

Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma De México
Unidad Académica Mazatlán



**USO DE HÁBITAT Y COMPORTAMIENTO ALIMENTICIO DE TRES
ESPECIES DE AVES PLAYERAS EN EL ESTERO DE URÍAS,
SINALOA, MÉXICO, DURANTE UNA TEMPORADA
NO-REPRODUCTIVA**

T E S I S

que para obtener el grado académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

P r e s e n t a

LUIS FERNANDO SAUMA CASTILLO

Director de tesis: Dr. Guillermo J. Fernández Aceves

**Comité Tutorial: Dr. Michel E. Hendrickx Reners
Dr. Eric Mellink
Dra. Ma. Del Coro Arizmendi Arriaga
Dr. Eduardo Palacios Castro**

Mazatlán, Sinaloa; Enero 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Declaración del autor

El presente trabajo de tesis es el resultado del autor bajo la dirección y supervisión del Dr. Guillermo J. Fernández Aceves. Así mismo, el autor ha dado reconocimiento en el texto a las fuentes de información consultadas.

Se permiten y agradecen citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para la reproducción total o parcial de la tesis con fines académicos se da consentimiento al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de la U.N.A.M. La divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos correspondientes previa aprobación escrita del manuscrito en cuestión, del director de tesis.

Biol. Mar. LUIS FERNANDO SAUMA CASTILLO

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgarme la beca para realizar mis estudios de maestría.

Al Doctor Guillermo Juan Fernández Aceves, director de ésta tesis, por estar ahí en las buenas y en las malas para lograr terminar éste trabajo.

A mi comité tutorial y jurado de examen, Dr. Michel E. Hendrickx Reners, Dr. Eric Mellink, Dra. Ma. Del Coro Arizmendi Arriaga y al Dr. Eduardo Palacios Castro, por sus revisiones y recomendaciones que ayudaron a enriquecer este trabajo.

A los doctores Juan Madrid y Hugo Aguirre, al igual que a Germán Ramírez por su orientación en los análisis estadísticos.

A Catherine Soler, Daniel Moreno, Eva Visauta, Agustina Ferrando y Elvio Monteros por su ayuda con el trabajo de campo.

Al Dr. Guillermo Fernández, Neptalí, Eric y Adriana por los aventones al campo.

A Margarita Cordero por siempre estar dispuesta a ayudar a resolver todos los engorrosos trámites que el Posgrado demanda.

A Carlos Suárez y Germán Ramírez por solucionar todos aquellos problemas que a computadoras se refieren y en la edición final de este trabajo.

A Clarita por su gran ayuda en la búsqueda de literatura.

Al Dr. Felipe Amezcua por facilitarme las instalaciones de su laboratorio para revisar las muestras de bentos.

A las Dras. Nuria Méndez y María Ana Tovar por su ayuda en los problemas de “gusanos”, especialmente en la identificada.

A los Drs. Eduardo Ríos y José Salgado por su ayuda para identificar las almejas y crustáceos de las muestras del bentos.

A mis padres, hermanos, cuñadas, sobrinos (as), tíos (as), primos (as) y todos aquellos agregados culturales por permitirme ser parte de su vida así como lo son de la mía.

A Catherine y Miguel Ángel por estar siempre conmigo y apoyarme incondicionalmente.

Y, a todas aquellas personas que han estado conmigo y colaborado, de una u otra forma, a que se culmine ésta etapa de mi vida: Eva, Elenice, Nuria, Rosalina, Adriana, Sofía, Agustina, Elvio, Miriam, Abril, María Ana, Dilian, Zaira, Neptali, Daniel, Beto, Luci, Fernando, Mike, Pablo, María Fernanda, Leslie, Camilo, Eric, Leo, Luci, Pepe, Leonor, Carlos, Samuel, Alejandra y Benjamín.

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a:

Mi esposa Lilia Catherine Soler Jiménez y a mi hijo Miguel Ángel Sauma Soler por todo su amor, cariño y comprensión con lo que me han ayudado a sentirme capaz de lograr lo que quiera.

Mis padres Beatriz Castillo Peraza y Juan Sauma Novelo por creer en mí, guiarme y apoyarme siempre para ser una persona de bien.

Mis hermanos Juan, Julio, Javier y Beatriz, cuñadas Tete e Itzel, y sobrinas (o) Fernanda, Andrea, Juan Carlos y Jimena por estar siempre para apoyarme.

Tabla de Contenido

Índice de tablas.....	ii
Índice de figuras	iv
1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	3
2.1. Características de las especies.....	3
2.2. Factores que afectan el uso del hábitat.....	5
3. Justificación	9
4. Hipótesis	11
5. Objetivo.....	11
5.1. Metas	11
6. Área de estudio.....	13
7. Material y método	14
7.1. Censos.....	14
7.2. Observaciones de conducta.....	17
7.3 Tipo y disponibilidad de alimento	20
8. Análisis de datos.....	22
8.1. Densidad, distribución y uso de hábitat.....	22
8.2. Comportamiento durante la alimentación.....	23
8.2.1. Métodos de alimentación.....	23
8.2.2. Microhábitat	23
8.2.3. Tasas, éxito de captura y manipulación.....	23
8.2.4. Longitud del pico.....	24
9. Resultados.....	26
9.1. Densidad, distribución y uso de hábitat.....	26
9.2 Comportamiento durante la alimentación.....	31
9.2.1 Métodos de alimentación.....	33
9.2.2. Microhábitat	37
9.2.3 Tasas, éxito de captura y manipulación.....	40
9.2.4. Longitud del pico.....	45
9.3. Dieta.....	47
9.3.1. Disponibilidad de alimento.....	47
9.3.2. Selección de presas	51
10. Discusión	54
10.1. Densidad, distribución y uso de hábitat.....	54
10.2. Comportamiento durante la alimentación.....	57
10.3. Dieta.....	63
11. Conclusiones	67
12. Sugerencias para trabajos futuros	69
13. Literatura citada.....	70
14. Anexos.....	81

Índice de Tablas

Tabla I. Número de censos realizados en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva 2007-2008.....	16
Tabla II. Número de individuos observados por especie, zona, nivel y tipo de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva 2007-2008.....	18
Tabla III. Influencia del aumento de la proporción de lodo expuesto y de la profundidad del agua sobre el comportamiento durante la alimentación de <i>Numenius phaeopus</i> , <i>N. americanus</i> y <i>Limosa fedoa</i> . Los signos muestran si hay un aumento (+), una disminución (-) o si se mantiene igual (=). Los signos en rojo muestran los resultados significativos.....	38
Tabla IV. Influencia del aumento de la longitud del pico sobre el comportamiento durante la alimentación de <i>Numenius phaeopus</i> , <i>N. americanus</i> y <i>Limosa fedoa</i> . Los signos muestran si hay un aumento (+), una disminución (-) o si se mantiene igual (=). Los signos en rojo muestran los resultados significativos.....	45
Tabla V: Porcentaje medio de individuos bentónicos (media \pm error estándar) encontrados en los cuatro núcleos tomados para cada zona separándolos en tres profundidades (0 a 10cm = 10, 10 a 20cm = 20 y 20 a 30cm = 30) en el estero de Urías, Sinaloa, México en marzo del 2008.....	49

Tabla VI. Densidad media (media \pm error estándar) de cangrejos del género *Uca* (individuos/m²) de los cinco cuadrantes de 1m² que se realizaron para cada zona y nivel de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva 2007-2008..... 51

Tabla VII: Porcentaje de presas identificadas consumidas por *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* durante las observaciones de conducta en el estero de Urías, Sinaloa México, durante una temporada no-reproductiva..... 52

Índice de Figuras

- Figura 1.** Estero de Urías en el estado de Sinaloa. El círculo enmarca el área de estudio..... 14
- Figura 2.** Localización del área de estudio en la porción norte del estero de Urías se localiza el área de estudio. I-VI, zonas en las que fue dividida..... 17
- Figura 3.** Densidad (media ponderada \pm ES) de *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* por zona y nivel de marea, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 28
- Figura 4.** Densidad (media ponderada \pm ES) de *Tringa semipalmata* para las seis zonas en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 29
- Figura 5.** Proporción (media ponderada \pm ES) de individuos de *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* alimentándose para la interacción especie-tipo de marea, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 31
- Figura 6.** Proporción (media ponderada \pm ES) de individuos alimentándose de *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* para las seis zonas en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 32

Figura 7. Proporción (media ponderada \pm ES) de intentos superficiales de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en relación con la interacción especie-zona, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 34

Figura 8. Proporción (media ponderada \pm ES) de intentos superficiales de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en relación con la interacción especie-tipo de marea, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 35

Figura 9. Proporción (media ponderada \pm ES) de intentos superficiales de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en relación con la interacción tipo de marea-nivel de marea, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 36

Figura 10. Proporción de lodo expuesto y profundidad (media ponderada \pm ES) en el microhábitat utilizado por *Numenius americanus* en relación con el nivel de marea y tipo de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 39

Figura 11. Tasa de búsqueda (media ponderada \pm ES) de *Limosa fedoa* en relación con las zonas y el nivel de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 41

Figura 12. Tasa de desplazamiento (media ponderada \pm ES) de *Limosa fedoa* y *Numenius americanus* en relación con las zonas y el nivel de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 42

Figura 13. Tasa de consumo y éxito de captura (media ponderada \pm ES) de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en función del nivel de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.... 44

Figura 14. Índice de longitud de pico (media ponderada \pm ES) de *Numenius phaeopus* en función de la zona y el nivel de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva..... 46

Figura 15. Distribución de los anélidos por intervalos de tallas en el área de estudio en cuanto a nivel de marea (300 y 800), zona (I, II y III) y profundidad, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva 2007-2008..... 50

Resumen

Se estudió el uso de hábitat y el comportamiento alimenticio de *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en el estero de Urías, Sinaloa, México entre septiembre 2007 y abril 2008. El área de estudio es un canal de inundación y fue dividida en seis zonas considerando su ubicación con respecto al estero. El trabajo de campo se realizó en dos tipos de marea (ascendente y descendente) y dos niveles de marea (baja <300 mm y alta 300–800 mm). Se realizaron censos para determinar la distribución y la densidad de las cuatro especies. *T. semipalmata* y *L. fedoa* fueron las especies más abundantes, especialmente en las zonas cercanas a la boca del canal durante marea baja. Las cuatro especies utilizaron el canal como sitio de alimentación. *T. semipalmata* presentó mayores proporciones de individuos alimentándose durante mareas descendentes y *L. fedoa* durante mareas ascendentes. La densidad, abundancia y la el uso de hábitat estuvieron en función de la especie y la marea. El comportamiento durante la alimentación de *N. phaeopus*, *N. americanus* y *L. fedoa* fue caracterizado por el método y las tasas de alimentación, desplazamiento y captura, así como por la proporción de picotazos exitosos. Las tres especies utilizaron una mayor proporción de intentos superficiales. *L. fedoa* presentó mayores tasas de búsqueda, desplazamiento y consumo que *N. phaeopus* y *N. americanus* en marea alta. *N. phaeopus* se alimentó en sustrato expuesto y *N. americanus* en sustratos recientemente expuesto o inundado. Ambas especies de *Numenius* se comportaron como especies “no-seguidoras” y *L. fedoa* se alimentó asociada a la línea de marea como una típica especie “seguidora”. Las tres especies utilizaron diferentes microhábitats durante la alimentación y su comportamiento fue afectado principalmente por la marea. De las presas consumidas por las especies se pudo identificar 53.5% para *N. phaeopus*, 59.8% para *N. americanus* y el 2.1% para *L. fedoa*. En relación a las presas identificadas, la dieta de *N. phaeopus* se compuso por un 99% de cangrejos del género *Uca* sin presentar variaciones en cuanto a zona, marea y estación; *N. americanus* consumió un 79.1% de cangrejos y un 20.9% de almejas presentando un mayor consumo de cangrejos en el otoño que el invierno y *L. fedoa* consumió un 88.3% de anélidos presentando un mayor consumo en mareas bajas y el otoño. El consumo de presas estuvo en función de la especie y la disponibilidad de las mismas. Se confirmó que los cambios en el comportamiento durante la alimentación de las tres especies se encuentran relacionados a los ciclos de marea. Lo anterior implica que para mantener los humedales costeros que son utilizados por las aves playeras durante la alimentación se deben incluir zonas lodosas con áreas disponibles a diferentes niveles de marea para las diferentes especies de aves playeras.

Abstract

I studied the abundance, habitat use and foraging behavior of nonbreeding *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus*, and *Limosa fedoa* in the Estero de Urias, Sinaloa, Mexico, from September 2007 to April 2008. The study area was a tidal channel that was divided in six zones based on its location within the channel. Fieldwork were conducted at two tide levels (low <300 and high 300–800mm) during ebbing and flooding tides. Shorebird surveys were carried out to determine distribution and bird density. *T. semipalmata* and *L. fedoa* were the most abundant species, especially near the mouth of the channel during low tides. All four species used the study area primarily for foraging. Most individuals of *T. semipalmata* were foraging during ebbing tides and most *L. fedoa* were foraging in flooding tides. The bird density, distribution and habitat use were related to the species and tidal cycle. The foraging behavior of *N. phaeopus*, *N. americanus* and *L. fedoa* was described using the foraging method and foraging, walking and intake rates, as well as the proportion of successful foraging attempts. *L. fedoa* had higher foraging, walking and intake rates than *N. phaeopus* and *N. americanus* during flooding tides. *N. phaeopus* foraged on recently exposed substrate, while *N. americanus* foraged on just exposed or flooded substrate. Both *Numenius* species behave as “non-followers”, while *L. fedoa* behave as “tide follower”. All three species used different habitat type during foraging and the behavior was affected primarily by the tide level. Of the prey consumed by shorebird species, 53.3% were identified for *N. phaeopus*, 59.8% for *N. americanus*, and only 2.1% for *L. fedoa*. The diet of *N. phaeopus* was composed by 99% of *Uca* crabs, without spatial, seasonal or tidal differences; *N. americanus* preyed crabs (79.1%) and clams (20.9%), with crabs being more consumed during the fall than the winter season; and *L. fedoa* preyed upon polichaetes, especially during ebbing tides and the fall season. The prey type was a function of the shorebird species and prey availability. This study confirmed that changes in foraging behavior of all three species are related to the tidal level. These findings imply that maintaining the overall value of the estuaries for foraging shorebirds requires extensive mudflats with areas available for species at different tidal stages.

1. Introducción

Dentro de las aves migratorias, uno de los grupos más importantes por el número de individuos que presenta es el de las aves playeras (Paulson 1993). Las aves playeras se encuentran dentro del orden Charadriiformes y comparten entre sí características morfológicas y de comportamiento (Burger 1984, Myers *et al.* 1987). En el Neártico, la mayoría de las aves playeras migran distancias grandes entre sus zonas de reproducción en el Ártico y Subártico, y sus zonas de invernación en regiones templadas y tropicales, en Centro y Sur América (Skagen y Knopf 1993, Kober y Bairlein 2006). El ciclo anual de las aves playeras se puede dividir en dos etapas principales: la temporada reproductiva y la no-reproductiva. Ésta última comprende la migración al sur, la invernación y la migración al norte, y puede representar dos terceras partes del año (Clark *et al.* 1993). Durante la migración y la época de invernada, las aves playeras utilizan diferentes tipos de hábitats, como pastizales, sustratos lodosos y zonas con aguas someras, para alimentarse y descansar (Skagen y Knopf 1993, Iverson *et al.* 1996, Tripp y Collazo 1997).

Los animales que utilizan tipos de hábitat y presas similares pueden competir entre ellos por los recursos alimenticios disponibles. La competencia puede ser de manera directa por interferencia cuando las actividades de los individuos de otra o la misma especie impiden el acceso a los recursos a otros individuos (Maurer 1984), ó por exclusión cuando individuos agresivos de la

misma u otra especie los ahuyentan del sitio (Brown 1964), al igual que se puede presentar una competencia de forma indirecta cuando diferentes especies se alimentan de un mismo tipo de presa pero en momentos diferentes (Maurer 1984). Las aves playeras no son la excepción a este principio competencia, ya que se alimentan de organismos bentónicos, como poliquetos y crustáceos, que se encuentran principalmente en sustratos arenosos y lodosos (Velásquez y Navarro 1993). Los individuos deciden dónde alimentarse no solo en función de las densidades del alimento disponible, sino también en función de las densidades de los organismos con los que comparten los recursos alimenticios (Both *et al.* 2003). Debido a esta interacción entre consumidores, el éxito alimenticio disminuye, lo que puede afectar tanto la supervivencia como la reproducción de estos organismos (Vahl *et al.* 2005). Por lo tanto, la competencia intra o interespecífica por el alimento o el sitio de alimentación, puede ser un factor importante en la dinámica de las poblaciones de aves playeras (Vahl *et al.* 2005). Aunque en algunos de estos estudios se ha observado que los individuos de una población pueden utilizar estrategias múltiples de alimentación para capturar presas diferentes o utilizar técnicas de alimentación diferentes y así incrementar el éxito durante la alimentación y disminuir la competencia por el recurso (Durell 2000, Leeman *et al.* 2001).

2. Antecedentes

2.1. Características de las especies

Las especies de interés para este estudio son *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa*, las cuales pertenecen a la familia Scolopacidae (A.O.U. 1998). Para una parte del trabajo se consideró también a *Tringa semipalmata*, debido a que es una de las especies más abundantes de la zona. Las cuatro especies se reproducen en Norteamérica y durante el invierno se distribuyen principalmente por las costas del Pacífico desde Columbia Británica, Canadá hasta Chile (Skeel y Mallory 1996, Gratto-Trevor 2000, Lowther *et al.* 2001, Dugger y Dugger 2002, Anexos 1-4). La excepción es la subespecie *Numenius phaeopus hudsonicus* que llega a invernar en Europa, Asia y África (Skeel y Mallory 1996). Las distancias que recorren durante los vuelos migratorios varían entre especies. *N. phaeopus* es considerado migrante de largas distancias, *N. americanus* migrante de cortas distancias, *L. fedoa* migrante de cortas-largas distancias y *T. semipalmata* migrante de cortas, medias y largas distancias (Skagen 1997).

Tringa semipalmata tiene dos subespecies reconocidas en el continente Americano, *T. s. inornatus* en el oeste y *T. s. semipalmatus* en el este (Lowther *et al.* 2001). La información a continuación hace referencia a la subespecie del oeste. Mide aproximadamente 37 cm de largo (punta del pico a la punta de la cola) y presenta un pico mediano recto (Lowther *et al.* 2001). La especie presenta

dimorfismo sexual siendo las hembras más grandes (13% más pesadas) y con picos 8% más largos que los machos (Lowther *et al.* 2001). Durante la temporada no-reproductiva, *T. semipalmata* se alimenta en playas arenosas, playas rocosas y planicies de inundación (Lowther *et al.* 2001). La especie puede localizar sus presas de forma visual o táctil. Cuando se alimenta de manera visual, el individuo detecta a la presa desde la distancia y corre para capturarla. Durante la alimentación táctil, el individuo introduce el pico en el sustrato y captura a la presa al sentirla. Las presas más comunes en su dieta son pequeños moluscos, crustáceos, poliquetos y ocasionalmente peces (Lowther *et al.* 2001).

Numenius phaeopus mide aproximadamente 45 cm de largo, tiene un pico mediano y decurvado (Skeel y Mallory 1996). En esta especie, las hembras son más grandes (20% más pesadas) y con picos 9% más largos que los machos (Skeel y Mallory 1996). Durante la temporada no-reproductiva, *N. phaeopus* se alimenta en zonas pantanosas, playas arenosas, playas rocosas y planicies de inundación (Skeel y Mallory 1996). Esta especie puede buscar presas de forma visual o táctil, alimentándose principalmente de cangrejos, crustáceos, poliquetos, moluscos y hasta peces (Skeel y Mallory 1996).

Numenius americanus es la especie de ave playera más grande de Norte América. Mide aproximadamente 58 cm de largo y tiene un pico largo y decurvado. Las hembras son más grandes (15% más pesadas) y con picos 22% más largos que los machos (Dugger y Dugger 2002). Al igual que las otras especies, *N. americanus* busca su alimento de manera táctil y visual en la superficie. Su dieta

esta compuesta principalmente por pequeños moluscos, crustáceos, poliquetos, insectos y hasta peces (Dugger y Dugger 2002).

