con la heterogeneidad espacial del complejo lagunar Bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical*. 56(1): 371-389. <http://search.ebscohost.com>

TABLAS

Tabla 1.

Data de Censos Navideños de Audubon del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan en el transepto de las Cucharillas, realizados en los años 2000 al 2003, y del 2005 al 2006.

Especies de Aves Acuáticas	2000	2001	2002	2003	2005	2006	Total 2000- 2006
Zaramago * Pied-billed Grebe <i>Podilymbus podiceps</i>	11		6	10	3	7	37
Boba parda * Brown Booby <i>Sula leucogaster</i>							0
Pelícano pardo * Brown Pelican <i>Pelecanus occidentalis</i>	1						1
Tijerilla * Magnificent Frigatebird <i>Fregata magnificens</i>							0
Garzón cenizo * Great blue Heron <i>Ardea herodias</i>	2	1					3
Martinete * Green Heron <i>Butorides virescens</i>	1					1	2
Garza azul * Little blue Heron <i>Egretta caerulea</i>							0
Garza ganadera * Cattle Egret <i>Bubulcus ibis</i>	22	1	39	33	12	6	113
Garza real * Great Egret <i>Ardea alba</i>	4	3	1	5	2	1	16
Garza blanca * Snowwy Egret <i>Egretta thula</i>		1					1
Garza pechiblanca * Tricolored Heron <i>Egretta tricolor</i>						1	1
Yaboa común * Yellow-crowned night Heron <i>Nyctanassa violacea</i>					1		1
Yaboa Real * Black-crowned night Heron <i>Nycticorax nycticorax</i>							0
Martinete * Least Bittern <i>Ixobrychus exilis</i>						2	2
Pato quijada colorada * White-cheeked pintail <i>Anas bahamensis</i>					2		2
Pato acollarado * Ring-necked Duck <i>Aythya collaris</i>			1		6	2	9
Pato pechiblanco * Lesser Scaup <i>Aythya affinis</i>						9	9
Pato chorizo * Ruddy Duck <i>Oxyura jamaicensis</i>	10		5	2	35	227	279
Aguila de Mar * Osprey <i>Pandion haliaetus</i>	1		1	1	1		4

Pollo de Mangle * Clapper Rail <i>Rallus longirostris</i>								0
Gallareta inglesa * Purple Gallinule <i>Porphyrie martinica</i>	1							1
Gallareta común * Common Moorhen <i>Gallinula chloropus</i>	45	11	20	5	5	4		90
Gallinazo * American Coot <i>Fulica americana</i>							3	3
Gallinazo nativo * Caribbean Coot <i>Fulica caribaea</i>	326	103	189	53	83	223		977
Playero acollarado * Semipalmated Plover <i>Charadrius semipalmatus</i>								0
Playero melódico * Piping Plover <i>Charadrius melodus</i>	5							5
Playero sabanero * Killdeer <i>Charadrius vociferus</i>	2							2
Playero cabezón * Black -bellied Plover <i>Pluvialis squatarola</i>								0
Viuda * Black-necked Stilt <i>Himantopus mexicanus</i>								0
Playero turco * Ruddy Turnstone <i>Arenaria interpres</i>								0
Playero solitario * Solitary Sandpiper <i>Tringa solitaria</i>								0
Playero gordo * Red Knot <i>Calidris canutus</i>								0
Playero coleador * Spotted Sandpiper <i>Actitis macularius</i>								0
Playero Guineilla pequeño * Lesser yellowlegs <i>Tringa flavipes</i>								0
Playero Guineilla grande * Greater yellowlegs <i>Tringa melanoleuca</i>								0
Playero arenero * Sanderling <i>Calidris alba</i>								0
Playerito menudo * Least Sandpiper <i>Calidris minutilla</i>								0
Playerito gracioso * Semipalmated Sandpiper <i>Calidris pusilla</i>								0
Playero patilargo * Stilt Sandpiper <i>Calidris himantopus</i>								0
Playerito occidental * Western Sandpiper <i>Calidris mauri</i>								0
Gaviota piquianillada * Ring-billed Gull <i>Larus delawarensis</i>								0
Gaviota gallega * Laughing Gull <i>Larus atricilla</i>						3		3
Charran común * Common Tern <i>Sterna hirundo</i>								0
Gaviota argentea * Herring Gull <i>Larus argentatus</i>	17							17

Gaviota monja * Bridled Tern <i>Sterna anaethetus</i>					0
Gaviota real * Royal Tern <i>Sterna maxima</i>					0
Gaviota piquiaguda * Sandwich Tern <i>Sterna sandvicensis</i>					0
Martin pescador * Belted Kingfisher <i>Megaceryle alcyon</i>	2		1	1	4
Pato pescuecilargo * Northern Pintail <i>Anas acuta</i>			4		4
Pato zarcel * Blue-winged Teal <i>Anas discors</i>	1				1
Total de individuos					1587

Tabla 2.

Data de Censos Navideños de Audubon del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan en el transepto de la Esperanza, realizados en los años 2000 al 2003, y del 2005 al 2006.

Especies de Aves Acuáticas	2000	2001	2002	2003	2005	2006	Total 2000- 2006
Zaramago * Pied-billed Grebe <i>Podilymbus podiceps</i>							0
Boba parda * Brown Booby <i>Sula leucogaster</i>	1						1
Pelícano pardo * Brown Pelican <i>Pelecanus occidentalis</i>	68	11	11	63	78	39	270
Tijerilla * Magnificent Frigatebird <i>Fregata magnificens</i>	6	2	4	5	8	3	28
Garzón cenizo * Great blue Heron <i>Ardea herodias</i>	10		1	1			12
Martinete * Green Heron <i>Butorides virescens</i>	1	1					2
Garza azul * Little blue Heron <i>Egretta caerulea</i>	8	1	3		3	1	16
Garza ganadera * Cattle Egret <i>Bubulcus ibis</i>		1	7			1	9
Garza real * Great Egret <i>Ardea alba</i>	37	1	2	4	2	1	47
Garza blanca * Snowy Egret <i>Egretta thula</i>	10		3		1		14
Garza pechiblanca * Tricolored Heron <i>Egretta tricolor</i>				1	1		2
Yaboa común * Yellow-crowned night Heron <i>Nyctanassa violacea</i>	1		1		1		3
Yaboa Real * Black-crowned night Heron <i>Nycticorax nycticorax</i>							0
Martinete * Least Bittern <i>Ixobrychus exilis</i>							0
Pato quijada colorada * White-cheeked pintail <i>Anas bahamensis</i>							0
Pato acollarado * Ring-necked Duck <i>Aythya collaris</i>							0
Pato pechiblanco * Lesser Scaup <i>Aythya affinis</i>							0
Pato chorizo * Ruddy Duck <i>Oxyura jamaicensis</i>							0
Aguila de Mar * Osprey <i>Pandion haliaetus</i>	1	1	1	2	1	1	7

Pollo de Mangle * Clapper Rail <i>Rallus longirostris</i>					0
Gallareta inglesa * Purple Gallinule <i>Porphyrio martinica</i>					0
Gallareta comun * Common Moorhen <i>Gallinula chloropus</i>					0
Gallinazo * American Coot <i>Fulica americana</i>					0
Gallinazo nativo * Caribbean Coot <i>Fulica caribaea</i>					0
Playero acollarado * Semipalmated Plover <i>Charadrius semipalmatus</i>	4				4
Playero melodico * Piping Plover <i>Charadrius melodus</i>					0
Playero sabanero * Killdeer <i>Charadrius vociferus</i>					0
Playero cabezon * Black -bellied Plover <i>Pluvialis squatarola</i>	1		3		4
Viuda * Black-necked Stilt <i>Himantopus mexicanus</i>					0
Playero turco * Ruddy Turnstone <i>Arenaria interpres</i>					0
Playero solitario * Solitary Sandpiper <i>Tringa solitaria</i>					0
Playero gordo * Red Knot <i>Calidris canutus</i>					0
Playero coleador * Spotted Sandpiper <i>Actitis macularius</i>	3	3	2		8
Playero Guineilla pequeno * Lesser yellowlegs <i>Tringa flavipes</i>					0
Playero Guineilla grande * Greater yellowlegs <i>Tringa melanoleuca</i>					0
Playero arenero * Sanderling <i>Calidris alba</i>			2		2
Playerito menudo * Least Sandpiper <i>Calidris minutilla</i>					0
Playerito gracioso * Semipalmated Sandpiper <i>Calidris pusilla</i>					0
Playero patilargo * Stilt Sandpiper <i>Calidris himantopus</i>					0
Playerito occidental * Western Sandpiper <i>Calidris mauri</i>					0
Gaviota piquianillada * Ring-billed Gull <i>Larus delawarensis</i>				2	2
Gaviota gallega * Laughing Gull <i>Larus atricilla</i>					0
Charran común * Common Tern <i>Sterna hirundo</i>	3				3
Gaviota argentea * Herring Gull <i>Larus argentatus</i>					0

Gaviota monja * Bridled Tern <i>Sterna anaethetus</i>	30							30
Gaviota real * Royal Tern <i>Sterna maxima</i>	21	3	22	3	15			64
Gaviota piquiaguda * Sandwich Tern <i>Sterna sandvicensis</i>		3			2			5
Martin pescador * Belted Kingfisher <i>Megaceryle alcyon</i>		1		2	1			4
Pato pescuecilargo * Northern Pintail <i>Anas acuta</i>								0
Pato zarcel * Blue-winged Teal <i>Anas discors</i>								0
Total de individuos								537

Tabla 3.

Data de Censos Navideños de Audubon del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan en el transepto del Caño Martín Peña, realizados en los años 2000 al 2003, y del 2005 al 2006.

Especies de Aves Acuáticas	2000	2001	2002	2003	2005	2006	Total 2000- 2006
Zaramago * Pied-billed Grebe <i>Podilymbus podiceps</i>			1				1
Boba parda * Brown Booby <i>Sula leucogaster</i>	2	7	12	1	13		35
Pelícano pardo * Brown Pelican <i>Pelecanus occidentalis</i>	14	15	30	14	27	1	101
Tijerilla * Magnificent Frigatebird <i>Fregata magnificens</i>	3	2	2	11	12		30
Garzón cenizo * Great blue Heron <i>Ardea herodias</i>	2	1		2			5
Martinete * Green Heron <i>Butorides virescens</i>	16	2	7	19	9	3	56
Garza azul * Little blue Heron <i>Egretta caerulea</i>	2	2	7	3	1	1	16
Garza ganadera * Cattle Egret <i>Bubulcus ibis</i>	49	12	204	28	139	12	444
Garza real * Great Egret <i>Ardea alba</i>	33	9	7	30	7	7	93
Garza blanca * Snowy Egret <i>Egretta thula</i>	26	10	10	3	3	14	66
Garza pechiblanca * Tricolored Heron <i>Egretta tricolor</i>	37	11	10	22	37	6	123
Yaboa comun * Yellow-crowned night Heron <i>Nyctanassa violacea</i>	8	2	6	13	18	13	60
Yaboa Real * Black-crowned night Heron <i>Nycticorax nycticorax</i>			1				1
Martinete * Least Bittern <i>Ixobrychus exilis</i>				1	2	1	4
Pato quijada colorada * White-cheeked pintail <i>Anas bahamensis</i>							0
Pato acollarado * Ring-necked Duck <i>Aythya collaris</i>							0
Pato pechiblanco * Lesser Scaup <i>Aythya affinis</i>							0
Pato chorizo * Ruddy Duck <i>Oxyura jamaicensis</i>							0
Aguila de Mar * Osprey <i>Pandion haliaetus</i>	1	1		2	1		5

Pollo de Mangle * Clapper Rail <i>Rallus longirostris</i>								0
Gallareta inglesa * Purple Gallinule <i>Porphyrio martinica</i>								0
Gallareta comun * Common Moorhen <i>Gallinula chloropus</i>	28	16	19	39	29	22	153	
Gallinazo * American Coot <i>Fulica americana</i>						1	1	
Gallinazo nativo * Caribbean Coot <i>Fulica caribaea</i>								0
Playero acollarado * Semipalmated Plover <i>Charadrius semipalmatus</i>		1	1		1	3	6	
Playero melodico * Piping Plover <i>Charadrius melodus</i>								0
Playero sabanero * Killdeer <i>Charadrius vociferus</i>								0
Playero cabezon * Black -bellied Plover <i>Pluvialis squatarola</i>	35	39	3	6	4	3	90	
Viuda * Black-necked Stilt <i>Himantopus mexicanus</i>	36	72	27	4			139	
Playero turco * Ruddy Turnstone <i>Arenaria interpres</i>	2	3	1	2	1	1	10	
Playero solitario * Solitary Sandpiper <i>Tringa solitaria</i>								0
Playero gordo * Red Knot <i>Calidris canutus</i>								0
Playero coleador * Spotted Sandpiper <i>Actitis macularius</i>	3	3	4	16	2		28	
Playero Guineilla pequeno * Lesser yellowlegs <i>Tringa flavipes</i>	10	51	13	16	4	1	95	
Playero Guineilla grande * Greater yellowlegs <i>Tringa melanoleuca</i>	1	1	3				5	
Playero arenero * Sanderling <i>Calidris alba</i>								0
Playerito menudo * Least Sandpiper <i>Calidris minutilla</i>								0
Playerito gracioso * Semipalmated Sandpiper <i>Calidris pusilla</i>								0
Playero patilargo * Stilt Sandpiper <i>Calidris himantopus</i>		3					3	
Playerito occidental * Western Sandpiper <i>Calidris mauri</i>								0
Gaviota piquianillada * Ring-billed Gull <i>Larus delawarensis</i>		4	3				7	
Gaviota gallega * Laughing Gull <i>Larus atricilla</i>	1						1	
Charran común * Common Tern <i>Sterna hirundo</i>								0
Gaviota argentea * Herring Gull <i>Larus argentatus</i>								0

Gaviota monja * Bridled Tern <i>Sterna anaethetus</i>									0
Gaviota real * Royal Tern <i>Sterna maxima</i>	5	21	83	6	9				124
Gaviota piquiaguda * Sandwich Tern <i>Sterna sandvicensis</i>							1		1
Martin pescador * Belted Kingfisher <i>Megaceryle alcyon</i>	3	2		2				1	8
Pato pescuecilargo * Northern Pintail <i>Anas acuta</i>									0
Pato zarcel * Blue-winged Teal <i>Anas discors</i>									0
Total de individuos									1711

Tabla 4.

Data de Censos Navideños de Audubon del Programa del Estuario de la Bahía de San Juan en el transepto del Bosque de Piñones, realizados en los años 2000 al 2003, y del 2005 al 2006.

