

Artículo de  
Investigación

## Distribución y tamaño poblacional de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en los ríos Javará y Loretoyacu

Tatiana Riveros-Castro\*<sup>1</sup>, Eric Ortega-Chacón<sup>1</sup>, Fernando Trujillo<sup>2</sup>, Hugo Mantilla-Meluk<sup>3</sup> y Federico Mosquera-Guerra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

<sup>2</sup>Fundación Omacha.

<sup>3</sup>Programa de Biología, Universidad del Quindío.

Autor para Correspondencia\*:

tatianariverosc@gmail.com

Recibido 05 de julio de 2015.

Aceptado 25 de diciembre 2015.

### Resumen

Esta investigación hace parte de la estrategia de articulación entre la Reserva Natural Palmarí (Brasil), Fundación Omacha y Universidad Francisco José de Caldas (Colombia) en aras de generar escenarios de conservación a través de la construcción de conocimiento en aspectos como: distribución y tamaños poblacionales de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en los ríos Javará y Loretoyacu, tributarios del río Amazonas en la trifrontera entre Colombia, Brasil y Perú. Este estudio fue realizado durante el año 2013 en los periodos hidrológico de aguas altas (marzo) y aguas descendentes (junio). Las áreas de estudio fueron los sistemas hidrológicos ubicados en la Reserva Natural Palmarí (Brasil) y Puerto Nariño (Colombia). El tamaño poblacional para los delfines de río fue establecido a través de la metodología propuesta por Gomez *et al* (2011); se aplicaron 60 transectos entre lineales y en banda, navegando 180 km<sup>-1</sup> en las áreas de estudio. Los mayores valores obtenidos para la densidad de *Inia geoffrensis* se presentó en el río Javará en el tipo de hábitat tributario aportando  $D=2,3$  *Inia*/Km<sup>2</sup> y las densidades más altas para *Sotalia fluviatilis* se presentaron en el río Javará en el tipo de hábitat tributario  $D=3,4$  *Sotalia*/Km<sup>2</sup>. En relación a los tamaños poblacionales en los dos sistemas evaluados se registró un mayor número de individuos en el río Javará donde la especie *Sotalia fluviatilis* aportó las mayores abundancias observándose un posible solapamiento de nicho entre estas dos especies de cetáceos que presentan distribución simpátrica.

**Palabras clave:** Amazonas, abundancia, densidad, distribución, delfines de río, periodos hídricos

### Abstract

This research is part of the joint strategy between the Palmarí Nature Reserve (Brazil), Omacha Foundation and University Francisco Jose de Caldas (Colombia) in order to generate scenarios conservation through building knowledge in areas such as distribution sizes population of *Inia geoffrensis* and *Sotalia fluviatilis* and tucuxi in the Javari and Loretoyacu, tributaries of the Amazon River in the trifrontera between Colombia, Brazil and Peru rivers. This study was conducted during 2013 in periods of high water hydrology (March) and downstream waters (June). Study areas were located in water systems Palmarí Nature Reserve (Brazil) and Puerto Nariño (Colombia). The population size for river dolphins was established by the method proposed by Gomez *et al* (2011), 60 transects between linear and band were applied, sailing 180 km<sup>-1</sup> in the study areas. The highest values obtained for the density of *Inia geoffrensis* presented in the Javari river in providing habitat tax rate  $D = 2.3$  *Inia* / km<sup>2</sup> and higher densities for tucuxi occurred in the Javari river habitat type *Sotalia fluviatilis* tax  $D = 3.4$  / km<sup>2</sup>. In relation to the population sizes in both systems evaluated a greater number of individuals in the Javari river where the species tucuxi provided the highest abundances observed a possible niche overlap between these two species of cetaceans that have occurred sympatric distribution.