Limosa fedoa mide aproximadamente 46 cm de largo, tiene un pico bicolor, naranja en la base y negro hacia la punta, largo y ligeramente recurvado (Gratto-Trevor 2000). Las hembras son más grandes (19% más pesadas) y con picos 17.5% más largos que los machos (Gratto-Trevor 2000). *L. fedoa* se alimenta en planicies de marea y playas arenosas de manera táctil, aunque puede capturar presas en la superficie del agua o sustrato. Su dieta esta compuesta principalmente por poliquetos, pequeños moluscos, cangrejos y pequeños peces (Gratto-Trevor 2000).

2.2. Factores que afectan el uso del hábitat

Durante la temporada no-reproductiva, la distribución y la abundancia de las aves playeras en los sitios costeros pueden ser afectadas por diferentes factores abióticos, siendo el nivel de marea uno de los más importantes (Nehls y Tiedemann 1993). Los ciclos de marea influyen de manera directa e indirecta a las aves playeras. De forma directa, las áreas de alimentación quedan descubiertas en marea baja, mientras que en marea alta las áreas pueden estar inundadas por completo dejando a las aves playeras sin acceso al alimento (Nehls y Tiedemann 1993, Colwell y Mathis 2001, Zharikov y Skilleter 2002, Maimone-Celorio y Mellink 2003, Granadeiro *et al.* 2006). Durante la marea alta, las aves playeras pueden descansar o buscar sitios alternos en los que puedan seguir alimentándose (Nehls

y Tiedemann 1993, Granadeiro *et al.* 2006). De forma indirecta, la marea causa cambios espaciales y temporales en los organismos bentónicos de los que se alimentan las aves playeras, determinando así la disponibilidad del alimento (Granadeiro *et al.* 2006). De igual forma, los ciclos de marea causan cambios en la penetrabilidad del sustrato. En general, los sustratos al estar expuestos por mucho tiempo se desecan, provocando que sea más difícil la inserción del pico, aumentando el riesgo de daño del mismo, y afectando la disponibilidad de presas para las aves playeras (Finn *et al.* 2007).

Las aves playeras presentan diferentes patrones de distribución durante su alimentación. Algunas especies utilizan las zonas de alimentación sin importar si se encuentran expuestas o cubiertas durante el movimiento de la marea, mientras que otras especie llegan a las zonas solo cuando se encuentran expuestas (Granadeiro *et al.* 2006). Con base a esta preferencia podemos agrupar a las especies como “seguidoras”, a todas aquellas especies que se alimentan asociadas a la línea de marea sin importar si la marea sube o baja y que generalmente se alimentan en parvada (por ejemplo *Limosa limosa*, *Calidris alpina* y *Recurvirostra avoceta*), “no-seguidoras” aquellas que esperan a que el sustrato de las zonas de alimentación quede totalmente expuesto y que tienden a dispersarse durante la alimentación (por ejemplo *Pluvialis squatarola* y *Tringa totanus*), o aquellas especies que se alimentan sin importar si el sustrato esta expuesto o no (*Limosa lapponica*) (Granadeiro *et al.* 2006). Las especies “seguidoras” presentan sus mayores densidades y proporciones de individuos

alimentándose cuando la línea de marea esta en movimiento, mientras que para las especies “no-seguidoras” tienen las mayores densidades y proporciones de individuos alimentándose cuando el sustrato está expuesto en marea baja (Granadeiro *et al.* 2006).

Las aves playeras exhiben dos tipos principales de alimentación, “visual” y “táctil” (Barbosa y Moreno 1999). El método “visual” lo podemos subdividir en: “detener-avanzar” que es utilizado por algunas especies como *Charadrius alexandrinus* que se alimentan en zonas expuestas alternando pausas con carreras cortas para atrapar presas en la superficie del lodo y, el método “visual continuo” que es el utilizado por especies como *Tringa nebularia*, que corren hacia donde se localiza la presa en la superficie, pero sin intercalar pausas con carreras cortas, estas especies no presentan preferencia por un tipo de zona para alimentarse. El método “táctil” o “táctil continuo” es utilizado por especies como *Calidris* spp. que se alimentan en el borde del agua o zonas recién expuestas, introduciendo el pico en el sustrato mientras caminan lentamente atrapando presas al sentirlas. (Barbosa y Moreno 1999).

La profundidad del agua y el tipo de sustrato presente también influyen en la distribución y uso del hábitat por las aves playeras. En el río Queule, en Chile, Velázquez y Navarro (1993) encontraron que *N. phaeopus* se alimentaba de una especie de poliqueto que se encuentra por debajo de los primeros tres centímetros del sedimento. En dicho trabajo *N. phaeopus* presenta una alimentación más exitosa en áreas con sedimento arenoso que con sedimento fangoso, al igual que

presenta una mayor tasa de éxito alimenticio cuando el sustrato presenta agua poco profunda mientras que en arena seca no se alimentaron. Esto último debido a que los poliquetos no son detectados o que no están al alcance de las aves debido a que se entierran a mayor profundidad, o que el sedimento seco presenta una mayor resistencia a ser penetrado.

Otros factores que juegan un papel importante en la distribución y el uso de hábitat de las aves playeras son el sexo, ya que las hembras de playeros son más grandes y con picos más largos que los machos, y la edad de los individuos, debido a que los individuos más viejos presentan una mayor “experiencia” (Durell 2000). Puede existir una especialización por tipos de presa o forma de alimentarse, originada por habilidades o morfologías intrínsecas de los individuos. La longitud del pico determina la profundidad a la cual las aves pueden capturar sus presas, así como el tamaño de las presas que pueden ingerir (Velásquez y Navarro 1993). Por ejemplo, las hembras de *Limosa lapponica* tienen picos más largos y se alimentan en zonas con aguas más profundas y capturan presas más grandes que los machos (Durell 2000). En *Numenius arquata*, las hembras con picos más largos se alimentan principalmente de almejas y los machos con picos más cortos se alimentan de gusanos (Durell 2000).

De igual forma la edad puede influir en la distribución espacial de las aves durante la temporada no-reproductiva. Los adultos generalmente son dominantes y tienen más experiencia en encontrar las zonas con mayor cantidad y mejor calidad de alimento así como evitar sitios donde exista un mayor riesgo a ser

depredados aunque este presente mayor calidad o cantidad de alimento, mientras que los jóvenes, al ser un poco más pequeños y tener menos experiencia, eligen los sitios donde el alimento es más accesible, pequeño y fácil de manipular aunque esto implique que sea menos abundante y de menor calidad o que exista la posibilidad de ser depredado (Cresswell y Whitfield 1994, Durell 2000, Ydenberg *et al.* 2002). Podemos encontrar también, dentro de un mismo sexo o grupo de edad, individuos que se alimentan en un microhábitat en particular o que se especializan en un método de alimentación o en un tipo de presa en particular (Durell 2000).

La conducta antidepredatoria también influye en la distribución y en el uso de hábitat de las aves playeras. De forma general, los individuos adultos tienden a evitar zonas con mayor riesgo, incluyendo aquellas en las que se puede presentar una mayor cantidad y una mejor calidad de alimento (Lima y Dill 1990, Cresswell y Whitfield 1994, Warnock *et al.* 1997). De igual forma, individuos más grandes y pesados (hembras), que son menos ágiles para escapar de los depredadores, tienden a evitar esas zonas en las que se presenta un mayor riesgo aunque sean zonas con mayor cantidad y calidad de alimento (Lank y Ydenberg 2003).

3. Justificación

Las actividades antropogénicas han disminuido el número de sitios disponibles para las aves playeras durante la temporada no-reproductiva (Fernández y Lank 2008) y, a consecuencia de esta pérdida de hábitat, las aves

playeras buscan otros sitios (Múrias *et al.* 2005). La redistribución de individuos tiene como consecuencia inmediata el incremento de la densidad de aves en los lugares disponibles y, por ende, aumenta el nivel de competencia intra e interespecífica por los recursos (espacio y/o alimento). A largo plazo, la emigración y/o mortalidad de individuos puede aumentar por procesos denso-dependientes y esto se vería reflejado en una disminución del tamaño de las poblaciones (Múrias *et al.* 2005).

Debido a esto, y sobre todo considerando que en México son escasos los estudios de este tipo, es fundamental generar información sobre la distribución y el uso de hábitat de las poblaciones de aves playeras migratorias durante la temporada no-reproductiva, tanto a nivel regional como local. Es crítico conocer aspectos ecológicos como patrones de distribución, abundancia, estructura de las poblaciones, competencia y depredación a diferentes escalas, e identificar los factores que determinan la distribución y uso de hábitat puede ayudar a entender los procesos que regulan y limitan las poblaciones de aves playeras (Warnock 1994, Finn *et al.* 2007).

4. Hipótesis

- ü La distribución y abundancia de *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* presentan variaciones relacionadas con el ciclo de marea durante la temporada no-reproductiva.
- ü Ya que *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* utilizan diferentes microhábitats durante la alimentación sus tasas de búsqueda, desplazamiento y consumo, así como en el éxito de captura deben ser diferentes en relación con cambios en la proporción de lodo expuesto y la profundidad del agua debidos al ciclo de marea.
- ü Ya que la longitud del pico determina el método de alimentación, los organismos de picos cortos tienen una mayor proporción de intentos superficiales de alimentación que los organismos de picos largos.

5. Objetivo

Determinar los patrones de distribución y uso de hábitat de *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* durante una temporada no-reproductiva en el estero de Urías, Sinaloa, México.

5.1. Metas

- Determinar la distribución, densidad y uso de hábitat de *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en función del nivel de marea.

- Determinar el método y estrategia de alimentación de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa*.
- Establecer las variaciones en la tasa de consumo y el éxito de captura de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en función de la zona y nivel de marea.
- Determinar las variaciones en la tasa de consumo y el éxito de captura de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en función de la longitud del pico de cada especie.
- Determinar la composición de la dieta de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa*.
- Conocer el tipo de alimento y su disponibilidad en la zona.

6. Área de estudio

El estero de Urías es un cuerpo lagunar localizado en el sur del estado de Sinaloa entre los 23°10'36"-23°13'00"N y 106°20'00"-106°25'35"W (Figura 1). El estero tiene una superficie aproximada de 18 km² y una longitud de 17 km. El clima en el estero es tropical y subtropical con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 25°C. Los vientos predominantes son del noroeste aunque entre los meses de junio y septiembre los vientos son del suroeste. Las mareas son principalmente del tipo semidiurnas (García 1999, Ochoa 1999, Barranco 2000).

El estero se clasifica como una laguna costera de baja energía, con una boca permanente al océano y una barrera de plataformas interna (Lankford 1977). Dentro del estero las corrientes están influenciadas principalmente por las mareas (Secretaría de Marina 1974). La velocidad de la corriente de marea varía desde 10 cm/seg durante el reflujo hasta 22 cm/seg durante el flujo (Villalba-Loera 1986). El desfase de la marea entre la boca y la cabeza del estero es de 60 min aproximadamente y la máxima velocidad de la corriente de marea (22 cm/s) se alcanza tres horas antes de registrarse la pleamar (Villalba-Loera 1986). El estero cuenta con una cobertura de manglar de 644.5 ha, presentándose la mayor densidad hacia el interior del sistema (Álvarez-León 1977). Los sedimentos característicos del estero son de tipo arenoso, areno-arcilloso y arcillo-limoso (Soto-Jiménez 1998).

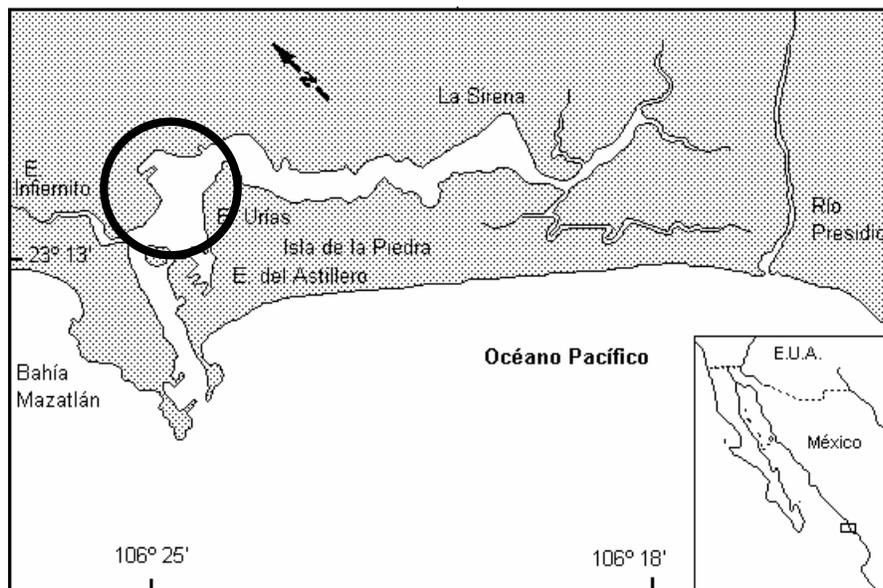


Figura 1. Estero de Urías en el estado de Sinaloa. El círculo enmarca el área de estudio.

7. Material y Método

De acuerdo a las metas propuestas, el muestreo comprendió tres actividades generales: censos, observaciones de conducta, recolección de muestras del bentos.

7.1. Censos

Para conocer como cambian la distribución, la abundancia y uso de hábitat de las especies en el estero de Urías, se llevaron a cabo 28 censos de septiembre de 2007 a abril de 2008. La temporada no-reproductiva fue dividida en tres estaciones: migración al sur (agosto-noviembre), invernación (diciembre-febrero) y

migración al norte (marzo-abril). Durante los recorridos se tomaron en cuenta dos niveles de marea: menor a 300 mm y entre 300 y 800mm (a partir de ahora 300 y 800 respectivamente) y dos tipos de marea: mareas subiendo y bajando. La Tabla I muestra el número de censos realizados por nivel y tipo de marea. La combinación de diferentes niveles y tipos de marea se supone reflejan diferentes condiciones de exposición del sustrato y superficies disponibles para la alimentación de las aves playeras en el área de estudio.

Los censos se llevaron a cabo con binoculares (10x) y telescopio (20-60x). Se determinó el número de individuos de cada especie y la actividad que cada individuo estaba realizando. Las actividades consideradas fueron: 1) alimentándose, aquellos individuos que se encuentren metiendo el pico en el sustrato, caminando con la vista fija en el sustrato o buscando desde una posición fija posibles presas y 2) todas aquellas actividades donde los individuos no estuvieran alimentándose e incluyen: a) descansando, individuos que se encontraban quietos y con la cabeza doblada hacia atrás pegada al cuerpo o con una de las patas levantada; b) limpieza, todos aquellos individuos que se encontraban acicalándose las plumas y aquellos individuos que se encontraban dentro del agua sumergiendo el cuerpo o agitando las alas para bañarse; c) vigilando, aquellas que voltearon a los lados teniendo el pico paralelo al piso o levantando la vista al cielo; d) agresión, aquellas que se dirijan hacia otros organismos para correrlos, incluyendo el comportamiento territorial. El área de estudio fue dividida en seis zonas por cuestiones logísticas y tomando en cuenta

el tipo de sustrato presente, teniendo sustrato más fino y compacto en las zonas I y II que en las zonas III y IV, mientras que las zonas V y VI el sustrato es mas grueso y compacto. Se le determinó el área a cada zona para así poder conocer las densidades de aves que se encontraban en cada una (Figura 2).

Tabla I. Número de censos realizados en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva 2007-2008.

Estación	Marea bajando		Marea subiendo	
	300	800	300	800
Migración al sur	3	3	4	6
Invernación	3	2	0	2
Migración al norte	1	1	2	1



Figura 2. Localización del área de estudio en la porción norte del estero de Urías se localiza el área de estudio. I-VI, zonas en las que fue dividida.

7.2. Observaciones de conducta

Se realizaron observaciones de conducta para *N. phaeopus*, *N. americanus* y *L. fedoa* para determinar la forma y esfuerzo de alimentación entre individuos y especies. Las observaciones se llevaron a cabo en las mismas condiciones de nivel y tipo de marea que los censos y se realizaron con un telescopio 20-60x. Para minimizar el error durante el muestreo, las observaciones se realizaron a no más de 30m del individuo focal. Debido a lo anterior, las observaciones sólo se realizaron en las cuatro primeras zonas, ya que la distancia de los puntos de

observación a las zonas V y VI fue mayor a 50m. Las observaciones tuvieron una duración de tres minutos. Los datos obtenidos fueron grabados y transcritos posteriormente. Se llevaron a cabo al menos cinco observaciones por especie tomando en cuenta la zona, nivel y tipo de marea y estación (Tabla II). Con la finalidad de minimizar la pseudoreplicación, para cada especie se realizaron entre una y tres observaciones por día para cada una de las zonas y así asegurar que los individuos observados no fueran los mismos. Aunque no se descarta la probabilidad de haber observado a un mismo individuo mas de una vez a lo largo de la temporada.

Tabla II. Número de individuos observados por especie, zona, nivel y tipo de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva 2007-2008.

Zona	Marea bajando			Marea subiendo		
	300 – 800			300 – 800		
	<i>L. fedoa</i>	<i>N. phaeopus</i>	<i>N. americanus</i>	<i>L. fedoa</i>	<i>N. phaeopus</i>	<i>N. americanus</i>
I	6 – 9	5 – 5	8 – 5	9 – 6	6 – 6	5 – 5
II	5 – 5	5 – 5	10 – 5	5 – 5	5 – 7	5 – 7
III	6 – 6	12 – 5	6 – 5	5 – 8	10 – 5	5 – 5
IV	5 – 18	5 – 5	5 – 5	5 – 18	5 – 5	5 – 6

En las observaciones se evaluó el microhábitat de los sitios utilizados por los individuos durante la alimentación. Para el microhábitat se consideró la cobertura de lodo expuesto y profundidad del agua, tanto al inicio como al final de la observación. En una circunferencia de 10 m de diámetro aproximadamente se anoto la proporción del área estaba expuesta (no cubierta por agua). La profundidad del agua fue evaluada en relación a la longitud de los tarsos del individuo focal utilizando una escala ordinal: 0 = los dedos expuestos en lodo seco/húmedo; 1 = agua hasta la mitad del tarso; 2 = tarso sumergido en el agua; 3 = el nivel de agua entre el tarso y el abdomen; y 4 = el agua llega por completo al abdomen.

En campo es posible separar de forma visual a los individuos por sexo en las tres especies debido a que las hembras tienen el pico más largo que los machos (Skeel y Mallory 1996, Gratto-Trevor 2000, Lowther *et al.* 2001, Dugger y Dugger 2002). Para *L. fedoa* los individuos con pico con una longitud menor a dos cabezas fueron considerados como machos y los individuos con un pico mayor a tres cabezas fueron considerados como hembras. En *N. americanus* se consideraron machos a los individuos con un pico menor a tres cabezas y hembras a los individuos con un pico mayor a cuatro cabezas. Para *N. phaeopus* los machos son aquellos que presentan un pico menor a una y media cabezas y las hembras un pico mayor de dos.

Se evaluó la estrategia de alimentación en función del método, esfuerzo de alimentación y desplazamiento. Para el método de alimentación se tomo en cuenta

la profundidad de los intentos de alimentación (picotazos). Siendo intentos superficiales aquellos en los que el individuo no introdujo más de la tercera parte de la longitud del pico y profundos aquellos que pasaron dicha profundidad. Se determinó como esfuerzo de alimentación el número de intentos realizados por método por unidad de tiempo. Para determinar el éxito de captura y tasa de consumo se tomo en cuenta la proporción de intentos exitosos en relación al número de intentos realizados y el número de intentos exitosos por unidad de tiempo, respectivamente y el tiempo de manipulación (tiempo que transcurre desde que la presa es capturada hasta el momento que es ingerida). También se contabilizo el número de pasos dados por unidad de tiempo para tener una medida de desplazamiento durante la alimentación.

