

Aspectos poblacionales de la tonina, *Inia geoffrensis humboldtiana* (Cetartiodactyla, Iniidae) en el río Guayabero, Colombia

Population aspects for the tonina, *Inia geoffrensis humboldtiana* (Cetartiodactyla, Iniidae) at the Guayabero River, Colombia

Federico Mosquera-Guerra^{1,2}, Carlos Aya-Cuero^{1,2,3,4}, Estefany Acosta-Lugo⁵,
Fernando Trujillo¹, Carlos Alberto Parra-Sandoval⁶, Nicole Franco-León¹,
Alex Mauricio Jiménez-Ortega⁷, Hugo Mantilla-Meluk⁸

Resumen

Los procesos de diversificación para los delfines de río del género *Inia* en el subcontinente suramericano han estado determinados por eventos vicariantes, aislamiento de sus poblaciones entre las diferentes cuencas hidrográficas, ocasionados por barreras naturales como rápidos y cascadas. La extensa distribución de *Inia geoffrensis humboldtiana* en la macrocuenca Orinoco genera amplios vacíos de información en aspectos poblacionales y ecológicos. **Objetivo:** Determinar el tamaño poblacional y las diferencias en los valores de densidad entre los diferentes tipos de hábitat evaluados para *I. g. humboldtiana* en la cuenca del río Guayabero (Orinoco colombiano). **Metodología:** Se evaluaron los parámetros poblacionales para los delfines de río en los tipos de hábitats: i) *río principal*, ii) *canales*, iii) *confluencias*, y iv) *tributarios*, se realizaron 99 transectos de 2,5 km de longitud para un total de 247,5 km, entre los municipios de La Macarena (Raudal Angosturas I) y Puerto Concordia (confluencia entre los ríos Ariari y Guayabero), durante el período hidrológico de aguas altas (abril 2019). **Resultados:** Se estimó un tamaño poblacional de 87 (CV: 0.02) individuos y los mayores valores de densidad (D) se asociaron con las confluencias $D=19.1$ *Inia.km⁻²*; seguidos por: tributario $D=7.1$ *Inia.km⁻²*; y río principal $D=1.2$ *Inia.km⁻²*. **Conclusiones:** Destacamos la importancia de las confluencias entre los ríos: i) Guayabero y Losada y ii) Guayabero y Caño Yarumales, como áreas utilizadas para alimentación y aspectos reproductivos de la especie. Nuestros resultados corresponden a la primera evaluación demográfica para el área de distribución de *I. g. humboldtiana* en la cuenca del río Guayabero.

Palabras clave: Conservación, Cuenca Orinoco, Delfines de río, Densidad, Distribución.

Abstract

Diversification processes for river dolphins of the genus *Inia* in the South American subcontinent, have been specified by vicariate isolation of their populations between the different hydrographic basins caused by natural barriers such as rapids and waterfalls. The extensive distribution of *Inia geoffrensis humboldtiana*, in the Orinoco macro basin generates wide information gaps in population and ecological aspects. **Objective:** In order to determine the population size and the differences in density values between the different types of habitat evaluated for *I. g. humboldtiana* in the Guayabero river basin (Colombian Orinoco). **Methodology:** The population parameters for river dolphins were evaluated in the types of habitats: i)

¹ Fundación Omacha, Bogotá, Colombia. Autor de correspondencia: federico.mosquera guerra@gmail.com

² Grupo de Ecología del Paisaje y Modelación de Ecosistemas (ECOLMOD). Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

³ Fundación Kurupira, Bogotá, Colombia.

⁴ Grupo de Investigación en Biotecnología y Medio Ambiente. Biología, Universidad INCCA de Colombia, Bogotá, Colombia.

⁵ Semillero de Evolución y Conservación (SEC). Biología Aplicada, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia.

⁶ Cormacarena, Villavicencio, Colombia.

⁷ Grupo de Investigación Manejo y Gestión de la Vida Silvestre Chocoana, Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Biología, Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Colombia.

⁸ Centro de Estudios de Alta Montaña, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

Fecha recepción: Septiembre 26, 2018 Fecha aprobación: Enero 18, 2019

Editor Asociado: Palacios-Mosquera L.

main river, ii) channels, iii) confluences, and iv) tributaries, 99 transects of 2.5 km in length were carried out for a total of 247.5 km, between the municipalities of La Macarena (Raudal Angosturas I) and Puerto Concordia (confluence between the Ariari and Guayabero rivers), during the high water hydrological period (april 2019). **Result:** A population size of 87 (CV: 0.02) individuals was estimated and the highest density values (D) were associated with confluences $D=19.1$ *Inia*.km⁻²; followed by: tributary $D=7.1$ *Inia*.km⁻²; and main river $D=1.2$ *Inia*.km⁻². **Conclusions:** We highlight the importance of the confluences between the rivers: i) Guayabero and Losada; and ii) Guayabero and Caño Yarumales, as areas used for feeding and reproductive aspects of the species. Our results correspond to the first demographic evaluation for the distribution area of *I. g. humboldtiana* in the Guayabero river basin.

Keywords: Conservation, Density, Distribution, Orinoco river basin, River dolphins.

Introducción

La complejidad ecológica y geológica del subcontinente austral de América, incluida la presencia de barreras naturales (rápidos y cascadas), dinámicas fluviales particulares (pulsos de inundación), han generado un mosaico de ecosistemas acuáticos que varían en sus parámetros físicos, químicos, niveles de productividad y biomasa (McClain y Naiman, 2008), estas variables ambientales influyen de manera determinante, parámetros poblacionales para los delfines de río, organismos considerados depredadores tope en estos ambientes (Mosquera-Guerra *et al.* 2019a).