**Keywords:** Amazon, abundance, density, distribution, rivers dolphins. hydrological periods.

### Introducción

En los últimos veinte años, se han realizado diversas investigaciones relacionadas con aspectos de ecología y tamaño poblacional de los delfines de río para Suramérica, generando los insumos necesarios para la elaboración de alternativas para su manejo y conservación en la región, un referente de estas iniciativas es el Plan de acción para la conservación de los delfines de río en Suramérica (Trujillo *et al.* 2011a). Una problemática regional de gran impacto identificada por Trujillo *et al.* (2011a) son las capturas dirigidas de delfines de río en especial de *Inia geoffrensis* en la Amazonia brasilera y peruana para la pesca de mota (*Calophysus macropterus*) reportadas desde el año 2004 (Gómez *et al.* 2008; Trujillo *et al.* 2011), por tal motivo es relevante determinar el estado poblacional de las especies *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* y establecer posibles procesos de amenaza para la conservación de poblaciones

de delfines de río que puedan estar actualmente en los diferentes sistemas hídricos debido a reducción en el número de individuos de estas especies ocasionado por esta amenaza.

En cuanto a la importancia ecológica de estos cetáceos, son los predadores tope en las redes tróficas de los diferentes ecosistemas acuáticos continentales; es por esto que la composición, abundancia y distribución de sus poblaciones son indicadores del estado de salud de los ríos Amazonas y Orinoco (Morales y Jáuregui 2004).

La distribución de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* es amplia en los sistemas acuáticos asociados al río Amazonas, presentes en países como Colombia, Ecuador, Guyana, Brasil y Perú (Trujillo *et al.* 2000; Lizarazo y Riveros 2005; Trujillo *et al.* 2011a; Trujillo *et al.* 2011b; Trujillo *et al.* 2012). Sin embargo el estado de sus poblaciones es aún poco conocido por esta razón es importante realizar estudios encaminados a determinar el

tamaño poblacional y densidad en estos sistemas hídricos estableciendo de esta forma su distribución y amenazas a su conservación.

En la presente investigación se establecieron dos localidades de estudio, la primera el río Javará ubicado en la cuenca del río Amazonas y que sirve de frontera entre los países de Brasil y Perú donde se ubican las poblaciones fronterizas de Atalaia Do Norte (Brasil) y San Fernando (Perú). La segunda localidad, el río Loretoyacu donde se encuentran los lagos de Tarapoto y El Correo en inmediaciones del municipio Puerto Nariño (Colombia). Los dos ecosistemas hídricos corresponden a tributarios de aguas negras que vierten sus aguas al río Amazonas. La información obtenida en aspectos como estimación poblacional; distribución de estas especies, son los insumos fundamentales en la construcción de estrategias para la conservación de especies a través del trabajo pedagógico realizado con las comunidades ribereñas en las áreas de estudio.

## Metodología

### Área de estudio

Se realizaron dos muestreos en los períodos de aguas altas (marzo) y en descenso (junio) de 2013 (Figura 1). El trayecto comprendió muestreos en las localidades de la Reserva

Natural Palmarí (Brasil) en la región amazónica (04° 17'17" S, -70° 17'33" W); entre las comunidades de San Fernando (Perú) y Atalaia do Norte (Brasil) y Puerto Nariño (Colombia) ubicado en el departamento del Amazonas (03° 47' S, -70° 2' W); entre el río Loretoyacu, hasta los sistemas lacustres el Correo y Tarapoto.

### Fase de Campo

Para estimar el tamaño de las poblaciones de los delfines de río en las áreas de estudio evaluadas, se empleó una embarcación de fibra de vidrio de cuatro metros de largo y dos de ancho, propulsada por un motor de 5hp. A lo largo de los dos muestreos en diferentes periodos hidrológicos, se recorrieron 180 Km<sup>-1</sup> a una velocidad promedio de desplazamiento entre 10-13 Km/hr<sup>-1</sup>. Se ubicaron dos posiciones de observación en la embarcación: una en la proa con un observador, y otra en la popa con un observador. Las observaciones desde proa fueron independientes de las observaciones en popa, y las posiciones de los observadores en cada plataforma fueron rotadas en un lapso de dos horas. Todos los observadores tenían experiencia previa con estudios de delfines de río (Gómez-Salazar *et al.* 2011).