Especies de Aves Acuáticas	2000	2001	2002	2003	2005	2006	Total 2000- 2006
Zaramago * Pied-billed Grebe <i>Podilymbus podiceps</i>							0
Boba parda * Brown Booby <i>Sula leucogaster</i>			1				1
Pelícano pardo * Brown Pelican <i>Pelecanus occidentalis</i>		3	7	6			16
Tijerilla * Magnificent Frigatebird <i>Fregata magnificens</i>	1			2		2	5
Garzón cenizo * Great blue Heron <i>Ardea herodias</i>			2	4	1	1	8
Martinete * Green Heron <i>Butorides virescens</i>	3	3	3	6	5	3	23
Garza azul * Little blue Heron <i>Egretta caerulea</i>	5			5	1	1	12
Garza ganadera * Cattle Egret <i>Bubulcus ibis</i>	27	4	3	5	4	7	50
Garza real * Great Egret <i>Ardea alba</i>	14	3	8	35	8	43	111
Garza blanca * Snowy Egret <i>Egretta thula</i>		1			1	51	53
Garza pechiblanca * Tricolored Heron <i>Egretta tricolor</i>	2	3	1	5	3	3	17
Yaboa comun * Yellow-crowned night Heron <i>Nyctanassa violacea</i>		1	2	4	2	2	11
Yaboa Real * Black-crowned night Heron <i>Nycticorax nycticorax</i>							0
Martinete * Least Bittern <i>Ixobrychus exilis</i>							0
Pato quijada colorada * White-cheeked pintail <i>Anas bahamensis</i>							0
Pato acollarado * Ring-necked Duck <i>Aythya collaris</i>							0
Pato pechiblanco * Lesser Scaup <i>Aythya affinis</i>							0
Pato chorizo * Ruddy Duck <i>Oxyura jamaicensis</i>							0
Aguila de Mar * Osprey <i>Pandion haliaetus</i>	2		1	2	2	3	10

Pollo de Mangle * Clapper Rail <i>Rallus longirostris</i>		1	1			7	9
Gallareta inglesa * Purple Gallinule <i>Porphyrio martinica</i>							0
Gallareta comun * Common Moorhen <i>Gallinula chloropus</i>	4		1	26	5	4	40
Gallinazo * American Coot <i>Fulica americana</i>							0
Gallinazo nativo * Caribbean Coot <i>Fulica caribaea</i>							0
Playero acollarado * Semipalmated Plover <i>Charadrius semipalmatus</i>	13		63	92	2	4	174
Playero melodico * Piping Plover <i>Charadrius melodus</i>							0
Playero sabanero * Killdeer <i>Charadrius vociferus</i>							0
Playero cabezon * Black -bellied Plover <i>Pluvialis squatarola</i>	2	14	28	120	49	196	409
Viuda * Black-necked Stilt <i>Himantopus mexicanus</i>							0
Playero turco * Ruddy Turnstone <i>Arenaria interpres</i>	24	14	15	28	22	38	141
Playero solitario * Solitary Sandpiper <i>Tringa solitaria</i>			1		1		2
Playero gordo * Red Knot <i>Calidris canutus</i>	9	5	8	12	3	4	41
Playero coleador * Spotted Sandpiper <i>Actitis macularius</i>	1	4	4		1	1	11
Playero Guineilla pequeno * Lesser yellowlegs <i>Tringa flavipes</i>	4	34		14	9	11	72
Playero Guineilla grande * Greater yellowlegs <i>Tringa melanoleuca</i>	2	3	4		1		10
Playero arenero * Sanderling <i>Calidris alba</i>	19	140	78		44	55	336
Playerito menudo * Least Sandpiper <i>Calidris minutilla</i>			6			6	12
Playerito gracioso * Semipalmated Sandpiper <i>Calidris pusilla</i>	2	1	35	97		6	141
Playero patilargo * Stilt Sandpiper <i>Calidris himantopus</i>	4						4
Playerito occidental * Western Sandpiper <i>Calidris mauri</i>			1				1
Gaviota piquianillada * Ring-billed Gull <i>Larus delawarensis</i>							0
Gaviota gallega * Laughing Gull <i>Larus atricilla</i>							0
Charran común * Common Tern <i>Sterna hirundo</i>			6				6
Gaviota argentea * Herring Gull <i>Larus argentatus</i>							0

Gaviota monja * Bridled Tern <i>Sterna anaethetus</i>									0
Gaviota real * Royal Tern <i>Sterna maxima</i>	14	1	4	1		20			40
Gaviota piquiaguda * Sandwich Tern <i>Sterna sandvicensis</i>		1				60			61
Martin pescador * Belted Kingfisher <i>Megaceryle alcyon</i>	1			1	1	1			4
Pato pescuecilargo * Northern Pintail <i>Anas acuta</i>									0
Pato zarcel * Blue-winged Teal <i>Anas discors</i>									0
Total de individuos									1831

Tabla 5.

Especies presentes por sitio censado.

Sitio		C	E	CMP	BP
Especies de Aves Acuáticas (Total de especies)	Características	(26)	(22)	(30)	(31)
Familia Podicipedidae		X		X	
Zaramago * Pied-billed Grebe <i>Podilymbus podiceps</i>	Res, Car-Inv	X		X	
Familia Sulidae			X	X	X
Boba parda * Brown Booby <i>Sula leucogaster</i>	Res, Pisc		X	X	X
Familia Pelecanidae		X	X	X	X
Pelícano pardo * Brown Pelican <i>Pelecanus occidentalis</i>	MCD/Res, PE, Car-Pisc	X	X	X	X
Familia Fregatidae			X	X	X
Tijerilla * Magnificent Frigatebird <i>Fregata magnificens</i>	Res, Car-Pisc		X	X	X
Familia Ardeidae		X	X	X	X
Garzón cenizo * Great blue Heron <i>Ardea herodias</i>	MCD/Res, Car-Pisc	X	X	X	X
Martinete * Green Heron <i>Butorides virescens</i>	MCD/Res, Car-Inv	X	X	X	X
Garza azul * Little blue Heron <i>Egretta caerulea</i>	Res, Car-Pisc		X	X	X
Garza ganadera * Cattle Egret <i>Bubulcus ibis</i>	Res, Car-Inv	X	X	X	X
Garza real * Great Egret <i>Ardea alba</i>	Res, Car-Pisc	X	X	X	X
Garza blanca * Snowy Egret <i>Egretta thula</i>	Res, Car-Inv	X	X	X	X
Garza pechiblanca * Tricolored Heron <i>Egretta tricolor</i>	Res, Car-Pisc	X	X	X	X

Yaboa comun * Yellow-crowned night Heron	<i>Nyctanassa violacea</i>	MCD/Res, Car-Inv	X	X	X	X
Yaboa Real * Black-crowned night Heron	<i>Nycticorax nycticorax</i>	MCD/Res, Car-Pisc			X	
Martinetito * Least Bittern	<i>Ixobrychus exilis</i>	Res, Car-Inv	X		X	
Familia Anatidae			X			
Pato quijada colorada * White-cheeked pintail	<i>Anas bahamensis</i>	Res, VU, Omn (Herb.)	X			
Pato acollarado * Ring-necked Duck	<i>Aythya collaris</i>	MLD, Omn (Herb.)	X			
Pato pechiblanco * Lesser Scaup	<i>Aythya affinis</i>	MLD, Omn (Herb.)	X			
Pato chorizo * Ruddy Duck	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Res, VU, Omn (Herb.)	X			
Pato pescuecilargo * Northern Pintail	<i>Anas acuta</i>	MLD, Omn (Herb.)	X			
Pato zarcel * Blue-winged Teal	<i>Anas discors</i>	MLD, Omn (Herb.)	X			
Familia Accipitridae			X	X	X	X
Aguila de Mar * Osprey	<i>Pandion haliaetus</i>	MCD/Res, Car-Pisc.	X	X	X	X
Familia Rallidae			X		X	X
Pollo de Mangle * Clapper Rail	<i>Rallus longirostris</i>	Res, Omn (Inv.)				X
Gallareta inglesa * Purple Gallinule	<i>Porphyrie martinica</i>	Res, Omn (Herb.)	X			
Gallareta comun * Common Moorhen	<i>Gallinula chloropus</i>	Res, Omn (Herb.)	X		X	X
Gallinazo * American Coot	<i>Fulica americana</i>	MLD, Omn (Herb.)	X		X	
Gallinazo nativo * Caribbean Coot	<i>Fulica caribaea</i>	Res, VU, Omn.	X			
Familia Charadriidae			X	X	X	X

Playero acollarado * Semipalmated Plover <i>Charadrius semipalmatus</i>	MLD, Car-Inv	X	X	X
Playero melodico * Piping Plover <i>Charadrius melodus</i>	MLD, VU, Car-Inv	X		
Playero sabanero * Killdeer <i>Charadrius vociferus</i>	MCD/Res, Car-Inv	X		
Playero cabezon * Black - bellied Plover <i>Pluvialis squatarola</i>	MLD, Car-Inv	X	X	X
Viuda * Black-necked Stilt <i>Himantopus mexicanus</i>	Res, Car-Inv		X	
Familia Scolopacidae		X	X	X
Playero turco * Ruddy Turnstone <i>Arenaria interpres</i>	MLD, Car-Inv		X	X
Playero solitario * Solitary Sandpiper <i>Tringa solitaria</i>	MLD Car-Inv			X
Playero gordo * Red Knot <i>Calidris canutus</i>	MLD, Omn (Inv)			X
Playero coleador * Spotted Sandpiper <i>Actitis macularius</i>	MLD, Car-Inv	X	X	X
Playero Guineilla pequeno * Lesser yellowlegs <i>Tringa flavipes</i>	MLD, Car-Inv		X	X
Playero Guineilla grande * Greater yellowlegs <i>Tringa melanoleuca</i>	MLD, Car-Inv		X	X
Playero arenero * Sanderling <i>Calidris alba</i>	MLD, Car-Inv	X		X
Playerito menudo * Least Sandpiper <i>Calidris minutilla</i>	MLD, Omn (Inv)			X
Playerito gracioso * Semipalmated Sandpiper <i>Calidris pusilla</i>	MLD, Omn (Inv).			X
Playero patilargo * Stilt Sandpiper <i>Calidris himantopus</i>	MLD, Omn (Inv).		X	X
Playerito occidental * Western Sandpiper <i>Calidris mauri</i>	MLD, Car-Inv			X
Familia Laridae		X	X	X

Gaviota piquianillada * Ring-billed Gull <i>Larus delawarensis</i>	MLD, Omn		X	X	
Gaviota gallega * Laughing Gull <i>Larus atricilla</i>	Res, Car-Inv	X			X
Charran comun * Common Tern <i>Sterna hirundo</i>	MLD, Car-Pis		X		X
Gaviota argentea * Herring Gull <i>Larus argentatus</i>	MLD, Car-Pis	X			
Gaviota monja * Bridled Tern <i>Sterna anaethetus</i>	Res, Car-Pis		X		
Gaviota real * Royal Tern <i>Sterna maxima</i>	Res, Car-Pis		X	X	X
Gaviota piquiaguda * Sandwich Tern <i>Sterna sandvicensis</i>	MCD/Res, Car-Pis		X	X	X
Familia Alcedinidae		X	X	X	X
Martin pescador * Belted Kingfisher <i>Megaceryle alcyon</i>	MLD, Car-Pis	X	X	X	X

Tabla 6.

Índice de diversidad de Simpson, Inversa del índice de dominancia de Simpson, y Uniformidad.

Sitio	C	E	CMP	BP
Índice de diversidad, Δ_s	0.5809	0.7164	0.8904	0.8856
Inversa de λ , δ_s	2.39	3.53	9.12	8.74
Uniformidad, E_Δ	0.6042	0.7505	0.9211	0.9152

Tabla 7.

Prueba Kruskal-Wallis.

Kruskal-Wallis Test: C versus C2

Kruskal-Wallis Test on C				
C2	N	Median	Ave Rank	Z
1	26	3.500	40.9	-2.60
2	22	6.000	47.4	-1.26
3	30	22.000	61.4	1.31
4	31	16.000	66.0	2.29
Overall	109		55.0	
H = 11.40 DF = 3 P = 0.010				
H = 11.44 DF = 3 P = 0.010 (adjusted for ties)				

Tabla 8.

Análisis de GAP de cobertura terrestre de Cucharillas.

Descripción	Hectáreas	Porcentaje
Mature secondary lowland moist alluvial	0.338121	0.24
Young secondary lowland moist alluvial	3.291046	2.38
Lowland moist alluvial shrubland and woodland	2.141434	1.55
Mangrove forest and shrubland	10.34651	7.49
Moist grasslands and pastures	7.528831	5.45
Emergent herbaceous saline wetlands	0.969281	0.7
Seasonally flooded herbaceous nonsaline	0.225414	0.16
Seasonally flooded herbaceous saline wetlands	17.17655	12.43
High-density urban development	66.9029	48.43
Low-density urban development	3.471377	2.51
Salt water	23.05986	16.69
Lowland moist riparian forest	1.825854	1.32
Lowland moist riparian shrubland and woodland	0.879115	0.64
TOTAL	138.1563	100

Tabla 9.

Análisis de GAP de cobertura terrestre de Esperanza.

Descripción	Hectáreas	Porcentaje
NA	177.860444	48.11
Mature secondary lowland moist alluvial	0.607186	0.16
Young secondary lowland moist alluvial	2.316301	0.63
Lowland moist alluvial shrubland and woodland	4.879974	1.32
Mangrove forest and shrubland	4.834998	1.31
Moist grasslands and pastures	17.945712	4.85
Emergent herbaceous nonsaline wetlands	3.418231	0.92
Emergent herbaceous saline wetlands	0.26986	0.07
Seasonally flooded herbaceous nonsaline	12.48104	3.38
Seasonally flooded herbaceous saline wetlands	14.055225	3.8
Fine to coarse sandy beaches mixed sand and	0.517232	0.14
High-density urban development	110.687711	29.94
Low-density urban development	14.932271	4.04
Freshwater	1.394278	0.38
Salt water	0.899534	0.24
Lowland moist riparian forest	1.191883	0.32
Lowland moist riparian shrubland and woodland	1.416767	0.38
TOTAL	369.708649	100

Tabla 10.