De otra parte, el aislamiento de poblaciones, en áreas con presiones selectivas diferenciales, han promovido eventos vicariantes entre cuencas, resultando en tres especies en el género *Inia* (Cetartiodactyla: Iniidae): *Inia geoffrensis* (Da Silva *et al.* 2018), con las subespecies: *I. g. geoffrensis* (De Blainville 1817), distribuida en la cuenca del Amazonas (Da Silva 2009); e *I. g. humboldtiana* (Pilleri y Gühr, 1977), presente en la macrocuenca Orinoco (Herrera *et al.* 2017); taxones a los que se suman, *I. boliviensis*, establecida en las cuencas del Mamoré e Iténez en Bolivia (Aliaga-Rossel 2002, Banguera-Hinestroza *et al.* 2002, Aliaga-Rossel *et al.* 2006, Ruiz-García *et al.* 2008, Ruiz-García 2010), y el río Madeira compartido por Bolivia y Brasil (Gravena *et al.* 2014); y finalmente, *I. araguaiaensis*, que ocurre en el complejo hidrológico de los ríos Araguaia-Tocantins en Brasil (Hrbek *et al.* 2014).

Históricamente para Colombia, las poblaciones de delfines de río de la Amazonía, han recibido una mayor atención en la investigación que aquellas de la Orinoquía, donde aún existen extensas áreas para las que no se han generado datos demográficos (Trujillo *et al.* 2019a). Poblaciones de *I. g. humboldtiana*, han sido documentadas para los ríos: Meta, Guayabero, Yucao, Manacacías, Tillavá, Planas, Vichada, Tomo, Tuparro, Guaviare, Inírida, Bitá, Arauca, Cravo Norte, Casanare y Orinoco (Trujillo 2000, Diazgranados y Trujillo 2004, Mosquera-Guerra *et al.* 2015a); donde estos cetáceos se encuentran expuestos a diferentes tensores antropogénicos (Mosquera-Guerra *et al.* 2016; Herrera *et al.* 2017), tales como: la fragmentación y transformación de ecosistemas acuáticos; contaminación acústica (Trujillo *et al.* 2016; Davidson *et al.* 2012; Diazgranados y Trujillo 2004); riesgo de colisión con embarcaciones (Ávila *et al.* 2018); enmallamiento; muertes por retaliación, como resultado del conflicto con las pesquerías artesanales e industrial por competencia por el recurso pesquero o daño a los artes de pesca (Trujillo *et al.* 2006, 2010, Da Silva *et al.* 2011; Mintzer *et al.* 2013); biomagnificación de metales pesados, como el mercurio en la red trófica acuática (Mosquera-Guerra *et al.* 2015b, 2018a, 2019a); captura de individuos para su uso como atrayente en la pesca del pez mota o come muerto (*Calophysus macropterus*), sobre todo en localidades fronterizas entre Colombia y Venezuela en los ríos Arauca, Meta y Orinoco (Mosquera-Guerra *et al.* 2015d); y finalmente, los efectos negativos del cambio climático (Mosquera-Guerra *et al.* 2015b, 2018a).

Debido a estos estresores, los delfines de río son considerados entre los cetáceos más amenazados del planeta (Crespo *et al.* 2003). Recientemente, la condición de amenaza internacional de *I. geoffrensis* se elevó de Datos Insuficientes (DD) a En Peligro (EN, Da Silva *et al.* 2018), y en Colombia, este taxón se considera vulnerable (VU, Trujillo *et al.* 2006; Minambiente 2017). Además, la especie se encuentra en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2019). En este contexto, se hace urgente la generación de información sobre el estado poblacional de *I. g. humboldtiana* para áreas estratégicas en su distribución por su contribución biogeográfica y ecológica, como la cuenca del río

Guayabero, principal tributario del río Guaviare, que junto al Inírida y el Atabapo, conforman el cauce principal del río Orinoco.

Materiales y métodos

Área de estudio. En la corta ventana temporal de la dinámica de aguas en ascenso, durante los días 22 al 27 de abril de 2019, se realizó una estimación poblacional para *I. g. humboldtiana* en 247,5 km, la cuenca del río Guayabero (Figura 1). Los transectos muestreos comprendieron los tramos: i) La Macarena (02°11'16.8"N- 73°47'01.2"O.) - Caño Yarumales (02°20'51.2"N- 73°30'24.3"O.); ii) Caño Yarumales-Cachicamo (02°20'37.8"N- 73°20'55.1"O.); iii) Cachicamo-La Tigra (02°34'53.2"N- 72°46'16.8"O.); iv) La Tigra-Raudal Angosturas II (02°35'38.9"N- 72°46'22.1"O.); v) Raudal Angosturas II-municipio de Puerto Concordia, Meta (02°37'26.7"N- 72°45'49.8"O.).

Fase de campo. Los muestreos se realizaron en un bote de seis metros de longitud y dos de ancho,

impulsada por un motor fuera de borda de 40 hp; el promedio de velocidad estuvo entre 10-13 km.h⁻¹. Se establecieron dos plataformas para la observación, en la proa y la popa de la embarcación, cada una contó con un observador. Las observaciones registradas fueron independientes para las dos plataformas y la rotación entre posiciones de los observadores se realizaron cada dos horas. Los investigadores que participaron en este estudio tienen amplia experiencia en estudios poblacionales de delfines de río (Gómez-Salazar *et al.* 2011).