7.3. Tipo y disponibilidad de alimento

Se llevaron a cabo diversas actividades para poder conocer el tipo de alimento y su disponibilidad en el área de estudio.

a) Identificaciones visuales. Durante las observaciones focales, se trato de identificar el tipo de presa capturada. Las presas fueron clasificadas en cuatro grupos: cangrejos, almejas, anélidos y otros, que incluyó a aquellos organismos que no se pudieron identificar a simple vista o aquellos que fueron ingeridos pocas veces como es el caso de algas, peces y camarones. Así también, utilizando el índice del pico se determinó el tamaño de cangrejos consumidos por las especies

de *Numenius*, viendo cuantas veces cabía el cuerpo del cangrejo (sin las patas) en el tamaño de la cabeza del individuo que lo capturaba.

b) Colecta de heces: se colectaron 12 muestras de heces, cuatro por especie, las cuales fueron etiquetadas y colocadas en frascos con alcohol al 70%. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron analizadas con ayuda de un microscopio estereoscópico. Para asegurarse de que las muestras presentaran restos de presas capturadas en la zona, se recolectaron heces de aquellos individuos que llevaban más de una hora alimentándose en la zona (Zharikov y Skilleter 2003).

c) Recolección de bentos. Para conocer la oferta de alimento en el área de estudio se recolectaron cuatro muestras por zona, dos por cada nivel de marea, con la ayuda de un núcleo de tubo de PVC de 15 cm de diámetro y 30 cm de profundidad. Dichas muestras se recolectaron en lugares donde se observaron individuos alimentándose. Los núcleos se dividieron en tres partes iguales (10cm cada una; superficie, medio y profunda). Cada muestra fue etiquetada y fijada con formol al 2% en bolsas de plástico. Dichas muestras fueron transportadas al laboratorio para ser procesadas. Las muestras fueron lavadas y tamizadas con una malla de 1mm. Los organismos obtenidos se guardaron en botes de plástico con alcohol al 70%. En el laboratorio, los organismos fueron identificados hasta el menor nivel taxonómico posible con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Para estimar la densidad y la disponibilidad de presas en el área de muestreo, se

cuantificaron los organismos encontrados en los núcleos tomando en cuenta las especies y las profundidades en las que se encontraron.

En cuanto a los organismos que se encuentran en la superficie del sustrato, se marcaron de forma aleatoria cinco cuadrantes de 1m^2 en cada nivel de marea para las zonas I, II y III y se realizaron conteos para estimar sus abundancias (Tabla VI). De dichos cuadrantes se colectaron dos ejemplares de los diferentes organismos para su identificación posterior.

8. Análisis de datos

8.1. Densidad, distribución y uso de hábitat

Para el análisis de la densidad de las aves playeras, primero se determinó la superficie de cada zona y con ello se pudo estimar la densidad relativa de cada especie. Después de comprobar la normalidad y homocedasticidad de los datos, la densidad de aves playeras se comparó con un análisis de varianza (ANDEVA) de cuatro vías para determinar el efecto de especie, zona, nivel y tipo de marea. El factor estación fue considerado como fuente de variación en el modelo pero sin interacciones estadísticas, debido a que no se realizaron recorridos durante el invierno en marea subiendo a un nivel de 300. Para el análisis de uso de hábitat se consideró la proporción de individuos alimentándose como variable de respuesta y se comparó con un ANDEVA de cuatro vías para determinar el efecto de especie, zona, nivel y tipo de marea. De igual forma, el factor estación fue considerado sin interacciones.

8.2. Comportamiento durante la alimentación

8.2.1. Métodos de alimentación

Debido a que el método superficial de alimentación fue el más utilizado por las tres especies, se realizó análisis de varianza (ANDEVA) con dicho método para detectar los efectos de los factores independientes. En los casos en que las interacciones no fueron significativas, se realizaron análisis incluyendo a los factores por sí solos. Para todos los casos el factor estación fue considerado en los respectivos modelos sin interacciones estadísticas debido a que se realizaron pocas observaciones durante la primavera.

8.2.2. Microhábitat

Al igual que en el caso anterior, se realizó una correlación entre el lodo expuesto y la profundidad con la proporción de picotazos superficiales, tasas de búsqueda, desplazamiento y consumo, así como el éxito de captura. Así como un ANDEVA para determinar las variaciones en el microhábitat con respecto a la especie, zona, tipo de marea, nivel de marea y estación.

8.2.3. Tasas, éxito de captura y manipulación

Para conocer las diferencias entre las especies en cuanto a tasa de búsqueda (intentos/tiempo), tasa de desplazamiento (pasos/tiempo), tasa de captura (presas capturadas/tiempo), éxito de captura (presas capturadas/intentos) y manipulación (tiempo en que tardan en ingerir la presa/tiempo total) se realizaron

ANDEVAS tomando en cuenta los factores especie, zona, nivel y tipo de marea y estación. El factor estación fue considerado en el modelo sin interacciones estadísticas debido a que se realizaron pocas observaciones durante la primavera.

8.2.4. Longitud del pico

Se realizó una correlación entre el índice de longitud del pico y el comportamiento durante la alimentación de las tres especies tomando en cuenta las variables: picotazos superficiales, las tasas de búsqueda, desplazamiento y consumo, así como el éxito de captura. Se realizó un ANDEVA por especie para detectar los efectos de zona, tipo y nivel de marea y estación.

8.3. Dieta

8.3.1. Disponibilidad de alimento

Para conocer la distribución y disponibilidad de los individuos del bentos encontrados en los núcleos, se determinaron los porcentajes en los que se encontraron para cada zona y profundidad. En cuanto a los cuadrantes, se sacó la media de cangrejos del género *Uca* para cada zona y nivel de marea.

8.3.2. Selección de presas

8.3.2.1. Análisis de heces

Se hizo una descripción de lo encontrado en las heces colectadas debido a que fueron pocos los restos de presas consumidas encontrados en dichas heces.

8.3.2.2. Observaciones directas

Utilizando sólo las presas identificadas para cada especie durante las observaciones, se realizó un ANDEVA por especie para detectar los efectos por zona, tipo y nivel de marea.

8.3.2.3 Relación de la longitud del pico y tamaño de presa

Utilizando las medidas de pico reportadas en la literatura y el índice del pico utilizado en el trabajo, se estimó un tamaño promedio del ancho de la cabeza para ambas especies. A partir de este valor medio se determinó el tamaño del cangrejo capturado. Se realizó un ANDEVA para determinar si el tamaño medio de los cangrejos capturados fue diferente entre especies.

Se realizó una correlación de Pearson para ver si existe una relación entre el tamaño de presa consumido y la longitud de pico para ambas especies de *Numenius*, debido a que sólo para éstas especies se pudo determinar el tamaño de la presa consumida. Debido a que *N. americanus* incluyó cangrejos y almejas dentro de su dieta, se utilizó la mediana del índice de longitud de pico para los individuos que consumieron cada tipo de presa debido para detectar diferencias en la relación longitud de pico y tipo de presa.

Para todos los análisis se consideró un nivel de significativo de 0.05. Si alguna interacción no fue significativa, los modelos fueron reducidos a su forma más parsimonia utilizando Suma de Cuadrados Tipo III. Los valores que se

presentan, tanto en el texto como en las figuras, son la media ponderada \pm error estándar. Los análisis estadísticos se realizaron en JMPIN 6.0 (SAS 2005) y STATISTICA 6.0 (StatSoft 2002).

9. Resultados

9.1. Densidad, distribución y uso de hábitat

Se encontraron diferencias en las densidades y distribución de las especies en el área de estudio a lo largo de la temporada no-reproductiva. En general, *T. semipalmata* y *L. fedoa* fueron las especies con mayores densidades y una distribución diferencial. Mientras que *N. phaeopus* y *N. americanus* presentaron menores densidades y se distribuyeron de forma más homogénea en las seis zonas (Figura 3). La única interacción de tres vías que fue significativa fue la que incluyó especie, zona y nivel de marea ($F_{15, 671} = 2.84$, $P = 0.0003$), por lo que se analizó la densidad para cada especie por separado. Las otras interacciones de cuatro y tres vías no fueron significativas ($P > 0.22$). La interacción zona y nivel de marea fue significativa para *N. phaeopus* ($F_{5,167} = 5.10$, $P = 0.0002$), *N. americanus* ($F_{5,167} = 9.28$, $P < 0.0001$) y *L. fedoa* ($F_{5,167} = 14.66$, $P < 0.0001$). Las densidades de *N. phaeopus* y *N. americanus* fueron mayores en la Zona II en el nivel de marea 800, mientras que para *L. fedoa* presentó una mayor densidad en las Zonas I y VI en el nivel de marea 300 y en la Zona II para el nivel de marea 800 (Figura 3). En el caso de *T. semipalmata* la interacción zona y nivel de marea no fue significativa ($F_{5, 167} = 2.03$, $P = 0.08$), pero sus densidades estuvieron en

función del nivel de marea ($F_{1, 159} = 5.30$, $P = 0.02$) y zona ($F_{1, 159} = 7.94$, $P < 0.0001$). *Tringa semipalmata* presentó mayores densidades en el nivel de marea 800 que en el de 300 (20.30 ± 2.68 vs. 11.88 ± 2.66 aves/ha, respectivamente) y en la Zona VI (Figura 4). Para el factor tipo de marea y la interacción que incluye especie, nivel de marea y zona, no se presentaron resultado significativos ($P > 0.23$). Por último, la densidad de las cuatro especies aumentó conforme avanzó la temporada ($F_{2,671} = 6.91$, $P = 0.001$), presentándose las menores densidades en la migración al sur (2.18 ± 3.13) y las mayores durante la invernación (17.97 ± 4.37) disminuyendo ligeramente durante la migración al norte (15 ± 4.51).

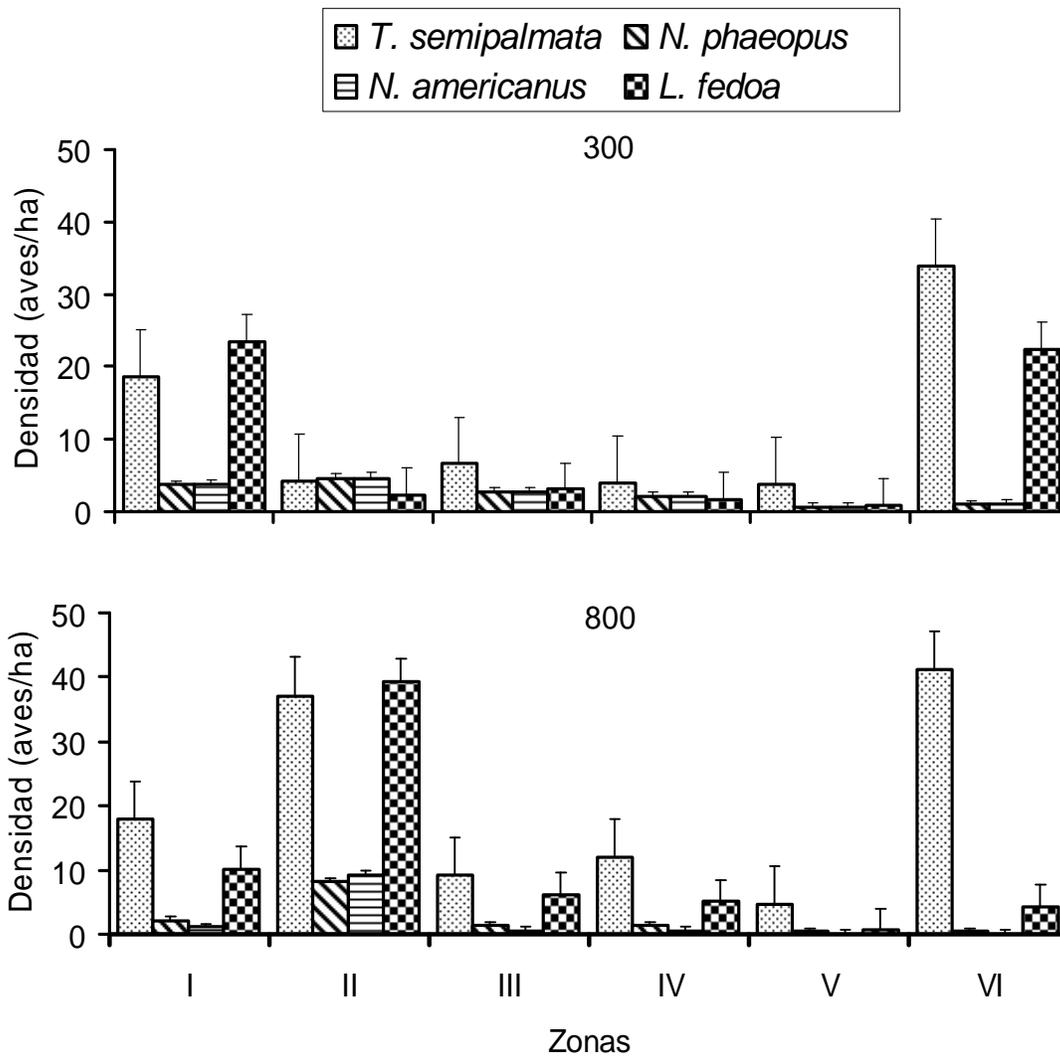


Figura 3. Densidad (media ponderada \pm ES) de *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* por zona y nivel de marea, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

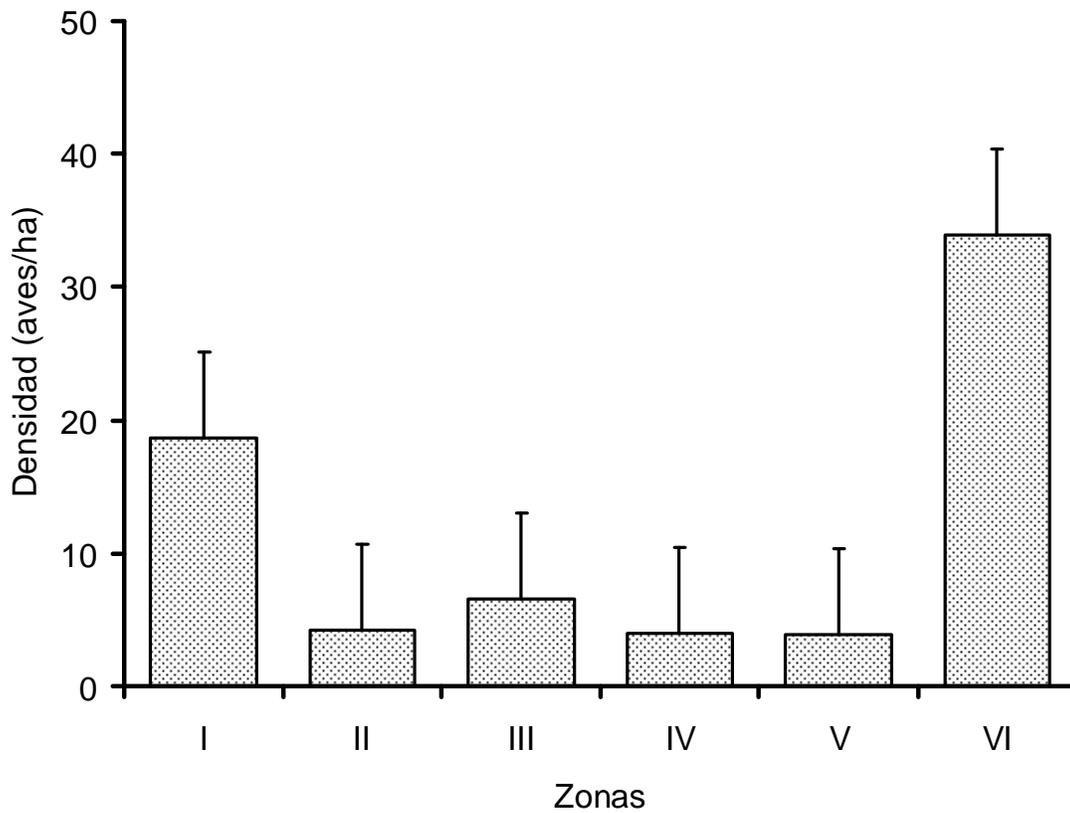


Figura 4. Densidad (media ponderada \pm ES) de *Tringa semipalmata* para las seis zonas en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

El área de estudio fue utilizada principalmente como sitio de alimentación por las cuatro especies a lo largo de la temporada no-reproductiva (Figura 5). En el modelo general, la única interacción significativa fue la que incluyó especie y marea ($F_{3,671} = 4.84$, $P = 0.002$). *Tringa semipalmata* presentó las mayores

proporciones de individuos alimentándose en marea bajando, mientras que *L. fedoa* presento las mayores proporciones en marea subiendo (Figura 5). Por su parte *N. phaeopus* y *N. americanus* prácticamente no exhibieron diferencias (Figura 5). Las otras interacciones de cuatro, tres y dos vías no fueron significativas ($P > 0.08$). La proporción de individuos alimentándose fue diferente en cuanto al nivel de marea ($F_{1,671} = 184.03$, $P < 0.0001$). La mayores proporciones de individuos alimentándose fue en el nivel de 300 que en el de 800 (0.73 ± 0.019 vs. 0.38 ± 0.018 , respectivamente). Además, la proporción de individuos alimentándose fue diferente por zona ($F_{5,671} = 5.49$, $P < 0.0001$). Las menores proporciones de individuos alimentándose se encontraron en la Zona VI (Figura 6). Finalmente, la proporción de individuos alimentándose fue en aumento conforme la temporada avanzaba ($F_{2,671} = 40.89$, $P < 0.0001$), presentándose las menores densidades en la migración al sur (0.58 ± 0.02) las cuales se incrementaron hacia la invernación (0.78 ± 0.03) presentándose las mayores proporciones en la migración al norte (0.84 ± 0.03).

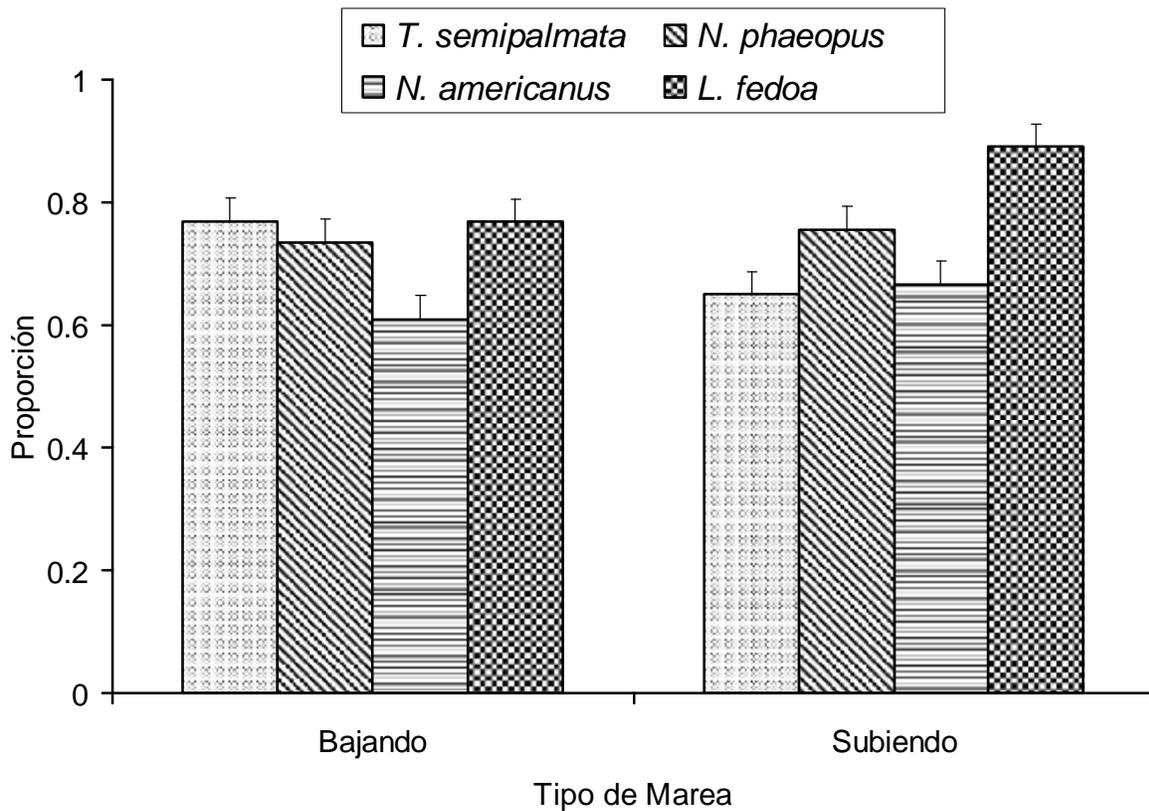


Figura 5. Proporción (media ponderada \pm ES) de individuos de *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* alimentándose para la interacción especie-tipo de marea, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