Análisis de GAP de cobertura terrestre de Caño Martín Peña.

descripción	hectáreas	Porcentaje
Mature secondary lowland moist alluvial	0.044869	0.02
Young secondary lowland moist alluvial	0.919813	0.36
Lowland moist alluvial shrubland and woodland	0.897379	0.35
Mangrove forest and shrubland	62.480003	24.59
Moist grasslands and pastures	36.097064	14.2
Emergent herbaceous nonsaline wetlands	0.089738	0.04
Emergent herbaceous saline wetlands	0.381386	0.15
Seasonally flooded herbaceous nonsaline	4.195246	1.65
Seasonally flooded herbaceous saline wetlands	5.9227	2.33
High-density urban development	95.391372	37.54
Low-density urban development	15.300309	6.02
Artificial barrens	0.112172	0.04
Salt water	30.129495	11.86
Lowland moist riparian forest	1.951799	0.77
Lowland moist riparian shrubland and woodland	0.20191	0.08
TOTAL	254.115256	100

Tabla 11.

Análisis de GAP de cobertura terrestre de Bosque de Piñones.

Descripción	Hectáreas	Porcentaje
NA	67.62989	26.63
Mature secondary lowland moist alluvial	1.747311	0.69
Young secondary lowland moist alluvial	2.396952	0.94
Lowland moist alluvial shrubland and woodland	3.494622	1.38
Mangrove forest and shrubland	124.9327	49.2
Moist grasslands and pastures	15.90501	6.26
Emergent herbaceous nonsaline wetlands	0.044803	0.02
Emergent herbaceous saline wetlands	0.739247	0.29
Seasonally flooded herbaceous nonsaline	0.448028	0.18
Seasonally flooded herbaceous saline wetlands	4.009855	1.58
Rocky cliffs and shelves	3.47222	1.37
Gravel beaches and stony shoreline	5.622757	2.21
Fine to coarse sandy beaches mixed sand and	2.844981	1.12
High-density urban development	0.15681	0.06
Low-density urban development	9.318991	3.67
Salt water	10.77508	4.24
Lowland moist riparian shrubland and woodland	0.403226	0.16
TOTAL	253.9425	100

FIGURAS



Figura 1. Transepto las Cucharillas.

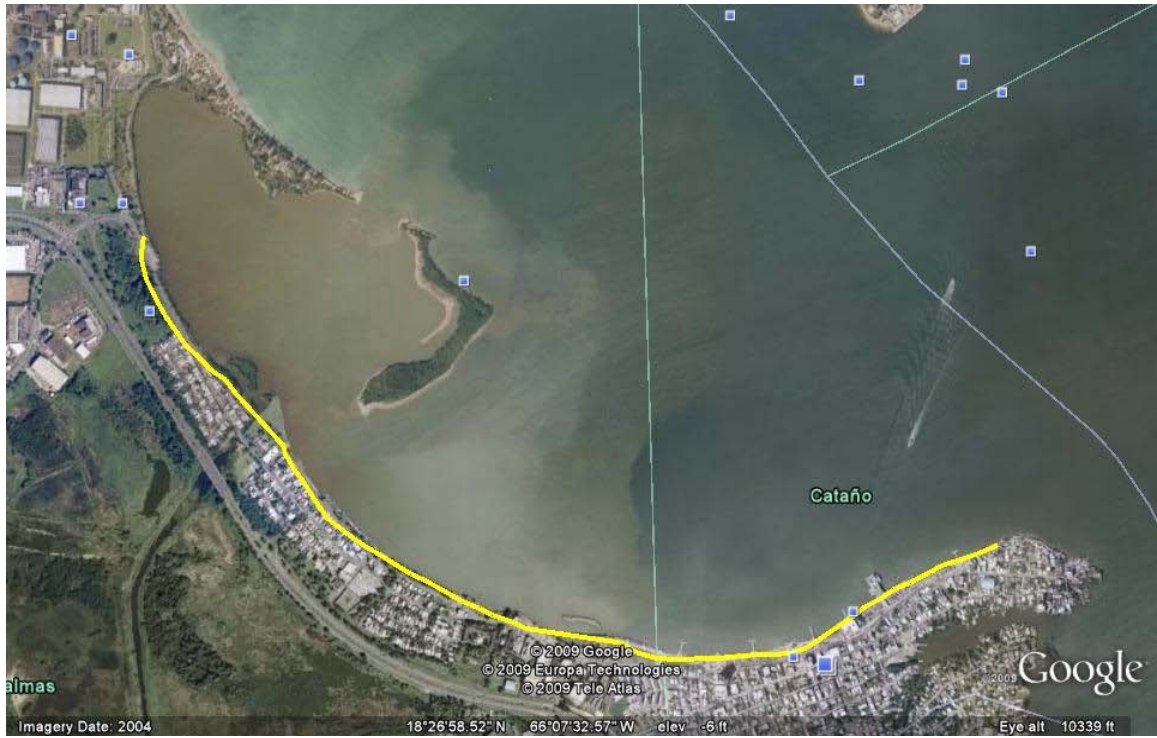


Figura 2. Transepto Esperanza.

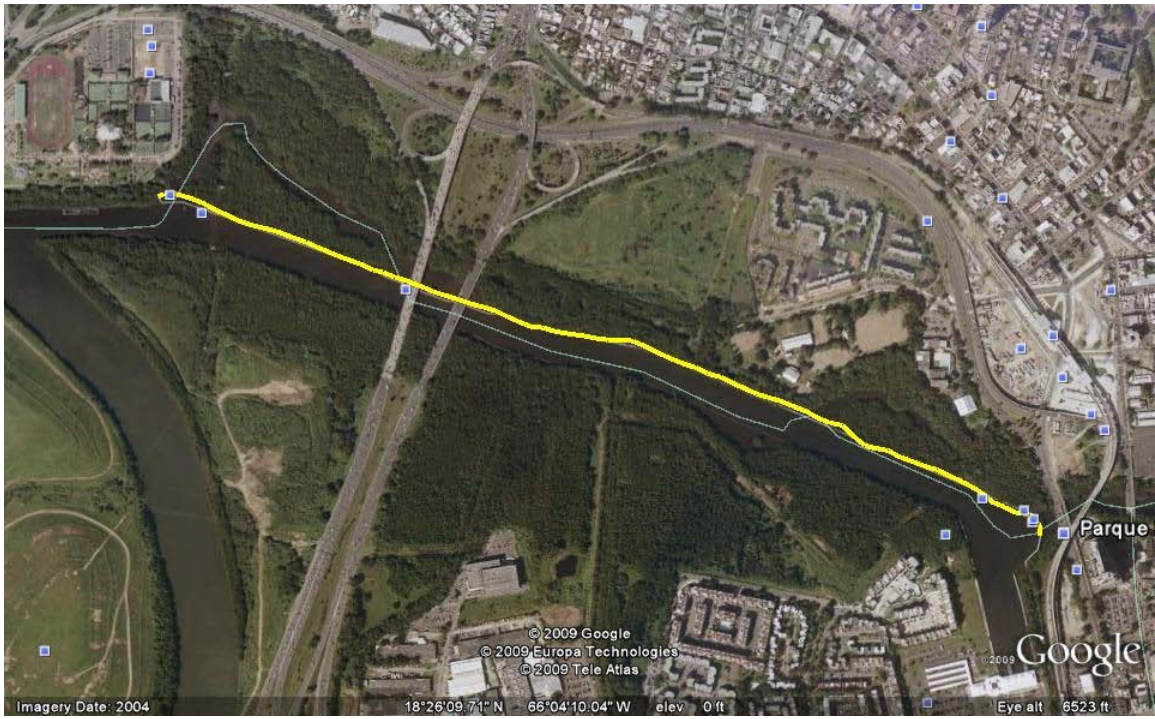


Figura 3. Transepto Caño Martín Peña.



Figura 4. Transepto Bosque de Piñones.

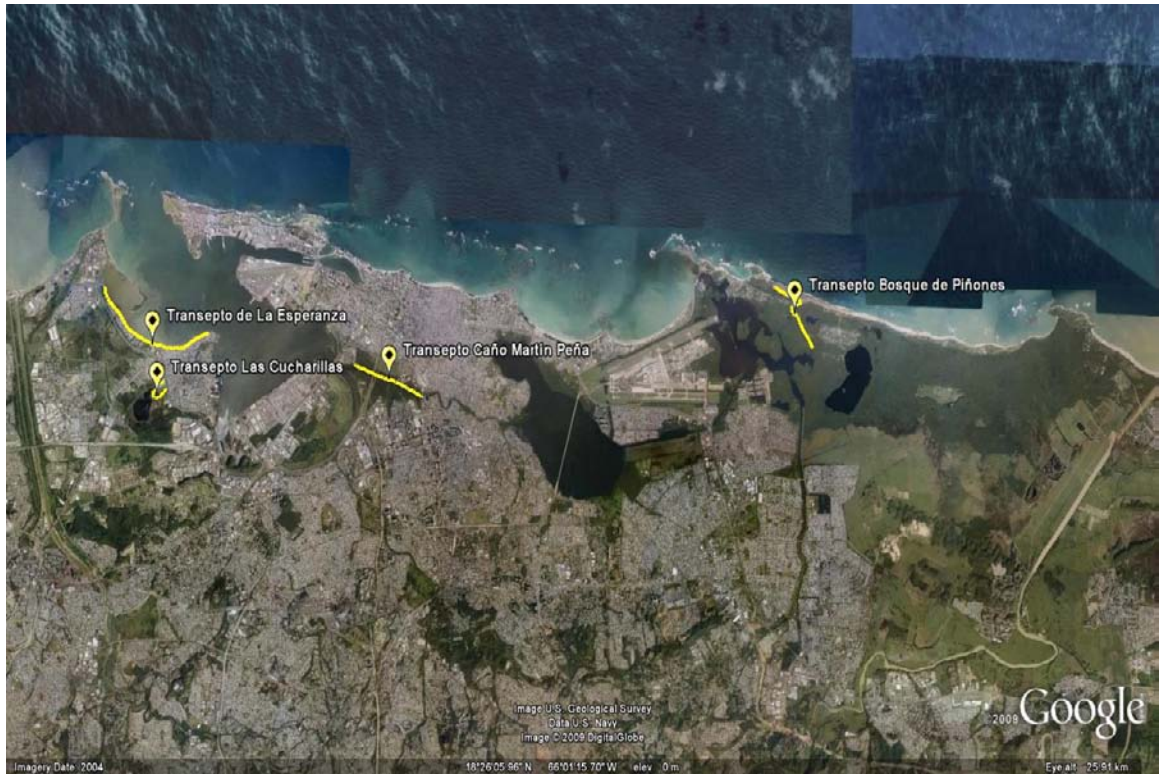


Figura 5. Mapa de transectos observados en el EBSJ.

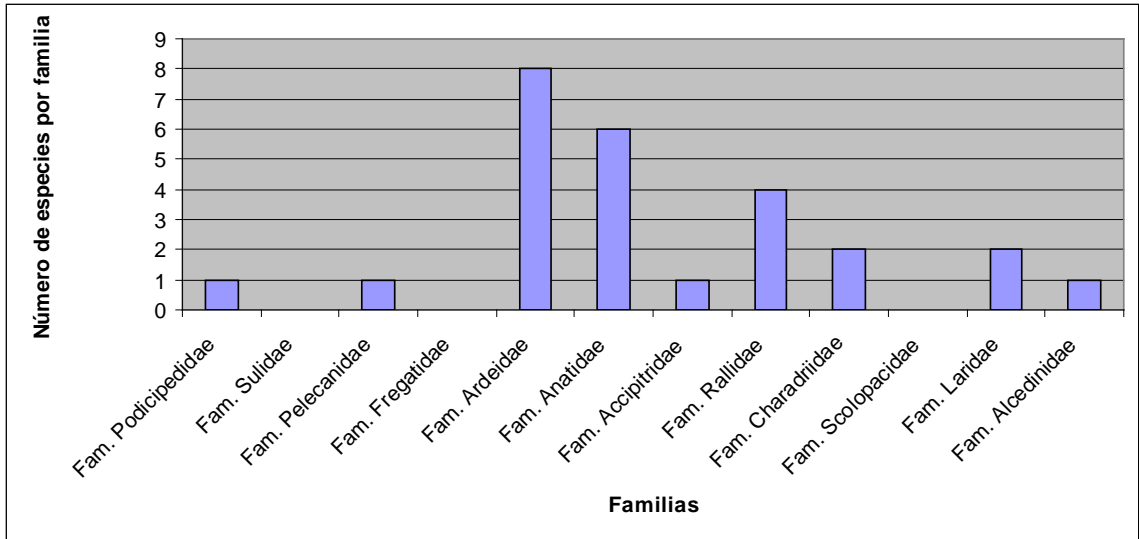


Figura 6. Familias observadas en las Cucharillas.

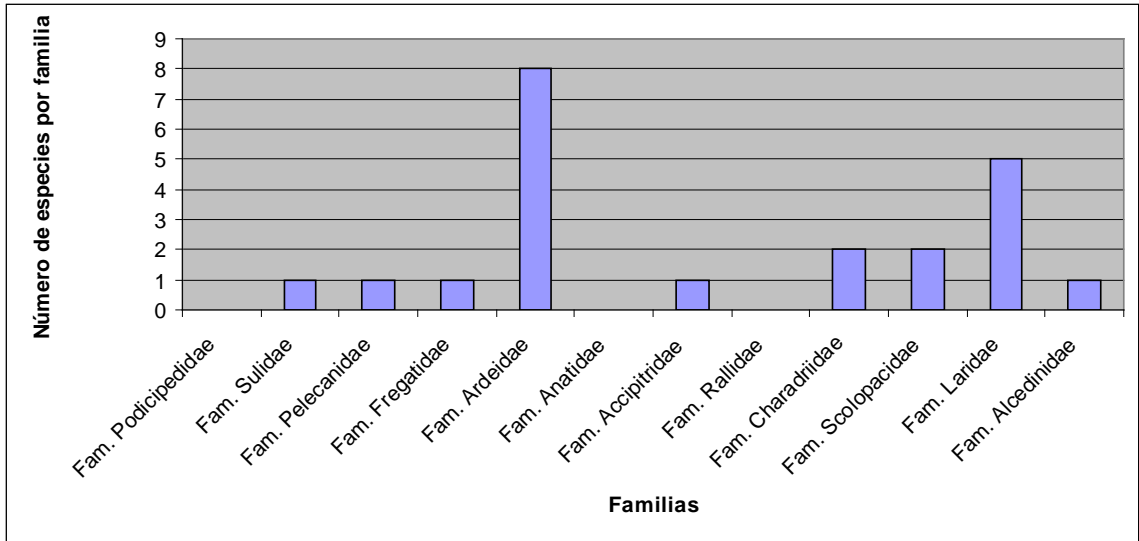


Figura 7. Familias observadas en Esperanza.