Diseño de los transectos. Se evaluaron los parámetros poblacionales para los delfines de río en cuatro tipos de hábitats: i) río principal, ii) canales, iii) confluencias, y iv) tributarios (Tabla 1). Transectos en banda, paralelos a la orilla a una distancia de 100 m, fueron considerados en la realización de la presente investigación; para el caso de los tipos de hábitat donde el ancho del cauce fue menor a 300 m, se registraron las distancias a las dos orillas (Gómez-Salazar *et al.* 2011, 2011a). La información reportada fue diligenciada en un formato de esfuerzo de muestreo,

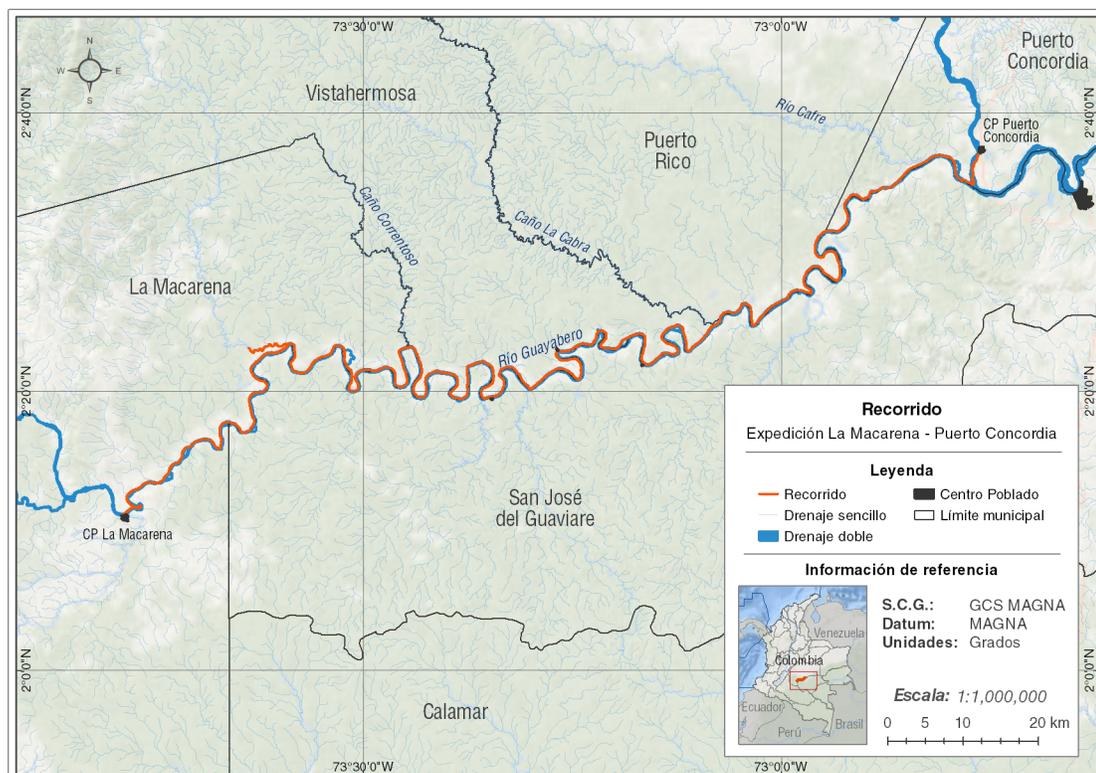


Figura 1. Área de estudio en el río Guayabero entre las localidades de La Macarena y Puerto Concordia (Meta).

Tabla 1. Tipos de hábitats muestreados en la determinación de los tamaños poblacionales e identificación de amenazas para los delfines de río en Suramérica

Tipos de hábitat	Características	Áreas muestreadas
Río principal	Aguas blancas con origen en los Andes, típicamente turbias, de color marrón, con baja transparencia, pH básico y ricas en sedimentos (Sioli 1984).	Río Guayabero: 0,5-0,8 km de ancho; 10 m profundidad promedio.
Tributario	Son ríos de aguas blancas o negras, utilizados por los delfines principalmente en aguas altas. La mayoría de los reportes corresponden a los lugares donde se acumula material orgánico que sirve como alimento y refugio de peces.	
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 tributarios de origen selvático amazónico.
Canales	Cursos de agua con no más de 300 metros de ancho, asociados con islas y sistemas de ríos principales. La navegación en este hábitat es restringida de acuerdo con la época hidroclimática.	
Islas	Área acuática adyacente a las islas en los ríos principales y donde la vegetación puede aparecer o desaparecer de acuerdo con el período hidroclimático.	

Tomado de Gómez-Salazar *et al.* (2011a)

donde se consignó la siguiente información: i) datos de distancia de los transectos, ii) coordenadas de la zona y iii) tipos de eventos (apertura y cierre de transectos y observaciones sobre la navegación).

Formatos de avistamiento. El avistamiento fue considerado como el momento en que un individuo o grupo de individuos fue observado. Cada plataforma de observación diligenció en el formato de avistamiento, la siguiente información: i) hora; ii) geoposición (GPS, Garmin 60CSx); iii) especie; iv) número de individuos (tamaño de grupo). El grupo fue definido como el número de delfines que pueden ser observados dentro de una distancia de 200 m con respecto a los investigadores (Trujillo 2000, Gómez-Salazar *et al.* 2011a). En cada una de las plataformas de observación fueron ubicados transportadores geométricos para determinar el valor del ángulo que presentó el avistamiento. Al mismo tiempo, fue estimada la distancia al individuo observado.