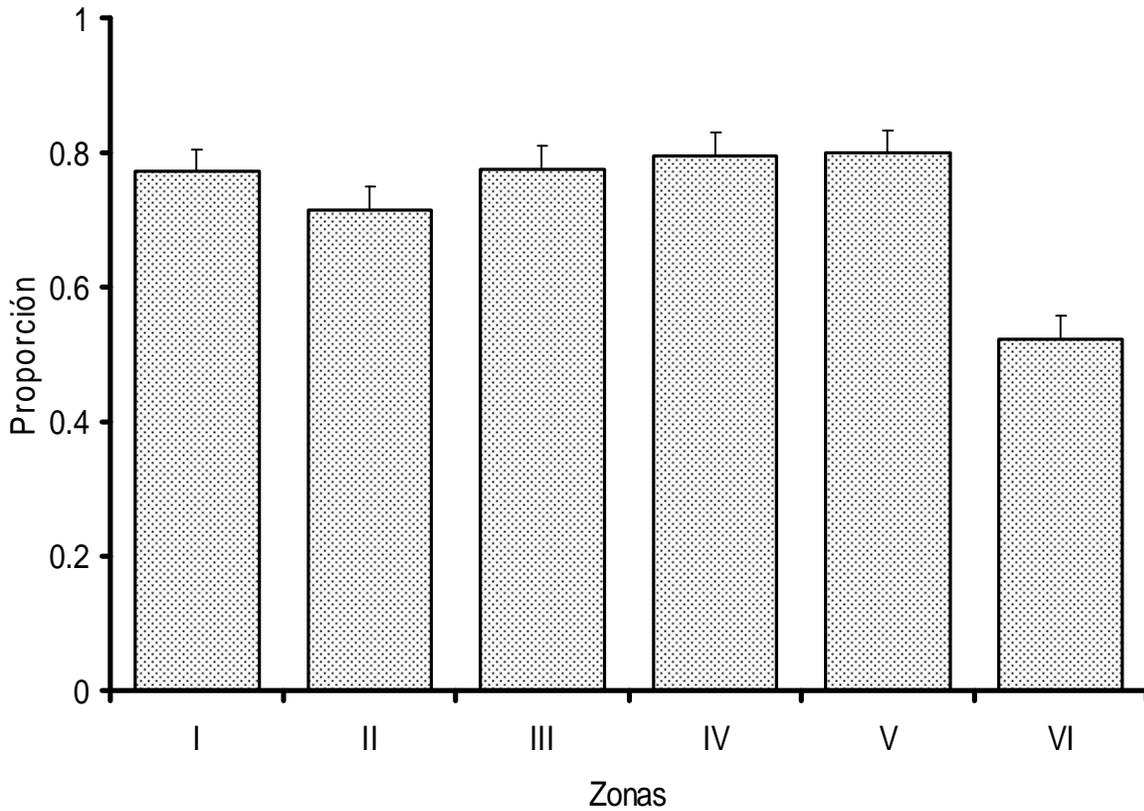


Figura 6. Proporción (media ponderada \pm ES) de individuos alimentándose de *Tringa semipalmata*, *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* para las seis zonas en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

9.2. Comportamiento durante la alimentación

9.2.1. Métodos de alimentación

Las interacciones de dos factores que incluyeron especie y zona ($F_{6, 299} = 0.64$, $P = 0.03$), especie y tipo de marea ($F_{2, 299} = 0.48$, $P = 0.006$) y tipo de marea y nivel de marea ($F_{1, 299} = 0.25$, $P = 0.02$) fueron significativas. La interacción de cuatro factores así como las de tres factores no fueron significativas ($P > 0.12$). Además, se encontraron diferencias en el método de alimentación por estación ($F_{2, 299} = 0.92$, $P < 0.0001$).

Las tres especies se alimentaron principalmente de manera superficial. En la interacción especie y zona, *N. phaeopus* presentó una proporción significativamente menor de intentos superficiales en la zona III, mientras que *L. fedoa* presentó una proporción significativamente mayor en la zona II (Figura 7). Las diferencias significativas en la interacción especie y tipo de marea se dieron durante la marea ascendente. *Numenius phaeopus* presentó una proporción significativamente menor de intentos superficiales, mientras que *N. americanus* y *L. fedoa* no presentaron diferencias significativas (Figura 8). Mientras que en la interacción tipo de marea y nivel de marea la diferencia significativa se encontró en mareas ascendentes. Los individuos tuvieron proporciones significativamente mayores en el nivel 800 que los individuos en el nivel 300 (Figura 9). Por último, las tres especies presentaron una proporción significativamente menor de intentos

superficiales durante la invernación (0.53 ± 0.02) que la migración al sur (0.67 ± 0.03) y la migración al norte (0.69 ± 0.09).

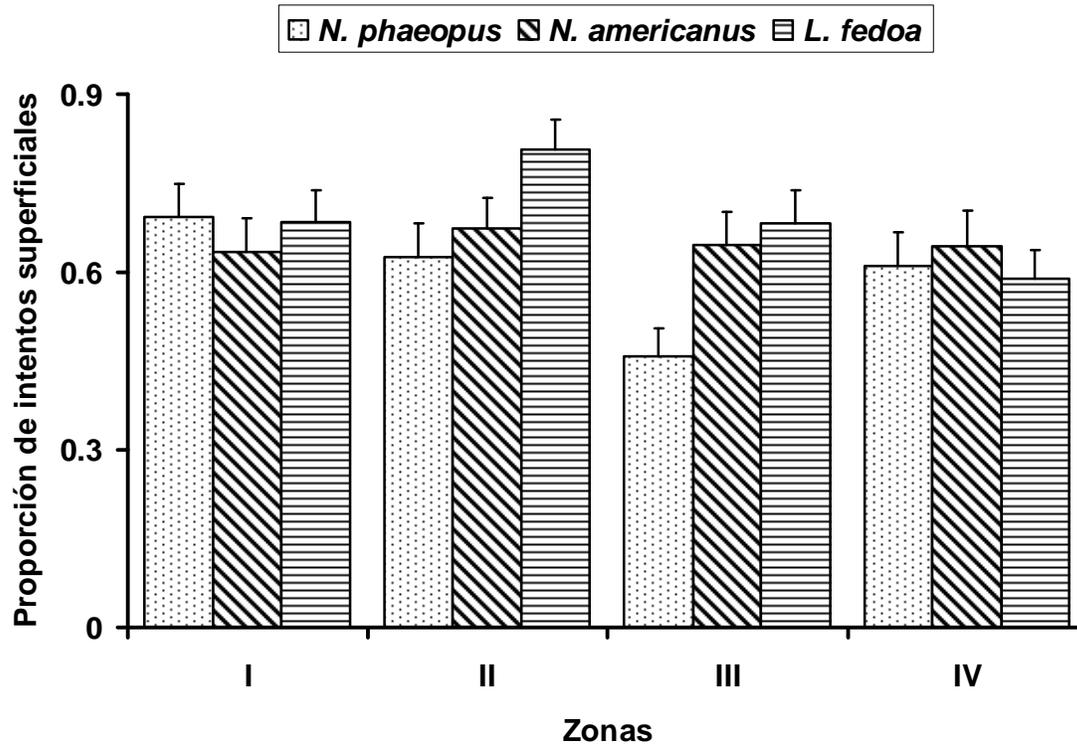


Figura 7. Proporción (media ponderada \pm ES) de intentos superficiales de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en relación con la interacción especie-zona, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

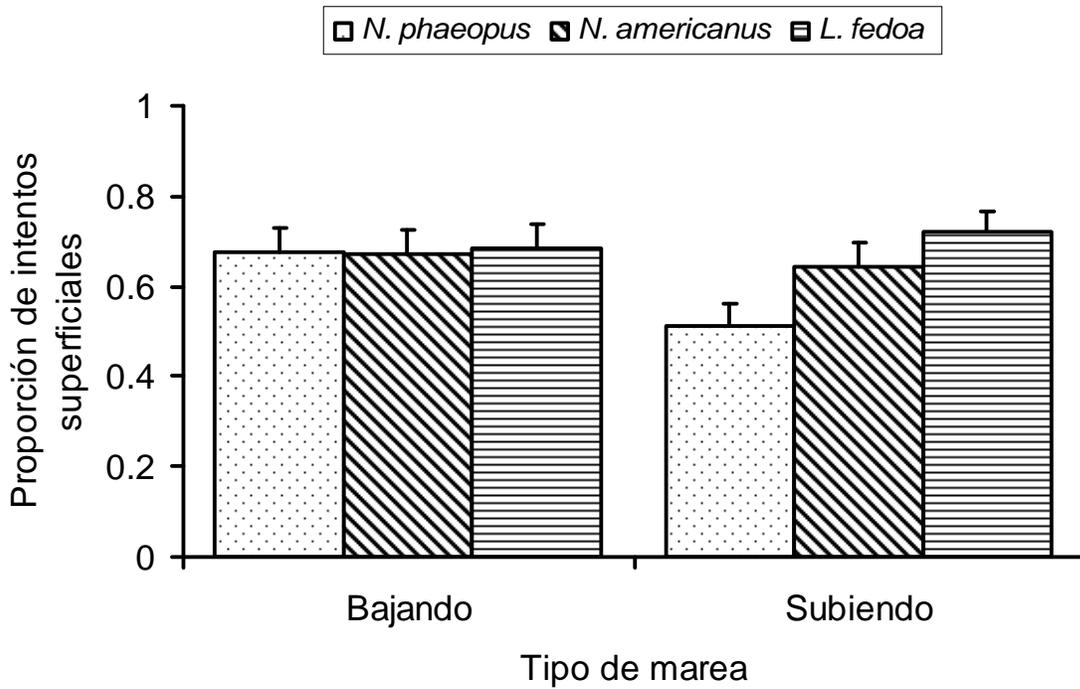


Figura 8. Proporción (media ponderada \pm ES) de intentos superficiales de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en relación con la interacción especie-tipo de marea, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

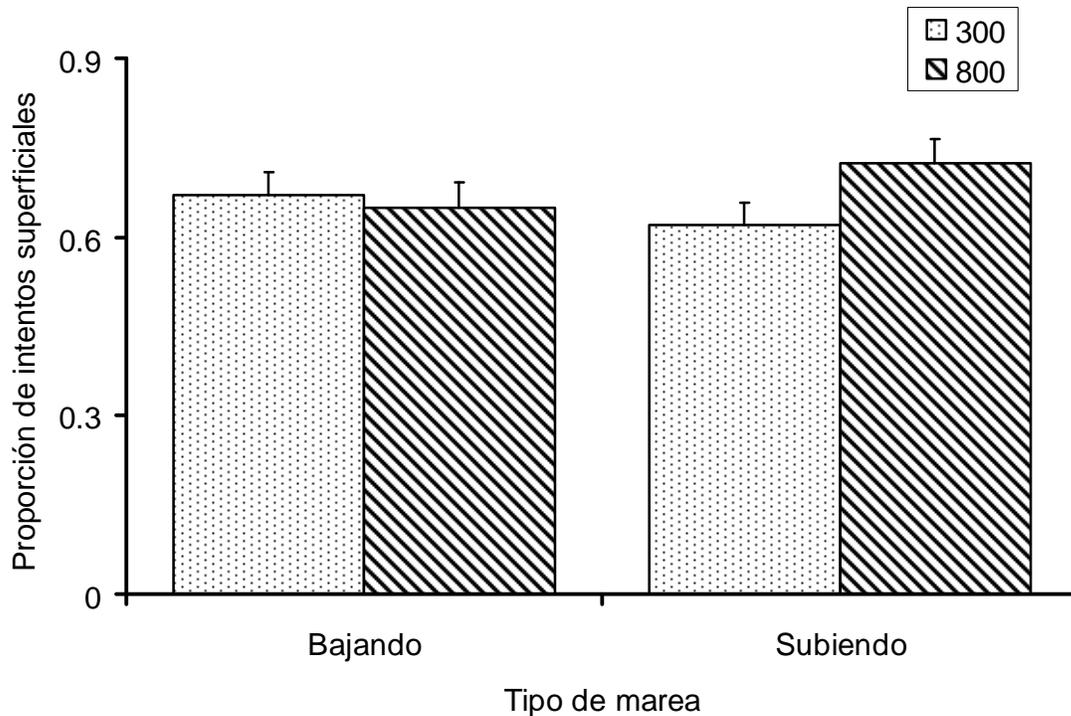


Figura 9. Proporción (media ponderada \pm ES) de intentos superficiales de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en relación con la interacción tipo de marea-nivel de marea, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

9.2.2. Microhábitat

El efecto del microhábitat en el comportamiento durante la alimentación fue diferente para cada especie (Tabla III). En *N. phaeopus* el microhábitat no tuvo ningún efecto significativo en el comportamiento. En *N. americanus* solo la proporción de lodo expuesto tuvo un efecto significativo, la tasa de búsqueda disminuyó ($P = 0.0003$), mientras que la tasa de desplazamiento aumento al incrementarse la proporción de lodo ($P = 0.0012$). Para *L. fedoa* ambas características del microhábitat tuvieron un efecto significativo. La proporción de picotazos superficiales y la tasa de desplazamiento aumentaron ($P = 0.003$ y $P = 0.0006$, respectivamente), pero la tasa de consumo y éxito de captura fueron menores ($P < 0.0001$ y $P = 0.0006$, respectivamente) conforme aumentó la proporción de lodo expuesto; la proporción de picotazos superficiales aumentó, pero la tasa de consumo disminuyó al aumentar la profundidad del agua ($P = 0.03$ y $P = 0.03$, respectivamente).

Tabla III. Influencia del aumento de la proporción de lodo expuesto y de la profundidad del agua sobre el comportamiento durante la alimentación de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa*. Los signos muestran si hay un aumento (+), una disminución (-) o si se mantiene igual (=). Los signos en rojo muestran los resultados significativos.

	<i>N. phaeopus</i>		<i>N. americanus</i>		<i>L. fedoa</i>	
	Lodo	Profundidad	Lodo	Profundidad	Lodo	Profundidad
Proporción de picotazos superficiales	-	-	=	=	+	+
Tasa de búsqueda	-	-	-	-	-	-
Tasa de desplazamiento	+	-	+	+	+	=
Tasa de consumo	=	-	-	-	-	-
Éxito de captura	+	+	=	=	-	=

La utilización durante la alimentación de sitios con diferentes proporciones de lodo expuesto fue significativamente diferente en función de la especie, tipo y nivel de marea ($F_{2, 299} = 5.53$, $P = 0.004$). Debido a este resultado, se analizó cada especie por separado, teniendo que *L. fedoa* utilizó sitios con mayor lodo expuesto en el nivel de 300 que en el nivel 800 (0.61 ± 0.05 vs. 0.27 ± 0.04 ; $F_{1, 113} = 24.41$, $P = <0.0001$). Por su parte, *N. americanus* presentó diferencias significativas en la proporción de lodo en función del tipo y nivel de marea ($F_{1, 88} = 8.73$, $P = 0.004$). En el nivel de 800 y mareas ascendentes, la especie utilizó principalmente sitios con menores proporciones de lodo expuesto (Figura 10). Por su parte *N.*

phaeopus no presentó diferencias significativas ($P > 0.07$). En cuanto a las otras interacciones de cuatro, tres y dos vías, al igual que los factores por si solos no se encontraron resultados significativos ($P > 0.08$).

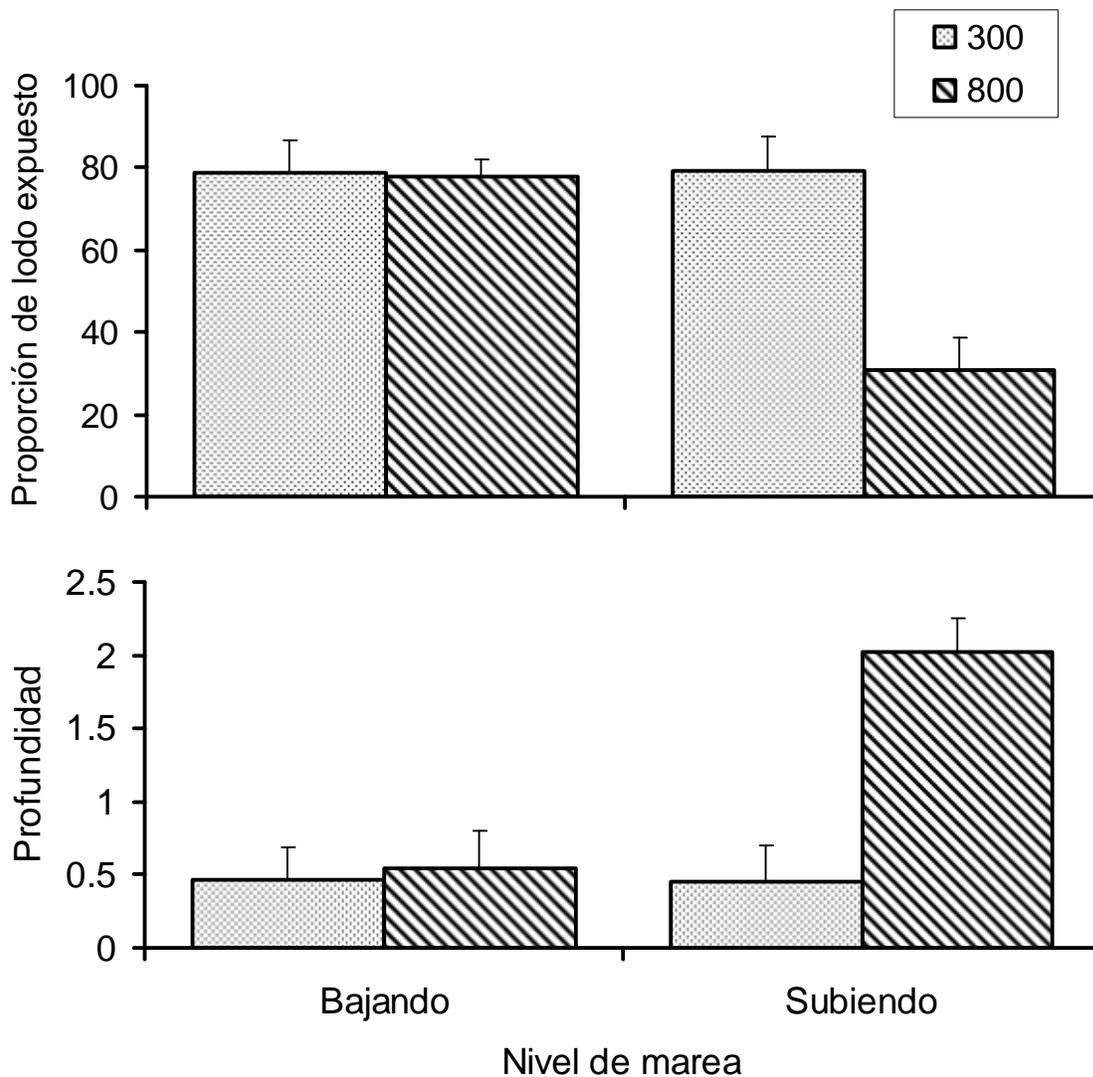


Figura 10. Proporción de lodo expuesto y profundidad (media ponderada \pm ES) en el microhábitat utilizado por *Numenius americanus* en relación con el nivel de marea y tipo de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

La utilización de sitios con diferente profundidad también fue significativamente diferente por especie, tipo y nivel de marea ($F_{2, 299} = 8.39$, $P = 0.0003$). Al analizar los datos por especie, *L. fedoa* utilizó sitios más someros en el nivel 300 que en el nivel 800 (0.68 ± 0.14 vs. 1.31 ± 0.10 , $F_{1, 113} = 13.92$, $P = 0.0003$). *N. americanus* presentó diferencias en la profundidad por tipo y nivel de marea ($F_{1, 88} = 9.59$, $P = 0.002$). En el nivel 800 y mareas ascendentes, la especie utilizó principalmente sitios profundos (Figura 10). Por su parte *N. phaeopus* no presentó diferencias significativas ($P > 0.06$). En cuanto a las otras interacciones de cuatro, tres y dos vías, al igual que los factores por sí solos no fueron significativos ($P > 0.29$).

9.2.3. Tasas, éxito de captura y manipulación

La tasa de búsqueda fue significativamente diferente por especie, zona y nivel de marea ($F_{6, 299} = 3.34$, $P = 0.003$). Al analizar los datos por especie, solo *L. fedoa* presentó diferencias significativas en la interacción zona y nivel de marea ($F_{3, 113} = 3.66$, $P = 0.01$). De manera general la especie tuvo una mayor tasa de búsqueda durante el nivel 300 y solo en la zona III la tasa fue mayor en el nivel 800 (Figura 11). La tasa de búsqueda de *N. phaeopus* y *N. americanus* no fue significativamente diferente por zona y nivel de marea ($P > 0.05$ y 0.12 , respectivamente). Las otras interacciones de cuatro, tres y dos vías, al igual que los factores por sí solos no fueron significativos ($P > 0.09$).