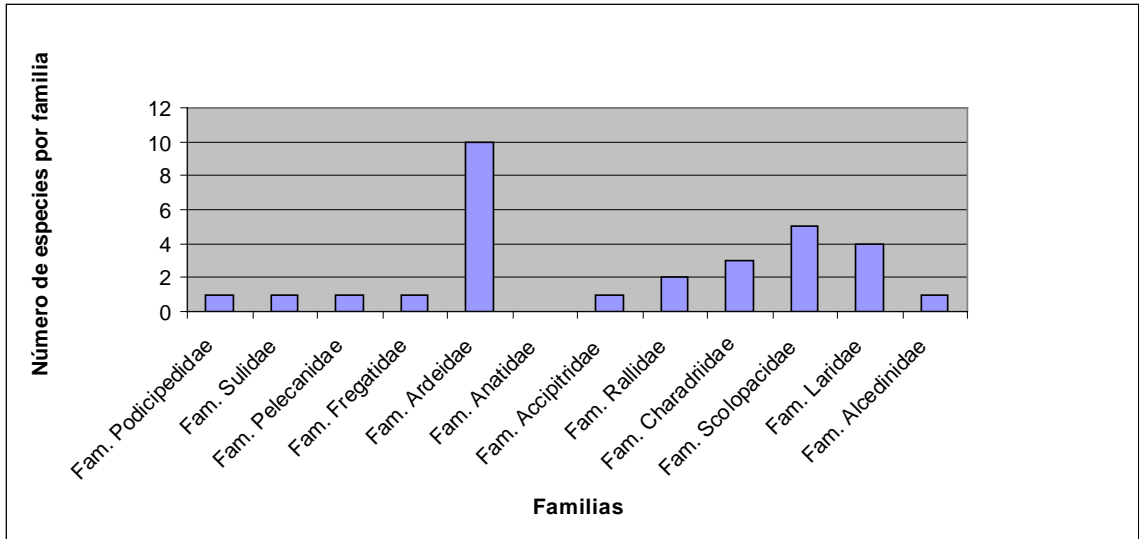


Figura 8. Familias observadas en Caño Martín Peña.

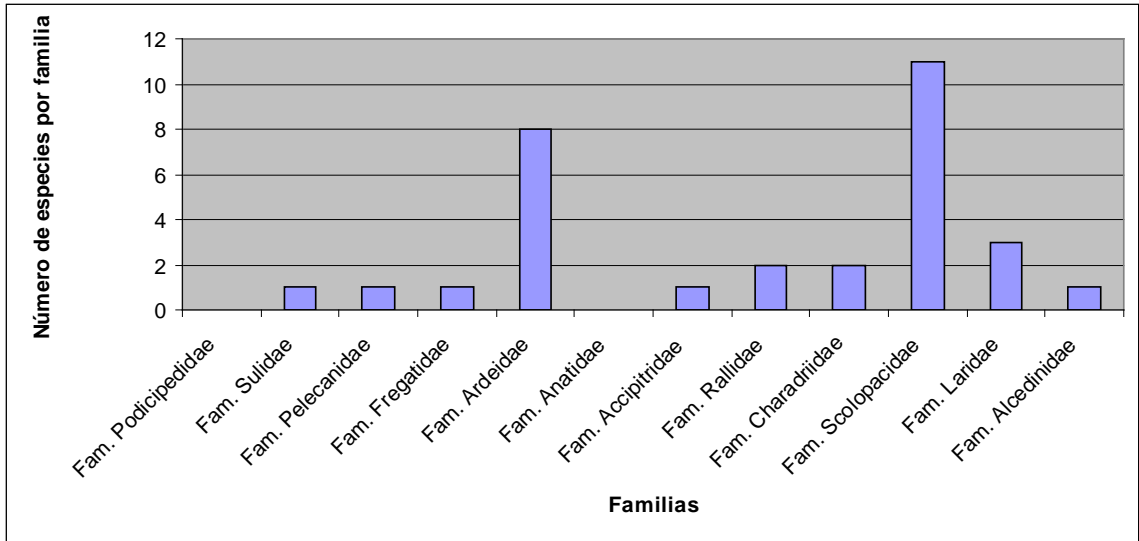


Figura 9. Familias observadas en Bosque de Piñones.

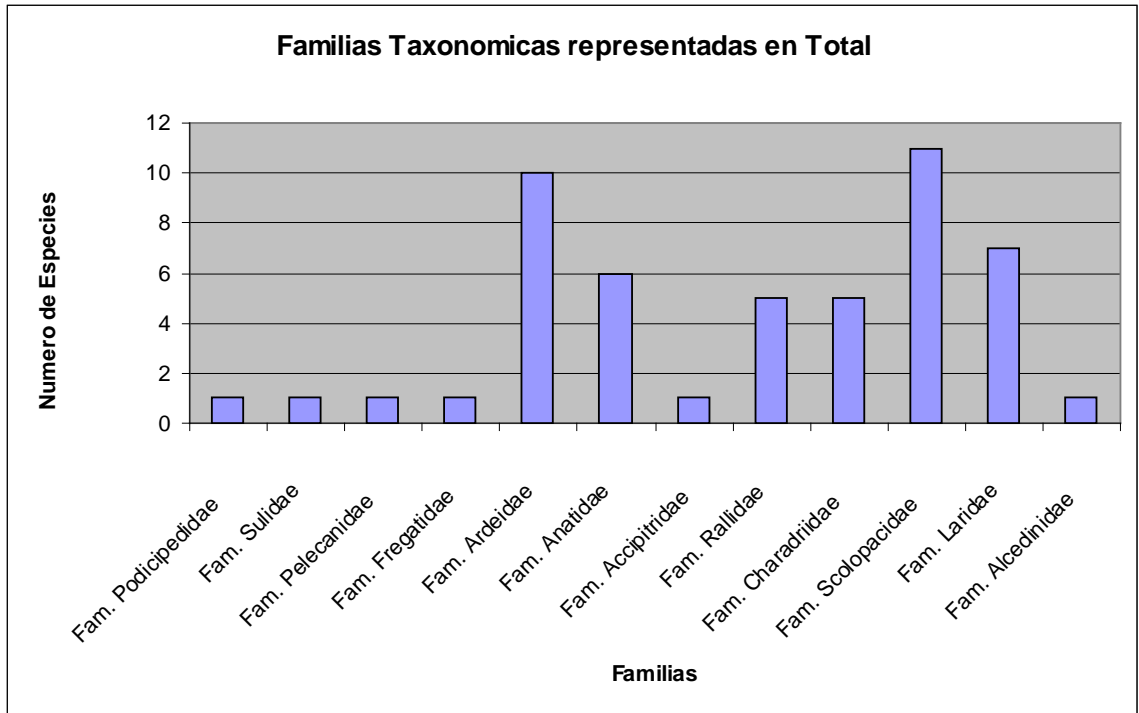


Figura 10. Número de especies por familias taxonómicas encontrados en el EBSJ.

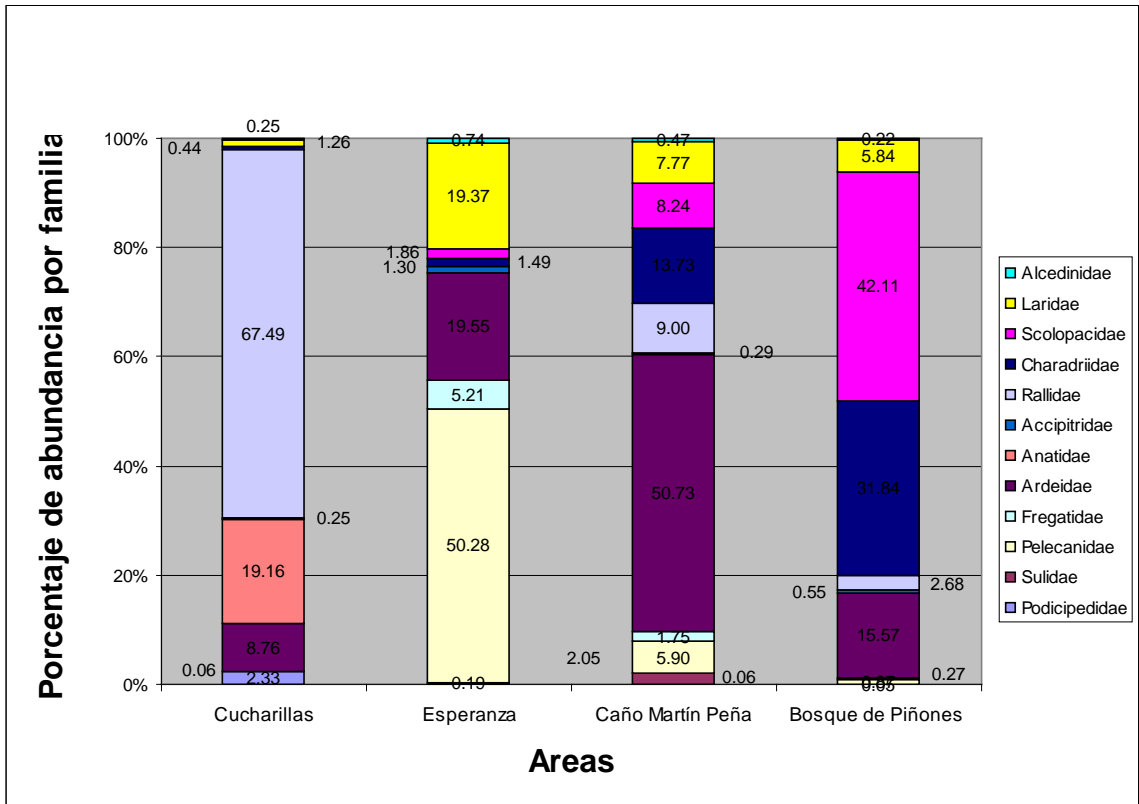


Figura 11. Familias predominantes por área de observación.

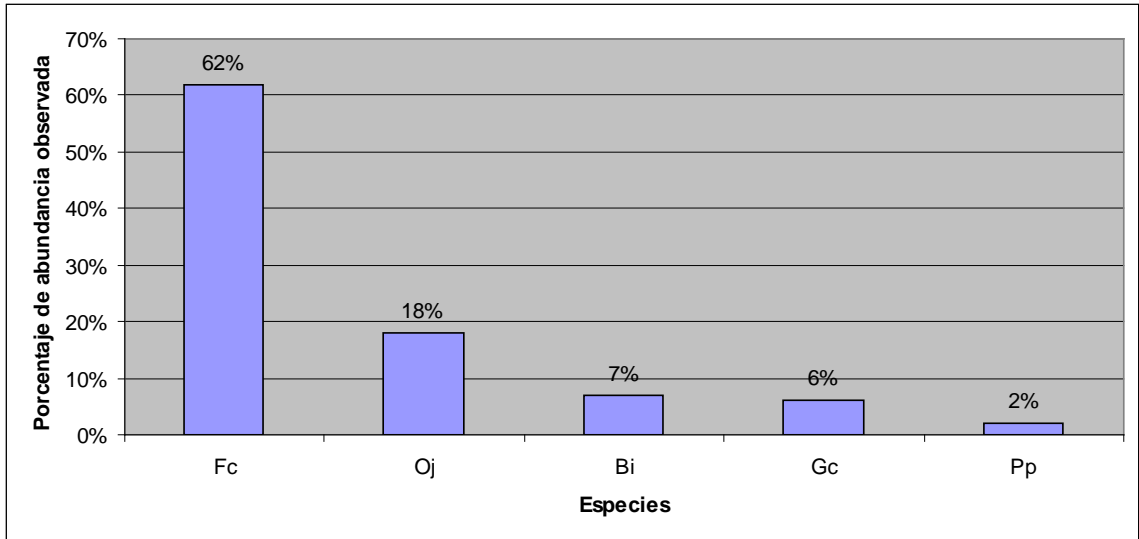


Figura 12. Porcentaje de las cinco especies de mayor observación en las Cucharillas (Fc= *Fulica caribaea*, Oj = *Oxyura jamaicensis*, Bi = *Bubulcus alba*, Gc = *Gallinula chloropus* y Pp = *Podilymbus podiceps*).

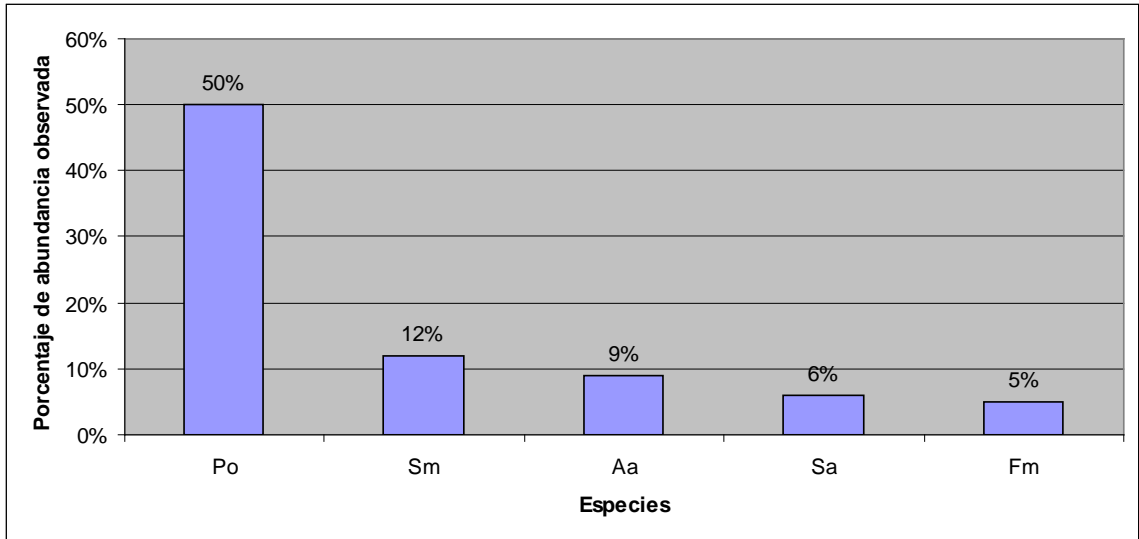


Figura 13. Porcentaje de las cinco especies de mayor observación en Esperanza (Po = *Pelecanus occidentalis*, Sm = *Sterna maxima*, Aa = *Ardea alba*, Sa = *Sterna anaethus* y Fm = *Fregata magnificens*).

