

## Distribution and home range of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off Veracruz, Mexico

### Distribución y ámbito hogareño de toninas (*Tursiops truncatus*) en Veracruz, México

I Martínez-Serrano<sup>1</sup>, A Serrano<sup>2\*</sup>, G Heckel<sup>3</sup>, Y Schramm<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Neurootología, Universidad Veracruzana, Av. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Ánimas, CP 91190, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup> Laboratorio de Mamíferos Marinos, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Carretera Tuxpan-Tampico Km 7.5, Colonia Universitaria, CP 92850, Tuxpan, Veracruz, México.

<sup>3</sup> Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Carretera Tijuana-Ensenada No. 3910, Zona Playitas, CP 22860, Ensenada, Baja California, México.

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Km 103 Carretera Tijuana-Ensenada, CP 22860, Ensenada, Baja California, México.

\* Corresponding author. E-mail: [arserrano@uv.mx](mailto:arserrano@uv.mx), [arturoserrano@prodigy.net.mx](mailto:arturoserrano@prodigy.net.mx)

**ABSTRACT.** With the goal of gathering ecological data to develop future cetacean management and conservation plans, the distribution, home range, and residency of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) were studied in the central-north Mexican Gulf of Mexico. Between July 2005 and June 2008, 59 boat surveys were carried out for a total of 313 h of effort at sea. During these surveys, 471 individuals were observed in 88 different groups. Photographs of naturally marked animals resulted in 275 different individuals photo-identified. Their distribution was homogeneous throughout the study area at a mean distance from the coast of 2.5 km (SD = 2.9,  $n = 471$ ) and depths less than 20 m. Of the total of dolphins identified, 202 (73%) had a low sighting rate and were considered transients, whereas 34 individuals (12%) had medium and high sighting rates and were considered resident animals. At the population level, home range estimates calculated using the minimum convex polygon method showed a mean of  $2771 \pm 1116$  km<sup>2</sup>. Using the adaptive kernel method, the mean size of home range was  $1199 \pm 143$  km<sup>2</sup>, with five core areas identified. These areas decreased in size during the rainy season because dolphins remained close to the river plumes. At individual level, the mean home range was 129.2 km<sup>2</sup> ( $n = 66$ ), concurring with other reports from the Gulf of Mexico (Texas and Florida) in spite of habitat differences. The main component determining the size of the home range was the presence of rivers, rather than the geomorphology of the coast.

*Key words:* Gulf of Mexico, distribution, home range, *Tursiops truncatus*, Veracruz.

**RESUMEN.** Con la finalidad de generar datos ecológicos que sirvan para futuros planes de manejo y conservación de cetáceos, se estudiaron la distribución, el ámbito hogareño (AH) y la residencia de las toninas (*Tursiops truncatus*) en el centro-norte de la parte mexicana del golfo de México. De julio de 2005 a junio de 2008 se realizaron 59 navegaciones con un esfuerzo de navegación de 313 h. Se observaron 471 individuos en 88 grupos diferentes y se fotoidentificaron 275 individuos diferentes. Su distribución fue homogénea a través de la zona de estudio a una distancia promedio de la costa de 2.5 km (DE = 2.9,  $n = 471$ ) y a menos de 20 m de profundidad. Del total de individuos fotoidentificados, 202 (73%) presentaron una tasa de avistamiento baja y fueron considerados transeúntes, mientras que 34 individuos (12%) tuvieron tasas de avistamiento medias y altas, y fueron considerados residentes. Las estimaciones del ámbito hogareño a nivel poblacional calculadas con el modelo del polígono mínimo convexo mostraron un promedio de  $2771 \pm 1116$  km<sup>2</sup>. Con el uso del modelo adaptativo de kernel, el tamaño promedio del ámbito hogareño fue de  $1199 \pm 143$  km<sup>2</sup> con cinco áreas núcleo determinadas. Estas áreas núcleo disminuyeron su tamaño durante la época de lluvias debido a que los delfines permanecieron cerca de las plumas de los ríos. A nivel individual, el ámbito hogareño promedio fue de 129.2 km<sup>2</sup> ( $n = 66$ ), coincidente con otros registros del golfo de México (Texas y Florida) a pesar de las diferencias de hábitat. El principal componente que influyó en el tamaño del ámbito hogareño fue la presencia de ríos, más que la geomorfología de la costa.

*Palabras clave:* golfo de México, distribución, ámbito hogareño, *Tursiops truncatus*, Veracruz.

## INTRODUCTION

Because of their cosmopolitan distribution, bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) are probably the best known of all cetaceans (Wells and Scott 2002), occupying a variety of coastal and offshore habitats (Campbell *et al.* 2002). Due to

## INTRODUCCIÓN

Debido a su distribución cosmopolita, los delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*), tursiones o toninas como se les conoce en Veracruz, son probablemente los cetáceos más conocidos (Wells y Scott 2002), y ocupan hábitats costeros

local ecological conditions and their behavioral plasticity, a huge degree of variation of ranging patterns and home range sizes among geographically distinct populations are often observed (Wells 1986, Bearzi *et al.* 1997).

Bottlenose dolphin habitats are generally composed of patches of productivity, which differ physically and biologically. Because of this heterogeneity we expect to see specific patterns in the way animals are distributed and use these patches (Ballance 1992, La Manna *et al.* 2010). Populations in sheltered habitats are organized in small groups with high site fidelity and limited movement patterns (Connor *et al.* 2000, Quintana-Rizzo and Wells 2001). In contrast, in open habitats it is usual to find large groups, low site fidelity, and large home ranges (Ballance 1992, Defran and Weller 1999). Scant research on marine mammals has been carried out in the central-north Gulf of Mexico, scarce research on marine mammals has been studies on cetaceans started in the early 1990s. The only studies so far (Heckel 1992, Schramm 1993) are unpublished. Recent observations of apparent resident populations of bottlenose dolphins along the north coast of Veracruz have been carried out (Vázquez-Castán *et al.* 2007, Galindo *et al.* 2009); however, their spatio-temporal distribution, ranging patterns, and home range are not yet well understood. In this paper we give the results of a three-year study describing how an open habitat influences the distribution and home range of the dolphins. Also, information about residency and group size is presented.

## MATERIAL AND METHODS

### Study area

Field work was conducted along the northern coast of Veracruz from Cabo Rojo Point (21°35' N, 97°19' W) to south of the Nautla River mouth (20°08' N, 96°40' W), covering an overall area of 12,000 km<sup>2</sup> (fig. 1). Our study area is considered an open estuarine habitat (Quintana-Rizzo and Wells 2001) with an extended continental shelf, shallow waters, and exposure to meteorological events such as hurricanes and tropical storms. Four rivers (Tuxpan, Cazonos, Tecolutla, and Nautla) and a coastal lagoon (Tamiahua) drain the entire area. Three seasons are recognized in the area: a dry season from March to June, a rainy season from July to October, and a cold-front season from November to February (Schultz *et al.* 1997, Toledo-Ocampo 2005). We considered the seasonal year instead of the chronological year, and thus covered nine seasons: Rain-05, Cold-05-06, Dry-06, Rain-06, Cold-06-07, Dry-07, Rain-07, Cold-07-08, and Dry-08.

### Photo-identification surveys

Photographic identification surveys of bottlenose dolphins (hereafter referred to as surveys) were conducted from July 2005 to June 2008 in a 9-m boat at a cruise speed of

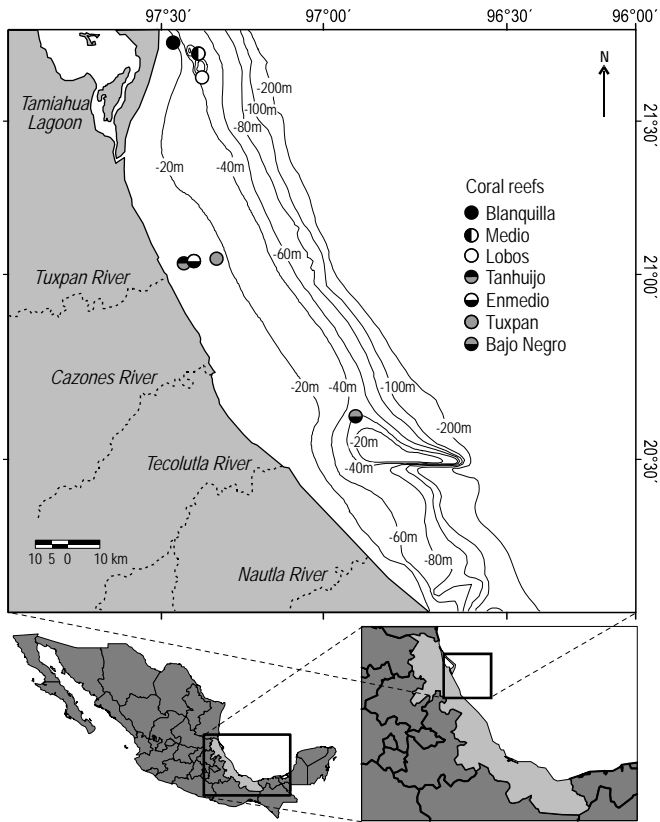
y pelágicos variados (Campbell *et al.* 2002). Debido a las condiciones ecológicas locales y a la plasticidad conductual que muestran estos delfines, es común observar tamaños de ámbito hogareño y patrones de distribución muy diferentes entre poblaciones que son distintas geográficamente (Wells 1986, Bearzi *et al.* 1997).