### Diseño de los transecto

Se establecieron cuatro tipos de hábitats con base en las



**Figura 1.** Localidades de muestreo en la Reserva Natural Palmarí (Brasil), San Fernando (Perú), Atalaia do Norte (Brasil) y Puerto Nariño (Colombia).

conductas etológicas establecidas para los delfines de río y en criterios limnológicos para la cuenca, como: tributario, confluencias, canales y lagunas. El diseño de muestreo para los tipos de hábitat establecidos empleó una combinación de transectos en banda (paralelos a la orilla que mantenían una distancia de 150 m) y transectos lineales (en un ángulo de 45 respecto de la orilla; Gómez-Salazar *et al.* 2011). Los transectos en banda se realizaron en todos los tipos de hábitat y los transectos en línea solo se realizaron en el río principal. En el caso de los tipos de hábitat donde el ancho es menor a 300 m, se tomó la distancia a cada lado de la orilla. Se diligenció una planilla de esfuerzo de muestreo, donde se registraron los datos de distancia de los transectos, coordenadas de la zona y tipos de eventos (observaciones y aspectos ecológicos) (Tabla 1 y 2).

#### Estimación poblacional de los delfines de río

##### Estimaciones de densidad

Se hizo un análisis exploratorio de los datos obtenidos a través de transectos en línea empleando el software DISTANCE, versión 5.0 (Buckland *et al.* 2001; Thomas *et al.* 2002; Thomas *et al.* 2010; Gómez-Salazar *et al.* 2011). La densidad poblacional (D) se evaluó como:

$$D = nE(i)f(0)/2Lg(0)$$

Donde n: Número de grupos observados; E (i) es el estimado del tamaño para cada grupo de la población en un hábitat tipo i; f (0) es la observación de la densidad probable a distancia perpendicular 0; L es la longitud del transecto total, y g (0) es la probabilidad de observación de un grupo en la línea de transecto.

Usando los datos de la plataforma de observación, se estimó el g (0). La función de detección fue de aproximadamente 50 m. El modelo de detección seleccionado fue Akaike's Information Criterion (AIC); (Burnham y Anderson, 2002).

Los valores de probabilidad de detección (Pk) empleados en la presente investigación, correspondieron a los calculados por Gómez-Salazar *et al.* (2011a), para las cuencas del Orinoco-Amazonia para las especies, y correspondieron a P1 = 0,91 (Distancias del observador 5 - 100 y 100 - 150m) y P2 = 0,523 (0 - 50 y 150 - 200m), de acuerdo con las áreas de detección del tipo de hábitat (Buckland *et al.* 2001). El  $g_{(0)}$  fue tomado de Gómez-Salazar *et al.* (2011), siendo 0,947 (0,025) para *Inia*.

##### Tamaño de la población

El tamaño de la población de delfines de río (Ni) para cada hábitat i fue calculado por  $N_i = A_i D_i$ .

En general, el coeficiente de variación del total estimado en el río fue calculado de la siguiente manera:

$$CV(N_i) = \sqrt{\sum SE(N_i)^2} / \sum N_i$$

#### Distribución de los delfines de río

La distribución de los delfines de río en las diferentes áreas de estudio se ilustró a través de salidas cartográficas empleando los Sistemas de Información Geográfica (SIG), empleando los registros de las observaciones realizado a través de un GPS de referencia Garmin 60 SCx.

#### Resultados y discusión

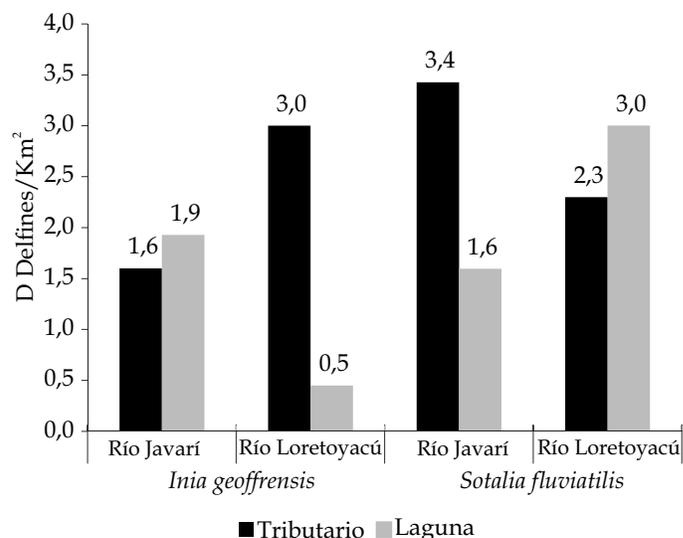
Los resultados obtenidos se presentan en función de la densidad, número estimado de individuos y tasa de encuentro para los animales observados en cada tipo de hábitat en las áreas de estudio.