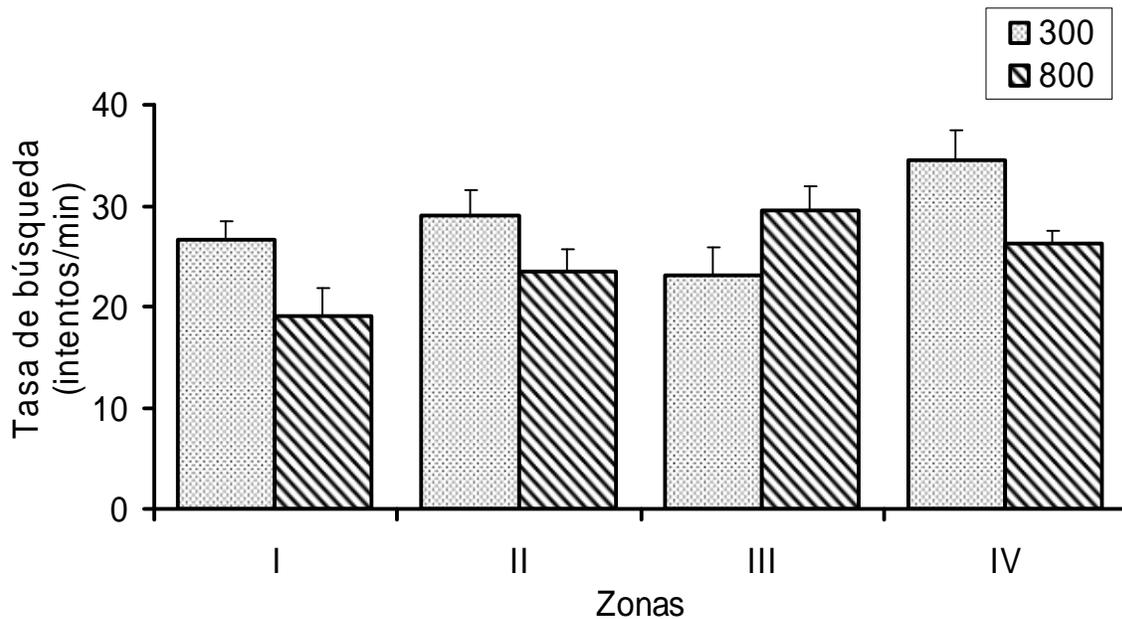


Figura 11. Tasa de búsqueda (media ponderada \pm ES) de *Limosa fedoa* en relación con las zonas y el nivel de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

En la tasa de desplazamiento se encontraron diferencias significativas por especie, zona y nivel de marea ($F_{6, 299} = 2.61, P = 0.01$). Al analizar los datos por especie, se observó que la interacción zona y nivel de marea fue significativa en *N. phaeopus* ($F_{3, 96} = 5.12, P = 0.002$) y *L. fedoa* ($F_{3, 113} = 3.23, P = 0.02$). Ambas especies tuvieron un mayor desplazamiento en el nivel de 300, pero solo en la zona IV y III fue mayor el desplazamiento en el nivel 800 para *N. phaeopus* (Figura 12) y *L. fedoa* (Figura 12). Por su parte la tasa de desplazamiento de *N.*

americanus no presentó diferencias significativas ($P > 0.10$). Las otras interacciones de cuatro, tres y dos vías, al igual que los factores por si solos ($P > 0.09$).

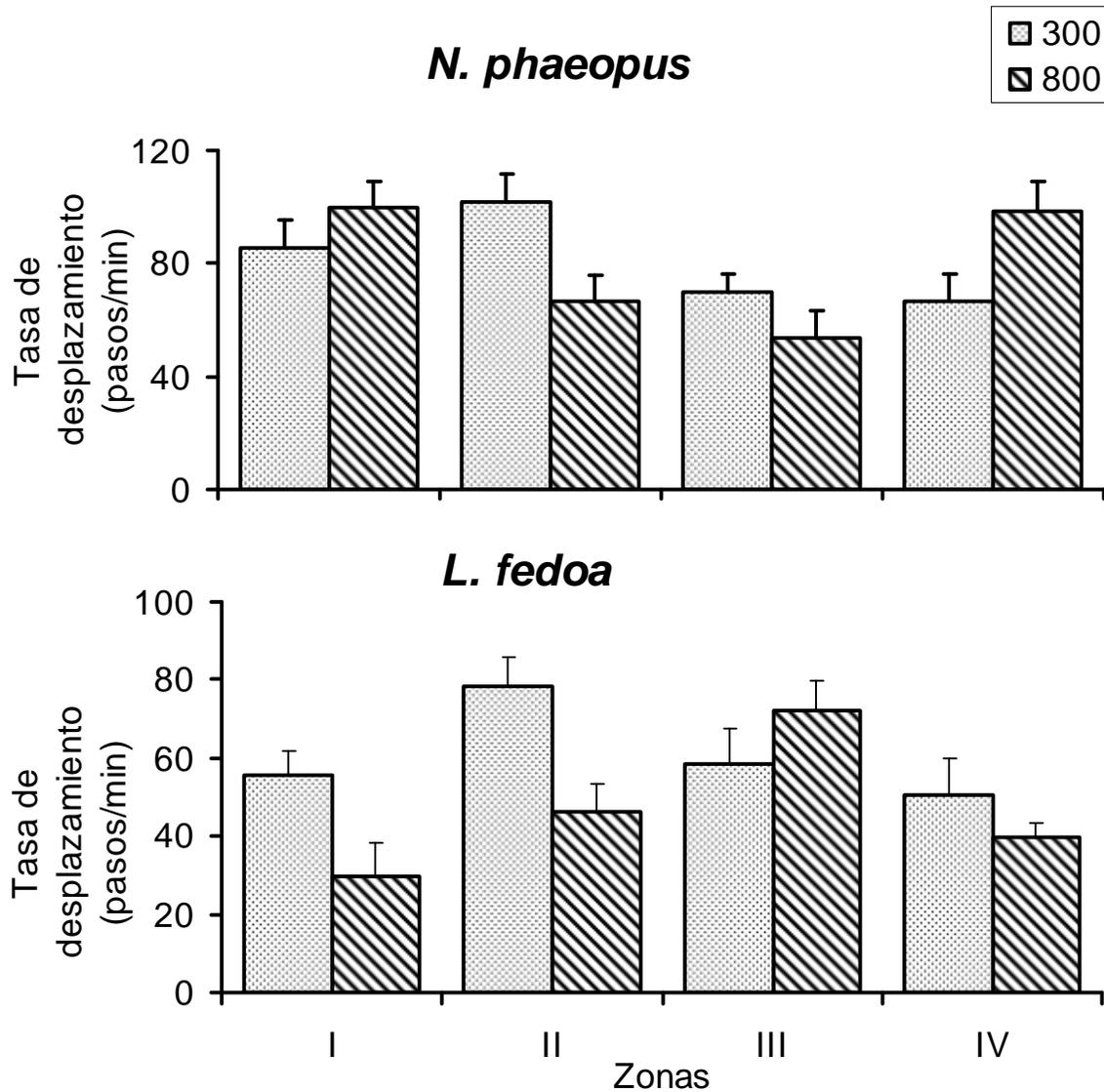


Figura 12. Tasa de desplazamiento (media ponderada \pm ES) de *Limosa fedoa* y *Numenius americanus* en relación con las zonas y el nivel de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

Para la tasa de consumo se encontraron diferencias significativas por especie y nivel de marea ($F_{2, 229} = 7.60, P = 0.0006$). En general *L. fedoa* tuvo la mayor tasa de consumo, especialmente en el nivel 800 (Figura 13). Por su parte, *N. phaeopus* y *N. americanus* no presentaron diferencias significativas ($P > 0.08$) al igual que las otras interacciones de cuatro, tres y dos vías ($P > 0.06$), así como el factor estación ($P > 0.09$).

El éxito de captura fue significativamente diferente por especie y nivel de marea ($F_{2, 229} = 8.89, P = 0.0002$). A pesar de que la interacción fue significativa, la única diferencia fue para *L. fedoa* quien tuvo mayor éxito en el nivel de 800 (Figura 13). Por su parte, *N. phaeopus* y *N. americanus* no presentaron diferencias significativas ($P > 0.06$) al igual que las otras interacciones de cuatro, tres y dos vías no fueron significativas ($P > 0.06$), así como el factor estación ($P > 0.09$).

La proporción del tiempo utilizado en la manipulación de presas presentó una sola diferencia significativa por nivel de marea ($F_{1, 229} = 5.70, P = 0.01$). De manera general las tres especies tienden a manipular más sus presas durante el nivel 800 que en el 300 (0.08 ± 0.01 vs. 0.06 ± 0.01). Las otras interacciones de cuatro, tres y dos vías no fueron significativas así como los demás factores por si solos ($P > 0.14$).

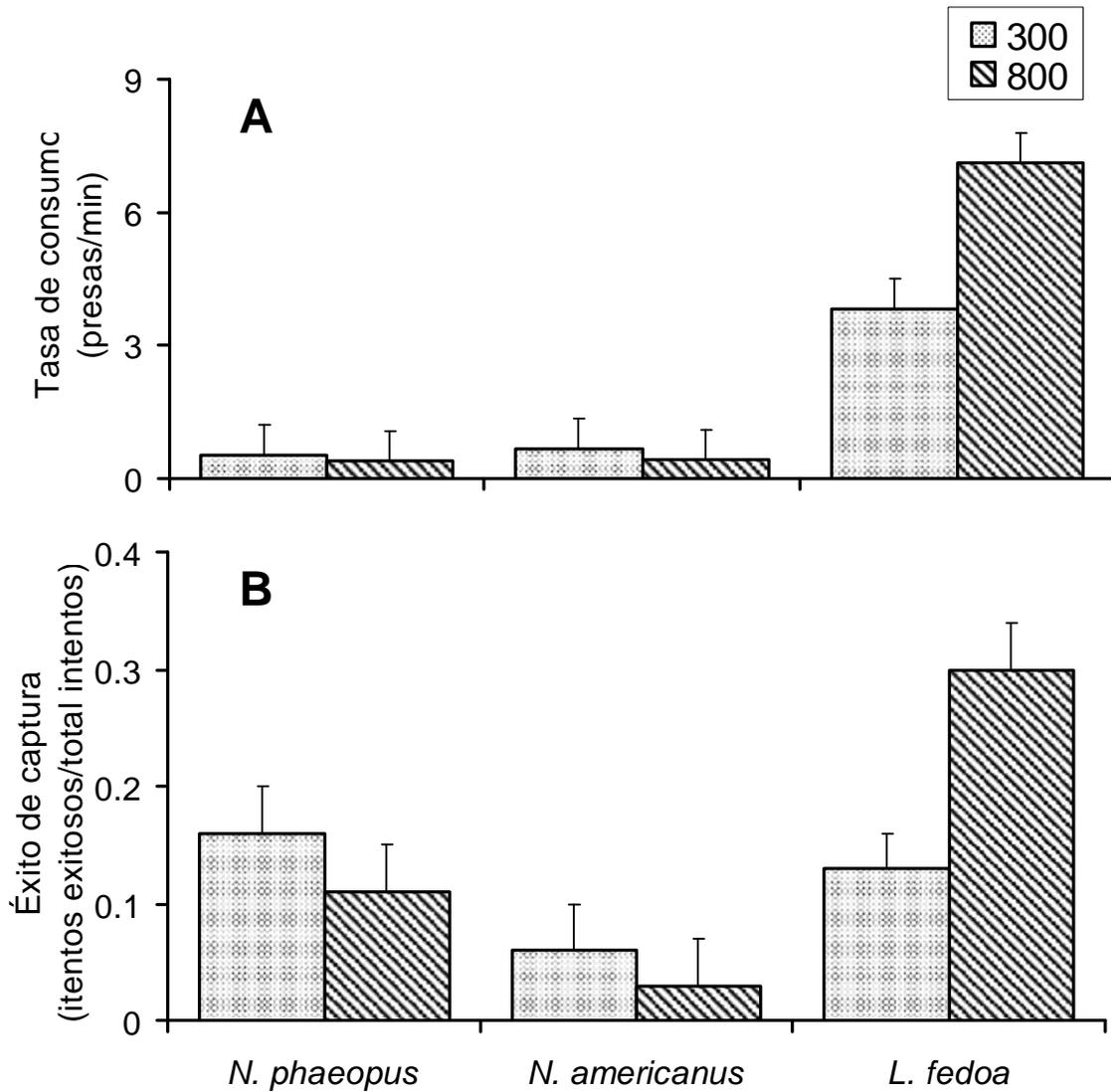


Figura 13. Tasa de consumo y éxito de captura (media ponderada \pm ES) de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* en función del nivel de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

9.2.4. Longitud del pico

El efecto del índice de longitud del pico sobre el comportamiento durante la alimentación solo fue significativo en *N. americanus*, mientras que para *N. phaeopus* y *L. fedoa* no se presentaron relaciones significativas (Tabla IV). En *N. americanus* la tasa de búsqueda aumentó ($P = 0.03$), mientras que la tasa de desplazamiento disminuyó ($P = 0.0001$) conforme aumentó el índice de la longitud del pico.

Tabla IV. Influencia del aumento de la longitud del pico sobre el comportamiento durante la alimentación de *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa*. Los signos muestran si hay un aumento (+), una disminución (-) o si se mantiene igual (=). Los signos en rojo muestran los resultados significativos.

	<i>N. phaeopus</i>	<i>N. americanus</i>	<i>L. fedoa</i>
	Pico	Pico	Pico
Proporción de picotazos superficiales	-	=	=
Tasa de búsqueda	=	+	-
Tasa de desplazamiento	=	-	+
Tasa de consumo	=	-	-
Éxito de captura	=	-	-

Para *N. phaeopus* el índice de la longitud del pico presentó diferencias significativas por zona y nivel de marea ($F_{3, 96} = 4.39$, $P = 0.006$). Las zonas III y IV son utilizadas por individuos con índices relativamente más grandes en el nivel de marea 300 que en el nivel 800 (Figura 14). Así también se encontraron diferencias estacionales significativas ($F_{1, 96} = 22.90$, $P < 0.0001$), teniendo durante la invernación a los individuos con índices más grandes.

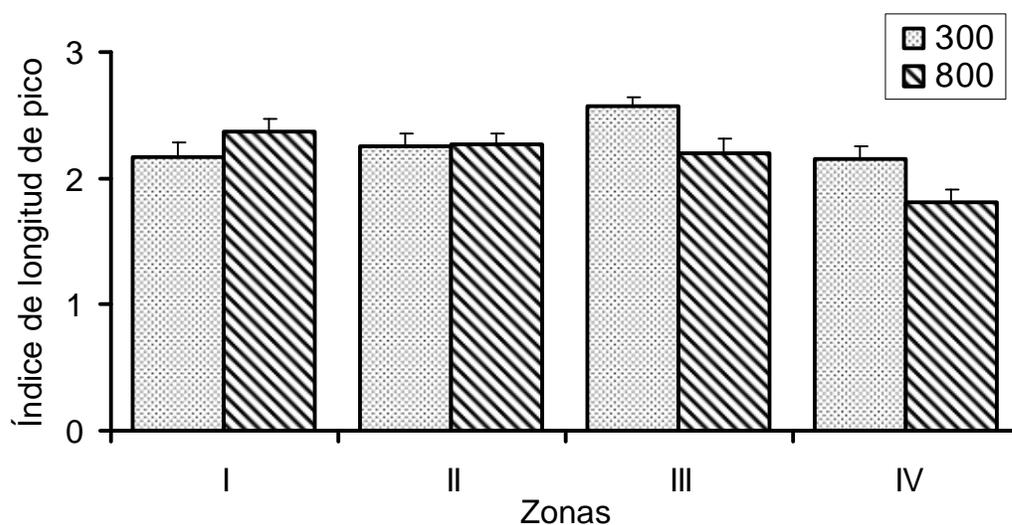


Figura 14. Índice de longitud de pico (media ponderada \pm ES) de *Numenius phaeopus* en función de la zona y el nivel de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva.

Para *N. americanus* se observó que el índice de la longitud del pico fue significativamente diferente por zona ($F_{3, 88} = 3.09$, $P = 0.03$). Los individuos en la zona III (5.1 ± 0.3) tuvieron el índice más grande, mientras que en la zona II

tuvieron el índice más pequeño (4.2 ± 0.3), sin diferencias en las zonas I y IV (4.6 ± 0.4 y 4.9 ± 0.4 , respectivamente).

Para *L. fedoa* el índice de la longitud del pico presentó diferencias estacionales significativas ($F_{2, 113} = 3.34$, $P = 0.03$). Los individuos con índice más grande se observaron durante la migración al sur y la invernación (2.6 ± 0.1 y 2.7 ± 0.1 , respectivamente) e individuos de índice relativamente más pequeño durante la migración al norte (2.2 ± 0.2). Las demás interacciones de tres y dos vías así como en los factores por si solos no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.06$).

9.3. Dieta

9.3.1. Disponibilidad de alimento

Las presas potenciales encontradas en la muestras de sedimento del estero de Urías fueron anélidos (21 familias de poliquetos, oligoquetos y phoronidos), almejas, cangrejos, algunos peces y camarones (Tabla V, Anexo 5). De los organismos encontrados, los anélidos comprendieron el 92.6%, seguido de las almejas con un 6.3% mientras que los demás grupos representaron menos del 0.6% (Tabla V). Todos los grupos de invertebrados se distribuyeron principalmente en los primeros 10 cm del sustrato; sólo las almejas presentaron sus mayores abundancias entre los 10 y 20 cm (Tabla V). Debido a que los anélidos fue un grupo muy diverso y abundante, se presenta su distribución en el área de estudio por zona y profundidad agrupándolos en intervalos de talla. Los anélidos

presentaron sus mayores abundancias en la zona I y las menores en la zona III (Figura 15). De manera general, los anélidos fueron más abundantes en los primeros 10 cm del sustrato en ambos niveles de marea, sólo en la zona II en el nivel 800 se encontraron entre los 20 y 30 cm de profundidad (Figura 15).

También se determinó la densidad de cangrejos del género *Uca* en la superficie de los sitios de alimentación. La densidad media fue de 17 inds/m², teniendo las mayores densidades en el nivel de 300 que en el de 800; la zona III presentó densidades las menores de cangrejos en ambos niveles de marea (Tabla VI).

Tabla V: Porcentaje medio de individuos bentónicos (media \pm error estándar) encontrados en los cuatro núcleos tomados para cada zona separándolos en tres profundidades (0 a 10cm = 10, 10 a 20cm = 20 y 20 a 30cm = 30) en el estero de Urías, Sinaloa, México en marzo del 2008.