Los hábitats generalmente se componen de parches de productividad, los cuales difieren unos de otros física y biológicamente. Debido a esta heterogeneidad, se espera observar patrones específicos en la forma en que los animales se distribuyen y usan dichos parches (Ballance 1992, La Manna *et al.* 2010). Las poblaciones que se encuentran en hábitats protegidos se organizan en grupos pequeños con una fidelidad al sitio alta y con patrones de movimiento limitados (Connor *et al.* 2000, Quintana-Rizzo y Wells 2001). Por el contrario, en hábitats abiertos es usual encontrar grupos grandes, fidelidad al sitio baja y ámbitos hogareños amplios (Ballance 1992, Defran y Weller 1999). Es poca la investigación sobre mamíferos marinos que se ha realizado en el centro-norte de la región mexicana del golfo de México. Los únicos estudios en la región hasta ahora (Heckel, 1992; Schramm, 1993) son inéditos. Recientemente, se han realizado observaciones de poblaciones de toninas aparentemente residentes en la costa norte de Veracruz (Vázquez-Castán *et al.* 2007, Galindo *et al.* 2009); sin embargo, su distribución espacio-temporal, sus patrones de movimiento y su ámbito hogareño aún no son conocidos. En este artículo se presentan resultados de un estudio de tres años que describe cómo un hábitat abierto influye en la distribución y el ámbito hogareño de toninas. También, se aporta información sobre residencia y tamaño de grupo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio

El trabajo de campo se desarrolló en la costa norte de Veracruz, desde la punta Cabo Rojo (21°35' N, 97°19' W) hasta el sur de la boca del río Nautla (20°08' N, 96°40' W), y se cubrió una extensión de 12,000 km<sup>2</sup> (fig. 1). El área de estudio es considerada como un hábitat estuarino abierto (Quintana-Rizzo y Wells 2001) con una plataforma continental extensa, aguas someras y exposición a eventos meteorológicos como huracanes y tormentas tropicales. La zona es bañada por cuatro ríos (Tuxpan, Cazonos, Tecolutla y Nautla) y una laguna costera (Tamiahua). Se reconocen tres temporadas: temporada de secas de marzo a junio, temporada de lluvias de julio a octubre y temporada de nortes de noviembre a febrero (Schultz *et al.* 1997, Toledo-Ocampo 2005). Por lo anterior, se consideró el año estacional en vez del año cronológico, así que se cubrieron nueve temporadas: Lluvias-05, Nortes-05-06, Secas-06, Lluvias-06, Nortes-06-07, Secas-07, Lluvias-07, Nortes-07-08 y Secas-08.



**Figure 1.** Study area, encompassing the northern coast of Veracruz from Tamiahua Lagoon to the south of Nautla River. Depth is shown on the isobaths.

**Figura 1.** Área de estudio, comprende el norte de Veracruz desde la laguna de Tamiahua hasta el sur del río Nautla. La profundidad se muestra en las isobatas.

15 km h<sup>-1</sup>. Surveys were carried out at least once per month. The route for each survey was non-standardized and the study area was surveyed homogeneously in each season. When dolphins were encountered, the group's position was determined using a hand-held global positioning system (GPS). We stayed with the group to photograph natural marks on the dorsal fin following Urian and Wells (1996). For each sighting, standard datasheets were completed with information about time, location, environmental conditions, individual markings, behavior, and minimum and maximum field estimates of group size. A group was defined as the number of dolphins sighted within a 100-m radius from the boat and each other, usually moving in the same direction, and engaged in similar behavior (Lusseau *et al.* 2006). When a sighting was finished, we continued with the random route.

### Data analyses

For photo-identification purposes, only clear pictures of distinctive fins were analyzed to establish a "type specimen" to which all other pictures were compared following the protocols suggested by Mazzoil *et al.* (2004). All of the

### Navegaciones de fotoidentificación

Se llevaron a cabo navegaciones para fotoidentificar a las toninas (de aquí en adelante, navegaciones) de julio de 2005 a junio de 2008, en un bote de 9 m de eslora y a una velocidad de 15 km h<sup>-1</sup>. Dichas navegaciones se realizaron al menos una vez por mes. La ruta de cada navegación fue aleatoria y el área de estudio se censó de manera homogénea en cada temporada. Cuando se encontraba un grupo de toninas, se determinó su posición mediante un sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) portátil. Se tomaron fotografías de las aletas dorsales según las recomendaciones de Urian y Wells (1996). Además, para cada avistamiento se completaron fichas de registro con información sobre la hora, ubicación, condiciones ambientales, marcas individuales, comportamiento, y máximos y mínimos del tamaño de grupo. El tamaño de grupo se definió como el número de toninas avistadas dentro de un radio de 100 m del bote, moviéndose en la misma dirección y con comportamientos similares (Lusseau *et al.* 2006). Cuando el avistamiento terminaba, se continuaba con la ruta aleatoria.

### Análisis de datos

Para propósitos de fotoidentificación, sólo las fotografías más claras y distintivas de cada aleta fueron analizadas para establecer un "organismo tipo" y comparar esa imagen contra todas las demás, según los protocolos sugeridos por Mazzoil *et al.* (2004). Todas las comparaciones se realizaron a vista desnuda, y algunas fotografías se trazaron en el programa Adobe PhotoShop para evaluar cualquier cambio en el tiempo (Sarasota Dolphin Research Program 2006). Las estimaciones de tamaño de grupo realizadas en campo se corrigieron con los datos de fotoidentificación (Rossbach y Herzog 1999), y se realizó un análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) para comparar los tamaños de grupo entre años.

Para estudiar la residencia en el área de estudio a lo largo del tiempo, se calculó una tasa de avistamiento mensual para cada delfín identificado, que se definió como la proporción del número total de meses en los cuales un individuo fue registrado relativo al número total de meses en que al menos una navegación fue realizada (*sensu* Parra *et al.* 2006). También, se calculó la tasa de avistamiento estacional, definida como la proporción del número total de temporadas o estaciones en que fue registrado un individuo relativo al total de estaciones en las que al menos una navegación fue realizada. Las tasas de avistamiento se colocaron en tres categorías: (1) los delfines con tasas de avistamiento bajas (TAB) fueron vistos en menos del 10% de las navegaciones, (2) los delfines con tasas medias de avistamiento (TMA) fueron observados en 10–30% de las navegaciones y (3) los delfines con tasas de avistamiento altas (TAA) fueron observados en más del 30% de las navegaciones. Los animales residentes fueron aquellos con TMA y TAA y que estuvieron presentes

comparisons were made visually, and some of the pictures were traced in Adobe PhotoShop to assess any change over time (Sarasota Dolphin Research Program 2006). Group size estimations in the field were corrected by photo-identification data (Roszbach and Herzing 1999) and a non-parametric analysis (Kruskal-Wallis) was performed in order to compare group sizes between years.

To assess the presence of dolphins in the study area over time, we calculated a monthly sighting rate for each identified dolphin, which was the proportion of the total number of months in which an individual was registered relative to the total number of months in which at least one survey was conducted (*sensu* Parra *et al.* 2006). Also, we calculated a seasonal sighting rate, which was the proportion of the total number of seasons in which an individual was registered relative to the total of seasons in which at least one survey was conducted. Sighting rates were allocated into three categories: (1) dolphins with low sighting rates (LSR) were sighted in less than 10% of the surveys, (2) dolphins with moderate sighting rates (MSR) were sighted in 10–30% of the surveys, and (3) dolphins with high sighting rates (HSR) were sighted in more than 30% of the surveys. Resident animals were those with MSR and HSR and were present in multiple seasons. Occasional visitors were dolphins with LSR but present in multiple seasons. Finally, transient dolphins were those with LSR but only observed in one season (Fury and Harrison 2008). A comparison was also made between our photo-identification catalogue and a previous one from the Tamiahua Lagoon area (Heckel 1992, Schramm 1993).

The GPS data points from each sighting were downloaded and converted into GIS format using ESRI ArcView 3.2 software. Distribution maps were made with data from all survey records. To assess non-random distribution, Monte Carlo simulations were performed after Hooge and Eichenlaub (1997) and Hooge *et al.* (2001) using the Animal Movement Analyst Extension for ArcView 3.2.

The home range was calculated using two methods: the minimum convex polygon (MCP) method, which is more common (Boyle *et al.* 2009) and consists of connecting the outermost sighting points for an individual to create a polygon with all internal angles not exceeding 180° (Worton 1987, Harris *et al.* 1990), and the adaptive kernel (ADK) method, which produces a probability distribution that describes an animal's home range based on the distribution of the observed locations (Worton 1989, 1995). Both methods were applied using the Animal Movement Extension. To determine the relative sizes of core use areas, a ratio of the 50% to 95% ADK range was used (Gubbins 2002). The community (*sensu* Wells *et al.* 1987) home range was sorted by season and differences among seasons were tested with a non-parametric analysis of variance using SigmaStat 3.5 software.

en múltiples temporadas. Por otro lado, los visitantes ocasionales fueron los delfines con TAB, pero presentes en múltiples temporadas. Finalmente, los delfines transeúntes fueron aquellos con TAB y observados sólo en una temporada (Fury y Harrison 2008). Asimismo, se comparó el catálogo de fotoidentificación con uno previo realizado en la zona de la laguna de Tamiahua (Heckel 1992, Schramm 1993).

Los puntos del GPS de cada avistamiento se descargaron y convirtieron a formato GIS con la paquetería ESRI ArcView 3.2. Los mapas de distribución se hicieron con los datos de todas las navegaciones. Se evaluó la distribución no aleatoria mediante simulaciones Montecarlo, de acuerdo con Hooge y Eichenlaub (1997) y Hooge *et al.* (2001), con la extensión *Animal Movement Analyst* para ArcView 3.2.