##### Densidad para cada tipo de hábitat de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis*

Los valores de densidad más altos fueron aportados por *Sotalia fluviatilis* y se registraron en el río Javará para el tipo de hábitat Tributario (Río Javará) ( $D=3,4$  *Sotalia*/Km<sup>2</sup>), seguido del tipo de hábitat Laguna (Río Loretoyacú) ( $D=3,0$  *Sotalia*/Km<sup>2</sup>) y el valor más bajo se presentó en tipo de hábitat Laguna (Río Javará) ( $D=1,6$  *Sotalia*/Km<sup>2</sup>) en el río Javará. En relación a *Inia geoffrensis* los valores de densidad más altos se presentaron en el tipo de hábitat Tributario (Río Loretoyacú) ( $D=3,0$  *Inia*/Km<sup>2</sup>), seguido del tipo de hábitat Laguna (Río Javará) ( $D=1,9$  *Inia*/Km<sup>2</sup>) para el río Javará y el valor más bajo se registró en el tipo de hábitat Laguna (Río Loretoyacú) ( $D=0,5$  *Inia*/Km<sup>2</sup>) (Figura 2).

##### Tamaño poblacional de los delfines de río

Los valores de abundancia más altos fueron aportados por *Sotalia fluviatilis* y se registraron en el río Javará para el tipo de hábitat Tributario (N=41 ind), seguido del tipo de hábitat Laguna (N=35 ind) en el río Loretoyacú y el valor



**Figura 2.** Variación del tamaño poblacional de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en los diferentes tipos de hábitat muestreados durante las jornadas de campo realizadas en dos períodos hidrológicos.

**Tabla 1.** Definición de tipos de hábitat utilizados en la presente publicación. Los tipos de agua siguen la propuesta de Gómez-Salazar *et al.* (2011) y Trujillo *et al.* (2011).

Tipo de Hábitat	Características	Áreas de muestreo
Río tributario	Son ríos de aguas blancas o negras, se utilizan principalmente en aguas altas. La mayoría de los reportes corresponden a los lugares donde se acumula material orgánico que sirven como alimento y refugio de peces (Henderson & Hamilton 1995).	Río Javará, Brasil: 200 a 350 m de ancho; 15 a 17 m profundidad promedio 
Confluencias	Áreas de intersección entre ríos, canales o tributarios. Las confluencias están disponibles para los delfines durante todas las épocas del año, y pueden ser de aguas blancas o negras.	Confluencias con los ríos Javará e Itacuaí. 
Canales	Cursos de agua con no más de 300 metros de ancho, asociados a islas y sistemas de ríos principales. La navegación en este hábitat es restringida de acuerdo a la época hidrológica.	Canal acceso a Laguna San Antonio. 
Laguna	Extensión de agua rodeada por tierra que pertenece a una cuenca de drenaje y que presenta un vaso bien definido con zona litoral y bien diferenciadas. (Diazgranados & Trujillo 2004).	San Antonio (Per), Tarapoto y Loretoyacú. (Col) 

más bajo se presentó en tipo de hábitat Laguna (N=10 ind) en este mismo sistema hídrico. En relación a *Inia geoffrensis* los valores de abundancia más altos fueron se presentaron en el tipo de hábitat Tributario (N=37 ind) para el río Javará, seguido del tipo de hábitat Tributario (N=30 ind) en el río Loretoyacú y el valor más bajo se registró en el tipo de hábitat Laguna (N=9 ind) (Figura 3).