Formato de esfuerzo. El formato de esfuerzo consignó la apertura y cierre de transectos en intervalos de 2,5 km junto a: i) geoposición; ii) hora; iii) velocidad de la embarcación; iv) dirección de navegación; v) longitud del transecto; vi) tipo de transecto; vii) visibilidad (brillo solar: fuerte, medio, bajo, ausente); viii) estado del río (calmado, pequeñas olas, olas medianas, olas grandes); ix) tipo de hábitat; x) tipo de orilla. Además, se registró la fecha y el período hidroclimático (aguas en descenso o ascenso).

Estimaciones de densidad y tamaño de grupo. Los valores de parámetros poblacionales como la densidad para *I. g. humboldtiana* fueron obtenidos a través de la información registrada en los transectos en banda y se estimaron empleando los valores de P_k y $g(0)$ calculados para esta subespecie por Gómez-Salazar *et al.* (2011a), Buckland *et al.* (2001) y Thomas *et al.* (2002 y 2010).

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

Donde:

n: número de individuos avistados.

E (i): estimado del tamaño para cada grupo de delfines de la población en un tipo de hábitat i.

f (0): densidad probable a distancia perpendicular 0.

L: longitud total del transecto.

g (0): probabilidad de observación de un grupo de delfines 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. Fueron usados tres modelos de detección: Uniform, Half-normal, y Hazard-rate (Buckland *et al.* 2001). El modelo fue seleccionado usando el valor más bajo del Criterio de Información de Akaike (AIC) (Burnham y Anderson 2002).

Los valores de Pk para la especie empleados en los análisis fueron los calculados por Gómez-Salazar *et al.* (2011a), corresponden a: $P_1 = 0.91$ (distancias del observador 5-100 y 100-150m) y $P_2 = 0.523$ (0-50 y 150-200 m) para las cuencas del Orinoco-Amazonas. El g(0) fue tomado de Gómez-Salazar *et al.* (2011a), correspondiendo a 0,947 (0,025) para *Inia*.

$$D_i = E(i) \left[\frac{n_{0-50}}{P_2} + \frac{n_{50-100}}{P_1} + \frac{n_{100-150}}{P_1} + \frac{n_{150-200}}{P_2} \right] / W \cdot L \cdot g(0)$$

Donde:

Li: longitud total de los transectos en banda para cada hábitat.

W: ancho de banda (200m).

SE: coeficiente de variación (CV) para la tasa de encuentro, CV para la probabilidad de detección y CV para el g(0).

La proporción media de delfines observados en las bandas de 50 m de ancho y paralelas a la línea de transecto, correspondió a P_1 y P_2 y fue calculada como el área bajo la curva de función de detección g(x) en cada banda de 50 m de ancho como se explica a continuación:

$$P_1 = P_{0-50} = \frac{\int_0^{50} g(x) dx}{50} \quad P_2 = P_{50-100} = \frac{\int_{50}^{100} g(x) dx}{50}$$

Los métodos de análisis estadísticos empleados

siguen la propuesta de Gómez-Salazar *et al.* (2011a); la desviación estándar (SD) de las tasas de observación se calcularon de la siguiente forma:

$$SE(D) = D \cdot \sqrt{\left(\frac{CV \text{ encounter_rate}}{2} + \frac{CV \text{ encounter_probabilidad}}{2} + (CV(g(0)))^2 \right)}$$

Donde:

CV: tasa de encuentro, que fue obtenida para transectos de banda de 200 m de ancho y utilizada para calcular la desviación estándar (SD) de las tasas de observación de los individuos en cada tipo de hábitat (por km de transecto; $S = zK/lk$), donde zk es el número de individuos observados en el transecto k. CV tasa de encuentro = SD (sk) / Mean (sk).

Una prueba de Jackknife (Sokal y Rohlf 1981), aplicada a los valores de Pk, se utilizó para generar una curva de detección con la finalidad de filtrar aquellas observaciones de delfines fuera de rango, utilizando el valor de Pk, y para recalcular la estimaciones de densidad.

$$D_{i,-y} = E(i) \left[\frac{n_{0-50}}{P_2} + \frac{n_{50-100}}{P_1} + \frac{n_{100-150}}{P_1} + \frac{n_{150-200}}{P_2} \right] / W \cdot L \cdot g(0)$$

Cuando los “seudo valores” (Sokal y Rohlf 1981) fueron calculados como:

$$\phi_y = m \cdot D_{i,-(m-1)} \cdot D_{i,-y}$$

m: número de ríos, y aproximadamente SE:

$$SE(D_i) = SD(\phi_y) / \sqrt{m}$$

La CV (probabilidad de detección) fue obtenida por fuera del canal. La corrección aplicada para estimar el error estándar (SE) de los valores, Di fue:

$$CV \text{ detection_probability} = SE(D_i) / D_i$$

Tamaño de la población: El tamaño de la población (Ni) para los delfines de río en cada hábitat i, fue establecido:

$$N_i = A_i \cdot D_i$$

El coeficiente de variación del total estimado, fue calculado de la siguiente forma:

