

## USO ESTACIONAL DE DOS ÁREAS, MARINA Y DULCEACUÍCOLA, POR AVES PLAYERAS EN FUNCIÓN AL NIVEL DE MAREA, EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Roberto Carmona, Armando Álvarez, Andrea Cuéllar-Brito & Margarita Zamora-Orozco

Laboratorio de Aves Acuáticas, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Depto. de Biología Marina, Ciencias del Mar, A.P. 19-B, La Paz, Baja California Sur, 23080, México.  
*E-mail:* beauty@uabcs.mx

**Abstract.** – Shorebird seasonal use of marine and freshwater sites as a function of tide level, in Baja California Sur, México. – We evaluated the effect of the sea level on the abundance of shorebirds in two sites, one marine (Chametla beach), and an artificial freshwater body (the oxidation lagoons) in two seasons (autumn and winter). The study zones are adjacent and are located in the Ensenada de La Paz, Baja California Sur, Mexico. Forty one simultaneous censuses were accomplished in the two zones between October of 1998 and February of 1999, observing three types of behavior: (1) exclusive species of the marine zone (marine specialists), (2) species that solely used the freshwater zone (freshwater specialists), and (3) species, apparently more generalistic, that can use both sites. For the field generalist species, particularly the Western Sandpiper (*Calidris mauri*), we observed a greater use of the lagoons in autumn, and of Chametla beach in winter; this is related to a greater energetic demand of these species during the season of migratory movements. In autumn they feed on Chametla beach during low tides and in the lagoons at high tide. In general, for the field generalist species, the exponential models had a better adjustment for the lagoons in autumn and for Chametla beach in winter, explaining up to 60% of the observed variation.

**Resumen.** – Se evaluó el efecto del nivel del mar sobre la abundancia de aves playeras en dos ambientes, uno marino y otro dulceacuícola artificial, la playa de Chametla y las lagunas de oxidación, respectivamente, en dos épocas del año (otoño e invierno). Las zonas de estudio son adyacentes y se localizan en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Se realizaron 41 censos simultáneos en los dos ambientes, entre Octubre de 1998 y Febrero de 1999. Se observaron tres tipos de comportamiento: (1) especies exclusivas de ambientes marinos, (2) especies que únicamente utilizaron la zona dulceacuícola, y (3) especies, al parecer más generalistas, que pueden utilizar ambos ambientes. Para las aves generalistas, particularmente para el Playerito Occidental (*Calidris mauri*), se observó un mayor uso de las lagunas de oxidación en otoño, y de la playa de Chametla en invierno, lo cual se relaciona con la mayor demanda energética de estas especies durante la época de movimientos migratorios. Es decir, durante el otoño, estas especies se alimentan en Chametla durante las mareas bajas, y en las lagunas en marea alta. En general, para las especies generalistas, los modelos exponenciales se ajustaron mejor para las lagunas en otoño, y para la playa de Chametla en invierno, logrando explicar hasta un 60% de la variación observada. *Aceptado el 22 de Septiembre de 2002.*

**Key words:** Shorebirds, habitat use, tide level, Ensenada de La Paz, Baja California, Mexico.

### INTRODUCCIÓN

Las aves playeras son, junto con los anátidos, el grupo de aves acuáticas migratorias más

abundante en el Corredor del Pacífico, mismo que incluye a la Península de Baja California (Paulson 1993).

Las aves migrantes frecuentemente explo-

tan recursos cíclicos en lugares que no soportan un uso continuo (Erwin *et al.* 1986). Pese a que algunas zonas pueden soportar abundancias altas durante el invierno, en general los números observados son menores al compararse con las épocas de movimientos migratorios (otoño y primavera). Esta habilidad las hace dependientes de una secuencia específica de sitios a lo largo de su ruta migratoria (Erwin *et al.* 1986).

El crecimiento poblacional humano y sus actividades inherentes han traído como consecuencia la degradación de hábitats esenciales en la ruta de las aves migratorias (Myers 1983). En algunas regiones de la Península de Baja California, la pérdida del hábitat y el disturbio humano han afectado notablemente la abundancia y distribución de las comunidades de aves acuáticas (Massey & Palacios 1994). En otras zonas, la generación de hábitats artificiales tales como embalses y otros cuerpos de agua dulce parecen ser beneficiosos para las aves (Cisneros 1985, Smith *et al.* 1991, Schnack *et al.* 2000), aunque estos sitios pueden llevar implícitas otras amenazas aún no estudiadas (como uso de herbicidas e insecticidas y fauna exótica entre otras).

En las adyacencias de la Ciudad de La Paz, se localizan cinco lagunas artificiales de oxidación (Zamora-Orozco 2001). En los alrededores de las lagunas de oxidación, el agua dulce ha permitido la existencia de pastizales y zonas de cultivo, mismos que aumentan la diversidad de recursos disponibles para las aves (Castillo-Guerrero *et al.* 1999, Zamora-Orozco 2001), como ha sido mencionado para otras zonas (Schnack *et al.* 2000). Dichos recursos probablemente sean complementarios a los utilizados en las playas cercanas como Chametla y El Centenario. La importancia de las aves migratorias, incluyendo playeros, ha sido señalada tanto para las lagunas de oxidación (Zamora-Orozco 2001), como para la zona costera aledaña (Carmona 1995, Brabata & Carmona 1998).

Diferentes estudios han indicado la influencia de los factores ambientales en la selección del hábitat de las aves playeras. Algunos de ellos se han centrado en una especie como el Playero Dorso Rojo (*Calidris alpina*, Hotker 2000) y el Playero Blanco (*Calidris alba*, Connors *et al.* 1981); en ambos estudios el nivel de marea fue determinante en el uso de las zonas. Otros como el de Burger *et al.* (1977) determinaron el efecto del nivel de marea en el uso de tres zonas (playa abierta, playa protegida y humedales) y notaron patrones de uso marcadamente diferentes. En la playa abierta, las mayores abundancias fueron bimodales, cuatro horas antes y dos después de la marea baja. En la playa protegida, la mayor abundancia se observó entre seis y tres horas antes de la marea baja; por último, en los humedales, la mayor abundancia coincidió con las mareas bajas. Otro estudio determinó el efecto del nivel de marea en una zona que no está directamente influenciada por ésta (áreas de cultivo adyacentes a la costa, Rottenborn 1996). En este estudio, se observó que las aves generalistas relacionaron su abundancia en las zonas de cultivo con el nivel de marea, mientras que las especialistas presentaron pocos cambios.