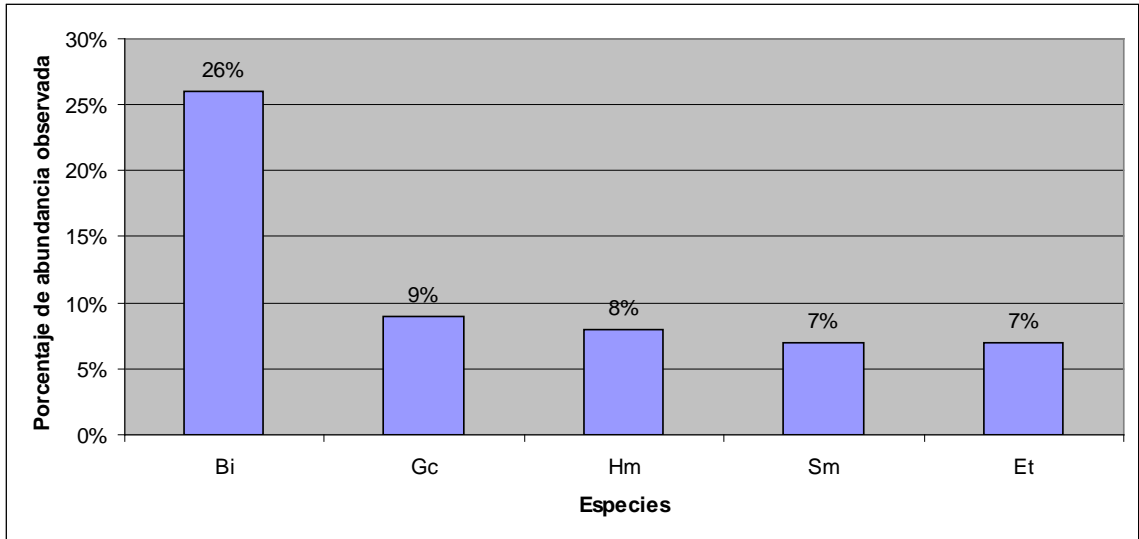


Figura 14. Porcentaje de las cinco especies de mayor observación en Caño Martín Peña (Bi = *Bubulcus ibis*, Gc = *Gallinula chloropus*, Hm = *Himantopus mexicanus*, Sm = *Sterna maxima* y Et = *Egretta tricolor*).

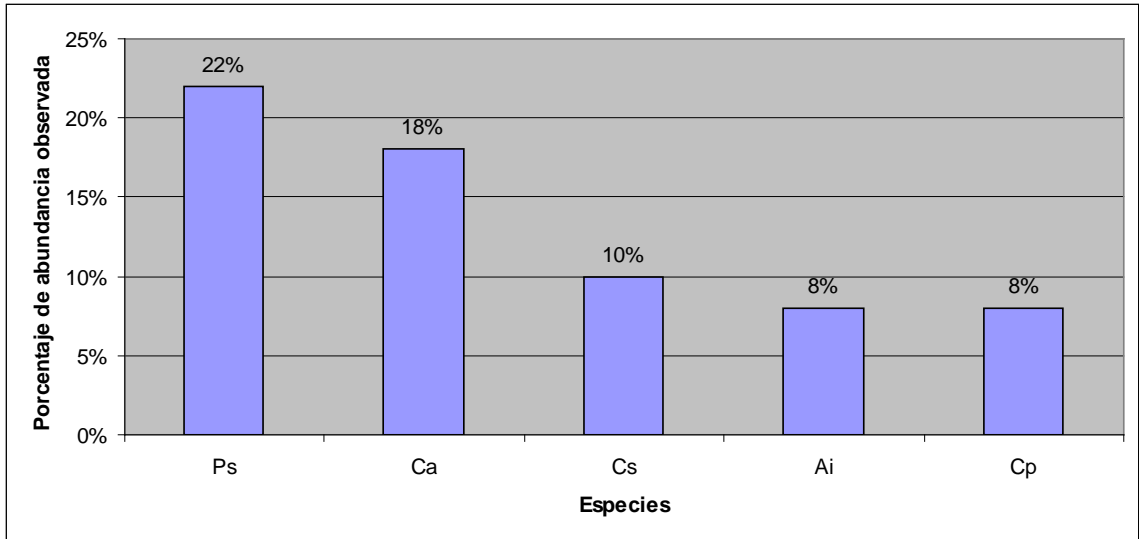


Figura 15. Porcentaje de las cinco especies de mayor observación en Bosque de Piñones (Ps = *Pluvialis squatarola*, Ca = *Calidris alba*, Cs = *Charadrius semipalmatus*, Ai = *Arenaria interpres* y Cp = *Calidris pusilla*).

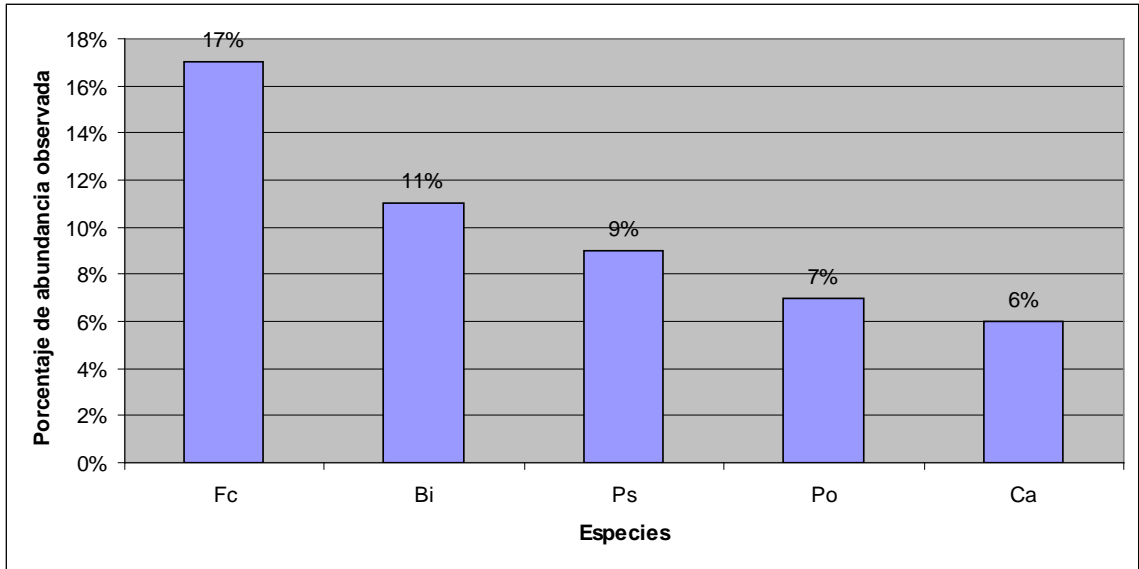


Figura 16. Porcentaje de las cinco especies más observadas en el EBSJ.

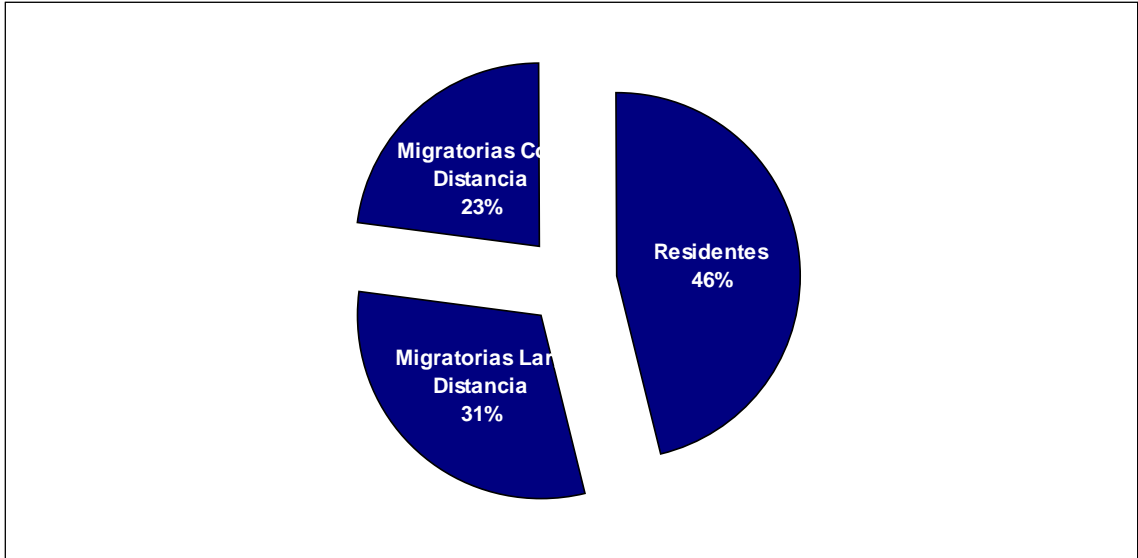


Figura 17. Estado migratorio observado en las Cucharillas.

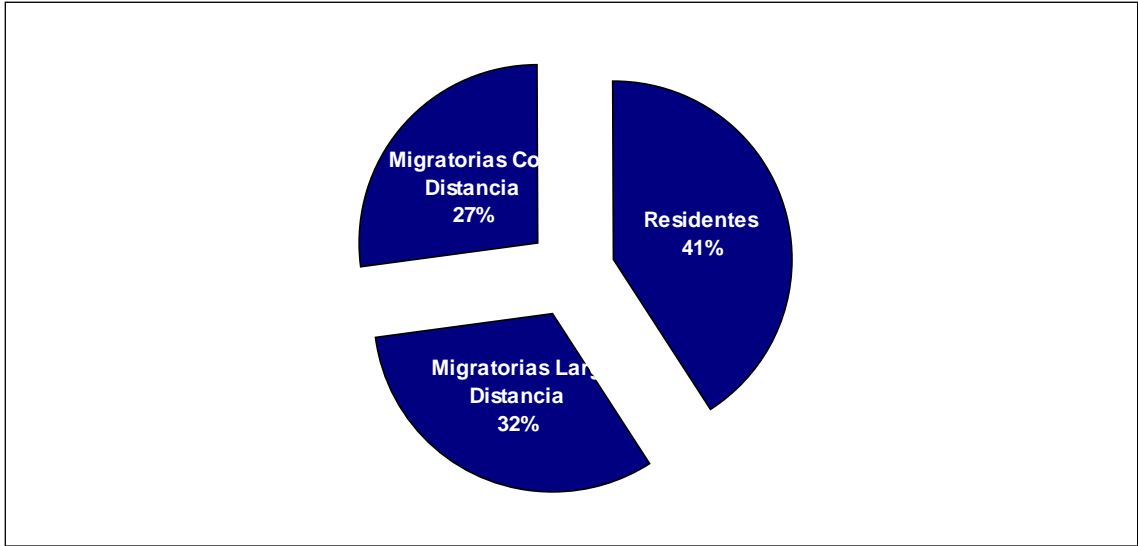


Figura 18. Estado migratorio observado en Esperanza.

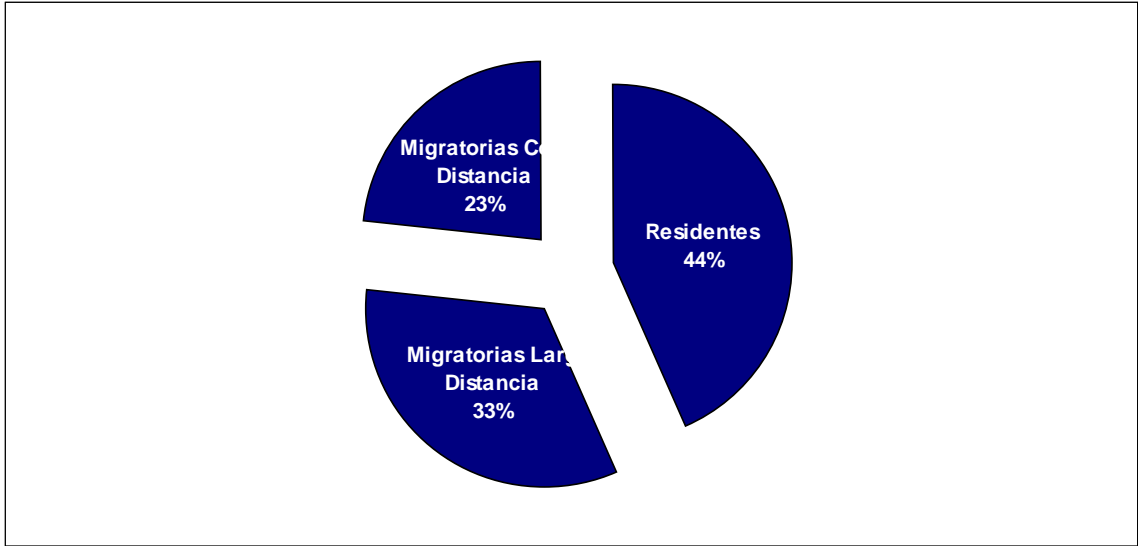


Figura 19. Estado migratorio observado en Caño Martín Peña.

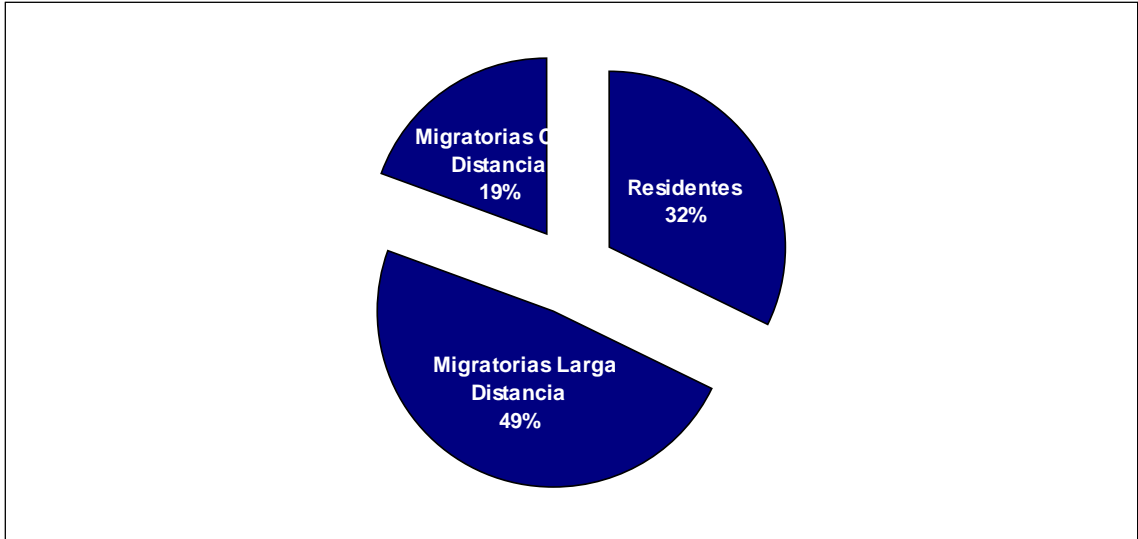


Figura 20. Estado migratorio observado en Bosque de Piñones.