El ámbito hogareño se estimó con dos métodos: el método del polígono mínimo convexo (PMC), que es usado comúnmente (Boyle *et al.* 2009) y consiste en la conexión de los puntos más externos de avistamientos de un animal para crear un polígono con todos sus ángulos internos menores que 180° (Worton 1987, Harris *et al.* 1990), y el método adaptativo de Kernel (ADK), el cual produce una probabilidad de distribución que describe el ámbito hogareño de un animal con base en la distribución de las posiciones observadas del mismo (Worton 1989, 1995). Ambos métodos fueron aplicados con la extensión *Animal Movement Analyst*. Para determinar el uso relativo de las zonas núcleo, se estimó la razón de polígonos 50%:95% propuesto por Gubbins (2002). El ámbito hogareño de la comunidad (*sensu* Wells *et al.* 1987) se clasificó por temporada y las diferencias entre estaciones se probaron con un análisis de varianza no paramétrico mediante la paquetería SigmaStat 3.5.

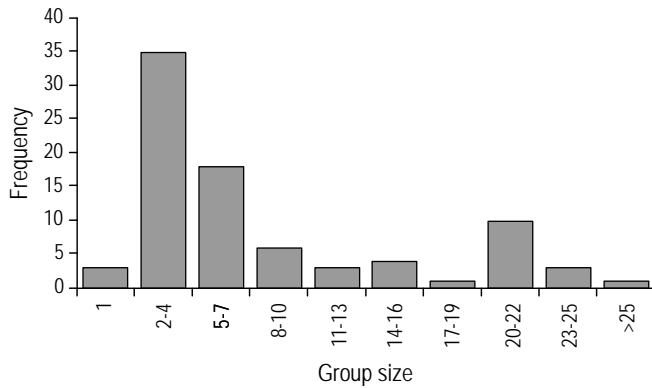
## RESULTADOS

### Navegaciones y esfuerzo de fotoidentificación

En total, se completaron 59 navegaciones durante los tres años de estudio, en 313 h, y se avistaron 471 delfines en 88 grupos diferentes. El esfuerzo (horas de navegación) fue similar a lo largo de todas las temporadas (ANOVA,  $F_8 = 1.176$ ,  $P = 0.334$ ). Un total de 275 individuos fueron foto-identificados desde julio de 2005 hasta junio de 2008, y el 86.5% ( $n = 238$ ) presentó marcas reconocibles. Se obtuvieron 87 foto-recapturas (31.6%).

### Tamaño de grupo

El tamaño de grupo se calculó para los 85 grupos en los cuales se obtuvo información, con un promedio general de 8.6 individuos (rango = 1–80, DE = 10.4,  $n = 85$ ). Cincuenta y tres grupos (63%) estaban constituidos por 2–7 delfines, y se observaron además algunos individuos solitarios (fig. 2). No se encontraron diferencias significativas en el tamaño de grupo entre años estacionales (Kruskal-Wallis,  $H_2 = 1.95$ ,  $P = 0.377$ ) (fig. 3).



**Figure 2.** *Tursiops truncatus*. Frequency distribution of group size.

**Figura 2.** *Tursiops truncatus*. Distribución de frecuencias del tamaño de grupo.

## RESULTS

### Survey and photo-identification effort

A total of 59 boat-based surveys were completed during the three-year study, comprising 313 h, and 471 dolphins were sighted in 88 different groups. Survey effort was similar across all seasons (ANOVA,  $F_8 = 1.176$ ,  $P = 0.334$ ). A total of 275 individuals were photo-identified from July 2005 to June 2008, and 86.5% ( $n = 238$ ) had recognizable marks. We had 87 photo-recaptures (31.6%).

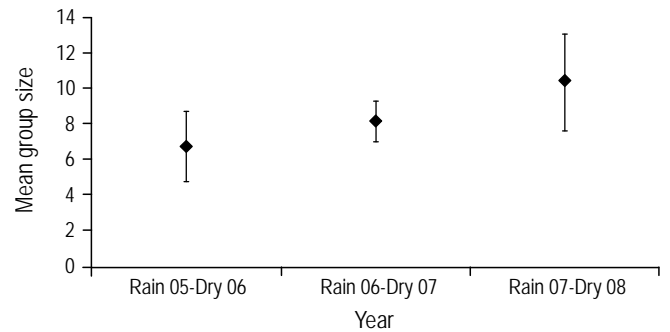
### Group size

Group size was calculated for the 85 groups for which we obtained information, obtaining an overall mean group size of 8.6 individuals (range = 1–80, SD = 10.4,  $n = 85$ ). Fifty-three groups (63%) contained between two and seven individuals, and solitary dolphins were also observed in the area (fig. 2). No significant differences in group size were observed between seasonal years (Kruskal-Wallis rank test,  $H_2 = 1.95$ ,  $P = 0.377$ ) (fig. 3).

### Distribution and residency patterns

Dolphin groups were sighted in 76% ( $n = 45$ ) of all the surveys. They occurred at a mean distance from the coast of 2.5 km (SD = 2.9,  $n = 471$ ) and at depths less than 20 m. The relative abundance ranged from 0 to 144 dolphins per hour ( $\bar{x} = 4.53$ , SD = 14.3,  $n = 70$ ). There were no significant differences between seasons (ANOVA,  $F_8 = 0.4459$ ,  $P = 0.88$ ) (fig. 4).

Of the 275 dolphins identified, 202 (73%) were classified as transients, 39 (14%) as occasional visitors, and 34 (12%) as resident animals (table 1). Of these last ones, 12 (36%) remained during all the seasons in one specific place, either Tamiahua Lagoon or the Tuxpan and Cazonces Rivers



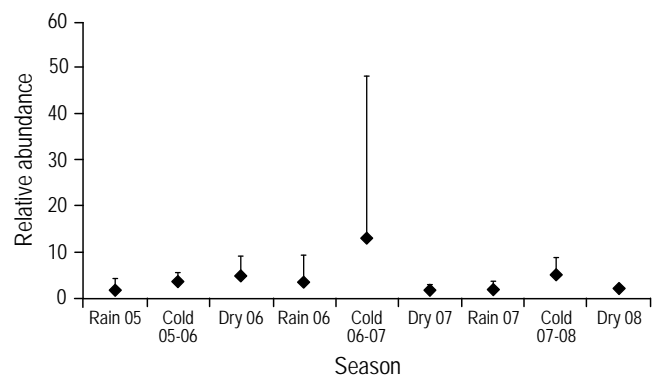
**Figure 3.** *Tursiops truncatus*. Mean group size by year (2005-2008). Error bars represent standard deviations.

**Figura 3.** *Tursiops truncatus*. Tamaño medio de grupo por año (2005-2008). Las barras de error representan la desviación estándar.

### Distribución y patrones de residencia

Los grupos de toninas fueron avistados en 76% ( $n = 45$ ) de todas las navegaciones. Estuvieron presentes a una distancia promedio de la costa de 2.5 km (DE = 2.9,  $n = 471$ ) y a una profundidad menor que 20 m. La abundancia relativa varió entre 0 y 144 delfines por hora ( $\bar{x} = 4.53$ , DE = 14.3,  $n = 70$ ) y no se encontraron diferencias significativas entre temporadas (ANOVA,  $F_8 = 0.4459$ ,  $P = 0.88$ ) (fig. 4).

De los 275 organismos identificados, 202 (73%) se consideraron como transeúntes, 39 (14%) como visitantes ocasionales y 34 (12%) como residentes (tabla 1). De estos últimos, 12 (36%) permanecieron durante todas las temporadas en un lugar específico, ya fuera la laguna de Tamiahua o los ríos Tuxpan y Cazonces (fig. 5a). El otro 64% ( $n = 22$ ) fue avistado a lo largo de la zona de estudio y fueron renombrados como residentes generales (fig. 5b). En cuanto a la comparación con catálogos previos (Heckel 1992, Schramm 1993), se



**Figure 4.** Relative abundance of *Tursiops truncatus* by season. Error bars represent standard deviations.

**Figura 4.** Abundancia relativa de *Tursiops truncatus* por temporada. Las barras de error representan la desviación estándar.

**Table 1.** Resident dolphins (*Tursiops truncatus*) off northern Veracruz, Mexico. Shaded cells indicate the presence of dolphin in the month surveyed. TM: total months recorded; MSR%: monthly sighting rate in percentage; SS: number of seasons a dolphin was recorded; TS: total of seasons surveyed; SSR%: seasonal sighting rate in percentage; HSR: high sighting rate.