En las lagunas de oxidación se han observado especies de aves playeras que utilizan también el sitio marino. Por tal motivo, el presente estudio tiene como objetivo determinar los patrones de utilización en las dos áreas (lagunas y Chametla), considerando el nivel de marea y la época del año, pues ambos factores (entre otros) son determinantes para el uso de diferentes áreas por parte de las aves playeras.

## ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en la Bahía de La Paz, al extremo sureste de la Península de Baja California. La bahía es el cuerpo de agua protegido más grande de la costa oriental de la península, con un área de 2000 km<sup>2</sup> aproxi-

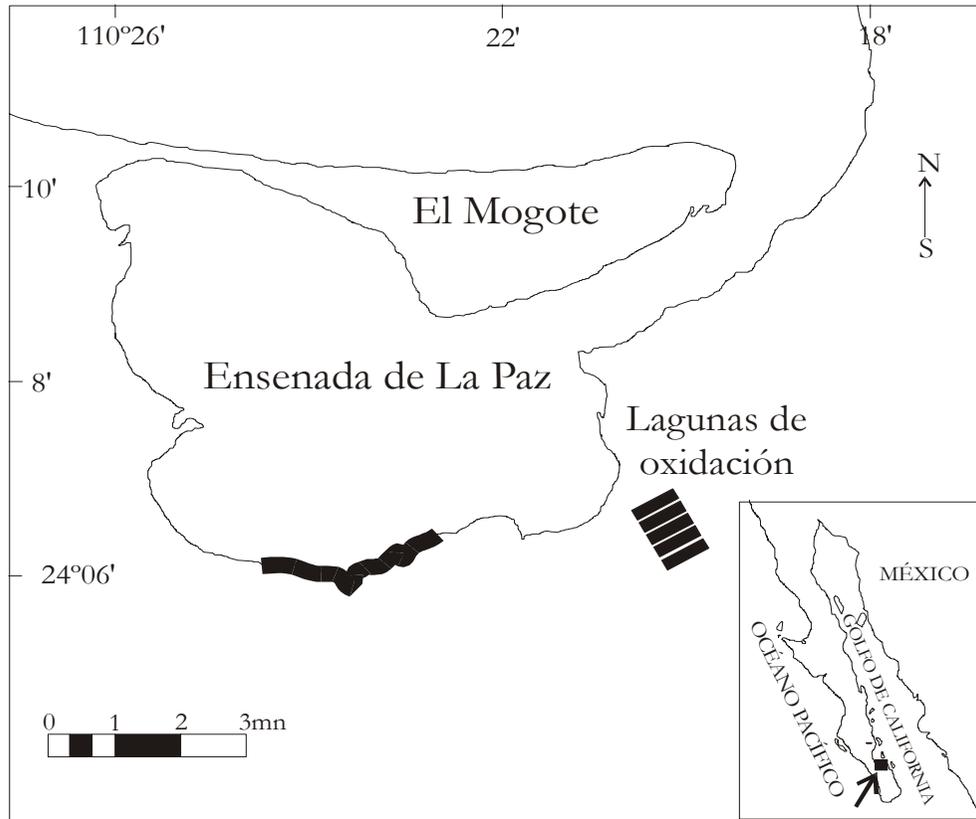


FIG 1. Áreas de estudio.

madamente (Fig. 1). La región se caracteriza por su aridez, con un promedio anual de precipitación de 200 mm, constantemente superado por el de evaporación (García 1964). La bahía presenta sustratos rocosos y arenosos en la mayor parte de sus costas. Sólo en la Ensenada de La Paz, en su extremo sur, se localizan sustratos lodosos (Fig. 1, Carmona & Ramírez 1997). En esta zona se asienta la Ciudad de La Paz, capital del estado de Baja California Sur, México. El área presenta mareas semidiurnas mixtas (Grivel & Grivel 1991) y, de Octubre a Marzo, los vientos dominantes son del noroeste, mientras que de Abril a Septiembre predominan los surestes (García & Mosiño 1968).

En la parte sur de la ensenada se encuentra la marisma de Chametla (Fig. 1), la cual presenta una longitud aproximada de 4 km (Fernández *et al.* 1998). La playa se compone de sustrato de grano fino, intercalado con arcilla y limo, con horizontes salinos. Debido a la poca pendiente, el nivel del mar afecta considerablemente el área de alimentación disponible a las aves, dejando de 500 a 1000 m lineales expuestos durante las mareas bajas, mientras que en mareas altas, el agua puede llegar hasta la berma (Fernández *et al.* 1998).

Como fue mencionado, al suroeste de la Ciudad de La Paz, se encuentran cinco lagunas de oxidación, de 5 ha cada una (Fig. 1). Estas lagunas fueron empleadas hasta hace

poco tiempo para la limpieza de aguas residuales provenientes de la Ciudad de La Paz (Castillo-Guerrero *et al.* 1999). La frecuente inundación de los terrenos aledaños a las lagunas ha propiciado el desarrollo de pastizales (c. 17 ha), en los cuales se han observado diferentes especies de aves (incluidos playeros) alimentándose. Las lagunas junto con un tanque de almacenamiento de aguas tratadas, ubicado a 15 km de la ciudad, son los únicos cuerpos permanentes de agua dulce con los que cuenta la ensenada; los más cercanos se encuentran a más de 100 km (Castillo Guerrero *et al.* 1999).

Es importante mencionar que, tanto en las lagunas de oxidación como en Chametla, el nivel de perturbación humana es mínimo. En el primer caso, la zona es incluso evitada por la gente y, a lo largo del estudio, sólo se observó esporádicamente personal de la planta de tratamiento. En Chametla, dado que se trata de una playa de sustrato lodoso, ésta es poco utilizada como sitio de esparcimiento, pues en lugares cercanos se localizan playas arenosas, mucho más solicitadas para la recreación.

Con el fin de detectar diferencias en la utilización de Chametla y las lagunas de oxidación en función al nivel del mar por las aves playeras, entre Octubre de 1998 y Febrero de 1999, se realizaron ocho visitas. En cada una se llevó a cabo un promedio de poco más de cinco censos puntuales, espaciados por una hora, completando así 41 censos realizados simultáneamente en ambas localidades. La realización de los censos al unísono evitó el recuento de individuos. De los 41 censos puntuales, 24 se realizaron en otoño y 17 en invierno.