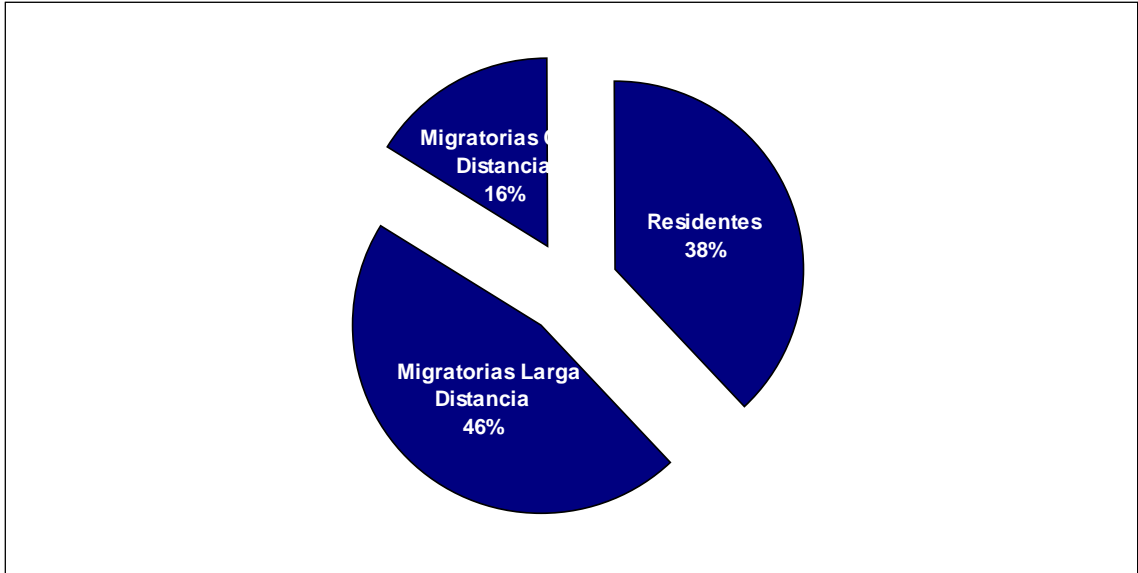


Figura 21. Estado migratorio observado en el EBSJ.

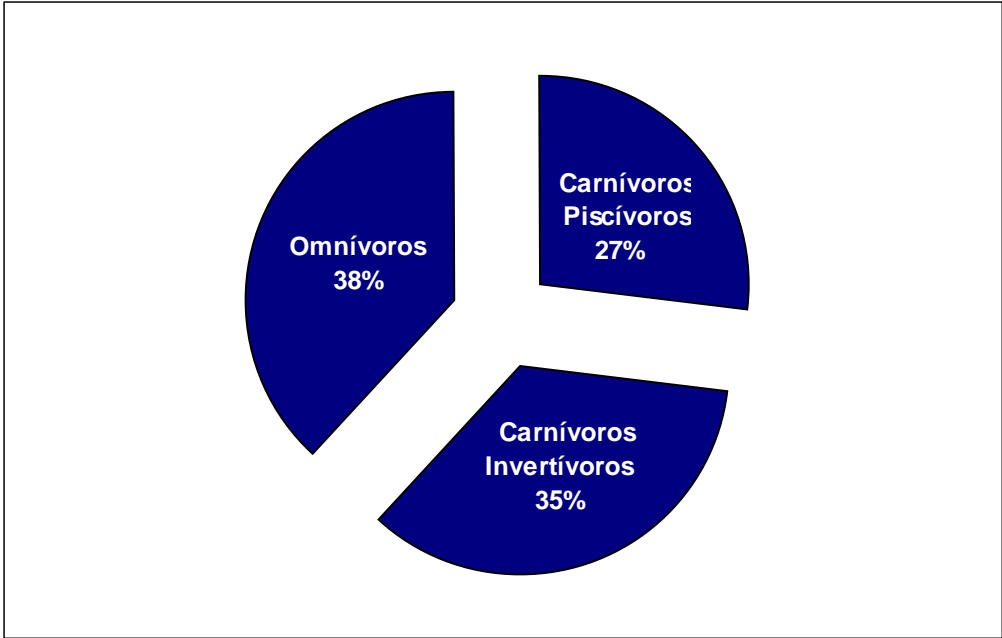


Figura 22. Nivel trófico observado en las Cucharillas.

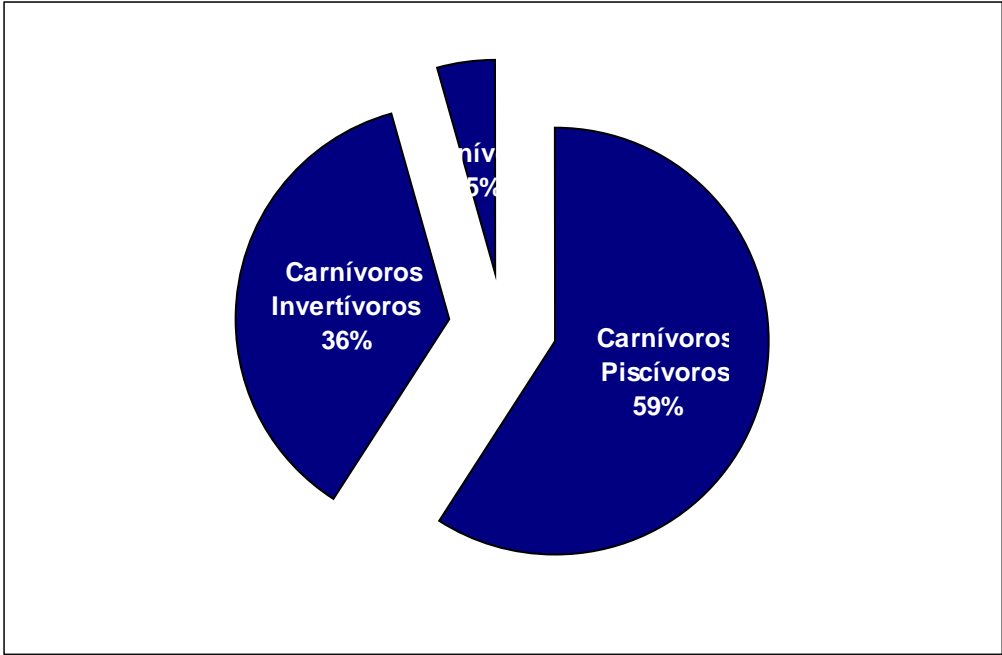


Figura 23. Nivel trófico observado en Esperanza.

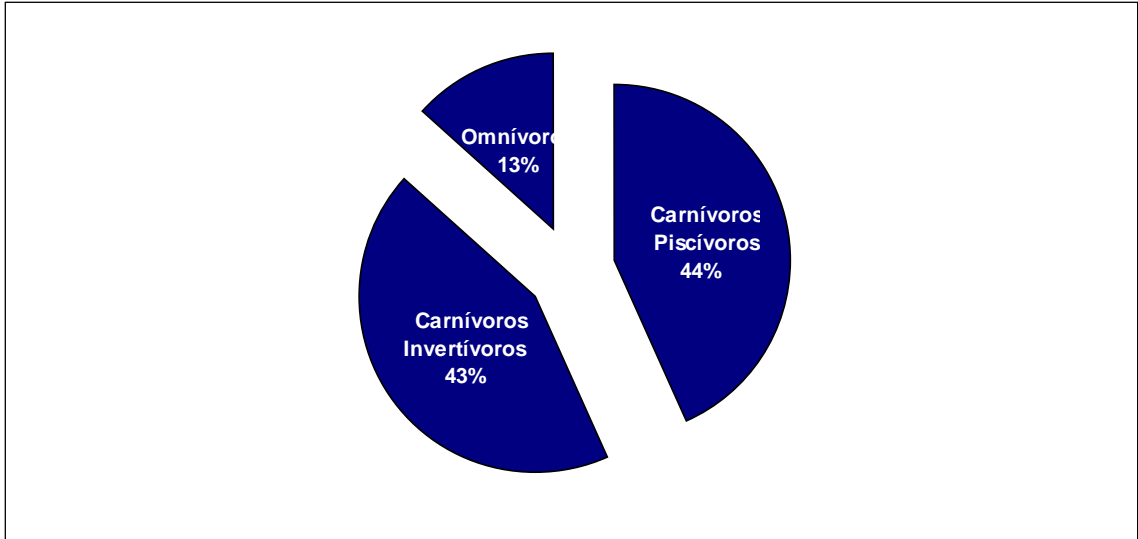


Figura 24. Nivel trófico observado en Caño Martín Peña.

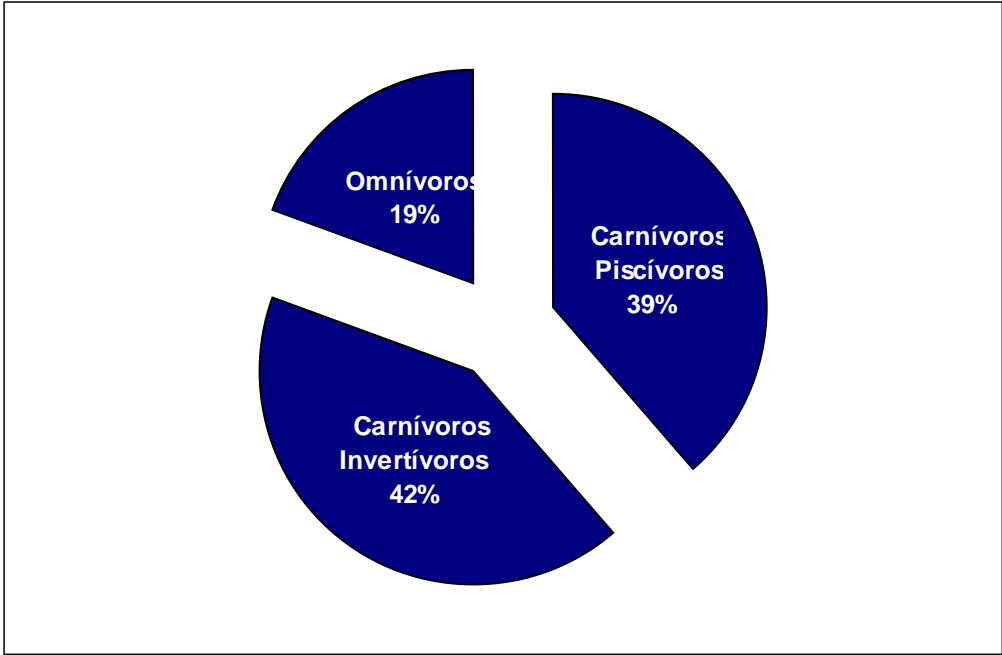


Figura 25. Nivel trófico observado en Bosque de Piñones.

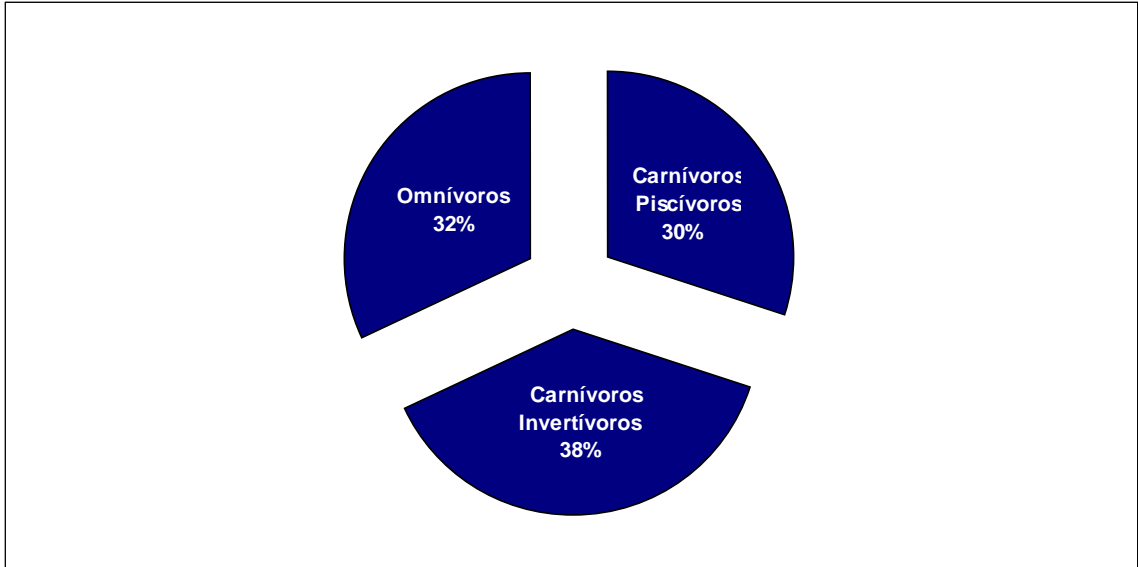


Figura 26. Nivel trófico observado en el EBSJ.

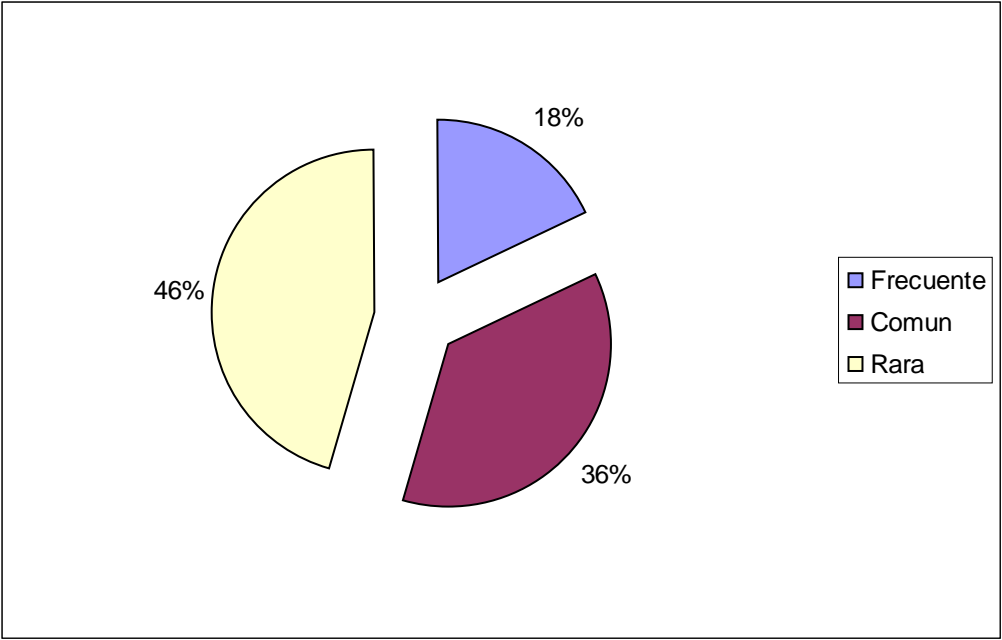


Figura 27. Por ciento de frecuencia (frecuente, común, y rara) de las especies detectadas en las Cucharillas.