Zonas	I			II			III		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Almejas	0.67 \pm 0.3	1.62 \pm 0.2	0.29 \pm 0.1	0.29 \pm 0.1	0.57 \pm 0.2	0.10	1.05 \pm 0.4	1.72 \pm 0.4	0.00
Cangrejos	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.19 \pm 0.1	0.00
Anélidos	44.32 \pm 4.8	2.87 \pm 1.0	0.76 \pm 0.1	13.94 \pm 6.3	10.60 \pm 5.2	4.97 \pm 2.4	14.04 \pm 2.4	1.15 \pm 0.5	0.00
Peces	0.19 \pm 0.1	0.00	0.00	0.19 \pm 0.1	0.00	0.00	0.19 \pm 0.1	0.00	0.00
Camarones	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	45.37	4.49	1.05	14.42	11.17	5.06	15.38	3.06	0.00

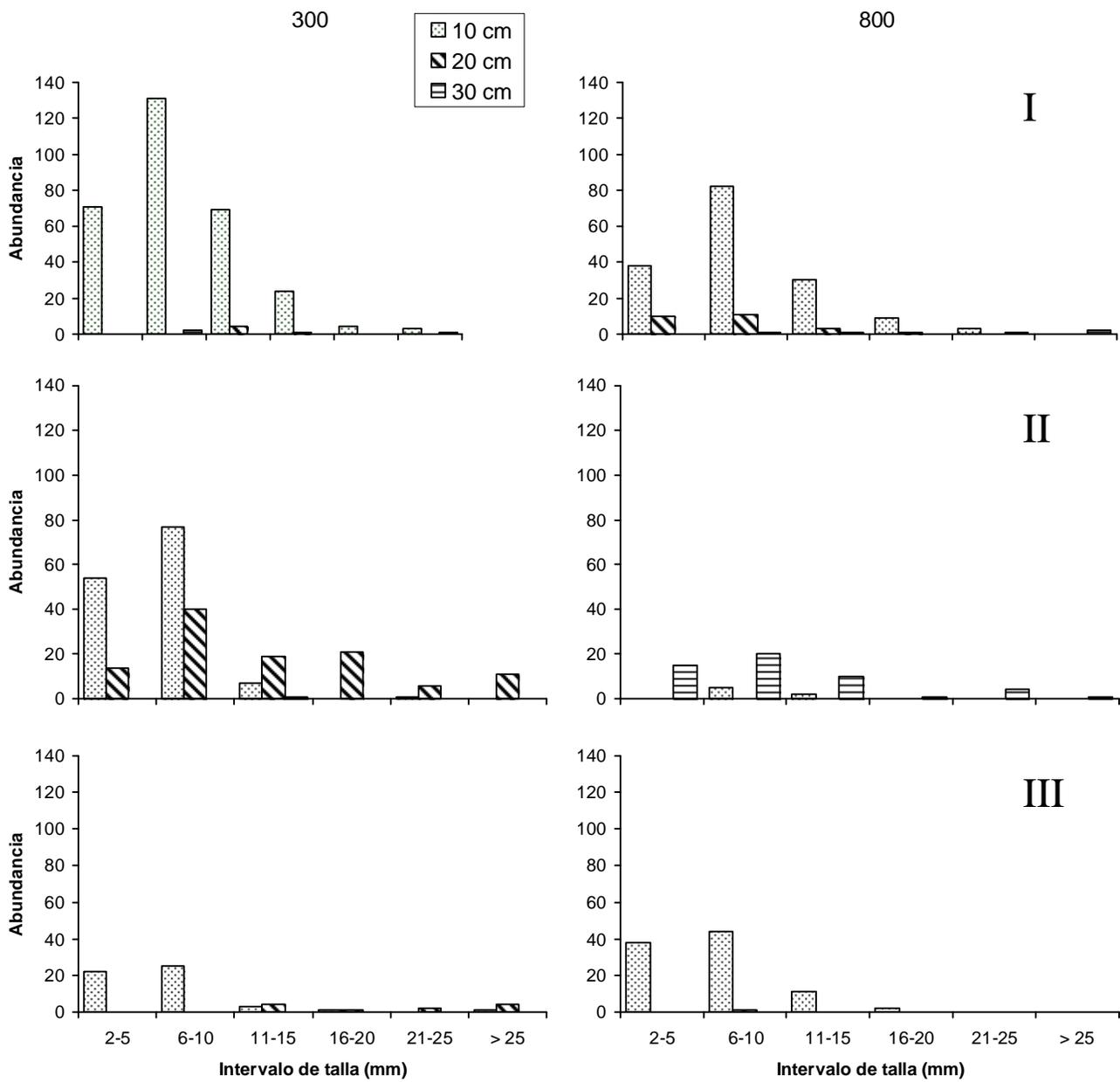


Figura 15. Distribución de los anélidos por intervalos de tallas en el área de estudio en cuanto a nivel de marea (300 y 800), zona (I, II y III) y profundidad, en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva 2007-2008.

Tabla VI. Densidad media (media \pm error estándar) de cangrejos del género *Uca* (individuos/m²) de los cinco cuadrantes de 1m² que se realizaron para cada zona y nivel de marea en el estero de Urías, Sinaloa, México, durante la temporada no-reproductiva 2007-2008.

Nivel de marea	Zona		
	I	II	III
300	23 \pm 2.5	25 \pm 7.0	12 \pm 3.4
800	16 \pm 3.3	24 \pm 4.9	12 \pm 3.8

9.3.2. Selección de presas

9.3.2.1. Análisis de heces

Para *N. phaeopus* y *N. americanus* sólo se encontraron partes de exoesqueletos pertenecientes a cangrejos, aunque no se pudo identificar la especie, ni el número de individuos ingeridos. En cuanto a *L. fedoa*, no se pudieron identificar partes de las presas consumidas, solo se encontraron granos de arena y limo.

9.3.2.2. Observaciones directas

Se observaron 97 individuos de *N. phaeopus*, los cuales consumieron 187 presas y de las cuales se identificaron el 53.5%. Para *N. americanus* se observaron 92 individuos quienes consumieron un total de 184 presas y de las cuales se identificaron el 59.8%. Se observaron 121 individuos de *L. fedoa*, los

cuales consumieron 2,166 presas, pero solo se pudo identificar el 2.1%. La identificación de presas estuvo en función de la distancia o que fueron organismos pequeños, especialmente para el caso de *L. fedoa*.

De los grupos de invertebrados identificados, *N. phaeopus* consumió únicamente cangrejos del género *Uca* (99.0%). Los individuos de *N. americanus* consumieron cangrejos del género *Uca* y almejas principalmente, (79.1% y 20.9% respectivamente). De las pocas presas que pudieron ser identificadas para *L. fedoa*, los anélidos fueron los más representados con un 88.3% y el otro 11.7% estaba compuesto por algas del género *Ulva* (Tabla VII).

Tabla VII: Porcentaje de presas identificadas consumidas por *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* durante las observaciones de conducta en el estero de Urías, Sinaloa México, durante una temporada no-reproductiva.

Presas	<i>N. phaeopus</i>	<i>N. americanus</i>	<i>L. fedoa</i>
Cangrejos	99.0	79.1	0.0
Almejas	0.0	20.9	0.0
Anélidos	0.0	0.0	88.3
Otros	1.0	0.0	11.7

Para *N. phaeopus* no se observaron diferencias significativas en el consumo de cangrejos por zona, tipo y nivel de marea (todas las interacciones y factores considerados: $P > 0.08$). Para *N. americanus* no se encontraron diferencias significativas en el consumo de almejas (todas las interacciones y

factores considerados: $P > 0.07$), ni en el consumo de cangrejos (todas las interacciones y factores: $P > 0.29$), solo se observó que la especie consumió una mayor proporción de cangrejos en el otoño en comparación al invierno ($F_{2,88} = 0.79$, $P = 0.04$; 0.64 ± 0.10 vs. 0.34 ± 0.05). En *L. fedoa* se observó un patrón similar; el consumo de anélidos no fue afectado por las interacciones de zona, tipo y nivel de marea (interacciones: $P > 0.17$), pero se observó un mayor consumo de anélidos en el nivel de marea de 300 en comparación al de 800 ($F_{1,113} = 9.66$, $P = 0.003$; 0.18 ± 0.03 vs. 0.08 ± 0.04) y en el otoño en comparación al invierno ($F_{2,113} = 7.40$, $P = 0.001$; 0.20 ± 0.04 vs. 0.08 ± 0.03).

9.3.2.3. Relación de la longitud del culmen y tamaño de presa

La correlación entre la longitud del culmen y el tamaño de presa solo se estimó para las dos especies de *Numenius*. El coeficiente de correlación de Pearson fue bajo en los dos casos: 0.19 para *N. phaeopus* y -0.07 para *N. americanus*. Solo para *N. phaeopus* existió una ligera relación positiva entre la longitud del pico y el tamaño de presa que consumen. Por otra parte, el tamaño promedio de los cangrejos consumidos entre ambas especies no fue significativamente diferente ($P > 0.9$), pero *N. americanus* consumió presas relativamente más grandes que *N. phaeopus* (0.94 ± 0.32 cm vs. 0.88 ± 0.29 cm). Por último, para *N. americanus* no encontró una diferencia en la relación longitud de pico y tipo de presa; en ambos casos la mediana fue de 5 respecto al índice de la longitud del pico.

10. Discusión

10.1. Densidad, distribución y uso de hábitat

Durante la época no-reproductiva es común encontrar grandes densidades de aves playeras alimentándose en diferentes tipos de hábitat costeros como son las playas arenosas, las marismas y las planicies lodosas. La abundancia y la distribución de las aves playeras en estos hábitats dependen de factores abióticos como la lluvia, el viento y la marea, así como de las características propias del hábitat y de cada especie (Tripp y Collazo 1997, Kober y Bairlein 2006, Jing *et al.* 2007).

De las cuatro especies estudiadas, *T. semipalmata* y *L. fedoa* presentaron las mayores densidades en el área de estudio. De las aves playeras de tamaño grande, estas especies son las más abundantes en los humedales costeros del Corredor Migratorio del Pacífico en Norteamérica durante la temporada no-reproductiva (Page *et al.* 1997, Gratto-Trevor 2000, Lowther *et al.* 2001), mientras que *N. phaeopus* y *N. americanus* presentan menores densidades (Skeel y Mallory 1996, Dugger y Dugger 2002).

Se encontraron diferencias en los patrones de distribución local y de densidad en función del nivel de marea entre las especies. Por una parte *T. semipalmata* y *L. fedoa* se distribuyeron de forma diferencial en el área de estudio, presentando sus mayores densidades en las zonas I y VI, especialmente en marea baja y alta respectivamente. Por otra parte, *N. phaeopus* y *N. americanus*

se distribuyeron de forma más homogénea en el área de estudio y no presentaron cambios drásticos en sus densidades en función de la marea. Estas diferencias se relacionan con los hábitos de las especies al momento de alimentarse (Granadeiro *et al.* 2006, Jing *et al.* 2007). Algunas especies, como *T. semipalmata* y *L. fedoa*, forman parvadas cuando se están alimentando y sus densidades aumentan en ciertas zonas de los sitios de alimentación. Otras especies, como *N. phaeopus* y *N. americanus*, se alimentan de forma solitaria, llegando a defender una zona específica de alimentación, lo que refleja una distribución uniforme pero con bajas densidades (Granadeiro *et al.* 2006, Jing *et al.* 2007).

El área de estudio fue utilizada principalmente como sitio de alimentación por las cuatro especies a lo largo de la temporada no-reproductiva. De manera general, las mayores densidades de aves playeras en los sitios de alimentación intermareales se presentan cuando la marea está bajando, que es cuando hay una mayor superficie expuesta disponible para la búsqueda y obtención de alimento (Zharikov y Skilleter 2002, Granadeiro *et al.* 2006). Sin embargo, otros factores como el nivel del agua, el ciclo de marea y el tipo de sustrato, pueden influir directamente en el comportamiento de las aves playeras e indirectamente en la disponibilidad de alimento (Ribeiro *et al.* 2004, Granadeiro *et al.* 2007). Por consecuencia, cada especie busca ciertas características o condiciones particulares que favorecen su obtención de alimento (Granadeiro *et al.* 2006, Jing *et al.* 2007). Es por eso que *T. semipalmata* y *L. fedoa* presentaron las mayores proporciones de individuos alimentándose en marea bajando y subiendo

respectivamente, lo que sugiere que estas especies están asociadas a la línea de marea. Por su parte *N. phaeopus* y *N. americanus* se alimentan en zonas expuestas y no presentaron diferencias en la proporción de individuos alimentándose en función de la marea.

Tomando en cuenta lo anterior, Granadeiro *et al.* (2006) clasificaron como “seguidoras” a las especies, como es el caso de *L. fedoa*, que se alimentan en parvada y están asociadas a la línea de marea sin importar si la marea sube o baja, las cuales presentan sus mayores densidades y proporciones de individuos alimentándose cuando la línea de marea esta en movimiento. También clasificaron como “no-seguidoras” aquellas especies que se alimentan de forma solitaria no asociadas a la línea de marea, como es el caso de *N. phaeopus* que espera a que el sustrato este totalmente expuesto o *N. americanus* que se alimenta tanto en el sustrato expuesto como dentro del agua en bajas profundidades, por lo que presentan sus mayores densidades y proporciones de individuos alimentándose durante la marea baja, lo que explicaría los cambios registrados en el estudio.

Se observaron cambios estacionales en las densidades y proporciones de individuos alimentándose durante la temporada no-reproductiva. En general las menores densidades y proporción de individuos alimentándose se registraron durante la migración al sur, aumentando conforme avanzó la temporada no-reproductiva, teniendo las mayores densidades y proporción de individuos alimentándose durante la invernación, para que posteriormente disminuyeran ligeramente durante la migración al norte. De manera general, la migración al sur

para las cuatro especies se da entre mediados del mes de junio y finales de septiembre siendo los adultos que fracasaron en su esfuerzo reproductivo y hembras los primeros en dejar las zonas de reproducción, seguidos de los machos y finalmente de los juveniles (Skeel y Mallory 1996, Gratto-Trevor 2000, Lowther *et al.* 2001, Dugger y Dugger 2002). Dichos movimientos diferenciales podrían explicar las bajas densidades encontradas en el área de estudio durante la migración al sur. Durante la época de invernación las aves playeras buscan alimento para sobrevivir, pero previo a la migración al norte el objetivo es aumentar su condición corporal y poder migrar (Iverson *et al.* 1996, Tripp y Collazo 1997), con lo que la alimentación es la prioridad sobre otras actividades (Metcalf y Furness 1984). Sin embargo, las variaciones en la proporción de individuos alimentándose pueden ser debido a otros factores, como cambios en la calidad del hábitat. Conforme la temporada no-reproductiva avanza, la alimentación de las aves playeras puede causar la disminución del stock de presas disponibles. En consecuencia las aves ajustan su comportamiento aumentando la proporción del tiempo dedicado a la alimentación.

10.2. Comportamiento durante la alimentación

Contrario a lo esperado, las tres especies (*N. phaeopus*, *N. americanus* y *L. fedoa*) utilizaron mayores proporciones de intentos superficiales durante la búsqueda de alimento. Es posible que la forma en que se evaluó el método de alimentación haya influido en este resultado. Un intento superficial fue aquel en que el individuo no introducía más de la tercera parte del pico y que la mayoría de

las presas disponibles en el área de estudio se localizan en la superficie y en los primeros 10 cm de sustrato. Por lo que, especies como *L. fedoa* que se alimentan introduciendo el pico en el sustrato, rara vez tendrían que sobrepasar una tercera parte de la longitud del pico para poder obtener sus presas, mientras que *N. phaeopus* y *N. americanus* se alimentaron principalmente de presas en la superficie.

Numenius phaeopus fue el típico depredador visual que, al observar a su presa a la distancia, corría y la capturaba con un movimiento superficial (Barbosa y Moreno 1999). En ocasiones esta especie optaba por “cazar” cangrejos del género *Uca*, vigilando el agujero en espera de su presa y la capturaba con un picotazo profundo. En la zona III se observó que los individuos de *N. phaeopus* tuvieron la proporción de intentos superficiales más baja en comparación a las otras zonas. Esto podría deberse a que la zona III es la primera zona en inundarse y la última en descubrirse por lo que la especie cuenta con poco tiempo para alimentarse en esa zona. En el caso de que decidiera permanecer en la zona alimentándose, tendría que modificar la forma de alimentarse lo que implicaría cambios en el método de alimentación que usa en sitios expuestos (Jing *et al.* 2007).

Limosa fedoa se comportó como un típico depredador táctil, que introduce el pico en el sustrato hasta sentir una presa y capturarla (Barbosa y Moreno 1999). Sólo en algunas ocasiones se le observó capturando presas de forma visual. A pesar de que ésta especie introducía el pico en el sustrato, generalmente no lo

introducía más de una tercera parte de su longitud por lo que se consideró que se alimentó principalmente mediante picotazos superficiales. Los individuos de *Limosa fedoa* alimentándose en la zona II presentaron la mayor proporción de intentos superficiales. Esto se podría deber a que las presas disponibles en dicha zona se encontraban en la porción superficial del sustrato y/o que aumentaban el esfuerzo durante la alimentación debido a que en esta zona es donde se presentaba la mayor densidad de individuos alimentándose y que *L. fedoa* presentó significativamente mayor tasa de consumo y éxito de captura en el área de estudio.

Por su parte *N. americanus* se comportó como un predador visual cuando se alimentaba principalmente de cangrejos en el lodo expuesto y como predador táctil cuando se alimentaba principalmente de almejas dentro del agua. Durante marea baja, la especie presentó una tasa de desplazamiento significativamente mayor y, aunque no fue significativo, un mayor éxito de captura. Lo anterior nos indica que la especie se beneficia más al alimentarse en zonas expuestas que en zonas inundadas a pesar de aumentar el esfuerzo durante la alimentación y que el alimentarse dentro del agua es una opción alterna a su método de alimentación, como fue observado por Jing *et al.* (2007)

De acuerdo a la clasificación de Granadeiro *et al.* (2006), *N. phaeopus* se comportó como una típica especie “no-seguidora” ya que se alimentó principalmente en el sustrato expuesto en marea baja. Este comportamiento explicaría la disminución en la proporción de intentos superficiales cuando la

marea subía y la proporción de sustrato expuesto disminuía. Por su parte, *N. americanus* que se alimenta tanto en zonas inundadas como expuestas y *L. fedoa* que se comporta como especie “seguidora” no mostraron variaciones en las proporciones de picotazos superficiales con el movimiento de la marea.

El incremento en la densidad respecto al individuo tiene efectos diferentes para las especies que se alimentan de forma solitaria o en parvadas. *N. phaeopus* y *N. americanus*, que son especies solitarias, aumentaron su tasa de búsqueda al aumentar la densidad de aves. Las especies que se alimentan de forma solitaria suelen ser depredadores visuales y un aumento en la densidad de individuos puede provocar una disminución de la eficiencia durante la alimentación, relacionada a la disminución en la cantidad de tiempo destinado para la localización y captura de alimento debido a un aumento en las interacciones agonísticas, o la disminución en la disponibilidad de presas por efecto directo o indirecto por la presencia de otros individuos (Young 1989, Jing *et al.* 2007). Por otro lado, *L. fedoa* disminuyó su tasa de desplazamiento y aumentó su tasa de consumo al encontrarse en parvadas con altas densidades. Para las especies que se alimentan de forma táctil y en parvadas, un aumento en las densidades de aves puede ser benéfico, ya que emplean menos tiempo en vigilancia y mas tiempo en alimentarse (Young 1989).

El incremento en las densidades de aves playeras en función del tipo y nivel de marea son resultado por la reducción en el área disponible para la alimentación cuando sube la marea (Connors *et al.* 1981, Nehls y Tiedemann 1993). Lo anterior

sugiere que los individuos están tratando de maximizar las oportunidades de alimentación previa a que las zonas intermareales estén totalmente inundadas.

Aspectos del microhábitat, como el tipo de sustrato y su penetrabilidad, determinan la disponibilidad de presas y la eficiencia alimentaria de las aves playeras (Granadeiro *et al.* 2006). El efecto de la interacción del nivel de marea y el microhábitat en el comportamiento de las aves playeras es diferente si obtienen el alimento de manera “visual” localizando a la presa en la superficie y corriendo hacia ella para capturarla o “táctil” introduciendo el pico de forma continua en el sustrato y capturando a la presa al sentirla (Barbosa y Moreno 1999, Jing *et al.* 2007). Se observó que *N. phaeopus*, especie que se alimenta principalmente de forma visual, recorrió mayores distancias en búsqueda de alimento cuando aumentó la proporción de lodo. Para *L. fedoa*, especie que se alimenta principalmente de forma táctil, el aumento en la profundidad de agua y la proporción de lodo expuesto afectó de forma negativa su alimentación, sugiriendo que es una especie asociada a la línea de marea. De forma intermedia *N. americanus* utilizó una menor proporción de intentos superficiales en sitios inundados, mientras que en sitios con lodo expuesto aumentó la proporción de intentos superficiales, con un menor esfuerzo de búsqueda y un aumento en el desplazamiento.

En cuanto a la longitud del pico y la alimentación en cada especie se observaron diferencias en el área de estudio. Si bien el grado de dimorfismo sexual es diferente entre las especies estudiadas, en general las hembras tienen

picos más largos que los machos (Skeel y Mallory 1996, Gratto-Trevor 2000, Lowther *et al.* 2001, Dugger y Dugger 2002). Individuos de *N. americanus* con pico más largo aumentaron su esfuerzo de búsqueda y disminuyeron su desplazamiento, aunque no se presentaron diferencias relacionadas a la longitud del pico en cuanto a la alimentación. Para *N. phaeopus* se observó que individuos con pico más largo fueron más comunes en mareas bajas. Contrario a lo esperado no se observó ninguna diferencia en *L. fedoa* a pesar de su marcado dimorfismo sexual en la longitud del pico. La diferencia en la longitud del pico en los organismos de la misma especie les permite diversificar los métodos de alimentación, el tamaño de las presas y los sitios de alimentación, reduciendo la competencia entre individuos y favoreciendo el uso diferencial de tipos de hábitat (Puttick 1981, Pierre 1994).