En cada censo se anotó la hora de observación, el nivel de marea y la abundancia de cada especie. Para los conteos se utilizaron binoculares (10 y 12x) y telescopios (15–60x), siguiendo el método de barrido (Page *et al.* 1979). Las aves se contaron directamente

cuando sus números fueron menores a 300 individuos. Los números mayores fueron estimados (Page *et al.* 1979). Existe un error asociado a estas estimaciones, el cual se incrementa conforme al aumento del número de individuos. Además, se presenta un componente personal (tendencia a subestimar o sobreestimar), por lo que se consideraron las sugerencias de Kasprzyk & Harrington (1989), al respecto de la estandarización de las estimaciones.

Los censos en Chametla se realizaron desde un punto fijo, dado que esta zona presenta un terreno despejado que permite observar a las aves desde una distancia considerable, abarcando aproximadamente 200 m paralelos a la línea de costa. En cambio en las lagunas, donde los pastos impidieron el uso de esta metodología, se realizaron recorridos para facilitar las observaciones.

Para ambas zonas, se determinaron las abundancias promedio por especie, para cada estación del año (otoño e invierno). Además se determinó el porcentaje de abundancia total que le correspondió a cada zona. Basándose en los criterios propuestos por Rottenborn (1996), se consideraron como especies con afinidad dulceacuícola en las lagunas de oxidación o costera en Chametla a aquellas que acumularon el 90% o más en uno de estos sitios (especialistas), y como especies con afinidad compartida (generalistas) aquellas que presentaron menos del 90%, en cualquier sitio, es decir más del 10%, en el otro.

En función a la afinidad antes mencionada, las abundancias totales, por sitio y por estación del año, fueron relacionadas con los niveles de marea correspondientes. Así, para las lagunas de oxidación se relacionó la abundancia de las especies con afinidad dulceacuícola y la de las especies con afinidad compartida (generalistas), para cada estación del año. Por su parte, en Chametla se relacionaron las abundancias de las especies con afinidades marina y compartida, para cada

TABLA 1. Abundancias promedio para ambos sitios por estación del año, abundancia porcentual acumulada por sitio (%) y abundancia total acumulada. Posterior a la especie se indica su afinidad (C = costera, D = dulceacuícola y G = generalista).

Especies	Lagunas de oxidación			Chametla		Abundancia total	
	Abundancia			abundancia			
	promedio		%	promedio		%	
	Otoño	Invierno		Otoño	Invierno		
Chorlo Gris ( <i>Pluvialis squatarola</i> )C	< 0.1	0	1.8	0.9	1.9	98.2	55
Chorlo Nevado ( <i>Charadrius alexandrinus</i> )C	0	0	0	0.3	0.2	100	11
Chorlo Pico Grueso ( <i>Charadrius wilsonia</i> )C	0	0	0	4.0	20.1	100	438
Chorlo Semipalmeado ( <i>Charadrius semipalmatus</i> )C	0.2	0.2	7.9	0.8	3.8	92.1	89
Chorlo Tildío ( <i>Charadrius vociferus</i> )D	3.3	2.2	100	0	0	0	117
Ostrero Americano ( <i>Haematopus palliatus</i> )C	0	0	0	0.4	0	100	9
Candelerero Americano ( <i>Himantopus mexicanus</i> )D	17.8	68.9	100	0	0	0	1600
Avoceta Americana ( <i>Recurvirostra americana</i> )G	4.5	6.9	84.6	1.4	0.5	15.4	267
Patamarilla Mayor ( <i>Tringa melanoleuca</i> )D	7.5	0.6	95	0.3	0.1	5	202
Patamarilla Menor ( <i>Tringa flavipes</i> )G	4.5	1.4	86.7	0.1	1.1	13.3	150
Playero Pihuiuí ( <i>Catoptrophorus semipalmatus</i> )C	0.5	0	2	5.1	27	98	594
Playero Alzacolita ( <i>Actitis macularia</i> )G	0.2	2.5	87	0.1	0.2	13	54
Zarapito Trinador ( <i>Numenius phaeopus</i> )C	0	0	0	4.5	17.3	100	402
Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> )C	< 0.1	0	1	1.2	4.1	99	98
Picopando Canelo ( <i>Limosa fedoa</i> )G	13.4	2.4	39.9	2.4	28.8	60.1	908
Playero Blanco ( <i>Calidris alba</i> )C	0	0	0	0	0.4	100	7
Playerito Occidental ( <i>Calidris mauri</i> )G	192.8	3.2	42.1	11.2	363.4	57.9	11130
Playerito Menor ( <i>Calidris minutilla</i> )G	2	0	51.1	0.5	2	48.9	94
Playero Dorso Rojo ( <i>Calidris alpina</i> )D	1.1	< 0.1	100	0	0	0	27
Costureros ( <i>Limnodromus</i> spp.)D	83.7	93.4	99.7	0.4	0.1	0.3	3605

estación del año. Formando ocho grupos de datos: dos lugares (Chametla y lagunas de oxidación), dos estaciones del año (otoño e invierno) y dos afinidades (dulceacuícola y compartida para las lagunas o zona costera de Chametla, y compartida para Chametla). Por otra parte, se seleccionaron las dos especies con afinidad compartida que presentaron las mayores abundancias, el Playerito Occidental (*Calidris mauri*) y el Picopando Canelo (*Limosa fedoa*). En estos casos, se relacionó la abundancia

de dichas especies (por estación del año y por sitio), con el nivel de marea. Formándose nuevamente ocho grupos de datos (dos especies, dos lugares y dos estaciones). A cada uno de los 16 grupos de datos anteriores, se les ajustó el modelo exponencial (Pereiro 1982), así  $Y_i = a e^{bX_i}$ , donde  $Y_i$  = abundancia calculada con el nivel de marea  $i$ ,  $a$  = constante de ajuste (número de aves con nivel de marea cero),  $b$  = tasa de cambio de la abundancia, y  $X_i$  = nivel de marea  $i$ .