**Tabla 1.** Delfines residentes (*Tursiops truncatus*) en el norte de Veracruz, México. Las celdas sombreadas indican la presencia del delfin en el mes censado. TM: total de meses registrados; MSR%: tasa de avistamiento mensual en porcentaje; SS: número de temporadas en que un delfin fue registrado; TS: total de temporadas registradas; SSR%: tasa de avistamiento estacional en porcentaje; HSR: tasa de avistamiento alta.

| ID  | 2006 |     |     |     |     | 2007 |     |     |     |     | 2008 |     | TM | MSR% | SS | TS | SSR% | Classif. |     |     |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|----|------|----|----|------|----------|-----|-----|
|     | Feb  | Apr | Jul | Sep | Oct | Nov  | Feb | May | Jun | Jul | Oct  | Nov |    |      |    |    |      |          | Dec | Feb |
| 1   | ■    | ■   | ■   |     |     |      |     |     | ■   |     |      | ■   |    |      | 4  | 20 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 7   | ■    | ■   |     |     |     | ■    |     |     | ■   |     |      |     |    |      | 4  | 20 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 9   | ■    | ■   |     |     |     | ■    |     |     | ■   |     | ■    |     |    |      | 4  | 20 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 10  | ■    | ■   |     |     |     |      |     |     |     |     | ■    |     |    | ■    | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 12  | ■    | ■   |     |     |     |      |     | ■   |     |     | ■    |     |    |      | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 13  | ■    | ■   |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |    |      | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 14  | ■    | ■   |     |     |     |      |     |     |     |     |      |     |    |      | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 24  | ■    | ■   | ■   |     |     | ■    |     |     | ■   |     |      | ■   |    |      | 5  | 25 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 25  |      |     | ■   |     |     |      |     |     |     |     |      |     |    | ■    | 4  | 20 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 29  |      |     |     |     |     | ■    |     |     | ■   |     |      |     |    |      | 4  | 14 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 34  |      |     |     |     |     |      |     | ■   |     |     |      |     | ■  | ■    | 3  | 14 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 36  |      | ■   |     |     |     |      |     |     |     |     | ■    |     |    | ■    | 4  | 19 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 39  |      |     |     | ■   |     | ■    |     |     |     |     | ■    |     |    | ■    | 4  | 19 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 65  | ■    | ■   |     |     |     |      |     | ■   |     |     |      |     |    | ■    | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 69  | ■    | ■   |     |     |     | ■    |     |     | ■   |     | ■    |     | ■  |      | 5  | 25 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 70  | ■    | ■   |     |     |     | ■    |     |     | ■   |     | ■    |     | ■  |      | 5  | 25 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 90  |      |     | ■   |     |     | ■    |     |     | ■   |     | ■    |     |    |      | 4  | 20 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 98  |      |     |     | ■   |     |      |     | ■   |     |     |      |     |    | ■    | 3  | 14 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 99  |      |     |     | ■   |     |      |     |     |     |     |      | ■   |    | ■    | 3  | 14 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 100 |      |     |     | ■   |     |      |     |     |     |     | ■    |     |    | ■    | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 104 |      |     |     |     |     | ■    |     |     |     |     |      |     | ■  | ■    | 4  | 20 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 105 |      |     |     |     | ■   |      |     |     |     |     | ■    |     |    | ■    | 4  | 20 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 107 |      |     |     | ■   |     |      |     |     |     |     | ■    |     |    | ■    | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 118 |      |     |     | ■   |     |      |     | ■   |     |     |      |     |    | ■    | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 131 |      |     |     | ■   |     |      |     |     | ■   |     |      |     |    | ■    | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 138 |      |     |     | ■   |     | ■    |     |     |     |     |      | ■   |    | ■    | 4  | 20 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 142 |      |     |     | ■   |     |      |     |     |     |     | ■    |     |    | ■    | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 157 |      |     |     | ■   |     |      |     |     | ■   |     | ■    |     | ■  |      | 4  | 20 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 160 |      |     |     | ■   |     |      |     |     | ■   |     |      |     | ■  |      | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 161 |      |     |     | ■   |     |      |     |     | ■   |     |      |     | ■  |      | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 169 |      |     |     | ■   |     |      |     |     | ■   |     |      |     | ■  | ■    | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 202 |      | ■   |     |     |     |      |     |     |     |     | ■    |     |    | ■    | 4  | 19 | 3    | 9        | 33  | HSR |
| 203 |      |     |     |     |     |      |     |     | ■   |     |      |     |    | ■    | 4  | 20 | 4    | 9        | 44  | HSR |
| 222 |      |     |     |     |     |      |     |     | ■   |     |      |     |    | ■    | 3  | 15 | 3    | 9        | 33  | HSR |

(fig. 5a). The other 64% ( $n = 22$ ) were sighted throughout the study area and were considered overall residents (fig. 5b). Regarding the comparison with previous catalogues (Heckel 1992, Schramm 1993), we found five photo-recaptures. We interpret this as a minimum of 13 years of site fidelity for those dolphins.

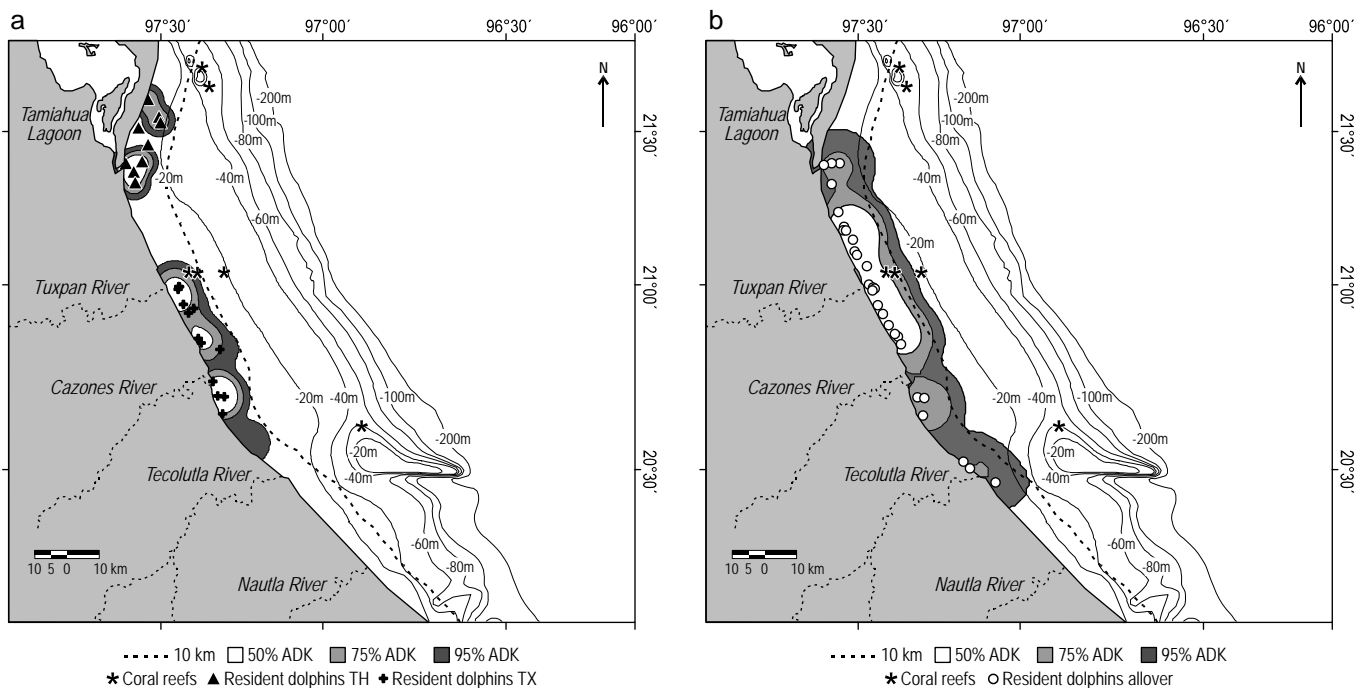
### Home range

Mean home-range estimate calculated by MCP and using all the individuals sighted was  $2771 \pm 1116 \text{ km}^2$ . Across the seasons, the home range estimates varied, and were  $3015 \text{ km}^2$  for the cold-front season (fig. 6a),  $1553 \text{ km}^2$  for the dry season (fig. 6b), and  $3746 \text{ km}^2$  for the rainy season (fig. 6c). An overlap area of  $1503 \text{ km}^2$  was detected during all seasons and along the coast (fig. 6d). On the other hand, using the 90% ADK method and all individuals, we found a general extension of  $2299 \text{ km}^2$ . Regarding seasons, home range sizes were  $1826 \text{ km}^2$  during the dry season,  $2072 \text{ km}^2$  during the rainy season, and  $2076 \text{ km}^2$  during the cold-front season ( $\bar{x} = 1199 \pm 143 \text{ km}^2$ ) (table 2). Five core areas were determined: one during the cold-front season ( $1011 \text{ km}^2$ ), located along the coast between Tamiahua Lagoon and the Cazonas River (fig. 7a); two more during the dry season of  $538 \text{ km}^2$

encontraron cinco foto-recapturas. Lo anterior indica que estos organismos tienen una fidelidad al sitio de al menos 13 años.