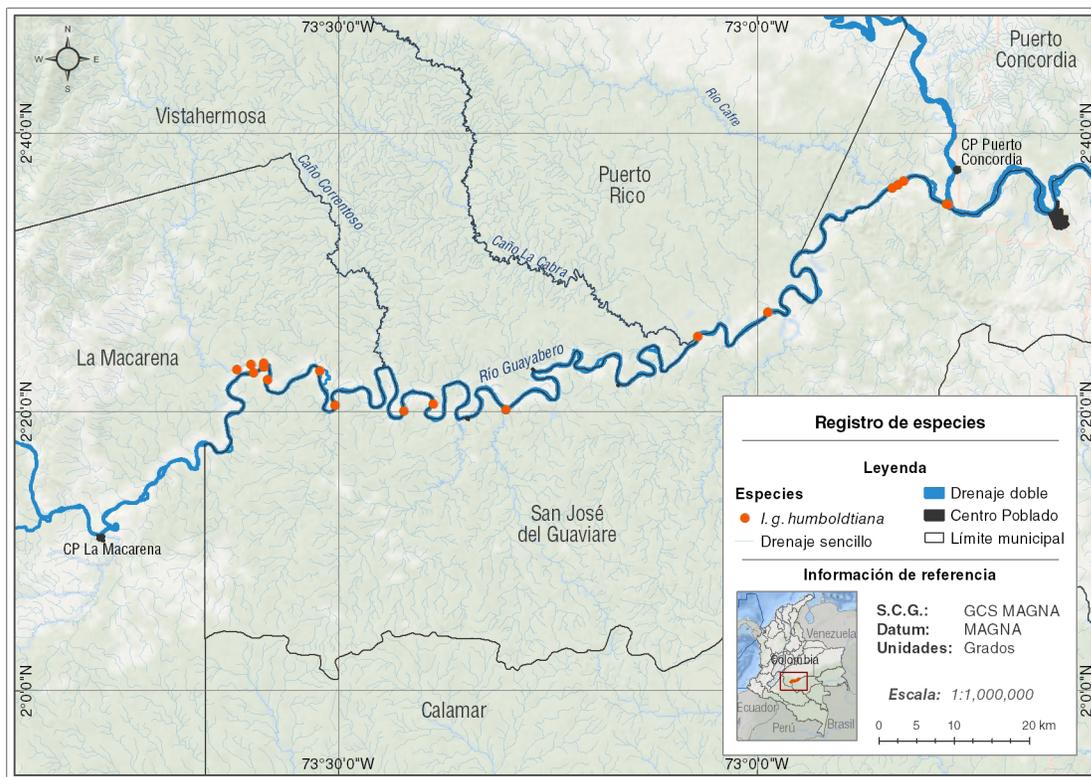


Figura 2. Puntos de observaciones directas de *I. g. humboldtiana* (naranja) en las áreas de estudio en el río Guayabero entre las localidades de La Macarena y Puerto Concordia (Meta).

$$CV = (NI) = \sqrt{\sum SE(Ni) / \sum Ni}$$

Los análisis estadísticos y gráficas fueron realizadas en el software estadístico R (R Core Team 2019).

Resultados

Estimaciones de densidad y tamaño de grupo. Se realizaron 99 transectos de 2,5 km de longitud para un total de 247,5 km y el área muestreada correspondió a 48,6 km² (Figura 2). Los resultados generados se exponen en relación con el número estimado de del-fines, entendido este como la relación entre el total de individuos avistados para cada tipo de hábitat por el área (km²).

Los valores de densidad poblacional registrados para *I. g. humboldtiana*, fueron diferentes de acuerdo con el tipo de hábitat y al período hidrológico que correspondió a aguas en ascenso. Los valores correspondieron a: *confluencia* $D=19.1$ Inia.km⁻²; *tributario* $D=7.1$ Inia.km⁻²; y *río principal* $D=1.2$ Inia.km⁻². No se registraron observaciones en los tipos de hábitat:

canal e isla (Figuras 3a y b, Tabla 2).

Se evaluó toda el área de distribución de del-fines de río en la cuenca del río Guayabero, tramo comprendido desde el raudal Agosturas I hasta la confluencia con el río Ariari donde se estimó un tamaño poblacional de 87 (CV: 0.02) del-fines de río. El tamaño de grupo promedio calculado fue de 2,0 (SD: 1.2; Figura 4 y Tabla 3).

Discusión

Estimaciones de densidad y tamaño de grupo. La heterogeneidad de los valores reportados sobre: i) densidad; ii) tamaños poblacionales; iii) rango de distribución, de acuerdo con los hábitats analizados en la cuenca del Guayabero, coinciden con el patrón descrito por Gómez-Salazar *et al.* (2011a, 2012) y Mosquera-Guerra *et al.* (2015a; 2018a), para la Orinoquía, así como, con lo registrado por Pavanato *et al.* (2016) para el río Tapajos en Brasil. De igual manera, los valores de densidad aquí calculados para la subespecie, coinciden con los reportados por