TABLA 2. Estimados de los parámetros de ajuste por estación del año y por sitio, en base a la afinidad de las especies (C = costeras, D = dulceacuícolas y G = generalistas). Se muestra la ordenada al origen (a), la pendiente (b) y el coeficiente de correlación ( $r^2$ ).

Sitios	Otoño			Invierno		
	C	D	G	C	D	G
Lagunas						
a		112.869	61.242		48.789	15.996
b		0.002	0.479		1.238	0.051
$r^2$		<0.001	0.204*		0.679*	0.005
Chametla						
a	20.011		21.304	136.825		719.396
b	- 0.063		- 0.172	- 0.768		- 0.468
$r^2$	0.012		0.039	0.635*		0.366*

\*Indica ajustes significativos ( $P < 0.05$ ).

Los ajustes se llevaron a cabo por el método iterativo no lineal propuesto por Marquardt (1963), mediante el uso del paquete estadístico Stat Graphic 5.0. La utilización del modelo exponencial se sustentó en que en un análisis exploratorio se observó que algunos de los grupos de datos podrían apegarse más a este modelo que al lineal, adicionalmente es un modelo sencillo con sólo dos constantes y que describe adecuadamente diferentes eventos biológicos.

## RESULTADOS

En total se identificaron 20 especies, 15 en las lagunas de oxidación y 17 en Chametla. De éstas, 12 fueron compartidas por ambos ambientes (Tabla 1). El Chorlo Tildío (*Charadrius vociferus*), el Candelero Americano (*Himantopus mexicanus*) y el Playero Dorso Rojo sólo fueron vistos en las lagunas, mientras que el Chorlo Nevado (*Charadrius alexandrinus*), el Chorlo Pico Grueso (*Charadrius wilsonia*), el Ostrero Americano (*Haematopus palliatus*), el Zarapito Trinador (*Numenius phaeopus*) y el Playero Blanco solamente se registraron en Chametla (Tabla 1).

La abundancia total acumulada fue similar

en los dos ambientes, en ambos casos cercana a 11,000 registros. Sin embargo, las composiciones variaron notoriamente. Así, considerando la abundancia total expresada en porcentaje, además de las tres especies exclusivas de este sitio, la Patamarilla Mayor (*Tringa melanoleuca*) y los costureros (*Limnodromus* spp.) predominaron en las lagunas. Respecto a este género cabe mencionar que en la zona pueden observarse dos especies, el Costurero Piquicorto (*L. griseus*) y el Costurero Piquilargo (*L. scolopaci*). Sin embargo, su identificación en campo (durante el invierno) es muy difícil, por lo que se prefirió reportarlos a nivel genérico. En cuanto a Chametla, adicionalmente a las cinco especies exclusivas, predominaron el Chorlo Gris (*Pluvialis squatarola*), el Chorlo Semipalmeado (*Charadrius semipalmatus*), el Zarapico Semipalmeado (*Catoptrophorus semipalmatus*), y el Zarapito Picolargo (*Numenius americanus*). Sólo tres especies mostraron abundancias semejantes en ambos sitios: el Picopando Canelo, el Playerito Occidental y el Playerito Mínimo (*Calidris minutilla*), este último con abundancias bajas (Tabla 1).

Al comparar las abundancias promedio vistas en otoño e invierno, en las lagunas de

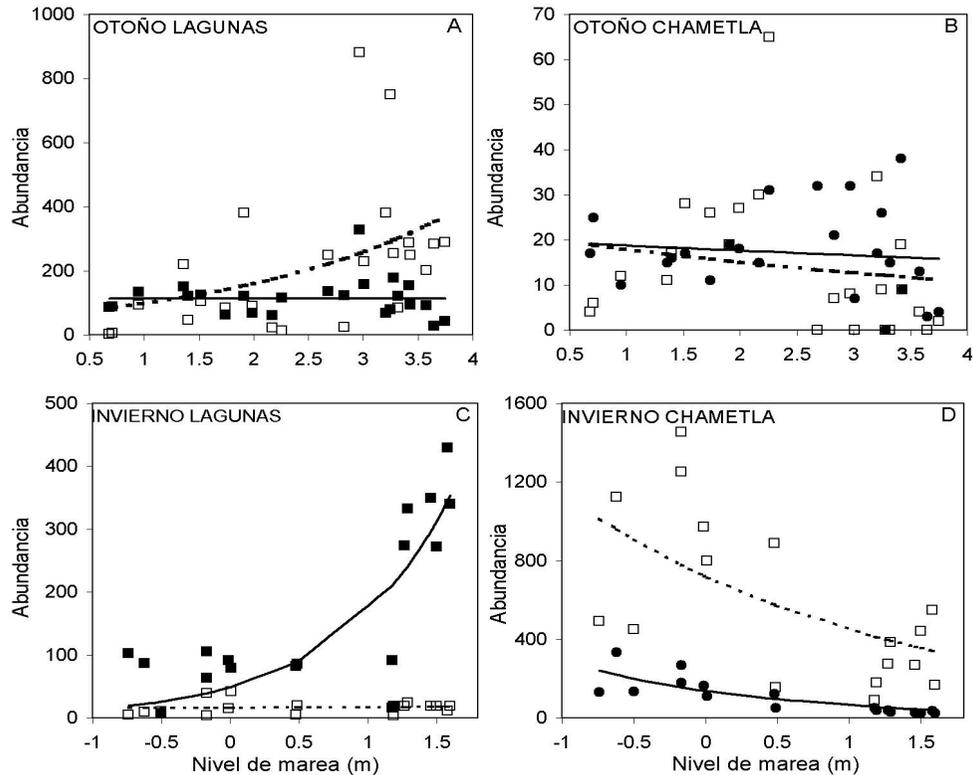


FIG 2. Abundancia total de aves playeras en los dos sitios por estación del año, en función al nivel de marea. El cuadrado lleno representa la abundancia observada de las aves especialistas (dulceacuícolas para las lagunas de oxidación y costeras para Chametla), la línea llena es el modelo de dichas abundancias, el cuadrado vacío corresponde a los datos de las abundancias de las aves generalistas (compartidas por los dos sitios) y la línea rota representa el modelo para las aves compartidas.

oxidación se observó que el Playerito Occidental y el Picopando Canelo disminuyeron drásticamente sus números. Por su parte los costureros mantuvieron semejantes sus abundancias y sólo el Candelero Americano las incremento notoriamente. En Chametla en contraste, tanto el Playerito Occidental como el Picopando Canelo aumentaron notoriamente sus números entre el otoño y el invierno (Tabla 1).