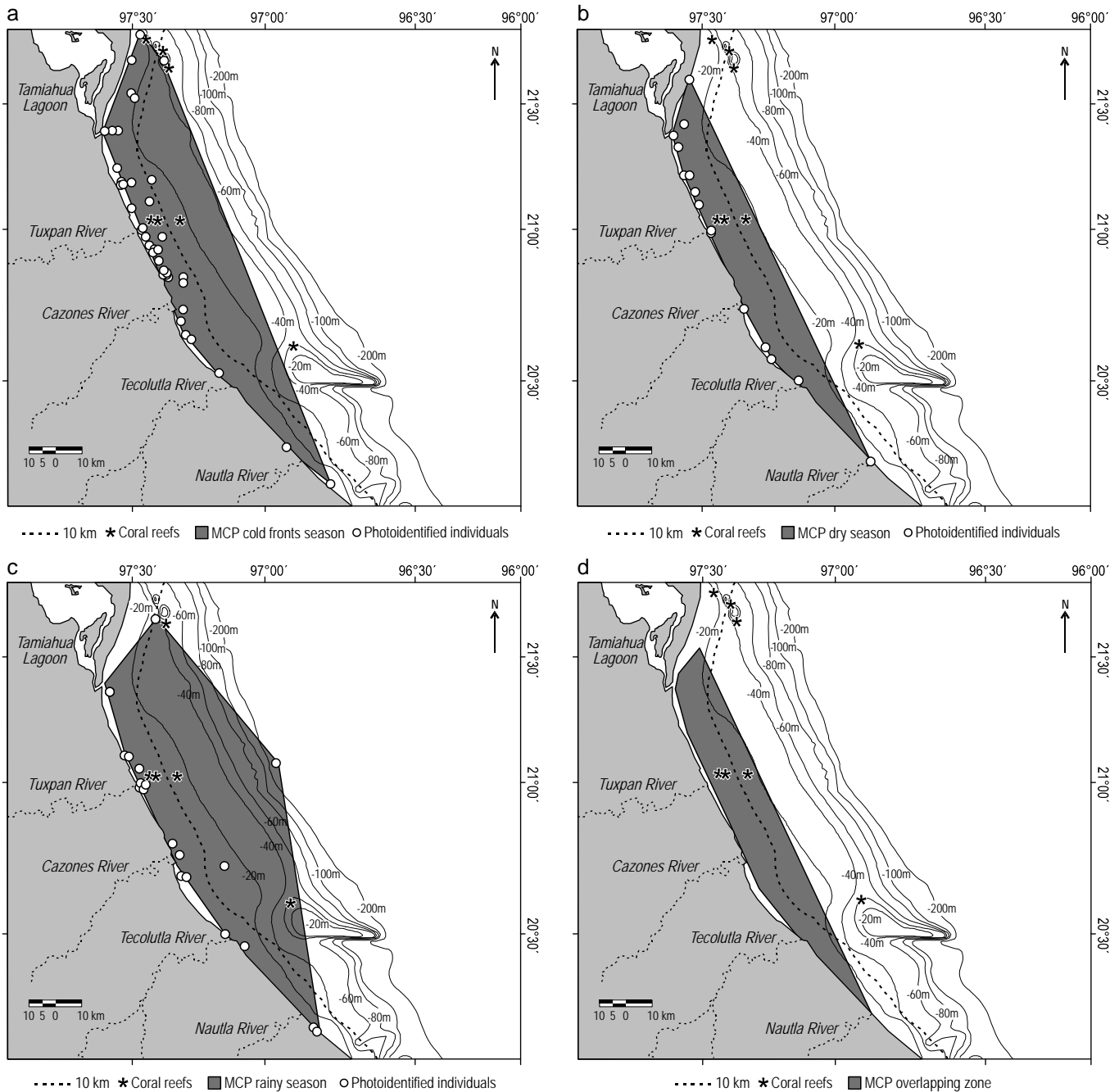
### Ámbito hogareño

La estimación promedio de ámbito hogareño a través del PMC y con los datos de todos los individuos avistados fue de  $2771 \pm 1116 \text{ km}^2$ . A través de las estaciones, las extensiones variaron, y fueron  $3015 \text{ km}^2$  para la temporada de nortes (fig. 6a),  $1553 \text{ km}^2$  para la temporada de Secas (fig. 6b) y  $3746 \text{ km}^2$  para la temporada de lluvias (fig. 6c). Asimismo, se detectó un área de traslape de  $1503 \text{ km}^2$  durante todas las temporadas y a lo largo de la costa (fig. 6d). Por otro lado, al usar el ADK al 90% y todos datos de los individuos avistados, se obtuvo un área general de  $2299 \text{ km}^2$ . En cuanto a temporadas, los tamaños de ámbito hogareño fueron  $1826 \text{ km}^2$  en la temporada de secas,  $2072 \text{ km}^2$  en la temporada de lluvias y  $2076 \text{ km}^2$  en la temporada de nortes ( $\bar{x} = 1199 \pm 143 \text{ km}^2$ ) (tabla 2). Se determinaron cinco áreas núcleo: una para la temporada de nortes ( $1011 \text{ km}^2$ ), localizada a lo largo de la costa entre laguna de Tamiahua y el río Cazonas (fig. 7a); dos más durante la temporada de secas con una extensión total de  $538 \text{ km}^2$  (fig. 7b) y otras dos para la temporada de lluvias,



**Figure 5.** Distribution of resident individuals ( $n = 34$ ). Figure 5a corresponds to the resident animals sighted only around the Tamiahua (TH) and Tuxpan (TX) zones. Figure 5b refers to the resident dolphins that were present throughout the study area. ADK = home range areas according to the adaptive Kernel method. Depth is indicated on the isobaths.

**Figura 5.** Distribución de los individuos residentes ( $n = 34$ ). La figura 5a corresponde a los residentes avistados sólo alrededor de las zonas de Tamiahua (TH) y Tuxpan (TX). La figura 5b se refiere a los residentes que estuvieron presentes a lo largo de toda la zona de estudio. ADK = áreas de ámbito hogareño según el método adaptativo de Kernel. La profundidad se indica en las isobatas.



**Figure 6.** Variation of home range extensions across the seasons using the minimum convex polygon (MCP) method: (a) cold-front season ( $n = 240$ ), (b) dry season ( $n = 118$ ), (c) rainy season ( $n = 171$ ), and (d) overlapping zone across the seasons. Depth is indicated on the isobaths.  
**Figura 6.** Variación en las extensiones de ámbito hogareño a través de las temporadas utilizando el método polígono mínimo convexo (MCP): (a) temporada de nortes ( $n = 240$ ), (b) temporada de secas ( $n = 118$ ), (c) temporada de lluvias ( $n = 171$ ) y (d) zona de traslape a través de las temporadas. La profundidad se indica en las isobatas.

(fig. 7b); and another two during the rainy season of a total of 204 km<sup>2</sup> (fig. 7c). The relative size of core use areas (ratio of 50% to 95%) seems to show that dolphins used a more constrained core area in the dry season (table 2). Data from photo-recaptured animals with more than 10 sightings showed a mean individual home range of 129.2 km<sup>2</sup> ( $n = 66$ ).

que en suma totalizaron 204 km<sup>2</sup> (fig.7c). El tamaño relativo de uso de áreas núcleo (razón 50%:95%) parece mostrar que los delfines usan un área más restringida en temporada de secas (tabla 2). A nivel individual, los datos de toninas recapturadas más de 10 veces mostraron un ámbito hogareño promedio de 129.2 km<sup>2</sup> ( $n = 66$ ).



**Table 2.** Home range estimates using the minimum convex polygon (MCP) and adaptive kernel (ADK) methods for each season.**Tabla 2.** Estimaciones de ámbito hogareño con el método del polígono mínimo convexo (MCP) y el método adaptativo de kernel (ADK) para cada estación.

| Season      | Number of records | 50% ADK (km <sup>2</sup> ) | 75% ADK (km <sup>2</sup> ) | 90% ADK (km <sup>2</sup> ) | 50% to 90% ADK ratio | 50% MCP range size (km <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| Cold fronts | 240               | 406                        | 1011                       | 2076                       | 19.6                 | 3015                                  |
| Rainy       | 118               | 204                        | 636                        | 2072                       | 9.8                  | 3746                                  |
| Dry         | 89                | 538                        | 888                        | 1826                       | 29.5                 | 1553                                  |

## DISCUSSION

Bottlenose dolphins living in different habitats can form groups dramatically different in size, the larger groups being associated with deep offshore waters (Reynolds *et al.* 2000, Campbell *et al.* 2002). We consider our study area to be an open habitat so we expected to find large groups; however, a mean group size of eight individuals was observed, which is commonly reported in the literature (Wells and Scott 2002). It is common to find 3–7 individuals in sheltered habitats such as Texas (Shane 1980), Florida (Wells 1986), and Belize (Campbell *et al.* 2002), and even in the Mexican Pacific (Morteo *et al.* 2004), and it is interesting that dolphins found off northern Veracruz showed group sizes characteristic of sheltered habitats. Thus, we assume these dolphins may modulate their behavior according to local environmental circumstances.

Rivers contribute organic matter to the ocean and thus support high rates of primary productivity and large stocks of biomass, especially during the rainy season. Consequently, it is common to find dolphins in these areas (Ballance 1992, Ingram and Rogan 2002), as we did. On the other hand, we also observed some dolphins near coral reefs (fig. 7c), which are also suitable habitats for dolphins (Lusseau and Wing 2006). It is probable that dolphins move towards the Isla Lobos coral reefs during the dry season because their waters are a productive food source, and calm and safe for raising calves. These coral reefs are a declared Protected Natural Area (DOF 2009).

All of our sightings were at sea, in contrast with Heckel (1992) and Schramm (1993) who conducted their research in Tamiahua Lagoon. They estimated an absolute abundance between 21 and 42 dolphins, with a maximum of 67 animals, using the Bailey model with 95% confidence. However, we had no sightings in the lagoon, probably because fishing has increased since the early 1990s, promoting eutrophication and also a decrease in fish populations.