Las especies que conforman el grupo de las aves playeras se caracterizan por presentar migraciones diferenciales. Las hembras abandonan los sitios de reproducción primero que los machos y se quedan en las zonas más sureñas de sus rangos de distribución invernal, mientras que los machos inician la migración a los sitios de reproducción antes que las hembras y se distribuyen en zonas más norteñas (Thompson 1990, Skeel y Mallory 1996, Gratto-Trevor 2000). Durante el invierno, el área de estudio fue utilizada principalmente por individuos de pico largo de *N. phaeopus* y *L. fedoa*, lo que nos estaría indicando que el área de estudio esta ubicada dentro de la parte sur del rango de distribución de las especies. Así también, *L. fedoa* presentó mayores proporciones de individuos de

pico largo durante la migración al sur que, junto con lo encontrado en invierno para esta especie, reforzaría la idea de que el área de estudio se ubica dentro de la parte sur del intervalo de distribución de la especie.

10.3. Dieta

Los organismos del bentos representan el alimento principal de las aves playeras en las planicies de inundación (Kober y Bairlein 2006). El bentos del área de estudio se caracterizó por presentar una gran variedad de organismos, siendo los anélidos y los cangrejos del género *Uca* los más representados. Dentro de los anélidos, los poliquetos son de los organismos más comunes y abundantes en sustratos blandos. En muchas ocasiones, este grupo es el principal componente de la fauna bentónica tanto en diversidad de especies, como en número de individuos sobretodo en los primeros centímetros del sustrato (Méndez 2002, Díaz-Castañeda y Harris 2004). Es por eso que los poliquetos por su abundancia y su accesibilidad son una opción de alimento para las aves playeras. Las mayores abundancias de poliquetos encontradas en la zona I pueden estar relacionadas a que dicha zona se encuentra pegada al cuerpo del estero, lo que permite una mayor disponibilidad de nutrimentos que son consumidos por éstos organismos a diferencia de las zonas más internas del área de estudio (María Ana Tovar com. pers.). Por su parte, los cangrejos del género *Uca* son de los organismos más abundantes que se encuentran sobre los sustratos blandos asociados a sistemas de manglar (Hubbard 1983). De manera general éstos cangrejos están disponibles

a lo largo de todo el año en áreas tropicales (Mouton y Felder 1996) por lo que también representan una presa potencial para algunas especies de aves playeras.

Los resultados sobre la dieta fueron obtenidos principalmente a través de las presas identificadas durante las observaciones de conducta. Si bien este método es simple y permite tener una aproximación de la dieta de las aves, no se asegura que puedan identificarse todas presas que son capturadas. Lo anterior nos limitó a trabajar sólo con una parte de los datos, especialmente para *L. fedoa*. Aspectos como el tamaño de las presas capturadas y distancia del individuo, entre otros, dificultaron identificar las presas durante las observaciones de conducta. Por esta razón, es necesario tomar con cautela los resultados sobretodo para *L. fedoa*. Una alternativa que permitiría la identificación de las presas consumidas por ésta especie es el realizar grabaciones digitales a la menor distancia posible, para así poder analizarlas en el laboratorio a mayor detalle.

De las presas identificadas, los grupos consumidos fueron diferentes entre especies. En el caso de *N. phaeopus* fueron cangrejos del género *Uca*, para *N. americanus* fueron cangrejos del género *Uca* y almejas, y para *L. fedoa* fueron principalmente poliquetos. La importancia de estos grupos de invertebrados como presas para estas especies de aves playeras no se apartó del patrón general previamente reportado para sitios costeros (Skeel y Mallory 1996, Gratto-Trevor 2000, Dugger y Dugger 2002). En términos generales el consumo de los diferentes grupos de invertebrados puede reflejar su disponibilidad en el sustrato (Stenzel *et al*, 1976, Mouton y Felder 1996, Díaz-Castañeda y Harris 2004). Estos resultados

implican que las presas consumidas por *N. phaeopus* y *L. fedoa* son por elección, mientras que *N. americanus* presentó una estrategia más oportunista al consumir diferentes presas, de acuerdo a las condiciones de marea y disponibilidad de recursos.

También existieron algunas diferencias particulares en la proporción de presas consumidas por estaciones y nivel de marea. En el caso de *N. americanus* se observó un mayor consumo de cangrejos del género *Uca* durante el otoño. Estas variaciones estacionales pueden ser reflejo de al menos dos procesos: (i) variaciones en la abundancia y disponibilidad de cangrejos en el área de estudio y (ii) variaciones en los requerimientos fisiológicos de las aves debido a que la migración de los sitios de reproducción a los de invernada está en proceso. El hecho de que éstos cangrejos están disponibles a lo largo de todo el año contradice esta suposición (Mouton y Felder 1996). Por otro lado, durante el otoño se observaron las menores proporciones de individuos alimentándose, sin variaciones estacionales en el comportamiento durante la alimentación refuta la idea de una mayor demanda energética por la migración. No se cuenta con información directa sobre las variaciones estacionales en la abundancia de cangrejos, pero las fluctuaciones estacionales en los máximos y mínimos en la altura de marea pueden tener un efecto en la distribución y abundancia de cangrejos en la zona.

En el caso de *L. fedoa* se observaron variaciones estacionales y por nivel de marea en la proporción de poliquetos consumidos. De las presas consumidas,

un mayor porcentaje correspondió al grupo de los poliquetos en otoño y durante el nivel de marea de 300. Al igual que con *N. americanus*, las variaciones estacionales podrían ser influenciadas por variaciones en la abundancia de los poliquetos y en los requerimientos energéticos. Las diferencias por nivel de marea pueden ser consecuencia de que en marea baja sea más fácil capturar este tipo de presa (Dodd y Colwell 1998). Sin embargo, se observó que *L. fedoa* presentó un mayor éxito de captura en el nivel de 800 y que estuvo asociada a la línea del agua apoya la idea de que la especie se alimenta en sitios con aguas someras sin importar el nivel de marea (Recher 1966, Colwell 1993). Es probable que el tamaño de muestra este influenciando estos resultados. En el nivel de marea de 300 los sitios cubiertos por agua eran menores y en consecuencia pudiera ser más fácil identificar las presas capturadas en comparación a un nivel de 800, cuando la especie se estaba alimentando dentro del agua.

La relación entre la longitud del pico y tamaño de presa sólo se evaluó en las dos especies de *Numenius*. Solo en *N. phaeopus* se observó una ligera correlación positiva entre los tamaño del cúlmen y del cangrejo. Además, el tamaño medio de los cangrejos fue relativamente mayor en *N. americanus* que en *N. phaeopus*. Estos resultados apoyan la hipótesis de que las variaciones en la longitud del cúlmen en aves playeras determinan el método de alimentación, uso de hábitat y tamaño de la presa que consumen (Velázquez y Navarro 1993, Durell 2000). Aspectos como la caracterización cualitativa del tamaño del culmen y de la presa pudieran tener un efecto en la capacidad para detectar una relación

significativa entre estas variables. Además no se determinó la distribución de los cangrejos por tamaño en el área de estudio. Durante el trabajo de campo se observó que los cangrejos pequeños estaban cerca de la marisma y conforme se alejaba de la orilla el tamaño de los cangrejos aumentaba. Asimismo, este gradiente de tamaños pudiera influir en la capacidad para encontrar diferencias entre especies en una misma franja de planicie lodosa.

11. Conclusiones

1. La marea influyó en la densidad, la distribución y la utilización de hábitat de las aves playeras en el área de estudio, en función de la especie.
2. *Tringa semipalmata* y *Limosa fedoa* fueron gregarias, presentaron las mayores densidades y una distribución diferencial en el área de estudio.
3. En contraste con las especies anteriores, *Numenius phaeopus* y *N. americanus* fueron especies solitarias, con densidades bajas y una distribución homogénea.
4. El área de estudio fue utilizada principalmente como sitio de alimentación por las cuatro especies estudiadas.
5. El movimiento de marea y la estacionalidad influyeron en el comportamiento alimenticio de las especies. En particular *T. semipalmata* presentó las mayores proporciones de individuos alimentándose en marea bajando y *L. fedoa* en marea subiendo, así como un aumento en las proporciones de individuos alimentándose conforme avanzó la temporada.

6. *Numenius phaeopus*, *N. americanus* y *Limosa fedoa* se alimentaron principalmente de forma superficial presentando variaciones relacionadas a la zona, marea y estación. Sin embargo, es muy probable que la forma de evaluar el método de alimentación haya influido en la sobrevaloración de los intentos superficiales.
7. Las dos especies de *Numenius* se comportaron como especies no-seguidoras. *N. phaeopus* se alimentó en zonas totalmente expuestas y *N. americanus* en zonas recientemente expuestas o recientemente inundadas.
8. *Limosa fedoa* fue la típica especie seguidora, alimentándose asociada a la línea de marea.
9. El microhábitat utilizado por cada especie fue diferente. *N. phaeopus* se alimentó en sitios totalmente expuestos, *N. americanus* en sitios recientemente expuestos o recientemente cubiertos y *L. fedoa* en sitios con agua somera asociados a la línea de marea.
10. La longitud del pico no influye en el comportamiento alimenticio, pero si en la distribución de *N. phaeopus* y *N. americanus* y en el tamaño de presa que consumen éstas especies.
11. En el área de estudio, los anélidos fueron el grupo más representado de la endofauna, mientras que en la superficie fueron los cangrejos del género *Uca* los más representados. Ambos grupos constituyeron parte importante de la dieta de las especies.

12. El aumento en el consumo de cangrejos y anélidos por *N. americanus* y *L. fedoa* (respectivamente) durante el otoño puede estar relacionado a una menor disponibilidad de otro tipo de presas incluidas en sus dietas.

13. Las diferencias entre *N. phaeopus*, *N. americanus* y *L. fedoa* en la distribución local, uso de hábitat y presas consumidas sugiere que el grado de competencia entre estas especies se reduce de manera importante.

12. Sugerencias para trabajos futuros

En el presente trabajo se pudo ver que la densidad, la abundancia y el uso de hábitat de las aves playeras está en función principalmente de la especie, así como de un conjunto de factores tanto bióticos como abióticos y, tomando en cuenta los pocos estudios que se han realizado en México referentes a este tema y grupo biológico, se sugiere:

ü Evaluar la calidad de los humedales que son utilizados por las aves playeras en términos de su disponibilidad a través del tiempo, así como la disponibilidad y la abundancia de alimento.

ü Realizar estudios sobre la densidad, la distribución y el uso de hábitat de las aves playeras en diversos humedales de la región y del País, para intentar conocer la situación actual de este grupo.

ü Relacionar la información obtenida en estudios en otros sitios y países para así poder, estructurar un plan de conservación de los sitios y de las especies no sólo a nivel local o regional sino también a nivel global debido a que

al ser especies migratorias la conservación de humedales locales o regionales no sería suficiente para garantizar la conservación de las especies.

13. Literatura citada

Álvarez-León, R. 1977. Estudio hidrobiológico de los Esteros del Astillero, Urías y La Sierra, adyacentes a Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de Maestría, Universidad Nacional autónoma de México, DF. 131 p.

American Ornithologist's Union (A.O.U.). 1998. Check-list of North American Birds. 6th ed. American Ornithologist's Union, Washington, D.C. 877p.

Barbosa, A. y E. Moreno. 1999. Evolution of foraging strategies in shorebirds: an ecomorphological approach. *Auk* 116: 712-725.

Barranco, R. J. E. 2000. Variación espacio y temporal de la comunidad de copépodos planctónicos en relación con las condiciones ambientales en el estero Urías (1998-1999) Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Mazatlán, Sinaloa, México.

Both, C., P. Edelaar y W. Renema. 2003. Interference between the sexes in foraging Bar-tailed Godwits *Limosa lapponica*. *Ardea* 91: 268-272.

Brown, J. L. 1964. The evolution of diversity in avian territorial systems. *Wilson Bulletin* 76: 160-169.

- Burger, J. 1984. Shorebirds as marine animals. 5: 17-82. En: J. Burger y B. L. Olla (Eds.). Behavior of Marine Animals. Plenum Press. New York.
- Clark, K. E., L. J. Niles y J. Burger. 1993. Abundance and distribution of migrant shorebirds in Delaware Bay. Condor 95: 694-705.
- Colwell, M. A. 1993. Shorebird community patterns in a seasonally dynamic estuary. Condor 95: 104-114.
- Colwell, M. A. y R. L. Mathis. 2001. Seasonal variation in territory occupancy of non-breeding Long-billed Curlews in intertidal habitats. Waterbirds 24: 208-216.
- Connors, P. G., J. P. Myers, C. S. W. Connors y F. A. Pitelka. 1981. Interhabitat movements by Sanderlings in relation to foraging profitability and the tidal cycle. Auk 98: 49-64.
- Cresswell, W. y D. P. Whitfield. 1994. The effects of raptor predation on wintering wader populations at the Tynninghame estuary, southeast Scotland. Ibis 136: 223-232.
- Díaz-Castañeda, V. y L. H. Harris. 2004. Biodiversity and structure of the polychaete fauna from soft bottoms of Bahía Todos Santos, Baja California, México. Deep-Sea Research 51: 827-847.

- Dugger, B. D. y K. M. Dugger. 2002. Long-billed Curlew (*Numenius americanus*). No. 628. In: A. Poole y F. Gill (Eds.). The Birds of North America. The Academy of natural Sciences of Philadelphia. Washington, D. C. The American Ornithologists Union.
- Dodd, S. L. y M. A. Colwell. 1998. Environmental correlates of diurnal and nocturnal foraging patterns of nonbreeding shorebirds. *Wilson Bulletin* 110: 182-189.
- Durell, S. E. A. Le V. dit. 2000. Individual feeding specialization in shorebirds: population consequences and conservation implications. *Biological Reviews* 75: 503-518.
- Fernández, G. y D. B. Lank. 2008. Effects of habitat loss on shorebirds during the non-breeding season: current knowledge and suggestions for action. *Ornitología Neotropical* 19: 633-640.
- Finn, P. G., C. P. Catterall y P. V. Driscoll. 2007. Determinants of preferred intertidal feeding habitat for Eastern Curlew: A study at two spatial scales. *Austral Ecology* 32: 131-144.
- García, G. M. U. 1999. Las raíces de mangle rojo *Rhizophora mangle* como hábitat para isópodos (Crustácea: Peracarida: Isopoda) en el sistema estuarino Urías, Sinaloa. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Mazatlán, Sinaloa, México.

- Granadeiro, J. P., M. P. Dias, R. C. Martins y J. M. Palmerim. 2006. Variation in numbers and behaviour of waders during the tidal cycle: implications for the use of stuarine sediment flats. *Acta Oecologica* 29: 293-300.
- Granadeiro, J. P., C. D. Santos, M. P. Dias y J. M. Palmeirim. 2007. Environmental factors drive habitat partitioning in birds feeding in intertidal flats: implications for conservation. *Hydrobiologia* 587: 291-302.
- Gratto-Trevor, C. L. 2000. Marbled Godwit (*Limosa fedoa*): No. 492. In: A. Poole y F. Gill (Eds.). *The Birds of North America*. The Academy of natural Sciences of Philadelphia. Washington, D. C. The American Ornithologists Union.
- Hubbard, Z. A. 1983. Estudio de los crustáceos decápodos y moluscos en el estero de Urías, puerto de Mazatlán, Sinaloa, en relación con la presencia del mangle. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Guadalajara. 83p.
- Iverson, G. C., S. E. Warnock, R. W. Butler, M. A. Bishop y N. Warnock. 1996. Spring migration of western sandpipers along the pacific coast of North America: a telemetry study. *Condor* 98: 10-21.
- Jing, K., Z. Ma, B. Li, J. Li y J. Chen. 2007. Foraging strategies involved in habitat use of shorebirds at the intertidal area of Chongming Dongtan, China. *Ecology Research* 22: 559-570.

- Kober, K. y F. Bairlein. 2006. Shorebirds of the Bragantian Peninsula I. Prey availability and shorebird consumption at a tropical site in northern Brazil. *Ornitología Neotropical* 17: 531-548.
- Lank, D. B. y R. C. Ydenberg. 2003. Death and danger at migratory stopovers: problems with "predation risk". *Journal of Avian Biology* 34: 225-228.
- Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification. Pp. 182-215. *In*: Wiley, R. ed. *Estuarine processes*. Academic Press, New York. 428 p.
- Leeman, L. W., M. A. Colwell, T. S. Leeman y R. L. Mathis. 2001. Diets, energy intake, and kleptoparasitism of nonbreeding Long-billed Curlews in a northern California Estuary. *Wilson Bulletin* 113: 194-201.
- Lima, S. L. y L. M. Dill. 1990. Behavioral decision made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology* 68: 619-640.
- Lowther, P. E., H. D. Douglas, L. Gratto-Trevor y C. L. Gratto-Trevor. 2001. Willet (*Catoptrophorus semipalmatus*). No. 579. *In*: A. Poole y F. Gill (Eds.). *The Birds of North America*. The Academy of natural Sciences of Philadelphia. Washington, D. C. The American Ornithologists Union.

- Maimone-Celorio, M. R. y E. Mellink. 2003. Shorebirds and benthic fauna of tidal mudflats in Estero de Punta Banda, Baja California, México. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 102:26-38.
- Maurer, B. A. 1984. Interference and exploitation in bird communities. *Wilson Bulletin* 96: 380-395.
- Méndez, N. 2002. Annelid assemblages in soft bottoms subjected to human impact in the Urías estuary (Sinaloa, Mexico). *Acta Oceanologica* 25: 139-147.
- Metcalf, N. B. y R. W. Furness. 1984. Changing priorities: the effect of pre-migratory fattening on the trade-off between foraging and vigilance. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 15: 203-206.
- Mouton, E. C. Jr. y D. L. Felder. 1996. Burrow distributions and population estimates for the fiddler crabs *Uca spinicarpa* and *Uca longisignalis* in a Gulf of Mexico salt marsh. *Estuaries* 19: 51-61.
- Múrias, T. S., J. A. Cabral, R. J. Lopes, M. Pardal, J. C. Marques y J. Goss-Custard. 2005. Competition for feeding waders: a case study in an estuary of south temperate Europe (Mondego, Portugal). *Hydrobiologia* 544: 155-166.

- Myers, J. P., R. I. G. Morrison, P. Z. Antas, B. A. Harrington, T. E. Lovejoy, M. Sallaberry, S. L. Senner y A. Tarak. 1987. Conservation strategy for migratory species. *American Scientist* 75: 19-26.
- Nehls, G. y R. Tiedemann. 1993. What determines the densities of feeding birds on tidal flats? A case study on Dunlin, *Calidris alpina*, in the Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 31: 375-384.
- Ochoa, I. M. J. 1999. Composición y distribución de macroalgas en el sistema lagunar de Urías (Mazatlán, Sinaloa, México): variación estacional de la biomasa en relación con la disponibilidad de nutrientes y algunos factores ambientales. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Mazatlán, Sinaloa, México.
- Page, G. W., E. Palacios, L. Alfaro, S. Gonzalez, L. E. Stenzel y M. Jungers. 1997. Numbers of wintering shorebirds in coastal wetlands of Baja California, Mexico. *Journal of Field Ornithology* 68: 562-574.
- Paulson, D. 1993. Shorebirds of the northwest. University of Washington Press, Seattle. En: Skeel, M. A. y E. P. Mallory. 1996. Whimbrel (*Numenius phaeopus*). No. 219. In: A. Poole y F. Gill (Eds.). *The Birds of North America*. The Academy of natural Sciences of Philadelphia. Washington, D. C. The American Ornithologists Union.