En cuanto a las relaciones determinadas, para el otoño en las lagunas de oxidación se evidenció que la abundancia de las aves con afinidad dulceacuícola no presentó relación

aparente con los niveles de marea. En contraste, para las aves con afinidad compartida, pese al ajuste bajo (aunque significativo) si fue observada tal relación, abundancias mayores les correspondieron a niveles de marea altos (Tabla 2, Fig. 2A). También en otoño, en Chametla, se observó un bajo nivel de utilización y sin relación evidente con los niveles de marea, tanto para las especies con afinidad costera como de las compartidas por las dos zonas (Tabla 2, Fig. 2B).

Durante el invierno, para las lagunas de oxidación se observó una relación estrecha entre el nivel de marea y la abundancia de las

TABLA 3. Estimados de los parámetros de ajuste, por estación del año y por sitio, para las dos especies generalistas más abundantes. Se muestra la ordenada al origen (a), la pendiente (b) y el coeficiente de correlación ( $r^2$ ).

Sitios	Otoño		Invierno	
	Playerito Occidental	Picopando Canelo	Playerito Occidental	Picopando Canelo
Lagunas				
a	51.382	7.750	4.156	1.880
b	0.502	0.214	- 0.437	0.367
$r^2$	0.201*	0.102	0.050	0.072
Chametla				
a	97.224	0.634	648.640	60.874
b	- 0.836	0.491	- 0.450	- 0.713
$r^2$	0.486*	0.049	0.333*	0.461*

\*Indica ajustes significativos ( $P < 0.05$ ).

aves con afinidad dulceacuícola, mientras que, para las de afinidad compartida, tal relación no existió (Tabla 2, Fig. 2C). Por su parte, en Chametla, se observaron relaciones significativas tanto para las especies con afinidad costera como para las compartidas por las dos zonas. En ambos casos, las abundancias bajas correspondieron a niveles de marea altos (Tabla 2, Fig. 2D).

Respecto a las especies más abundantes con afinidad compartida, durante el otoño, el Playerito Occidental mostró relaciones significativas en ambos lugares. En las lagunas de oxidación, sus abundancias aumentaron paralelamente al incremento del nivel de marea, mostrando un patrón inverso en Chametla (Tabla 3, Fig. 3A). Por su parte el Picopando Canelo no evidenció relación en ninguno de los dos lugares (Tabla 3, Fig. 3B).

En invierno, el Playerito Occidental no mostró una relación significativa entre sus abundancias y los niveles de marea en las lagunas. En contraste, se evidenció una relación inversa entre el nivel de marea y la abundancia para Chametla (Tabla 3, Fig. 3C). El Picopando Canelo mostró comportamientos similares, sin relación en las lagunas de oxida-

ción y con relación inversa en Chametla (Tabla 3, Fig. 3D).

## DISCUSIÓN

Respecto a las tres especies observadas únicamente en las lagunas de oxidación, la afinidad del Chorlo Tildío y del Candelero Americano por este tipo de ambientes ha sido registrada por diferentes autotes (Wilbur 1987, A.O.U. 1998). Pero en lo que respecta al Playero Dorso Rojo, sus abundancias fueron notoriamente bajas. Esta especie ha sido registrada esporádicamente en la Ensenada de La Paz, tanto en sitios costeros (Carmona & Ramírez 1997) como en dulceacuícolas (Zamora-Orozco 2001), por lo que su “exclusividad” dulceacuícola se relaciona más con un único registro en las lagunas de oxidación que con una afinidad real por este tipo de ambientes. Por su parte, la afinidad costera (al menos durante la migración) de las cinco especies observadas exclusivamente en Chametla ha sido registrada en diferentes trabajos (Wilbur 1987, Carmona 1995).

En adición, las notorias diferencias observadas en cuanto a la composición de especies son un reflejo de la capacidad de estas aves de

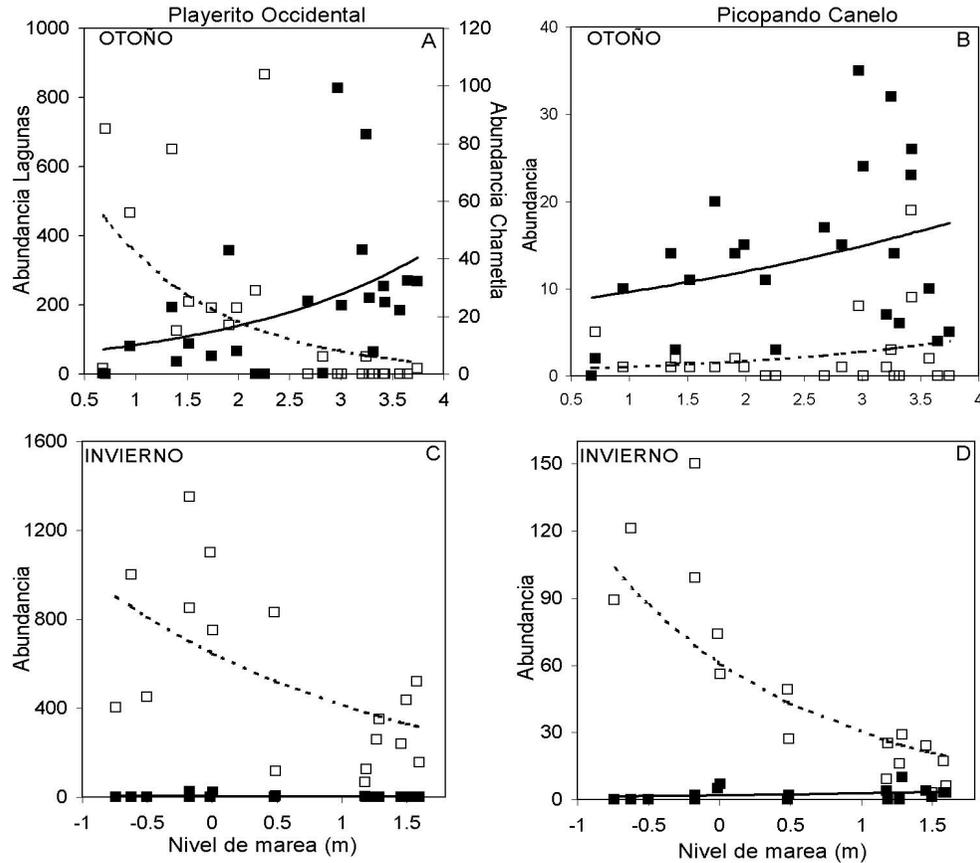


FIG 3. Abundancia de las especies generalistas por estación del año para los dos sitios, en función al nivel de marea. Los cuadrados llenos y vacíos representan las abundancias observadas en las lagunas de oxidación y Chametla, respectivamente; las líneas llenas y rotas son los modelos generados por sitio, en el mismo orden.