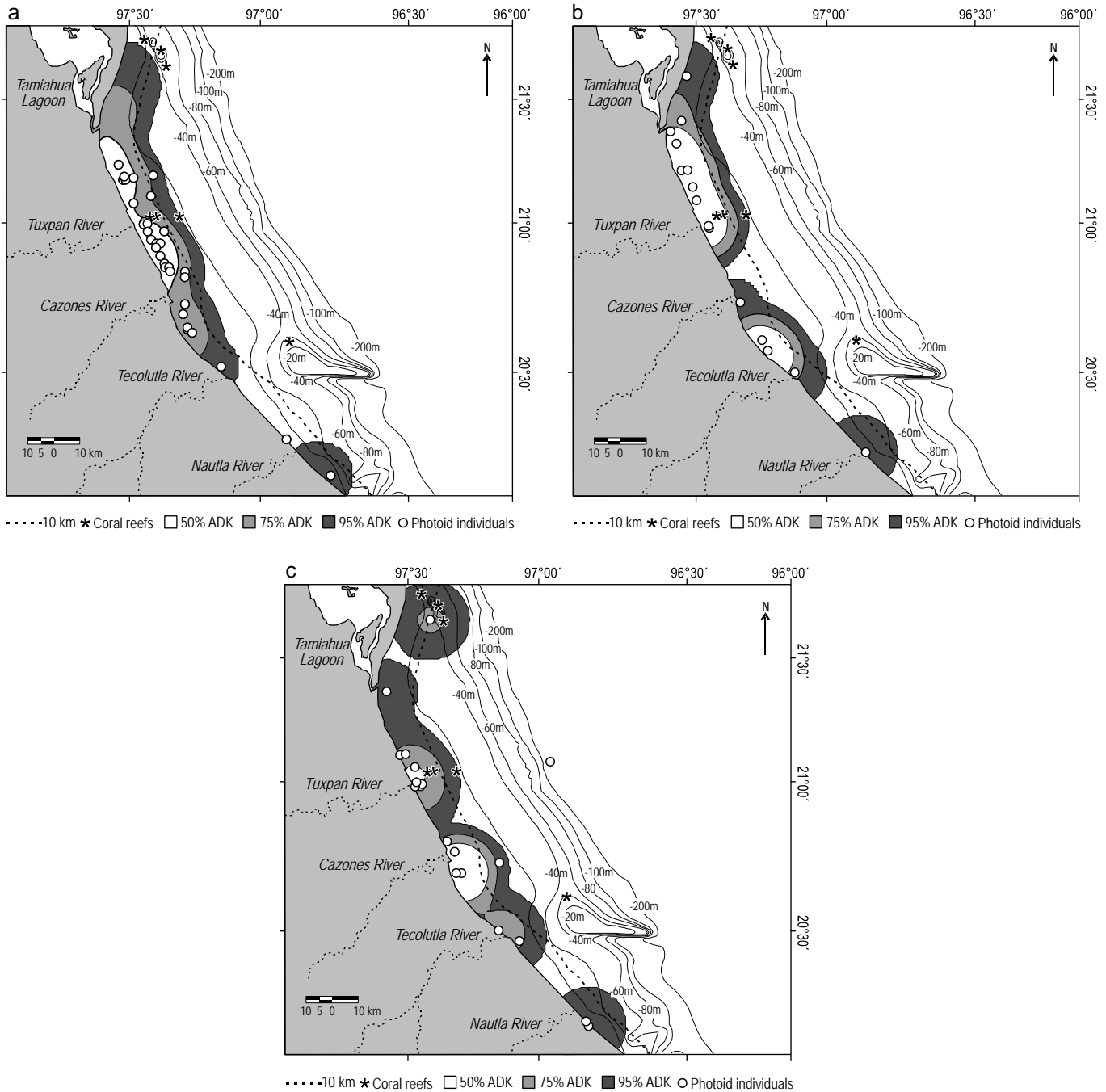
Our residency patterns were low in comparison with Simões-Lopes and Fabian (1999), Möller *et al.* (2002), and Fury and Harrison (2008), who reported ranges of 37% to 88% of resident animals in closed habitats. On the contrary, Quintana-Rizzo and Wells (2001) reported 19% of residents, 20% occasional visitors, and 61% of transients in an open

## DISCUSIÓN

Las toninas que viven en diferentes hábitats pueden formar grupos muy diferentes en tamaño: los grupos grandes se encuentran en aguas profundas y alejadas de la costa (Reynolds *et al.* 2000, Campbell *et al.* 2002). En este trabajo, el área de estudio se considera como un hábitat abierto y se esperaba encontrar grupos grandes; sin embargo, se observó un tamaño promedio de ocho individuos, lo cual se encuentra documentado comúnmente en la literatura (Wells y Scott 2002). Es común encontrar 3–7 individuos en hábitats cerrados como en Texas (Shane 1980), Florida (Wells 1986) y Belice (Campbell *et al.* 2002), e incluso en el Pacífico mexicano (Morteo *et al.* 2004), y es interesante que los delfines que se encontraron en las costas del norte de Veracruz mostraran tamaños de grupo que son característicos de un hábitat cerrado. Entonces, se supone que estos delfines pueden modular su comportamiento según las circunstancias ambientales locales.

Los ríos contribuyen al océano con materia orgánica, por lo tanto sostienen altas tasas de productividad primaria y grandes cantidades de biomasa, especialmente durante la temporada de lluvias. Consecuentemente, es común encontrar delfines en estas áreas (Ballance 1992, Ingram y Rogan 2002), según los hallazgos del presente trabajo. Además, también se registraron algunos delfines cerca de arrecifes coralinos (fig. 7c), que son reconocidos también como hábitats apropiados para estos y otros cetáceos (Lusseau y Wing 2006). Es probable que los delfines se muevan hacia los arrecifes adyacentes a Isla Lobos durante la temporada de secas debido a que sus aguas son una fuente productiva de recursos alimenticios, además de tranquilas y seguras para la crianza. Estos arrecifes de coral están decretados como un área natural protegido bajo la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (DOF 2009).

Todos los avistamientos realizados en este trabajo fueron en el océano, a diferencia de Heckel (1992) y Schramm (1993) quienes realizaron sus investigaciones dentro de la laguna de Tamiahua. Estas autoras estimaron una abundancia de entre 21 y 42 delfines, con un límite superior de 67 animales, utilizando el modelo de Bailey con 95% de confianza. Sin embargo, en esta investigación no se registró ningún avistamiento dentro de la laguna, probablemente



**Figure 7.** Variation of home range extensions across the seasons using the adaptive kernel method (ADK). Figure 7a shows one core area from Tamiahua Lagoon to the Cazones River during the cold-front season ( $n = 240$ ). Figure 7b corresponds to the dry season with two core areas ( $n = 118$ ). Figure 7c corresponds to the rainy season showing all dolphins constrained into two core areas around river mouths ( $n = 171$ ). Depth is indicated on the isobaths.

**Figura 7.** Variación de las extensiones de ámbito hogareño a través de las temporadas al utilizar el método adaptativo kernel (ADK). La figura 7a muestra la zona núcleo desde Tamiahua hasta el río Cazones en la temporada de nortes ( $n = 240$ ). La figura 7b corresponde a la temporada de secas con dos zonas núcleo ( $n = 118$ ). La figura 7c corresponde a la temporada de lluvias y muestra que los delfines se concentran en dos áreas núcleo alrededor de las desembocaduras de los ríos ( $n = 171$ ). La profundidad se indica en las isobatas.

estuarine system, and our data were similar to theirs. Shane (1987) suggested that although *Tursiops* do not appear to be territorial, in certain areas they seem to define boundaries of their range, and may consistently return to approximately the

porque la pesca se ha incrementado desde el principio de la década de los noventa y ha promovido la eutrofización.

Los patrones de residencia estimados en este trabajo fueron bajos comparados con Simões-Lopes y Fabian (1999),

same location. This could explain the permanence of certain animals around Tamiahua Lagoon and the Tuxpan and Czones Rivers. On the other hand, the proportion of occasional visitors could be related to feeding events rather than to reproductive interests (Urian *et al.* 1996) as they were recorded outside the reported reproductive months (early spring or late summer, Heckel and Schramm pers. comm.). In this study, data from residency estimations indicate that there is one resident community from Tecolutla River to Tamiahua Lagoon, contradicting the results of Vázquez-Castán *et al.* (2007) and Valdés-Arellanes *et al.* (2011), who report the occurrence of two populations. However, further research is needed in order to establish more accurately these geographical distribution limits and genetic relationships.

Using the MCP method, we found that different home range sizes between seasons were larger than those found in previous studies of inshore coastal waters (Connor *et al.* 2000, Lynn and Würsig, 2002). We also found an important overlapping zone of 1503 km<sup>2</sup> that includes coral reefs and the presence of several human activities such as oil exploitation and commercial fisheries. However, the home range extension during the rainy season could be due to an exploratory behavior sometimes developed by bottlenose dolphins, venturing into deep waters although they belong to a coastal population or ecotype. Habitats such as Sanibel (Florida), South Carolina, and the Sado Estuary (Portugal) are reported to be closed or protected habitats with barrier islands, and their average home range estimations are similar: 35.4, 40.8, and 32 km<sup>2</sup>, respectively (Shane 1987, Gubbins 2002, Cândido and Dos Santos 2005). Our estimation of 129.2 km<sup>2</sup> was closer to that reported for Matagorda Bay, Texas ( $\bar{x}$  = 140 km<sup>2</sup>, Lynn and Würsig 2002), and Sarasota, Florida ( $\bar{x}$  = 125 km<sup>2</sup>, Connor *et al.* 2000), despite habitat differences. As previously mentioned, our study site is considered an open system, while Texas and Florida are described as sheltered habitats. Thus, in this area of the Gulf of Mexico, the main determinant of home range size seems to be related to river outflow rather than to the geomorphology of the coast, as reported by La Manna *et al.* (2010) for the Mediterranean Sea. River plumes are larger during the rainy season, resulting in biological productivity and the availability of food for dolphins in a larger area; therefore, dolphins tend to occur offshore and across larger zones during this season.

On the other hand, the ADK results showed that dolphins preferred other areas during some seasons. During the cold-front season, dolphins remain in the area between the Czones River and Tamiahua Lagoon mouth (fig. 4a). Later when the dry season begins, the animals spread into two main core areas: one from Tamiahua to the Tuxpan River and another between the Czones and Tecolutla Rivers (fig. 4b). Finally, during the rainy season, rivers increase their nutrient contribution to the sea and the “river fronts” are more evident. We also saw dolphins using the reef area more frequently, probably because water currents travel along the

Möller *et al.* (2002) y Fury y Harrison (2008). Estos autores encontraron intervalos de entre 37% y 88% de animales residentes. Por el contrario, Quintana-Rizzo y Wells (2001) registraron 19% de residentes, 20% de visitantes ocasionales y 61% de transeúntes en un sistema estuarino abierto, y los datos del presente trabajo coinciden con los de ellos. Shane (1987) sugiere que aunque *Tursiops* no parece ser territorial, en ciertas áreas parecen definir fronteras o límites de su ámbito, y pueden regresar consistentemente a la misma localidad. Esto podría explicar la permanencia de ciertos animales alrededor de la laguna de Tamiahua o de los ríos Czones y Tuxpan. Por otro lado, la proporción de visitantes ocasionales podría estar relacionada con eventos de alimentación más que con intereses reproductivos (Urian *et al.* 1996) debido a que no sólo se registraron durante los meses de reproducción (a principios de primavera o finales de verano; Heckel y Schramm com. pers.). En este estudio, los datos de residencia indican que existe una comunidad residente desde el río Tecolutla hasta la laguna de Tamiahua, lo que contradice los resultados de Vázquez-Castán *et al.* (2007) y Valdés-Arellanes *et al.* (2011), quienes mencionan la existencia de dos poblaciones. Sin embargo, se necesitan más estudios para establecer con más precisión estos límites geográficos de distribución y las relaciones genéticas.