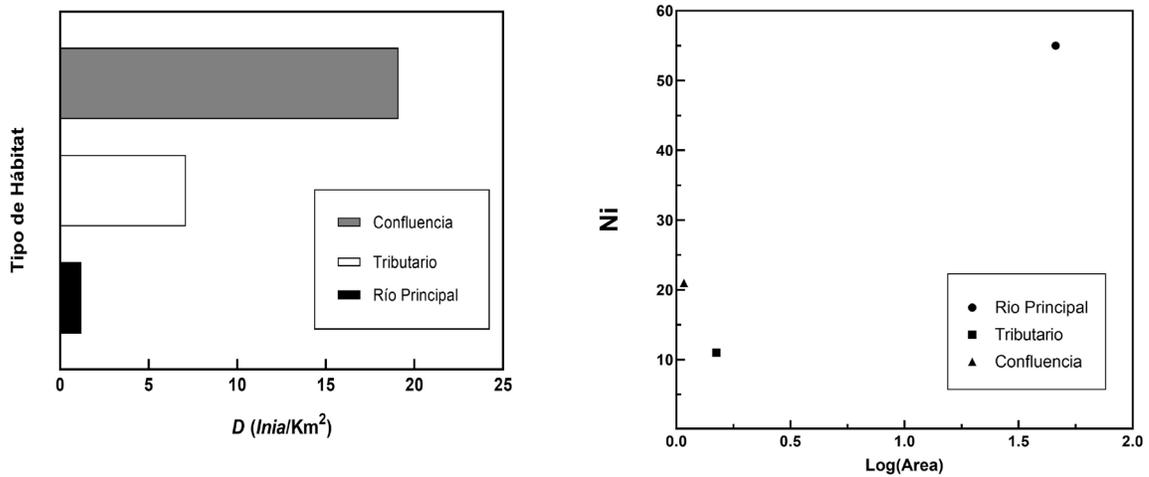


Figura 3. Valores de densidad y poblacional de *I. g. humboldtiana* para los diferentes tipos de hábitats muestreados en el período hidrológico de aguas en ascenso para el río Guayabero.

Tabla 2. Promedio de la tasa de avistamiento (n/l), estimativo de densidad (D) y coeficiente de variación para medir la tasa de encuentro CV (er) para los sistemas acuáticos evaluados durante el período hidrológico de aguas en ascenso para el río Guayabero

Hábitat	Río Guayabero		
	n/l	D Inia. km ⁻²	Cv(er)
Río Principal	1,4	1,2	0,47
Tributario	0,3	7,1	0,2
Confluencia	3,6	19,1	0,63

Tabla 3. Valores de la densidad y estimación poblacional para *I. g. humboldtiana* en los diferentes tipos de hábitat muestreados para cada uno de los sistemas evaluados

Cuenca	Ríos	Tipo de hábitat	Área (km ²)	D_i	$N_i=A_i \cdot D_i$
Orinoco	Guayabero	Río Principal	46	1,2	55
		Tributario	1,5	7,1	11
		Confluencia	1,08	19,1	21

Mosquera-Guerra *et al.* (2018a) para la cuenca alta del río Guayabero; Trujillo *et al.* (2019a) para el río Arauca; Trujillo *et al.* (2016) y Gómez-Salazar *et al.* (2011a) para el río Meta, difiriendo de lo reportado por Gómez-Salazar *et al.* (2011a) para este sistema en el tipo de hábitat *isla* donde registran densidades de $D=1,24$ Inia.km⁻². Esta condición, se explica particularmente por factores como: i) mayor área muestreada por Gómez-Salazar *et al.* (2011a) en los tramos

Puerto Gaitán (Meta)-Puerto Carreño (Vichada) de alrededor de 750 km; ii) características batimétricas y de geomorfología fluvial del río Meta, que incluye tipos hábitats como islas, playas y remansos, donde se concentran los peces presa de los delfines (Trujillo 2000, Mosquera-Guerra *et al.* 2018a).

Los resultados obtenidos evidencian que las confluencias entre: i) los ríos Guayabero y Losada; ii) Guayabero y Caño Yarumales; y iii) Guayabero y



Figura 4. Registros de *I. g. humboldtiana* realizado en el río Guayabero. (a) Comportamientos aéreos. (b) y (c) Posición caimán y (d) Respiración.

Ariari, son áreas de alta productividad, convirtiéndose en áreas de importancia ecológica para los delfines, debido a que en este tipo de hábitats, se registraron las mayores densidades para la subespecie en el presente estudio. Esta condición coincide con lo reportado por Diazgranados y Trujillo (2004), Gómez-Salazar *et al.* (2011a), Mosquera-Guerra *et al.* (2018a) y Trujillo *et al.* (2019a) para los ríos Guayabero, Meta, Arauca y Orinoco, donde los autores además señalan, que estos hábitats de alta productividad, se constituyen en áreas de convergencia entre delfines y pescadores, acumulando el mayor número de reportes de conflictos (Mosquera-Guerra *et al.* 2105b). La mayor oferta de presas para los delfines en áreas de confluencia, ha sido explicada en la literatura científica, de acuerdo con la conjunción de varias dinámicas: i) convergencia de tipos aguas con diferentes niveles de productividad (blancas más productivas que las claras) y ii) rutas de migración para la mayoría de peces que realizan movimientos obligados entre los ríos princi-

pales y sus tributarios en busca de alimento o áreas de desove (Smith 2003, Trujillo 2000, Sandin *et al.* 2008, Baum y Worm 2009, Mosquera-Guerra *et al.* 2015a, 2015b, 2016, 2019a). Por su importante participación en la biología de la especie, Trujillo (1995, 2000), Diazgranados y Trujillo (2004) y Mosquera-Guerra *et al.* (2016) han sugerido un tratamiento especial para la conservación de las áreas de *confluencia*, en aras de garantizar la ocurrencia de los delfines y de las intrincadas relaciones ecológicas de los taxones que hacen uso de estos hábitats. En total se registraron 87 individuos de *I. g. humboldtiana* para el río Guayabero, evidenciando valores poblacionales relativamente bajos si son comparados con los reportados para los ríos Meta, Orinoco (Gómez-Salazar *et al.* 2011, Mosquera-Guerra *et al.* 2015a, Trujillo *et al.* 2016), y Arauca (Trujillo *et al.* 2019a). De igual manera, el menor tamaño promedio de grupo (2,0 ind) difiere de lo reportado por Gómez-Salazar *et al.* (2011a) y Trujillo (2000), con tamaños promedios mayores