explotar diferentes tipos de recursos (Burger *et al.* 1977) y muestran la importancia de las lagunas de oxidación para algunas especies que, de otra forma, serían difíciles de observar en la región. Con lo anterior no se pretende sugerir que lugares artificiales, como las lagunas de oxidación sean más importantes que zonas naturales semejantes. Sin embargo, en zonas donde los sitios dulceacuícolas naturales no existen, como la Ensenada de La Paz, las lagunas de oxidación indudablemente favorecen la presencia de comunidades más

complejas de éstas y otras especies de aves (Castillo-Guerrero & Carmona 2001). Situaciones semejantes han sido registradas en otras áreas (Schnack *et al.* 2000).

Por otra parte, llama la atención el cambio notable en el uso estacional de los dos sitios por parte de las especies generalistas. Las lagunas son sumamente utilizadas en otoño, pero muy poco en invierno, mientras que en Chametla el patrón es inverso. Lo anterior posiblemente se relacione con los cambios estacionales de requerimientos energéticos

que tienen estas aves, pues está bien documentada una mayor demanda energética durante la época migratoria (otoño y primavera), en comparación a la temporada invernal. Para diferentes especies, se ha observado un notorio cambio en masa corporal entre dichas épocas (Butler *et al.* 1987, Summers *et al.* 1992). Así, es probable que las lagunas de oxidación sean un sitio alternativo de alimentación, con mayor utilización precisamente en la época (de las dos estudiadas) de mayor requerimiento energético de las aves (otoño). En adición, las mareas en la región de La Paz tienden a ser de menor amplitud en el otoño, lo cual se refleja en una menor área de alimentación disponible (Grivel & Grivel 1991).

Considerando que las especies dulceacuícolas especialistas limitan sus movimientos a este tipo de áreas, la falta de relación entre el nivel de marea y su abundancia determinada para el otoño era esperable. Esto significa que las especies antes mencionadas prefieren las lagunas de oxidación independientemente del área disponible en la costa. En contraste, en las aves generalistas sí se observó tal relación y una abundancia mayor se observó, en períodos de niveles de marea altos. Es decir, a medida que la zona entre mareas se cubrió, estas especies se movieron hacia las lagunas de oxidación, sitio no influenciado por los movimientos de mareas. Comportamientos semejantes se han registrado entre la costa y salitrales adjuntos (Warnock & Takekawa 1995), y en zonas de cultivo aledañas a la línea de playa (Rottenborn 1996).

Durante el otoño, en Chametla, no se observó una relación evidente entre los niveles de marea y las abundancias tanto de las especies generalistas como de las especialistas. La falta de relación se interpreta como un reflejo de los bajos niveles de utilización de la zona en esta época del año. En otras regiones se ha documentado un uso diferencial de distintos ambientes (Skagen & Knopf 1994), tal como aparentemente sucede en La Paz.

La relación significativa observada para las aves con afinidad dulceacuícola en las lagunas durante el invierno es difícil de explicar en función a los niveles de marea, pues aparentemente se relaciona con una abundancia irregularmente alta de estas aves. Existen dos probables explicaciones no excluyentes. Se puede tratar de una falta de independencia de los datos, pues el grupo de mayor abundancia corresponde a censos realizados un solo día. Puede también ser el reflejo de algún evento puntual que obligó a estas aves a alejarse del tanque de almacenamiento de agua tratadas; el otro lugar dulceacuícola cercano donde también han sido vistas, se encuentra a poco más de 10 km (Castillo-Guerrero & Carmona 2001).

Respecto a lo registrado en Chametla (invierno), las relaciones significativas tanto para las especies con afinidad costera como para las generalistas reflejan cambios en la utilización de los sitios en base a los niveles de mareas. Sin embargo, a éstos no les correspondieron cambios de abundancia en las lagunas de oxidación. Parece que las especies generalistas dejaron de alimentarse en la costa o bien se movieron a otros sitios también costeros, pero sin observarse en las lagunas. Lo anterior concuerda con la idea de que durante el invierno las aves tienen menos requerimientos energéticos (Butler *et al.* 1987, Summers *et al.* 1992), por lo cual no se ven obligadas a continuar alimentándose en sitios no influidos por la marea (lagunas de oxidación), como sucedió en otoño.

En general, el efecto de la marea sobre la utilización de un área por las aves playeras ha sido bien documentado (Burger *et al.* 1977, Connors *et al.* 1981, Warnock & Takekawa 1995). Estas aves sólo pueden alimentarse en planicies lodosas que no estén cubiertas por aguas profundas, razón por la cual la disponibilidad de las áreas está directamente relacionada con el tiempo de exposición y el nivel de marea (Schieffarth *et al.* 1996). Por lo regular

en la Bahía de La Paz, la mayoría de los días tienen dos lapsos de marea baja, por lo que el período de exposición óptimo está restringido, así siempre que las condiciones ambientales lo permitan, estas aves se verán alimentándose, sobre todo al considerar la fuerte demanda energética asociada con la migración (Skagen & Knopf 1993. Por otra parte, esta documentado que algunas aves playeras, incluidos los géneros más abundantes en este trabajo (*Charadrius*, *Limosa* y *Calidris*) pueden alimentarse de noche (McNeil & Rodríguez Silva 1996), optimizando así la búsqueda de alimento. En concordancia con esta observación y pese a que no forma parte de los objetivos de este trabajo, se observó una mayor actividad nocturna en el otoño, la cual fue aún más notoria en las lagunas de oxidación. En suma, la alimentación nocturna (y los cambios de estrategia alimenticia que implica) se puede explicar por un hábitat de alimentación limitado por las mareas (Robert *et al.* 1989), lo que concuerda con la menor área disponible en la costa en otoño.