*Tasa de encuentro*

Los valores de tasa de encuentro más altos fueron aportados por *Inia geoffrensis* y se registraron en el río Loretoyacú para el tipo de hábitat Laguna (n/l=1,2), seguido del tipo de hábitat Tributario (n/l=0,9) y el valor más bajo se presentó en tipo de hábitat Tributario (n/l=0,4) en el río Javará. En relación a *Sotalia fluviatilis* los valores de

Tabla 2. Tipos de orilla. Fuente: Gómez-Salazar et al. (2011).

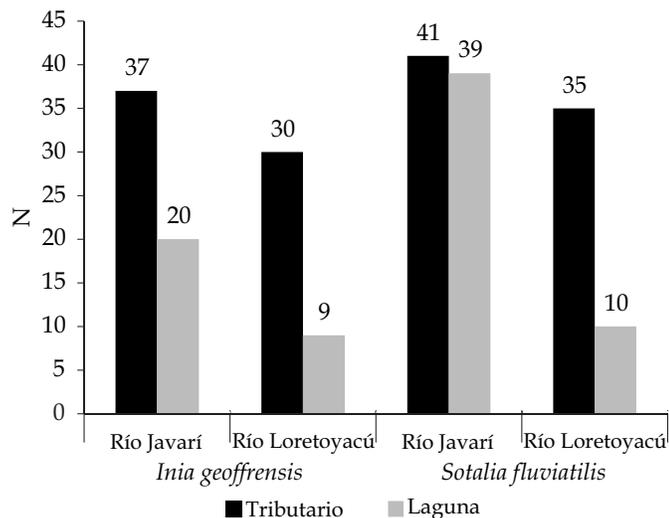
Tipo de orilla	Características	
Bosque	Vegetación densa, solamente representada por árboles mayores (<6m)	
Arbustos	Vegetación baja (<6 m), por lo general en parches a lo largo del continuo orilla, en ocasiones al borde del bosque	
Vegetación inundada	Bosques y matorrales inundados durante la temporada de aguas altas.	
Pastos flotantes	Vegetación flotante Principalmente Representado por las plantas acuáticas	

tasa de encuentro más altos se presentaron en el tipo de hábitat Tributario (n/l=1,1) para el río Loretoyacú, seguido del tipo de hábitat Laguna (n/l=0,7) en los dos ríos evaluados y el valor más bajo se registró en el tipo de hábitat Laguna (n/l=0,3) para el río Javará (Figura 4). Los resultados obtenidos en relación a los valores de densidad para los tipos de hábitats evaluados y el tamaño de las poblaciones para las especies coincide con lo expuesto por Gómez et al (2011). La variación en los valores para la densidad de estas especies se encuentra altamente incididos por la variabilidad en la disponibilidad en los recursos, ya que la presencia o migraciones de peces determina los movimientos de los delfines de río entre los distintos tipos de hábitats y sistemas acuáticos (Martin y Da Silva 2004), concentrándose en lagunas cerca de las orillas

de los ríos y afluentes en busca de recursos y refugio que proporciona la vegetación y las corrientes lentas (Goulding 1980). Adicional a esto el bosque inundado les brinda mayor movilidad y cambios repentinos de tipo de hábitat, es decir, la transición de tributario a laguna se desarrolla de manera más facilitada. Se reporta igualmente valores de densidad altos para los delfines de río en ecosistemas acuáticos en condición de áreas protegidas (Trujillo et al. 2011 y Gómez et al. 2011) (Figura 5).