Al utilizar el método del PMC, se encontró que los diferentes tamaños de ámbito hogareño entre temporadas fueron mayores que los encontrados en estudios previos de aguas costeras (Connor *et al.* 2000, Lynn y Würsig 2002). Asimismo, se localizó una zona importante de traslapo de 1503 km<sup>2</sup> donde se incluyen arrecifes coralinos y varias actividades humanas como explotación de petróleo y pesquerías comerciales. Sin embargo, la extensión del ámbito hogareño durante la temporada de lluvias pudiera deberse a un comportamiento de exploración desarrollado algunas veces por las toninas; éstas pueden incurrir en aguas profundas aunque pertenezcan a una población o un ecotipo costeros. Hábitats como Sanibel (Florida), Carolina del Sur o el estuario del Sado (Portugal) están reportados como sistemas cerrados o protegidos por islas de barrera, y las estimaciones promedio de ámbito hogareño son similares: 35.4, 40.8 y 32 km<sup>2</sup>, respectivamente (Shane 1987, Gubbins 2002, Cândido y Dos Santos 2005). Nuestra estimación de 129.2 km<sup>2</sup> fue muy cercana a la registrado en bahía Matagorda, Texas ( $\bar{x}$  = 140 km<sup>2</sup>, Lynn y Würsig 2002), y Sarasota, Florida ( $\bar{x}$  = 125km<sup>2</sup>, Connor *et al.* 2000), a pesar de las diferencias de hábitat. Como se ha mencionado previamente, las costas del norte de Veracruz son consideradas como un sistema abierto, mientras que Texas y Florida son sistemas cerrados. Por lo tanto, en esta área mexicana del golfo de México, el principal componente de los tamaños de ámbito hogareño parece estar relacionado con los flujos de los ríos más que con la geomorfología de la costa, tal y como La Manna *et al.* (2010) han descrito en el Mar Mediterráneo. Las plumas de los ríos son más grandes durante la temporada de lluvias, por lo que la productividad biológica y el alimento para los delfines está

coast to the north and contribute to the richness in those areas (fig. 4c). It has been found that animals in habitats of high productivity have smaller home ranges than animals in habitats of lower productivity (Harestad and Bunnell 1979); however, in our case, we found the year-round core area to be 382.6 km<sup>2</sup>. This may be explained by the fact that along a coastline of approximately 300 km there are four rivers with natural surface drainage ranging from 1712 (Cazones River) to 6095 (Tecolutla River) million cubic meters per year (CNA 2010). Therefore, dolphins move throughout the study area but individuals display preferences for particular areas, especially during the rainy season. This suggests that most dolphins use the area in a stratified way in order to obtain their food requirements (Irvine *et al.* 1981, Hastie *et al.* 2004). This manner of exploiting resources could also be a strategy to avoid competition between groups, as suggested by Wilson *et al.* (1997).

The first report of a bottlenose dolphin home range was published in 1955 (Caldwell 1955). Since then, several studies have been conducted and the MCP and ADK methods are being used more frequently for more cetacean species (Hung and Jefferson 2004, Wedekin *et al.* 2007). However, some standardization of these methods is necessary in order to make proper comparisons. Comparing both methods, while ADK intensifies the boundaries of areas of intense use, MCP emphasizes the importance of outliers and suggests that several individuals show exploratory behavior, such as those observed in the Indian and Banana Rivers, Florida (Odell and Asper 1990), and in Matagorda Bay, Texas (Lynn and Würsig 2002).

Based on residency results, we propose that all dolphins in the Tuxpan and Tamiahua areas be managed as a single resident community, according to the description made by Rossbach and Herzing (1999): "A resident community is a group of dolphins that includes both genders, shows long-term site-fidelity, relatively high association between members, and low association with neighboring individuals, and shares similar habitats and feeding habits". Therefore, future studies should focus on the social, environmental, behavioral, and genetic aspects, in addition to updating the home range estimations.

This study found that the Tamiahua-Nautla region is an important habitat for *T. truncatus* and provides the first estimation of dolphin distribution, site fidelity, and habitat use in Mexican waters of the Gulf of Mexico, specifically Veracruz.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research was partially supported by a grant from the Cetacean Society International to A Serrano. I Martínez-Serrano was supported by the Mexican Council for Science and Technology (CONACYT, No. 171725). Thanks to all the boat operators and "Aquasports" company for their support.

disponible en un área más amplia. Por lo anterior, los delfines tienden a ocupar espacio en aguas profundas y a lo largo de áreas grandes durante esta temporada.

Por otro lado, los resultados del ADK sugieren que los delfines mostraron preferencia por algunas áreas según la temporada. Durante la temporada de nortes, los delfines permanecen desde la boca de la laguna de Tamiahua hasta el río Cazones de forma muy compacta (fig. 4a). Después, cuando empieza la temporada de secas, los animales se dispersan en dos áreas núcleo principales: la primera desde Tamiahua al río Tuxpan y la otra entre los ríos Cazones y Tecolutla (fig. 4b). Finalmente, durante la época de lluvias, los ríos aumentan su caudal y su contribución hacen más evidentes los "frentes de río". También se observaron delfines frecuentemente en la zona de arrecifes coralinos, quizá debido a que las corrientes de agua viajan a lo largo de la costa hacia el norte y contribuyen a aumentar la riqueza en estas áreas (fig. 4c). Se ha discutido que los animales que habitan en lugares con alta productividad tienen ámbitos hogareños más pequeños que aquellos que viven en hábitats con baja productividad (Harestad y Bunnell 1979); sin embargo, en nuestro caso, encontramos que el área promedio usada sólo en zonas núcleo durante todo el año fue de 382.6 km<sup>2</sup>. Esto se puede explicar por el hecho de que en una línea de costa de aproximadamente 300 km existen cuatro ríos con escurrimientos superficiales naturales que oscilan entre 1712 (río Cazones) y 6095 (río Tecolutla) millones de metros cúbicos por año (CNA 2010). Entonces, los delfines se mueven a través de la zona de estudio pero ciertos individuos muestran preferencias por áreas particulares, especialmente durante la temporada de lluvias. Esto sugiere que la mayoría de los delfines usan el área de manera estratificada para obtener sus requerimientos alimenticios (Irvine *et al.* 1981, Hastie *et al.* 2004). Esta manera de explotar los recursos podría ser también una estrategia para evitar competencia entre grupos, tal como lo sugieren Wilson *et al.* (1997).

El primer reporte del ámbito hogareño de una tonina fue publicado en 1955 (Caldwell 1955). Desde entonces, varios estudios se han desarrollado y los métodos del PMC y ADK son cada vez más usados con frecuencia para más especies de cetáceos (Hung y Jefferson 2004, Wedekin *et al.* 2007). Sin embargo, es necesario estandarizar algunas cosas en los métodos mencionados para realizar comparaciones apropiadas. Al comparar ambos métodos, el ADK intensifica los límites de áreas de uso intenso, mientras que el PMC enfatiza la importancia de los puntos extremos y el que algunos organismos muestren comportamientos de exploración, como se ha observado en los ríos Indio y Banana en Florida (Odell y Asper 1990) y en bahía Matagorda, Texas (Lynn y Würsig 2002).

Con base en los resultados de residencia, se propone que se consideren los delfines de las áreas de Tamiahua y Tuxpan como una sola comunidad residente, acorde a la descripción de Rossbach y Herzing (1999): "Una comunidad residente es un grupo de delfines que incluye ambos géneros, muestra alta