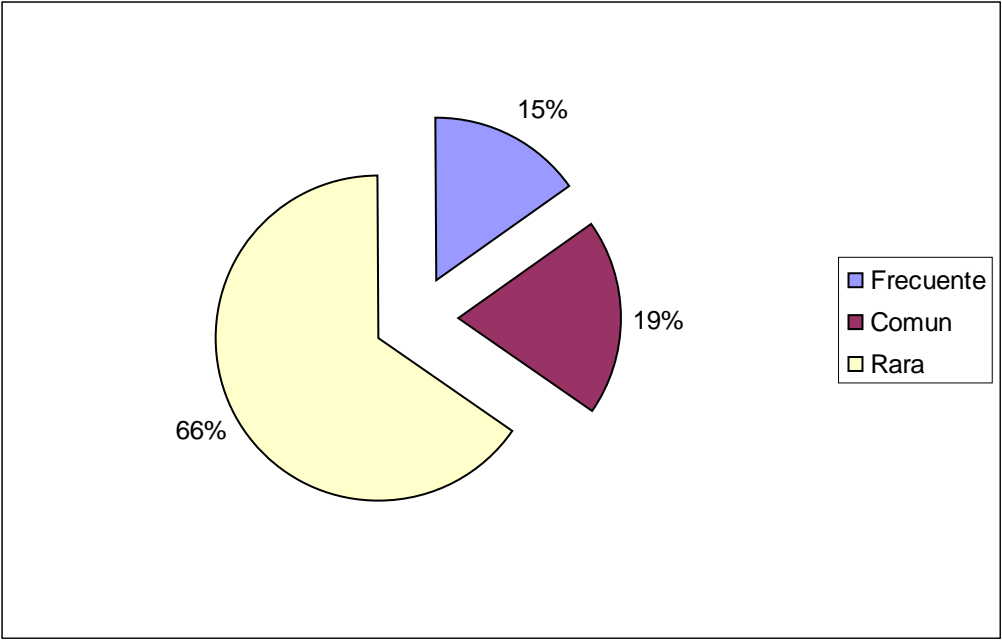


Figura 28. Por ciento de frecuencia (frecuente, común, y rara) de las especies detectadas en Esperanza.

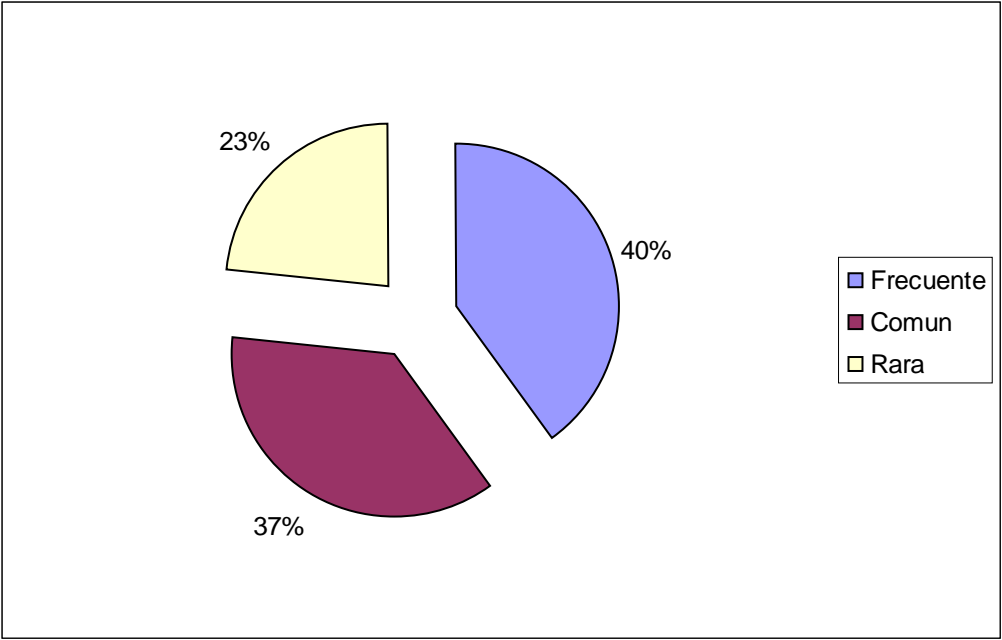


Figura 29. Por ciento de frecuencia (frecuente, común, y rara) de las especies detectadas en Caño Martín Peña.

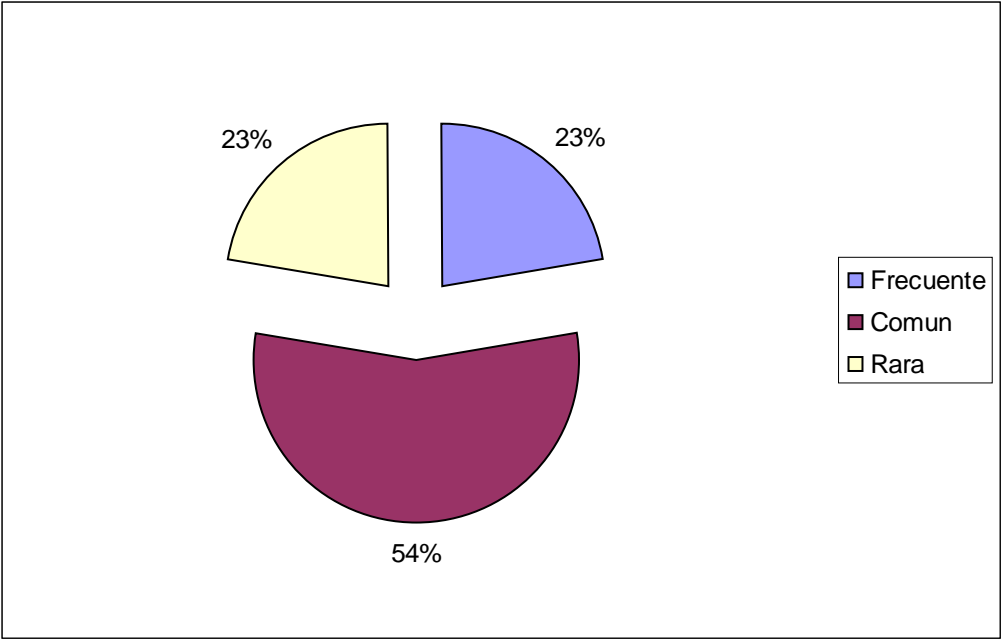


Figura 30. Por ciento de frecuencia (frecuente, común, y rara) de las especies detectadas en Bosque de Piñones.

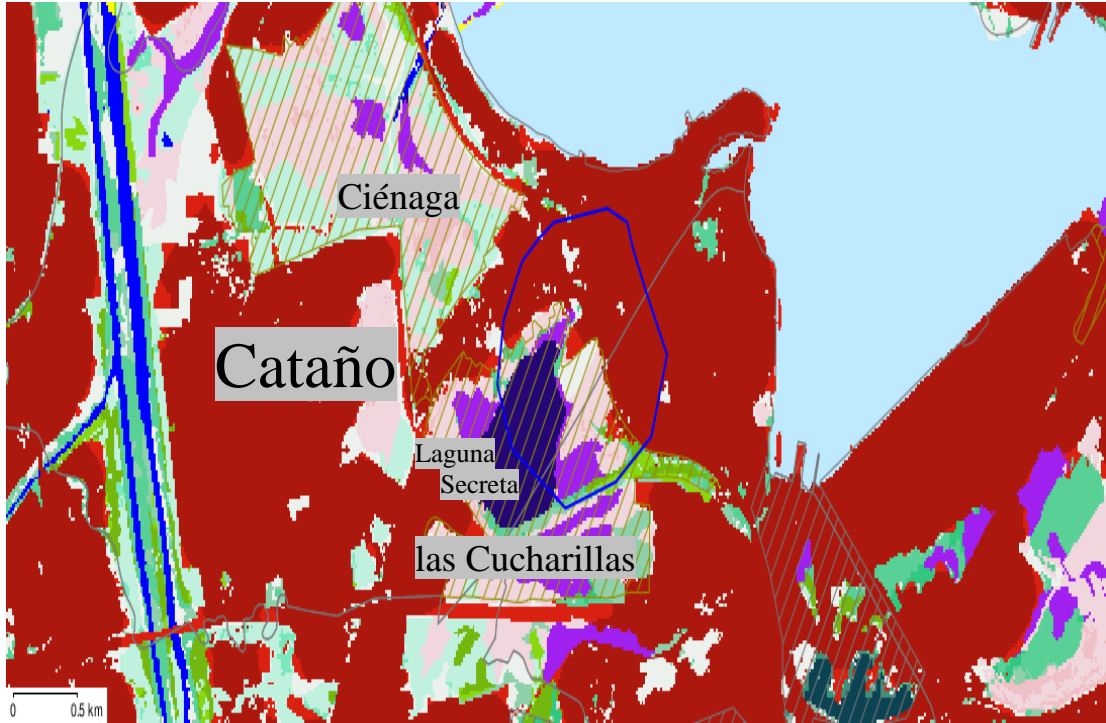


Figura 31. Mapa de análisis de GAP de cobertura terrestre de Cucharillas.

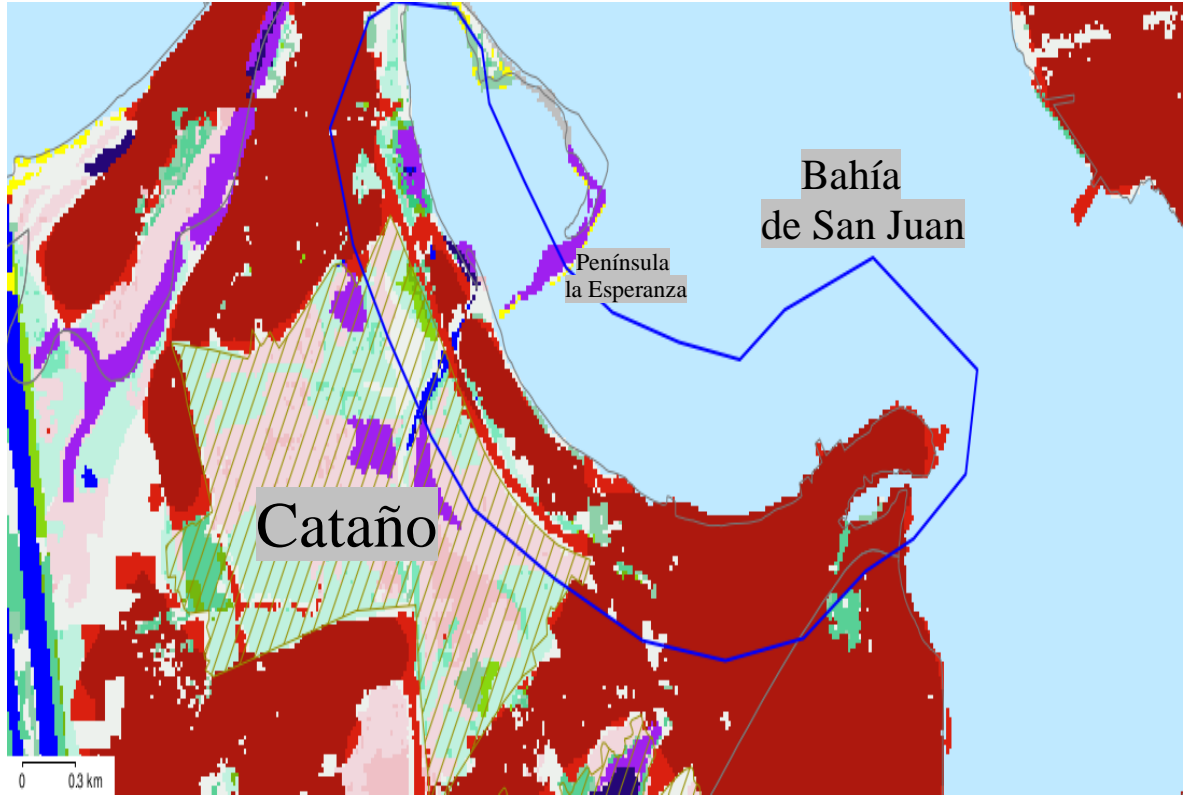


Figura 32. Mapa de análisis de GAP de cobertura terrestre de Esperanza.