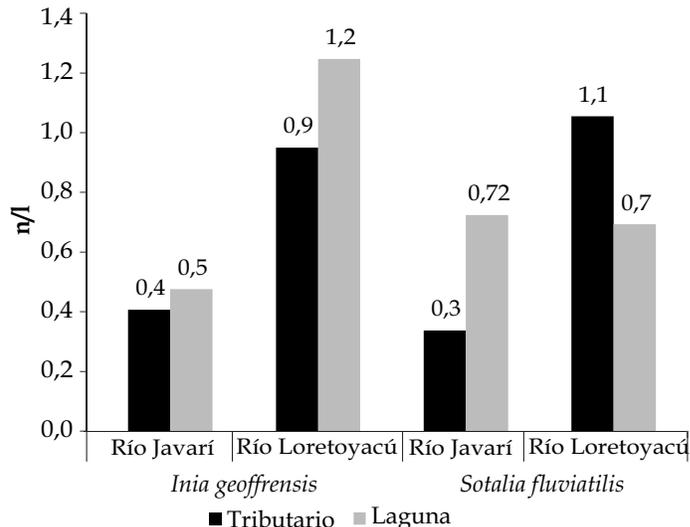
*Distribución de los delfines de río*

*Inia geoffrensis* se encuentra distribuida en la región del Amazonas, en los ríos principales y en la mayoría de sus tributarios, mientras que *Sotalia fluviatilis* presenta una distribución que se restringe a ríos de aguas blancas y



**Figura 3.** Variación del tamaño poblacional de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en los diferentes tipos de hábitat muestreados durante las jornadas de campo realizadas en dos periodos hidrológicos.

algunos tributarios de aguas negras (Trujillo *et al.*, 2013), los delfines de río presentan preferencia por ciertos tipos de hábitats de acuerdo a la estacionalidad o pulsos de inundación de los ríos. Para *Sotalia*, la distribución se destaca en los ríos principales y tributarios, y en la temporada de aguas altas se les puede observar en los sistemas lagunares (Trujillo 2000). La presencia de los delfines de río en sistemas acuáticos como los lagos podría estar relacionada estrechamente con la disponibilidad de presas y en los periodos de aguas en ascenso y altas, dichos tipos de hábitats podrían adquirir mayor importancia para las especies de delfines de río (Trujillo 2000). (Figura 6 y 7).



**Figura 4.** Variación de la tasa de encuentro de las observaciones de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en los diferentes tipos de hábitat muestreados durante las jornadas de campo realizadas en dos periodos hidrológicos.

Se observa una distribución heterogénea para los valores de las abundancias y densidades de las especies, tipos de hábitat y localidades de cada país y de una cuenca hidrográfica a otra. Sin embargo los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los resultados reportados para los ríos Marañón, Samiria al igual con los valores para tasa de encuentro en la Amazonia por Tavera, *et al.* (2010); McGuire y Aliaga-Rossel. (2010) y Gomez *et al.* (2011).

Se corrobora la importancia de los ecosistemas lenticos para las especies como zonas de alimentación durante el periodo de aguas en ascenso y altas. Adicional a esto, se



**Figura 5.** *Inia geoffrensis* presente en los diferentes tipos de hábitat muestreados durante las jornadas de campo.



Figura 6. Distribución de delfines de río en los ecosistemas acuáticos asociados a la cuenca del Javari.

observa la importancia de iniciativas de conservación como son los acuerdos de pesca en los lagos Tarapoto, El Correo y Caballo Cocha en zona fronteriza entre Perú y Colombia impulsados por la Fundación Omacha y WWF-Colombia.

### Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración logística y científica brindada por la Fundación Omacha, la Reserva Natural Palmari, Whitley Fund for Nature-Fondation Segré y WWF-Colombia.

### Literatura citada

Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, y J. L. Laake. (2001). *Introduction to Distance sampling: Estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.

Burnham, K. P., y D. R. Anderson. (2002). *Model selection and multi model inference: A practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag. New York, EE.UU.

Gómez, C., Trujillo, F., Diazgranados M.C., y J. Alonso. (2008). Capturas dirigidas de delfines de río en la Amazonía para la pesca de mota (*Calophrysus macropterus*): una problemática regional de gran impacto. Pp. 39 - 57. En *Fauna acuática amenazada en la Amazonía colombiana. Análisis y propuestas para su conservación*. Trujillo, F., Alonso, J.C., Diazgranados, M.C., y C. Gómez (eds) 2008.

Gómez-Salazar, C., F. Trujillo, M. Portocarrero-Aya., y H. Whitehead. (2011). Population, density estimates, and conservation of river dolphins (*Inia* and *Sotalia*) in the Amazon and Orinoco river basins. *Marine Mammal Science* 28:124-153 pp.