de 5,3 individuos para los ríos Meta y Orinoco. Los bajos valores de densidad poblacional y tamaños de grupo aquí reportados, se asocian principalmente con la ubicación de los ríos Guayabero, Losada, Caño Yarumales y Ariari, en el punto de mayor elevación para esta subespecie en la cuenca (Mosquera-Guerra *et al.* 2018a, Trujillo *et al.* 2019b). Se ha sugerido una relación inversa entre productividad y elevación, sustentada entre otros factores por: i) menores tiempos de retención; ii) mayor velocidad de caudal; iii) menor área cubierta por el plano de inundación, o ausencia del mismo; iv) carencia de cuerpos lénticos y su efecto sobre el reclutamiento de peces presa; v) migraciones reproductivas y alimenticias períodos (Trujillo 1995, 2000).

Los delfines de río son bioindicadores sensibles y la descripción de variaciones en sus parámetros poblacionales, nos permiten determinar diferencias en las dinámicas ecológicas de distintos sistemas acuáticos, aportando elementos de manejo para la conservación a escala de cuenca de los recursos hidrobiológicos (Martin y Da Silva 2018; Mosquera-Guerra *et al.* 2015c, 2018b, 2019a, Trujillo *et al.* 2019a). Estas condiciones los convierten en excelentes valores objeto de conservación a ser considerados en las acciones de manejo y conservación del Distrito de Manejo Especial de La Macarena y al Parque Nacional Natural Sierra de la Macarena.

En este contexto, es necesaria la implementación de acciones de conservación y manejo para garantizar la persistencia de *I. g. humboldtiana* en la cuenca del Orinoco colombiano; para esto, se requiere una consolidación adecuada de información acerca del uso del hábitat de la especie (Reeves y Leatherwood 1994, IWC 2000, Reeves *et al.* 2000, Gómez-Salazar *et al.* 2011a), así como de estimaciones de densidad de población establecidas a través de muestreos estandarizados, que sean comparables con aquellos históricos, realizados desde el año 2010 y que cuentan con un soporte estadístico (Gómez-Salazar *et al.* 2011b). Esta información también proporciona elementos para el monitoreo de la tendencia poblacional de *I. g. humboldtiana* en estos ecosistemas acuáticos altamente dinámicos de la región del Orinoco (Gómez-Salazar *et al.* 2011b, Mosquera-Guerra *et al.* 2015a, 2019b).

Conclusiones

Los parámetros poblacionales de los delfines de río están estrechamente influidos con las condiciones ambientales y ecológicas de los ecosistemas acuáticos donde ocurren. Las poblaciones de estos cetáceos evaluadas a lo largo de la cuenca del río Guayabero, la distribución más occidental y de mayor elevación de esta subespecie en la cuenca Orinoco, evidencian los amplios requerimientos de hábitat y los bajos tamaños poblacionales asociados con la reducida extensión de hábitats idóneos como las confluencias, se resalta la importancia ecológica de la confluencia entre el Caño Yarumales y el río Guayabero para ecología de la especie. Finalmente, se recomienda el uso de los delfines de río como valores objeto de conservación de los ecosistemas acuáticos asociados con las áreas protegidas como los Parques Nacionales Naturales Sierra de la Macarena y Tinigua presentes en la cuenca del río Guayabero.

Literatura citada

- Aliaga-Rossel E. 2002. Distribution and abundance of the river dolphin (*Inia geoffrensis*) in the Tijamuchi River, Beni, Bolivia. *Aquatic Mammal*. 28 (3): 312-23. Disponible en: <https://bit.ly/3i8k0MT>
- Aliaga-Rossel E, McGuire TL, Hamilton H. 2006. Distribution and encounter rates of the river dolphin (*Inia geoffrensis boliviensis*) in the central Bolivian Amazon. *J Cetacean Res Manage*. 8 (1): 87-92. Disponible en: <https://bit.ly/3kSdEmJ>
- Ávila IC, Kaschner K, Dormann C. 2018. Current global risks to marine mammals: taking stock of the threats. *Biol Conserv*. 221: 44-58. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.021>
- Banguera Hinestroza E, Cárdenas H, Ruiz-García M, Marmontel M, Gaitán E, Vázquez R, *et al.* 2002. Molecular identification of evolutionarily significant units in the Amazon River dolphin *Inia* sp. (Cetacea: Iniidae). *J Heredity*. 93 (5): 312-22. Disponible en: <https://academic.oup.com/jhered/arti-cle/93/5/312/2187246>
- Baum JK, Worm B. 2009. Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. *Journal Animal Ecology*. 78 (4): 699-714. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01531.x>
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL, Thomas L. 2001. *Introduction to Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations*. Oxford: Oxford University Press; 448 pp.