Es probable que estos comportamientos también reflejen disponibilidades de alimento diferentes, por lo que se plantea la hipótesis de que, en las lagunas de oxidación, el alimento es más abundante en otoño que en invierno. Por otra parte, los altos niveles de dispersión de los datos indican que la abundancia de las aves playeras no está determinada sólo por los niveles de marea. Algunos factores que influyen son la abundancia y disponibilidad de las presas, la abundancia de depredadores, los niveles de perturbación humana y los vientos entre otros (Burger 1986, Colwell & Landrum 1993, Colwell & Dodd 1997).

Los patrones más claros de utilización alternativa se observaron durante el otoño para el Playerito Occidental, especie para la que ha sido detectado en la zona un notorio decremento en masa corporal entre el otoño y el invierno (Brabata 2001). En concordancia

con lo observado, está documentado que, a lo largo de su ruta migratoria, el Playerito Occidental suele utilizar ambientes alternos de alimentación durante las mareas altas. Así en la Bahía de San Francisco California, se observó que la especie se alimenta en la playa lodosa, cuando el nivel de marea es bajo, y en un salitral adjunto durante las mareas altas (Warnock & Takekawa 1995). Durante el otoño, la época de mayor requerimiento energético de la especie (Butler *et al.* 1987), la mayor pendiente observada en Chametla se relaciona con un efecto inmediato del nivel de marea en la utilización del área. Al mismo tiempo, en las lagunas de oxidación, se observó el reflejo de los cambios vistos en Chametla, por lo que su pendiente fue menor. En contraste, el Picopando Canelo no evidenció relación en ninguno de los dos lugares. Nuevamente, es probable que sea un reflejo de la menor abundancia de esta especie, pues también está documentado el uso por esta especie de ambientes alternativos como pastizales (Shuford *et al.* 1998).

La falta de relación observada en las lagunas durante el invierno para el Playerito Occidental y el Picopando Canelo inicialmente refleja el menor grado de utilización de este sitio, mientras que en Chametla las relaciones fueron significativas en esta época. Lo anterior debe ser interpretado como que ambas especies dejan de alimentarse en la costa con niveles de marea altos, pero no utilizan las lagunas de oxidación, en contraste a lo sucedido, al menos para el Playerito Occidental en otoño.

Las modificaciones antropogénicas en otras áreas de la Ensenada de la Paz se han reflejado en cambios en los patrones de utilización de algunas de las zonas (Carmona & Carmona 2000). A consecuencia de esto, es importante mantener un monitoreo continuo en las lagunas y Chametla que permita en su caso detectar variaciones en los patrones de uso.

En suma, fueron identificados tres grupos de aves playeras en cuanto a la utilización de los sitios, las marinas, las dulceacuícolas (ambas especialistas), y las que utilizaron ambos sitios (generalistas). Se notó un uso estacional diferente de los sitios, siendo las lagunas de oxidación más utilizadas en otoño y Chametla en invierno. El nivel de marea explicó los patrones de uso de las especies generalistas, lo que fue más notorio para el Playerito Occidental (la especie más numerosa).

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos al Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de La Paz, por el acceso irrestricto, al personal de la planta de tratamiento, en especial a Abigail Solano, por las facilidades otorgadas y a todo el personal del Programa de Aves Acuáticas de Baja California Sur (UABCS), por su apoyo en el trabajo de campo.

#### REFERENCIAS

- American Ornithologist's Union (AOU). 1998. Check-list of North American birds. 7<sup>th</sup> ed. American Ornithologist's Union, Washington, DC.
- Brabata, G. 2001. La ensenada de La Paz, B.C.S., como parte de la ruta migratoria de "*Calidris mauri*" (Charadriiformes: Scolopacidae); su estancia a lo largo de un año. Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur, México.
- Brabata, G., & R. Carmona. 1998. Conducta alimentaria de cuatro especies de aves playeras (Charadriiformes: Scolopacidae) en Chametla, B.C.S., México. *Biol. Trop.* 47: 239–243.
- Burger, J. 1986. The effect of human activity on shorebirds in two coastal bays in northeastern United States. *Environ. Conserv.* 13: 123–130.
- Burger, J., M. A. Howe, D. C. Hahn, & J. Chase. 1977. Effects of tide cycles on habitat selection and habitat partitioning by migrating shorebirds. *Auk* 94: 743–758.
- Butler, R. W., G. W. Kaiser, & G. E. J. Smith. 1987. Migration chronology, length of stay, sex ratio, and weight of Western Sandpipers (*Calidris mauri*) on the south coast of British Columbia. *J. Field Ornithol.* 58: 103–111.
- Carmona, R. 1995. Distribución temporal de aves acuáticas en la playa El Conchalito, Ensenada de la Paz, B.C.S., México. *Invest. Mar. CICIMAR (Centr. Interdiscipl. Cienci. Mar.)* 10: 1–22.
- Carmona R., & S. Ramírez. 1997. Lista sistemática de aves acuáticas de la Bahía de la Paz, B.C.S., México. Pp. 237–247 *in*: Urbán Ramírez, J., & M. Ramírez Rodríguez (eds.). La Bahía de La Paz investigación y conservación. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Univ. Autónoma de Baja California Sur, y Scripps Institution of Oceanography, La Paz, B.C.S., México.
- Carmona, R., & C. Carmona. 2000. Abundancia y riqueza específica de aves playeras en la playa "El Conchalito", Baja California Sur, durante 1993 y 1995. *Hidrobiológica* 10: 69–78.
- Castillo-Guerrero, J. A., M. E. Zamora-Orozco, & R. Carmona. 1999. Composición temporal de aves en dos cuerpos dulceacuícolas artificiales adyacentes a la ciudad de La Paz, B.C.S. Pp. 115–124 *in* Proceedings of the VI Neotropical Ornithological Congress International Shorebird Symposium, Monterrey, México.
- Castillo-Guerrero, J. A., & R. Carmona. 2001. Distribución espacio-temporal de aves acuáticas y rapaces en un embalse dulceacuícola artificial, en las adyacencias de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.* 49: 1131–1142.
- Cisneros, J. E. 1985. Mini-hábitat. Estrategia para la conservación del Pato Mexicano. Pp. 957–965 *in* Memoria Primer Simposium Internacional de Fauna Silvestre, México, México.
- Colwell, M. A., & S. L. Dodd. 1997. Environmental and habitat correlates of pasture use by non-breeding shorebirds. *Condor* 99: 337–344.
- Colwell, M. A., & S. L. Landrum. 1993. Nonrandom shorebird distribution and fine-scale variation in prey abundance. *Condor* 95: 94–103.