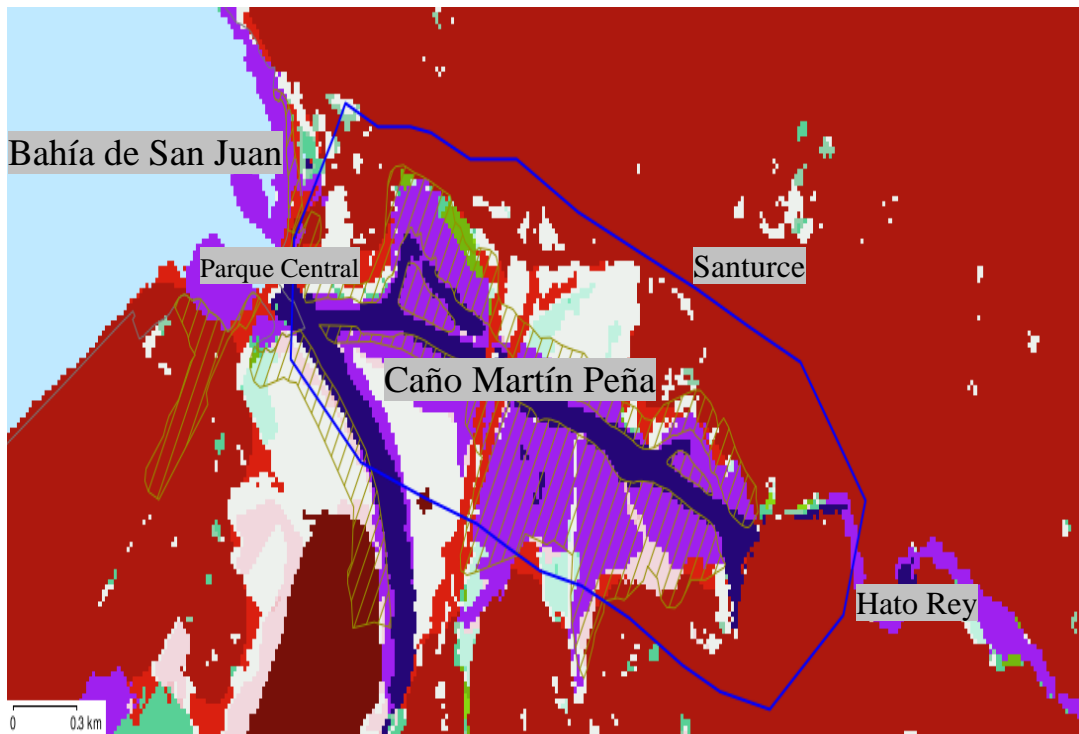


Figura 33. Mapa de análisis de GAP de cobertura terrestre de Caño Martín Peña.

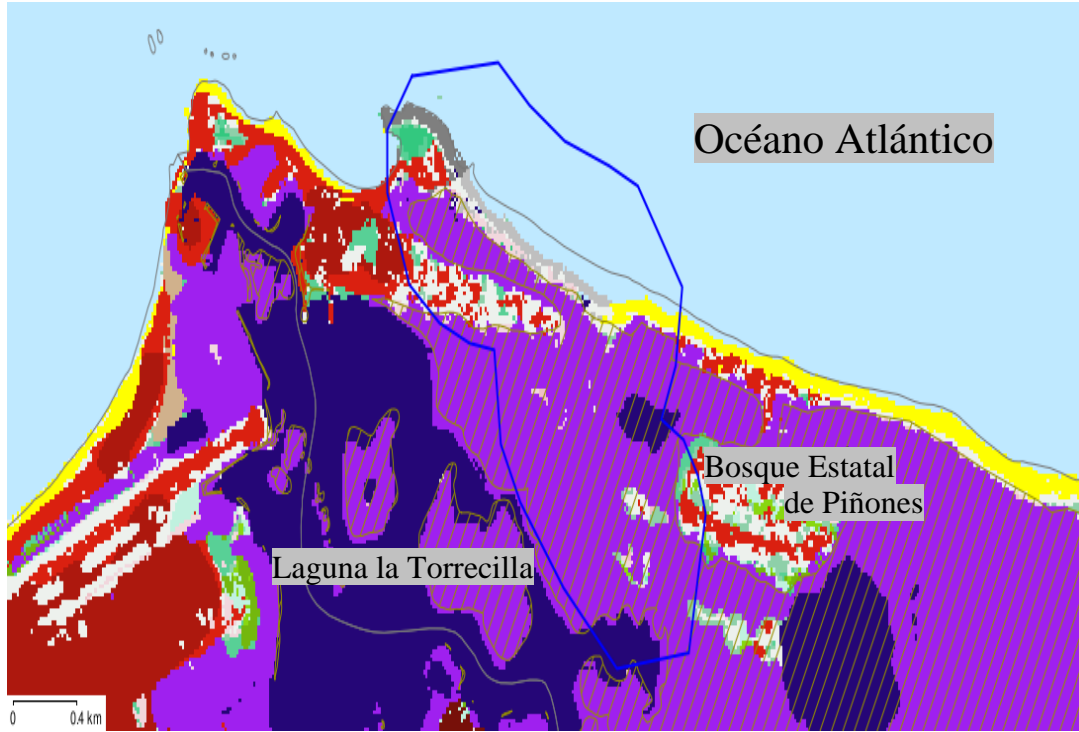


Figura 34. Mapa de análisis de GAP de cobertura terrestre de Bosque de Piñones.

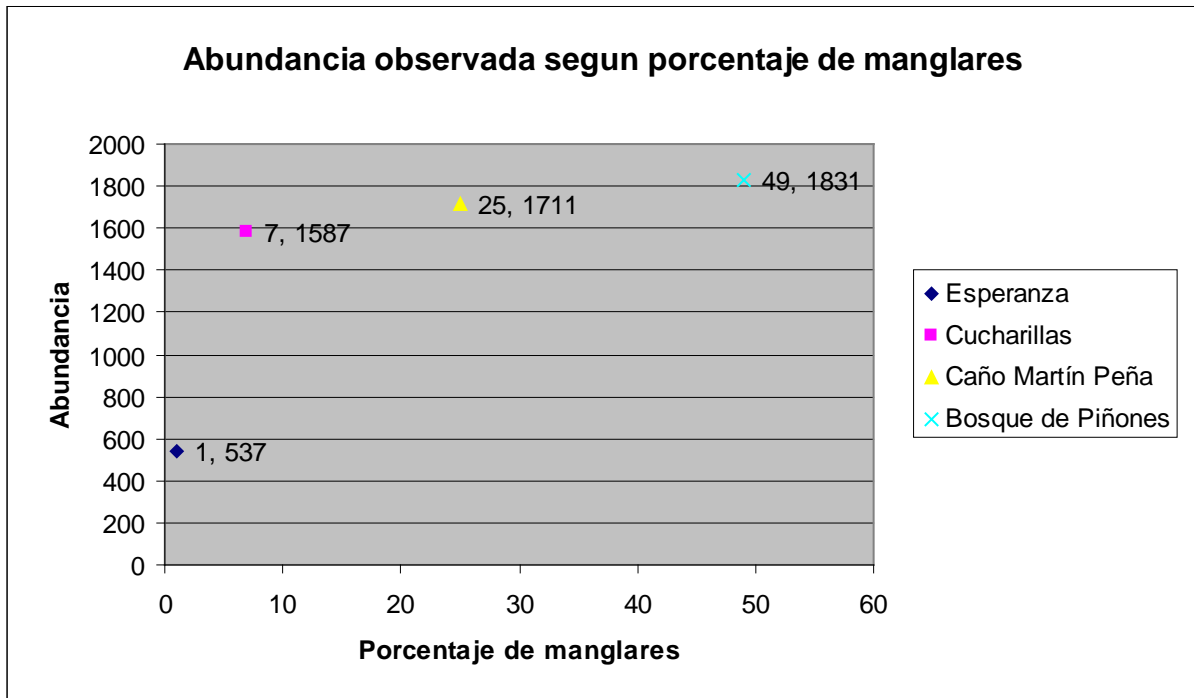


Figura 35. Abundancia observada según por ciento de Manglares por área.

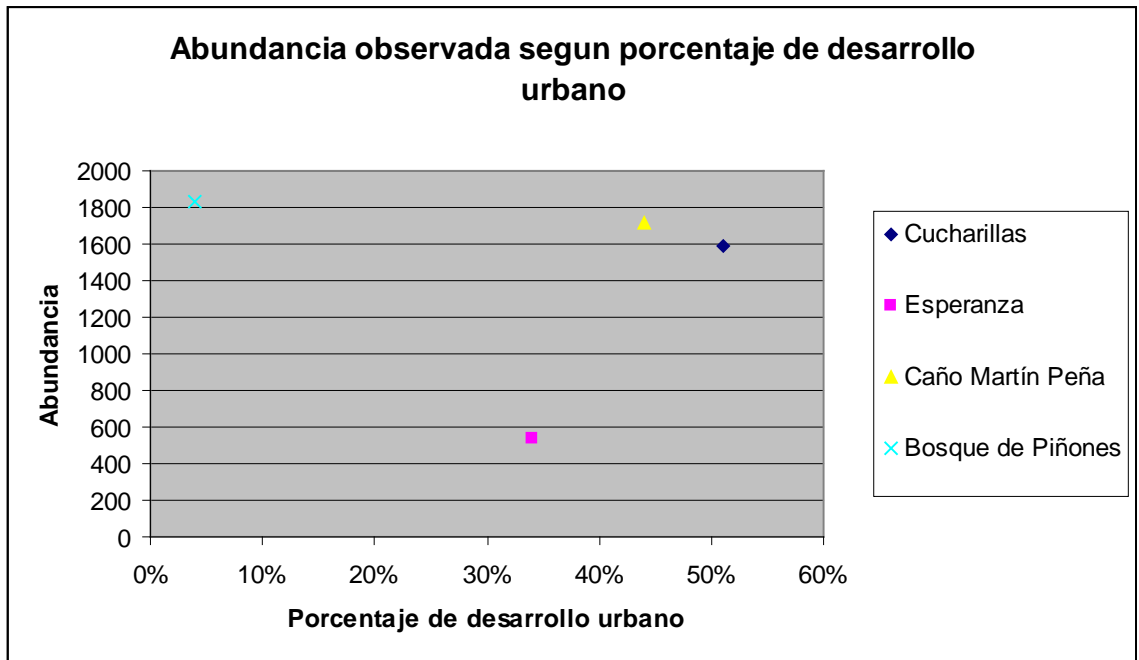


Figura 36. Abundancia observada según por ciento de desarrollo urbano por área.

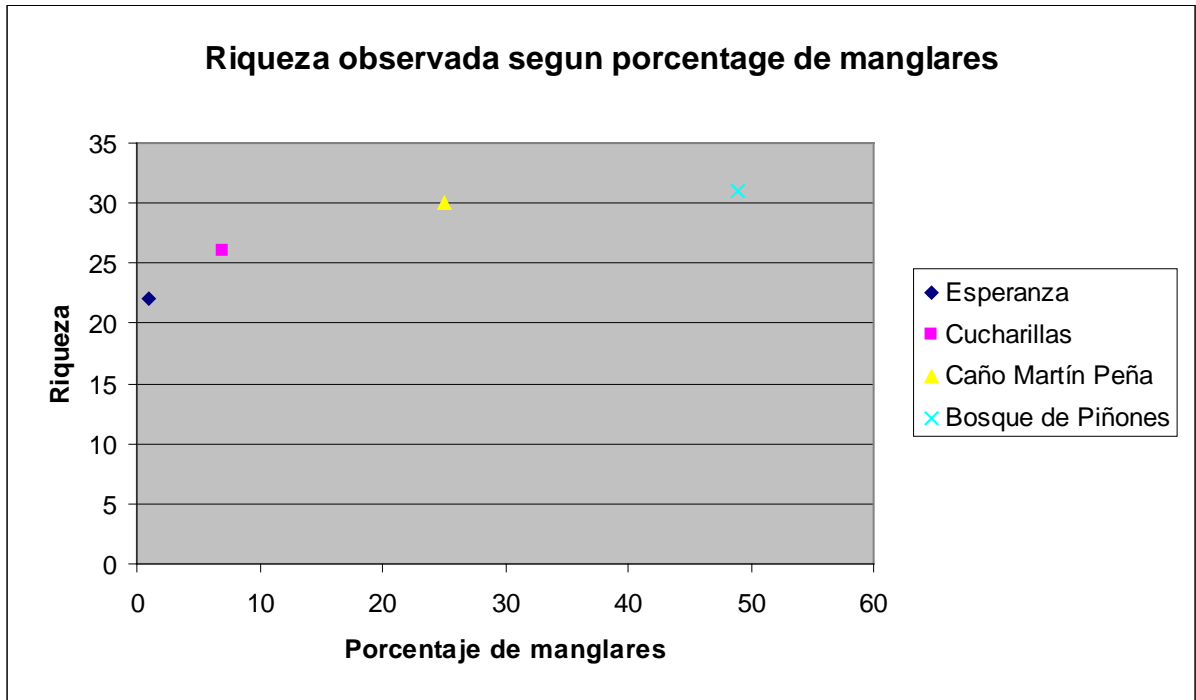


Figura 37. Riqueza de especies observada según el por ciento de bosques de manglares.

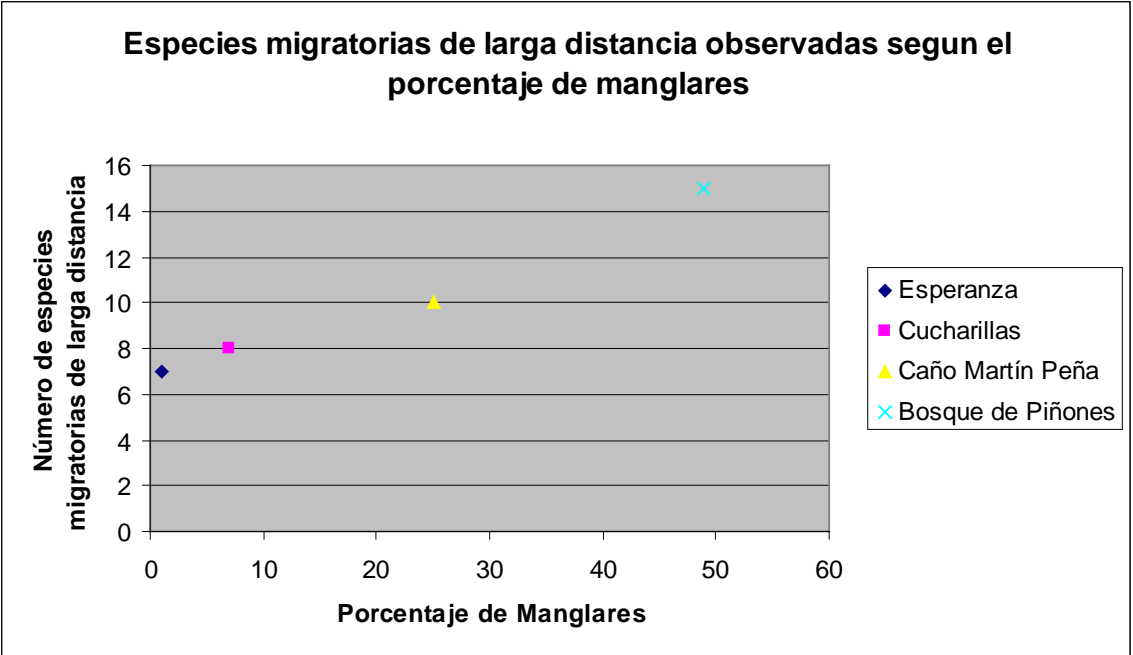


Figura 38. Número de especies migratorias observadas según el por ciento de manglares.