## REFERENCES

- Ballance LT. 1992. Habitat use patterns and ranges of the bottlenose dolphin in the Gulf of California, Mexico. *Mar. Mamm. Sci.* 8: 262–274.
- Bearzi G, Notarbartolo-Di-Sciara G, Politi E. 1997. Social ecology of bottlenose dolphins in Kvarnerić (northern Adriatic Sea). *Mar. Mamm. Sci.* 13: 650–668.
- Boyle SA, Lourenço WC, Da Silva LR, Smith AT. 2009. Home range estimates vary with sample size and methods. *Folia Primatol.* 80: 33–42.
- Caldwell DK. 1955. Evidence of home range of an Atlantic bottlenose dolphin. *J. Mammal.* 36: 304–305.
- Campbell GS, Bilgre BA, Defran DH. 2002. Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Turneffe Atoll, Belize: Occurrence, site fidelity, group size, and abundance. *Aquat. Mamm.* 28: 170–180.
- Cândido AT, Dos Santos ME. 2005. Analysis of movements and home ranges of bottlenose dolphins in the Sado estuary, Portugal, using a Geographical Information System (GIS). Abstract of 16th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, San Diego California, USA.
- CNA, Comisión Nacional del Agua. 2010. Estadísticas del Agua en México, edición 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 250 pp.
- Connor RC, Wells RS, Mann J, Read AJ. 2000. The bottlenose dolphin. Social relationships in a fission-fusion society. In: Mann J, Connor RC, Tyack PL, Whitehead H (eds.), *Cetacean Societies. Field Studies of Dolphins and Whales*. University of Chicago Press, pp. 91–126.
- Defran RH, Weller DW. 1999. Occurrence, distribution, site fidelity, and school size of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off San Diego, California. *Mar. Mamm. Sci.* 15: 366–380.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2009. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna, la región conocida como Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, localizada frente a las costas de los municipios de Tamiahua y Tuxpan, en el estado de Veracruz, 5 de junio de 2009.
- Fury CA, Harrison PL. 2008. Abundance, site fidelity and range patterns of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in two Australian subtropical estuaries. *Mar. Freshwat. Res.* 59: 1015–1027.
- Galindo JA, Serrano A, Vázquez-Castán L, González-Gándara C, López-Ortega M. 2009. Cetacean diversity, distribution, and abundance in northern Veracruz, Mexico. *Aquat. Mamm.* 35: 12–18.
- Gubbins C. 2002. Use of home ranges by resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in a South Carolina estuary. *J. Mammal.* 83: 178–187.
- Harris S, Cresswell WJ, Forde PG, Trehwella WJ, Woollard T, Wray S. 1990. Home-range analysis using radio-tracking data: A review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mamm. Rev.* 20: 97–123.
- Hastie GD, Wilson B, Wilson LJ, Parsons KM, Thompson PM. 2004. Functional mechanisms underlying cetacean distribution patterns: Hotspots for bottlenose dolphins are linked to foraging. *Mar. Biol.* 144: 397–403.
- Harestad AS, Bunnell FL. 1979. Home range and body weight- a reevaluation. *Ecology* 60 (2): 389–402
- Heckel G. 1992. Fotoidentificación de tursiones (*Tursiops truncatus*) (Montagu, 1821) en la boca de corazones de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México (Cetacea: Delphinidae). *B.Sc.* fidelidad al sitio, asociaciones relativamente elevadas entre sus miembros y una asociación baja con los individuos vecinos, y comparte tanto hábitats como hábitos de alimentación similares”. Por lo tanto, se sugiere que los estudios futuros se enfoquen en los aspectos sociales, ambientales, conductuales y genéticos de la población, además de siempre actualizar las estimaciones de ámbitos hogareños.
- Este estudio muestra que la región Nautla-Tamiahua es un hábitat importante para *T. truncatus* y provee la primera estimación de distribución, fidelidad al sitio y uso de hábitat en aguas mexicanas del golfo de México, específicamente en Veracruz.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se realizó en parte gracias al financiamiento provisto por la Sociedad Internacional de Cetáceos a A Serrano. Asimismo, I Martínez-Serrano fue apoyada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, No. 171725). Gracias a todos los operadores de los botes y a la compañía “Aquasports” por su apoyo.

---

dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Mexico.

Hooge PN, Eichenlaub B. 1997. Animal movement extension to ArcView ver. 1.1. Alaska Biological Science Center, US Geological Survey, Anchorage, Alaska.

Hooge PN, Eichenlaub WM, Solomon E. 2001. Using GIS to analyze animal movements in the marine environment. University of Alaska Sea Grant College. Report print (Ak-SG-01-02): 37–51.

Hung SK, Jefferson TA. 2004. Ranging patterns of Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in the Pearl River Estuary, People’s Republic of China. *Aquat. Mamm.* 30: 159–174.

Ingram SN, Rogan E. 2002. Identifying critical areas and habitat preferences of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 244: 247–255.

Irvine AB, Scott MD, Wells RS, Kaufmann JH. 1981. Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. *Fish. Bull.* 79: 671–688.

La Manna G, Clò S, Papale E, Sarà G. 2010. Boat traffic in Lampedusa waters (Strait of Sicily, Mediterranean Sea) and its relation to the coastal distribution of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *Cienc. Mar.* 36: 71–81.

Lusseau SM, Wing SR. 2006. Importance of local production versus pelagic subsidies in the diet of an isolated population of bottlenose dolphins *Tursiops* sp. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 321: 283–293.

Lusseau SM, Wilson B, Hammond P, Grellier J, Durban JW, Parsons KM, Barton TR, Thompson PM. 2006. Quantifying the influence of sociality on population structure in bottlenose dolphins. *J. Anim. Ecol.* 75: 14–24.

Lynn SK, Würsig B. 2002. Summer movement patterns of bottlenose dolphins in a Texas Bay. *Gulf Mex. Sci.* 20: 25–37.

Mazzoil M, McCulloch SD, Defran RH, Murdoch E. 2004. The use of digital photography and analysis for dorsal fin photo-identification of bottlenose dolphins. *Aquat. Mamm.* 30: 209–219.

Möller LM, Allen SJ, Harcourt RG. 2002. Group characteristics, site fidelity and seasonal abundance of bottlenose dolphins *Tursiops*

- aduncus* in Jarvis Bay and Port Stephens, southeastern Australia. *Aust. Mammal.* 24: 11–21.
- Morteo E, Heckel G, Defran RH, Schramm Y. 2004. Distribution, movements and group size of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) to the south of San Quintín Bay, Baja California, Mexico. *Cienc. Mar.* 30: 35–46.
- Odell DK, Asper ED. 1990. Distribution and movements of freeze-branded bottlenose dolphins in the Indian and Banana Rivers, Florida. In: Leatherwood S, Reeves RR (eds.), *The Bottlenose Dolphin*. Academic Press, San Diego, California, pp. 515–540.
- Parra GJ, Corkeron PJ, Marsh H. 2006. Population size, site fidelity and residence patterns of Australian snubfin and Indo-Pacific humpback dolphins: Implications for conservation. *Biol. Conserv.* 129: 167–180.
- Quintana-Rizzo E, Wells RS. 2001. Resighting and association patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Cedar Keys, Florida: Insights into social organization. *Can. J. Zool.* 79: 447–456.
- Reynolds JE III, Wells RS, Eide SD. 2000. *The Bottlenose Dolphin. Biology and Conservation*. University Press of Florida, 288 pp.
- Rossbach KA, Herzing DL. 1999. Inshore and offshore bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) communities distinguished by association patterns near Grand Bahama Island, Bahamas. *Can. J. Zool.* 77: 581–592.
- Sarasota Dolphin Research Program. 2006. *Manual for field research and laboratory activities*, 60 pp.
- Schramm Y. 1993. Distribución, movimientos, abundancia e identificación del delfín *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), en el sur de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, y aguas adyacentes (Cetacea: Delphinidae). B.Sc. dissertation, Universidad Autónoma de Guadalajara, Mexico.
- Schultz DM, Bracken WE, Bosart LF, Hakim GJ, Bedrick MA, Dickson MJ, Tyle KR. 1997. The 1993 superstorm cold surge; frontal structure, gap flow and tropical impact. *Mon. Weather Rev.* 125: 5–39.
- Shane SH. 1980. Occurrence, movements, and distribution of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in southern Texas. *Fish. Bull.* 78: 593–601.
- Shane SH. 1987. *The behavioral ecology of the bottlenose dolphin*. Ph.D. thesis, University of California, Santa Cruz, California.
- Simões-Lopes P, Fabian ME. 1999. Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu) (Cetacea, Delphinidae) off southern Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 16: 1017–1024.
- Toledo-Ocampo A. 2005. Marco conceptual: Caracterización ambiental del Golfo de Mexico. In: Botello AV, Rendón-von Osten J, Gold-Bouchot G, Agraz-Hernández C (eds.), *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias*. 2nd ed. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Instituto Nacional de Ecología, Mexico, pp. 25–52.
- Urian KW, Wells RS. 1996. Bottlenose dolphin photo-identification workshop: 21–22 March 1996, Charleston, South Carolina. NOAA. Tech. Mem. NMFS-SEFSC-393.
- Urian K, Duffield DA, Read AJ, Wells RS, Shell ED. 1996. Seasonality of reproduction in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *J. Mammal.* 77: 394–403.
- Valdés-Arellanes MP, Serrano A, Heckel G, Schramm Y, Martínez-Serrano I. 2011. Abundancia de dos poblaciones de toninas (*Tursiops truncatus*) en el norte de Veracruz, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 82: 227–235.
- Vázquez-Castán L, Serrano A, López-Ortega M, Galindo JA, Valdés-Arellanes MP, Naval-Ávila C. 2007. Habitat characterization of two populations of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus* Montagu 1821) on the northern coast of the state of Veracruz, Mexico. *UDO Agrícola* 7: 285–292.
- Wedekin LL, Daura-Jorge FG, Piacentini VQ, Simões-Lopes PC. 2007. Seasonal variations in spatial usage by the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) (Cetacea; Delphinidae) at its southern limit of distribution. *Braz. J. Biol.* 67: 1–8.
- Wells RS. 1986. *Structural aspects of dolphin societies*. Ph.D. thesis, University of California Santa Cruz, California.
- Wells RS, Scott MD. 2002. Bottlenose dolphins. In: Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM (eds.), *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, pp. 122–128.
- Wells RS, Scott MD, Irvine AB. 1987. The social structure of free ranging bottlenose dolphins. In: Genoways HH (ed.), *Current Mammalogy*. Plenum Press, pp. 247–305.
- Wilson B, Thompson PM, Hammond PS. 1997. Habitat use by bottlenose dolphin: Seasonal distribution and stratified movement patterns in the Moray Firth, Scotland. *J. Appl. Ecol.* 34: 1365–1374.
- Worton BJ. 1987. A review of models of home range for animal movement. *Ecol. Model.* 38: 277–298.
- Worton BJ. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70: 164–168.
- Worton BJ. 1995. Using Monte Carlo simulation to evaluate Kernel-based home range estimators. *J. Wildl. Manage.* 59: 794–800.

Received September 2010;  
accepted June 2011.