- Connors, P. G., J. P. Myers, C. S. Connors, & F. A. Pitelka. 1981. Interhabitat movements by Sand-  
erlings in relation to foraging profitability and  
the tidal cycle. *Auk* 98: 49–64.
- Erwin, R. M., M. Coulter, & H. Cogswell. 1986.  
The use of natural vs man-modified wetlands  
by shorebirds and waterbirds. *Col. Waterbirds*  
9: 137–138.
- Fernández, G., R. Carmona, & H. De la Cueva.  
1998. Abundance and seasonal variation of the  
Western Sandpipers (*Calidris mauri*) in Baja Cali-  
fornia Sur, México. *Southwest. Nat.* 43: 57–61.
- García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clas-  
ificación climática de Koeppen (para adaptarla  
a las condiciones de la República Mexicana).  
Instituto de Geografía, Univ. Nacional  
Autónoma de México, México, México.
- García, E., & P. Mosiño. 1968. Los climas de Baja  
California Decenio Hidrológico Internacional.  
Pp. 29–55 in Memoria 1966–1967. Instituto de  
Geofísica, Univ. Nacional Autónoma de Méx-  
ico, México, México.
- Grivel, F. P., & F. V. Grivel. 1991. Tablas de predic-  
ción de mareas 1992, puertos del Océano Pací-  
fico. Instituto de Geofísica, Univ. Nacional  
Autónoma de México, México, México.
- Hotker, H. 2000. When do Dunlins spend high tide  
in flight? *Waterbirds* 23: 482–485.
- Kasprzyk, M. J., & B. A. Harrington. 1989. Manual  
de campo para el estudio de playeros. Red  
Hemisférica de Reservas para Aves Playeras,  
Ensenada, Baja California, México.
- Marquart, D. W. 1963. An algorithm for least  
squares estimation of nonlinear parameters. *J.*  
*Soc. Independ. Applied Math.* 11: 431–441.
- Massey, B., & E. Palacios. 1994. Avifauna of the  
wetlands of Baja California, México: current  
status. *Stud. Avian Biol.* 15: 45–47.
- McNeil, R., & R. Roríguez Silva. 1996. Ecological  
significance and sensorial aspects of nocturnal  
foraging in shorebirds. Pp. 23–58 in Cabana, T.  
(ed.). *Animals in their environment*. Orbis, Fre-  
ligsburg, Quebec, Canada.
- Myers, J. P. 1983. Conservation of migrating shore-  
birds; staging areas, geographic bottlenecks, and  
regional movements. *Am. Birds* 37: 23–25.
- Page, G. W., L. E. Stenzel, & C. M. Wolfe. 1979.  
Aspects of the occurrence of shorebirds on a  
central California estuary. *Stud. Avian Biol.* 2:  
15–32.
- Paulson, D. 1993. Shorebirds of the Pacific North-  
west. Univ. of British Columbia Press, Vancou-  
ver, Canada.
- Pereiro, J. A. 1982. Modelos al uso en dinámica de  
poblaciones marinas sometidas a explotación.  
Informe Técnico del Instituto Español de  
Oceanografía No. 1, Madrid, España.
- Robert, M., R. McNeil, & A. Leduc. 1989. Condi-  
tions and significance of night feeding in shore-  
birds and other water birds in a tropical lagoon.  
*Auk* 106: 94–101.
- Rottenborn, S. C. 1996. The use of coastal agricul-  
tural fields in Virginia as foraging habitat by  
shorebirds. *Wilson Bull.* 108: 783–796.
- Scheiffarth, G., G. Nehls, & I. Austeni. 1996. Mod-  
elling distribution of shorebirds on tidal flats in  
the Wadden Sea and visualisation of results  
with the GIS IDRISI. Pp. 1–6 in Larup, E., & J.  
Strobl (eds.). *Salzburger geographische materi-  
alien*, Heft 25. Selbstverlag des Institutes fur  
Geograpjie der Universitat Salzburg, Salzburg,  
Austria.
- Schnack, J. A., F. O. De Francesco, U. R. Colado,  
M. L. Novoa, & E. J. Snack. 2000. Humedales  
antrópicos: su contribución para la conser-  
vación de la biodiversidad en los dominios sub-  
tropical y pampásico de la Argentina. *Ecol.*  
*Austral* 10: 63–80.
- Shuford, W. D., G. W. Page, & J. E. Kjelson. 1998.  
Patterns and dynamics of shorebirds use of  
California's Central Valley. *Condor* 100: 227–  
244.
- Skagen, S. K., & F. L. Knopf. 1993. Toward conser-  
vation of midcontinental shorebird migration.  
*Conserv. Biol.* 7: 533–541.
- Skagen, S. K., & F. L. Knopf. 1994. Migrating  
shorebirds and habitat dynamics at a prairie  
wetland complex. *Wilson Bull.* 106: 91–105.
- Smith, K. G., J. C. Neal, & M. A. Mlodinow. 1991.  
Shorebird migration at artificial fish ponds in  
the prairie-forest ecotone of northwestern  
Arkansas. *Southwest. Nat.* 36: 1007–1113.
- Summers, R. W., L. G. Underhill, M. Nicoll, R. Rae,  
& T. Piersma. 1992. Seasonal, size- and age-  
related patterns in body-mass and composition  
of Purple Sandpipers *Calidris maritima* in Britain.  
*Ibis* 134: 346–354.
- Warnock, S., & J. Takekawa. 1995. Habitat prefer-

- ences of wintering shorebirds in a temporally changing environment: Western Sandpipers in the San Francisco Bay Estuary. *Auk* 112: 920–930.
- Wilbur, S. R. 1987. *Birds of Baja California*. Univ. of California Press, Berkeley, California.
- Zamora-Orozco, E. M. 2001. Distribución espacio-temporal de aves acuáticas en las lagunas de oxidación de la ciudad de La Paz, B.C.S., México. Tesis de licenciatura, Univ. Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México.