Goulding, M. (1980). *The fishes and the forest, explorations in Amazonian Natural History*. University of California Press, Berkeley. 280 pp.

Lizarazo, A., & P. Riveros (2005). *Inia geoffrensis & Sotalia fluviatilis: evaluación de la ecología alimentaria, abundancia y competencia con los pescadores en el área de influencia de puerto Nariño, Amazonas*. Universidad Distrital Francisco José

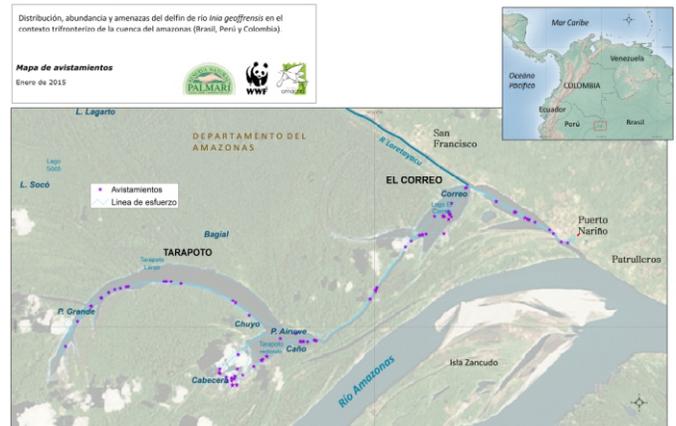


Figura 7. Distribución de delfines de río en los ecosistemas acuáticos asociados a los lagos El Correo y Tarapoto.

de Caldas. Bogotá, D.C., Colombia.

Martin AR, & Da Silva VMF. (2004). Number, seasonal movements, and residency characteristics of river dolphins in an Amazonian floodplain lake system. *Canadian Journal of Zoology* 82(8):1307-1315.

Morales, N., & Jáuregui, A. (2004). *Cetáceos presentes en el Caribe nororiental colombiano*. Universidad Jorge Tadeo Lozano (ProCMM-UJTL). Bogotá, D.C., Colombia.

Thomas, L., S. T. Buckland, K. P. Burnham, D. R. Anderson, J. L. Laake, D. R. Borchers, y S. Strindberg. (2002). Distance sampling. *Encyclopedia of environmetrics* 1:544-552 pp.

Thomas, L., S. T. Buckland, E. A. Rexstad, J. L. Laake, S. Strindberg, S. Hedley, J. R. B. Bishop, T. Marques, y K. P. Burnham. (2010). Distance software: Design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47:5-14 pp.

Trujillo, F. Habitat use and social behaviour of the freshwater dolphin *Inia geoffrensis* (de Blainville 1917) in the Amazon and Orinoco basins. Ph.D. thesis, University of Aberdeen, Aberdeen, Scotland. 157 pp.

Trujillo, F., Portocarrero-Aya, M., Gómez-Salazar, C., Diazgranados, M.C., Castellanos-Mora, L., Ruiz-García, M., y S. Caballero (2010). Status and conservation of river dolphins *Inia geoffrensis* and *Sotalia fluviatilis* in the Amazon and Orinoco River Basins in Colombia. In Trujillo, F., Crespo, E., Van Damme, P.A. & J.S. Usma (Editors). 2010. *The Action Plan for South American River Dolphins 2010 - 2020*. WWF, Fundación Omacha, WDS, DCS, Solamac. Bogotá, D.C., Colombia.

Trujillo, F., Crespo, E., Damme, P., Usma, S., Morales-Betancourt, D. Wood, A & Portocarrero-Aya, M. Resumen de las amenazas para los delfines de río en Sudamérica: pasado, presente y futuro. (2011). En Trujillo, F., Crespo, E., Van Damme, P. y J.S. Usma (Editores). 2011. *Plan de Acción para la conservación de los Delfines de Río en Sudamérica. Resumen ejecutivo y avances 2010 - 2020*. WWF, Fundación Omacha, WDS, WDCS, Solamac. Bogotá, D.C., Colombia. 104 pp.

Trujillo, F., A. Gartner, D. Caicedo y M.C. Diazgranados (Editores). 2013. *Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá, 312 pp.