- Pierre, J. P. 1994. Effects of sexual dimorphism on feeding behaviour of the bar-tailed godwit (*Limosa lapponica*) at a southern hemisphere wintering site. *New Zealand Natural Science* 21: 109-112.
- Puttick, G. M. 1981. Sex-related differences in foraging behaviour of Curlew Sandpipers. *Ornis Scandinavica* 12: 13-17.
- Recher, H. F. 1966. Some aspects of the ecology of migrant shorebirds. *Ecology* 47: 393-407.
- Ribeiro, P. D., O. O. Iribarne, D. Navarro y L. Jaureguy. 2004. Environmental heterogeneity, spatial segregation of prey, and the utilization of southwest Atlantic mudflats by migratory shorebirds. *Ibis* 146: 672-682.
- SAS Institute. 2005. JUMP IN version 6.0. SAS Institute, Inc. Cary, South Carolina.
- Secretaría de Marina. 1974. Estudio geográfico de la región de Mazatlán, Sinaloa. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. México, DF. 353 p.
- Skagen, S. K. 1997. Stopover ecology of transitory populations: the case of migrant shorebirds. *Ecological Studies* 125: 244-269.
- Skagen, S. K. y F. L. Knopf. 1993. Toward conservation of midcontinental shorebird migration. *Conservation Biology* 7: 533-541.

Skeel, M. A. y E. P. Mallory. 1996. Whimbrel (*Numenius phaeopus*). No. 219. In: A. Poole y F. Gill (Eds.). The Birds of North America. The Academy of natural Sciences of Philadelphia. Washington, D. C. The American Ornithologists Union.

Soto-Jiménez, M. F. 1998. Distribución y concentración de los metales pesados en los sedimentos del puerto de Mazatlán y áreas adyacentes: su normalización y fraccionamiento geoquímica. Tesis de Maestría, Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma Nacional de México, Mazatlán, Sin. 245 p.

Stenzel, L. E., H. R. Huber y G. W. Page. 1976. Feeding behavior and diet of the Long-billed Curlew and Willet. *Wilson Bulletin* 88: 314-332.

STATSOFT. 2002. STATISTICA for Windows version 6.0. StatSoft Inc. Tulsa, Oklahoma.

Thompson, J. 1990. The sex and age-related distribution of Bar-tailed Godwits in Moreton Bay, Queensland, during the northward migration. *Emu* 90: 169-174.

Tripp, K. J. y J. A. Collazo. 1997. Non-breeding territoriality of Semipalmated Sandpipers. *Wilson Bulletin* 109: 630-642.

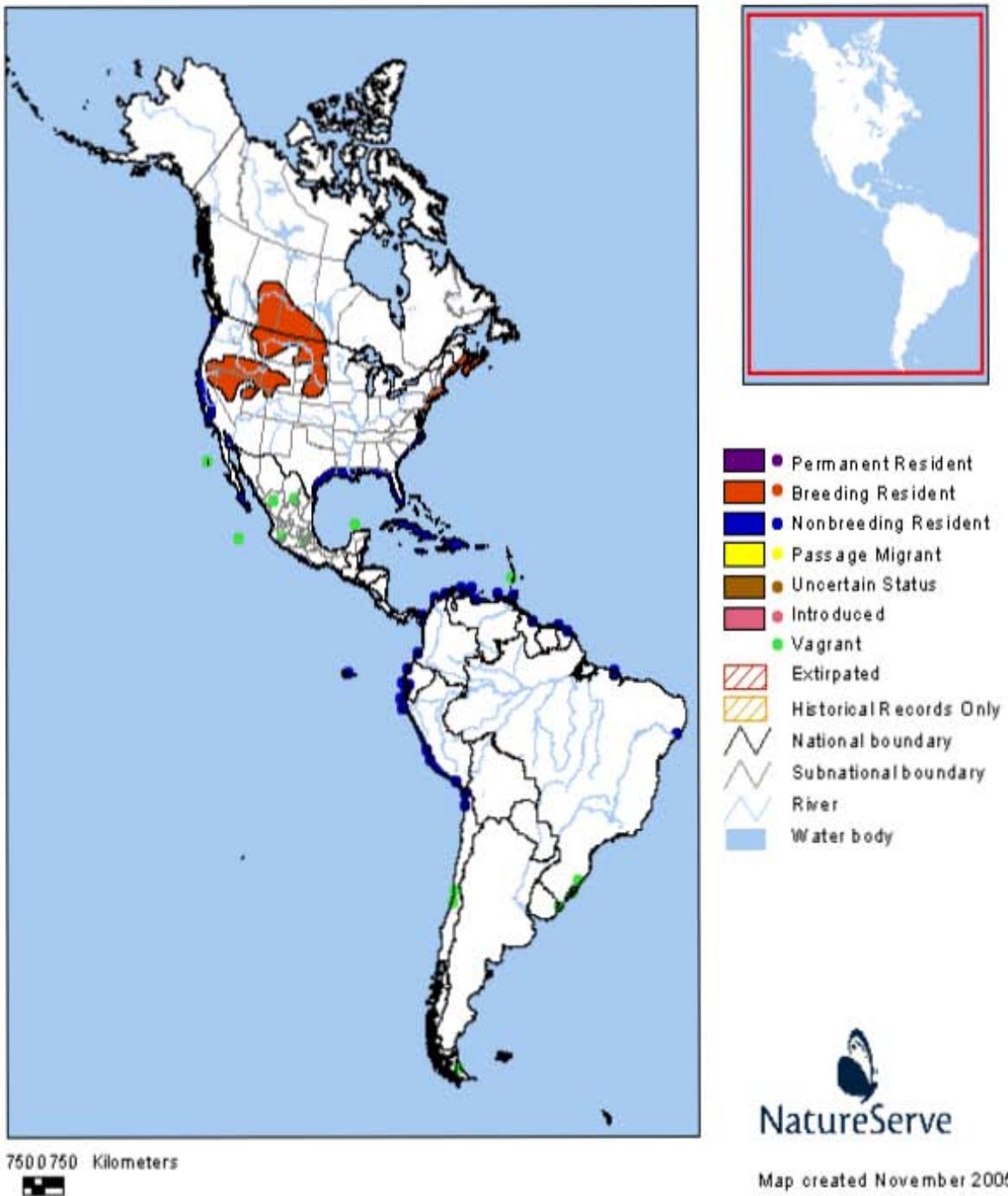
- Vahl, W. K., T. Lok, J. van der Meer, T. Piersma y F. J. Weissing. 2005. Spatial clumping of food and social dominance affect interference competition among ruddy turnstones. *Behavioral Ecology* 16: 834-844.
- Velásquez, C. R. y R. A. Navarro. 1993. The influence of water depth and sediment type on the foraging behavior of Whimbrels. *Journal of Field Ornithology* 64: 149-157.
- Villalba-Loera, A. 1986. Descripción general del estero de Urías, Mazatlán, Sinaloa. *Revista de Ciencias del Mar* 8: 32-37.
- Warnock, N. 1994. Biotic and abiotic factors affecting the distribution and abundance of wintering population of Dunlin. Tesis Doctoral. University of California and San Diego State University. San Diego, California. 145p.
- Warnock, N., G. W. Page y B. K. Sandercock. 1997. Local survival of Dunlin wintering in California. *Condor* 99: 906-915.
- Ydenberg, R. C., R. W. Butler, D. B. Lank, C. G. Guglielmo, M. Lemon y N. Wolf. 2002. Trade-offs, condition dependence and stopover site selection by migrating sandpipers. *Journal of Avian Biology* 34: 47-55.
- Young, A. D. 1989. Spacing behavior of visual- and tactile-feeding shorebirds in mixed-species groups. *Canadian Journal of Zoology* 67: 2026-2028.

Zharikov, Y. y G. A. Skilleter. 2002. Sex-specific intertidal habitat use in subtropically wintering Bar-tailed Godwits. *Canadian Journal of Zoology* 80: 1918-1929.

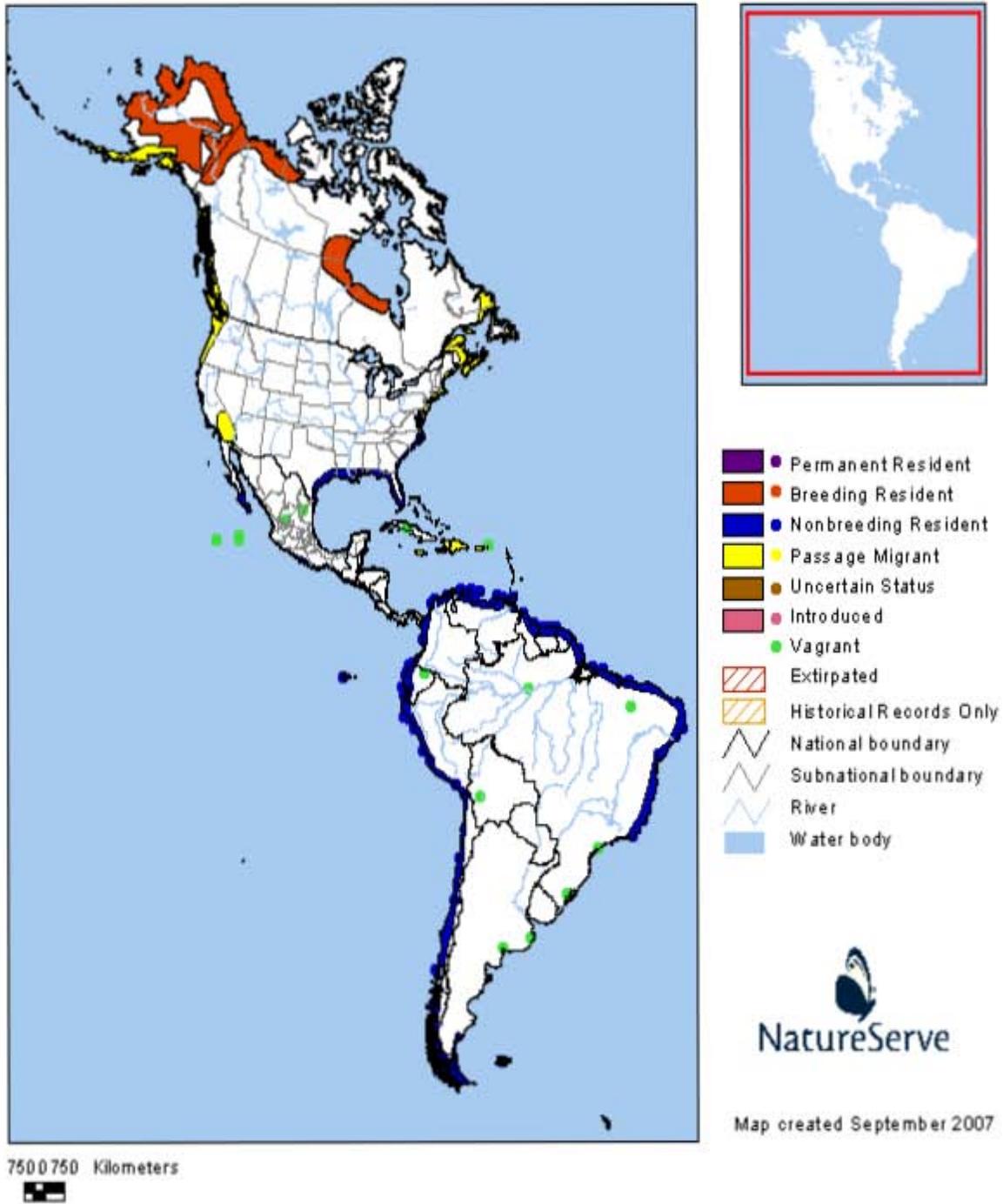
Zharikov, Y. y G. A. Skilleter. 2003. Nonbreeding Eastern Curlews *Numenius madagascariensis* do not increase the rate of intake or digestive efficiency before long-distance migration because of an apparent digestive constraint. *Physiological and Biochemical Zoology* 76: 704-715.

14. Anexos

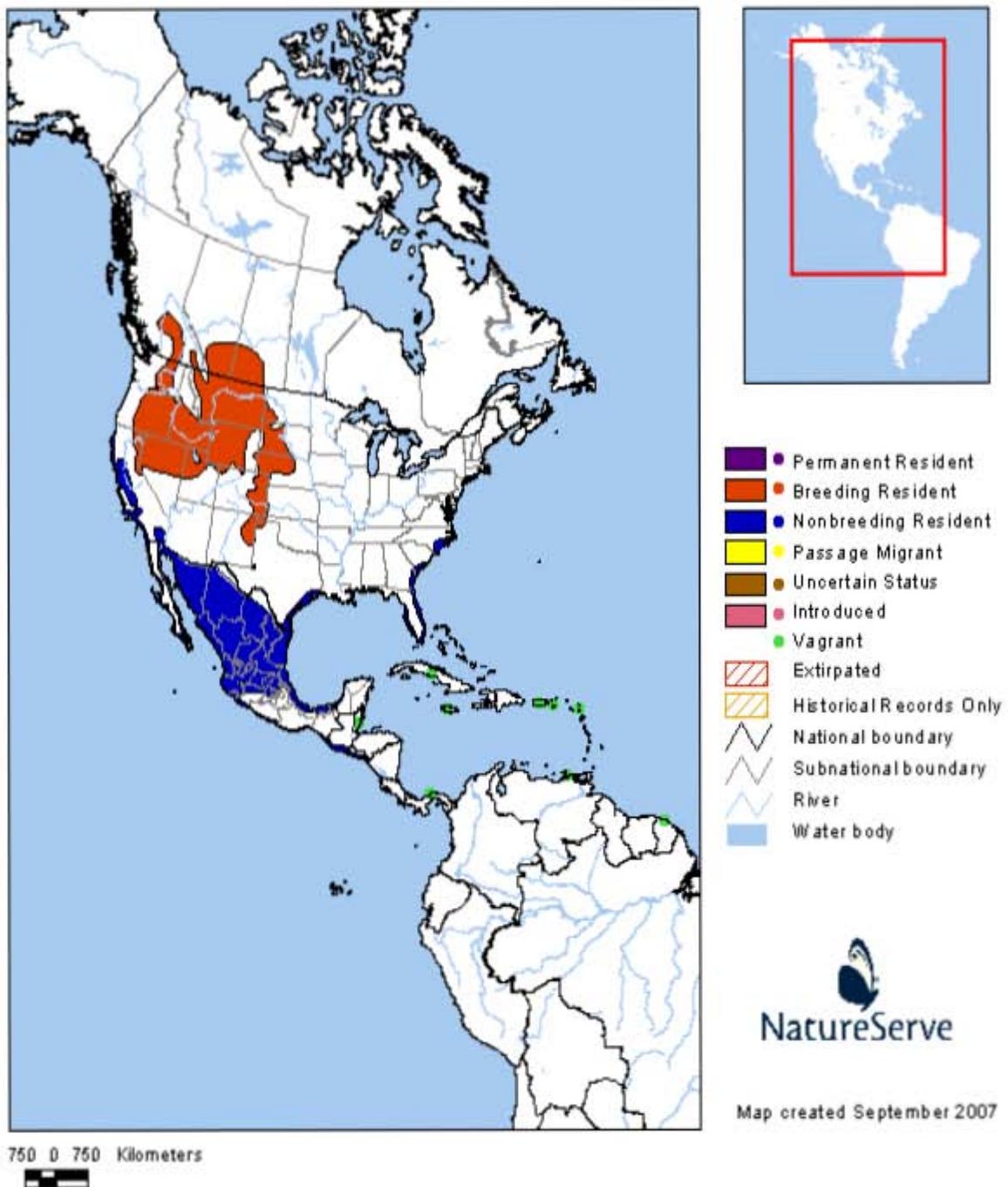
Anexo 1. Mapa de la distribución de *Tringa semipalmata* en el Continente Americano.



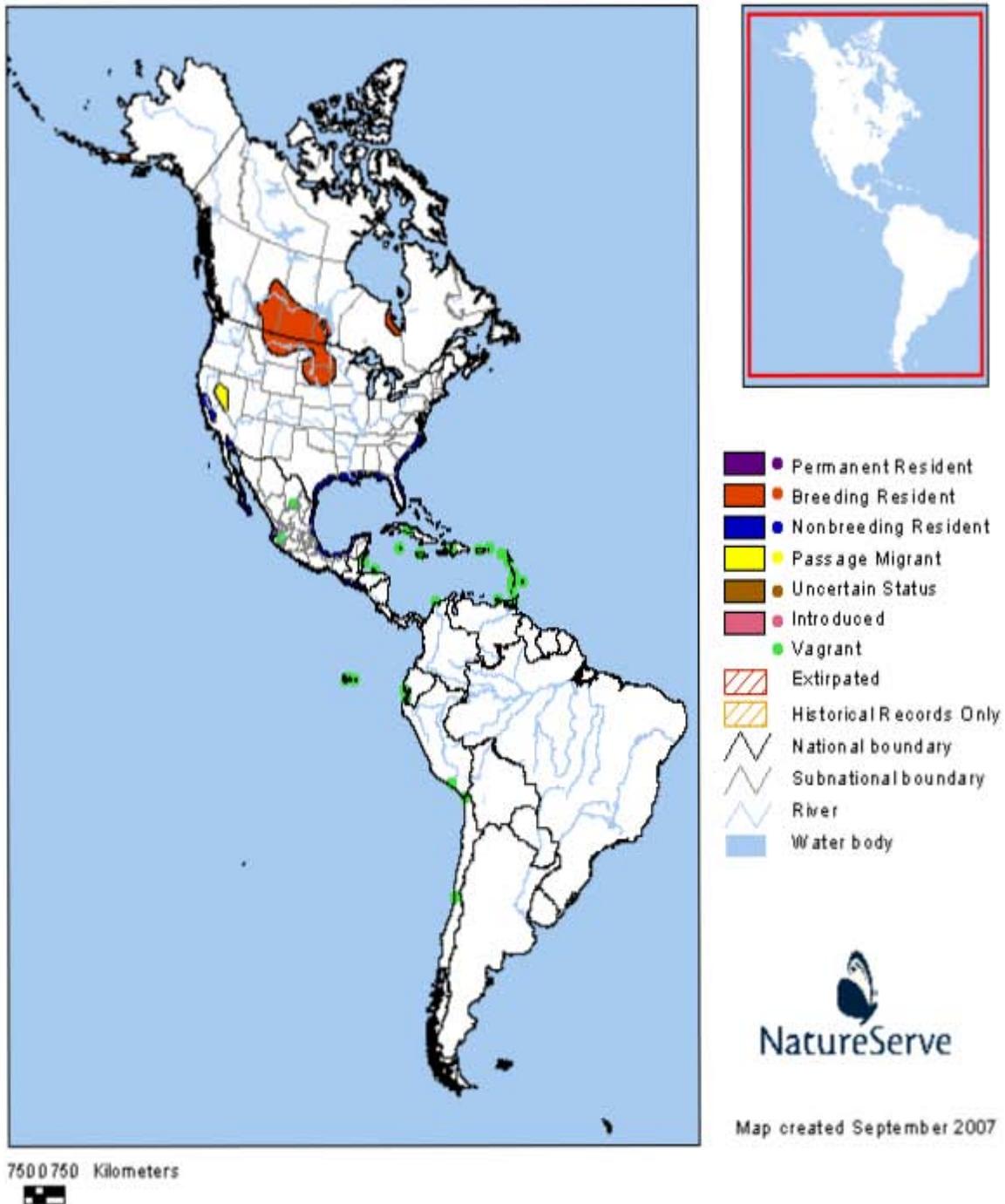
Anexo 2. Mapa de la distribución de *Numenius phaeopus* en el Continente Americano.



Anexo 3. Mapa de la distribución de *Numenius americanus* en el Continente Americano.



Anexo 4. Mapa de la distribución de *Limosa fedoa* en el Continente Americano.



Anexo 5. Presencia de invertebrados en las tres zonas del área de estudio. Se incluyen las muestras recolectadas por núcleos y cuadrantes.

	Especies	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Moluscos	<i>Tagelus affinis</i>	x	x	x
	<i>Corbula</i> sp.	x		
Crustáceos	<i>Uca</i> sp.	x	x	x
	<i>Pinnixa valeri</i>	x		x
	Familias			
Poliquetos	Capitelidae	x	x	x
	Cirratulidae	x		x
	Cossoridae		x	
	Dorbilaidae	x	x	
	Glyceridae	x	x	x
	Hescionidae	x	x	
	Longosomatidae	x	x	x
	Maldanidae	x	x	
	Nephtyidae		x	x
	Nereidae	x	x	x
	Oeononidae	x	x	
	Onuphidae	x		x
	Ophelidae		x	
	Orbinidae	x	x	
	Paraonidae	x		
	Phoronidae	x		x
	Phylodocidae	x		
	Piscionidae	x	x	x
	Sabelidae	x	x	
	Spionidae	x	x	x
Therebelidae	x			
Trichobranchidae	x	x		
Oligoquetos	Oligoquetos	x	x	X
Peces	Gobidae	x	x	X