- Burnham KP, Anderson DR. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. New York: Springer-Verlag; 229 pp. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9780387953649>
- CITES. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. (En línea) 2019 [Acceso 21 de noviembre]. Disponible en: <https://bit.ly/3kS12Mu>
- Da Silva VMF. 2009. Amazon River dolphin: *Inia geoffrensis*. En: Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM. (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Pp: 26-8. San Diego: Academic Press. Disponible en: <https://bit.ly/2EBMTmY>
- Da Silva VMF, Trujillo F, Martin A, Zerbini AN, Crespo E, Aliaga-Rossel E, et al. 2018. *Inia geoffrensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T10831A50358152
- Crespo EA, Notarbartolo Di Sciara G, Reeves RR, Smith BD. 2003. Dolphins, whales and porpoises: 2002-2010 conservation action plan for the world's cetaceans. Gland: IUCN/SSC Cetacean Specialist Group; 139 pp. Disponible en: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2003.SSC-AP.2.en>
- Da Silva VMF, Martin AR, Do Carmo NAS. 2011. Amazonian fisheries pose threat to elusive dolphin species. *Species (Gland)*. 53: 10-11. Disponible en: <https://bit.ly/3ig8Ndv>
- Da Silva VMF, Trujillo F, Martin A, Zerbini AN, Crespo E, Aliaga-Rossel E, et al. 2018. *Inia geoffrensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T10831A50358152.
- Davison AD, Boyer AG, Kim H, Pompa MS, Hamilton MJ, Costa DP, et al. 2012. Drivers and hotspots of extinction risk in marine mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 109: 3395-400. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1121469109>
- Diazgranados MC, Trujillo F. 2004. *Fauna Acuática en la Orinoquia colombiana*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo-Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt - GTZ. 403 pp.
- Gómez-Salazar C, Whitehead H, Trujillo F. 2011a. Population size estimates of pink river dolphins (*Inia geoffrensis*) using mark-recapture methods on photo-identification. *Latin Am J Aquatic Mammal*. 9(2): 40. Disponible en: <https://doi.org/10.5597/lajam00177>
- Gómez-Salazar C, Trujillo F, Portocarrero-Aya M, Whitehead H. 2011b. Population, density estimates, and conservation of river dolphins (*Inia* and *Sotalia*) in the Amazon and Orinoco river basins. *Marine Mammal Science*. 28: 24-42. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2011.00468.x>
- Gómez-Salazar C, Coll M, Whitehead H. 2012. River dolphins as indicators of ecosystem degradation in large tropical rivers. *Ecological Indicators*. 23: 19-26. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.02.034>
- Gravena W, Izeni PF, Da Silva MNF, Da Silva VMF, Hrbek T. 2014. Looking to past and the future: were the Madeira River rapids a geographical barrier to the boto (Cetacea: Iniidae)? *Conserv Genet*. 15: 619-29. Disponible en: <https://bit.ly/2HEJNA1>
- Herrera O, Ferrer A, Boede E, Trujillo F, Mosquera-Guerra F, Usma S, et al. 2017. Tonina del Orinoco *Inia geoffrensis* (Blainville, 1817). En: Ferrer A, Herrera O, Trujillo F, Mosquera-Guerra F, De La Cruz Melo G, Lew D, et al. (Eds.). *Plan de acción para la conservación de los mamíferos acuáticos de Venezuela: delfines de agua dulce, nutrias y manatíes 2017-2027*. Pp. 12-17. Caracas, Venezuela: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Disponible en: <https://bit.ly/3mZ0zK3>
- Hrbek T, Da Silva VMF, Dutra N, Gravena W, Martin AR, Farias IP. 2014. A new species of river dolphin from Brazil or: how little do we know our biodiversity. *PLoS ONE*. 9(1): e83623. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083623>
- IWC, International Whaling Commission. 2000. Report of the scientific sub-committee on small cetaceans. International Whaling Commission Scientific Committee. *J Cetacean Res Manag*. 3: 263-91.
- Martin AR, Da Silva VMF. 2018. Reproductive parameters of the Amazon river dolphin or boto, *Inia geoffrensis* (Cetacea: Iniidae); an evolutionary outlier bucks no trends. *Biology J Linnean Soc*. 123: 666-76. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/biolinnean/bly005>
- McClain ME, Naiman RJ. 2008. Andean influences on the biogeochemistry and ecology of the Amazon River. *Bio-Science*. 58(4): 325-38. Disponible en: <https://doi.org/10.1641/B580408>
- Minambiente. Resolución N° 1912 de 2017. (En línea) 2019 [Acceso 21 de noviembre]. Disponible en: <https://bit.ly/3i1FJpS>
- Mintzer VJ, Martin AR, Da Silva VMF, Barbour AB, Lorenzen K, Frazer TK. 2013. Effect of illegal harvest on apparent survival of Amazon River dolphins (*Inia geoffrensis*). *Biol Conserv*. 158: 280-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.10.006>
- Mosquera-Guerra F, Parra C, Trujillo F, Jiménez-Ortega AM, Mantilla-Meluk H. 2015a. Valoración estacional de las amenazas contra la conservación de *Inia geoffrensis humboldtiana* (Cetartiodactyla Iniidae) en la cuenca del río Meta, Colombia. *Therya*. 6(2): 371-88. Disponible en: <https://doi.org/10.12933/therya-15-248>
- Mosquera-Guerra F, Trujillo F, Diazgranados MC, Mantilla-Meluk H. 2015b. Conservación de delfines de río (*Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis*) en los ecosistemas acuáticos de la Amazonia y Orinoquia en Colombia. *Momentos de Ciencia*. 12 (2): 77-86. Disponible en: <https://www.udla.edu.co/revistas/index.php/momentos-de-ciencia/article/view/494>
- Mosquera-Guerra F, Trujillo F, Caicedo-Herrera D, Martínez-Callejas S. 2015c. Indicios de biomagnificación de Mercurio total (Hg) en las especies del género *Inia* (Cetartiodactyla: Iniidae) en los Amazonas y Orinoco (Colombia). *Momentos de Ciencia*. 12 (2): 145-9. Disponible en: <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/momentos-de-ciencia/article/view/496>
- Mosquera-Guerra F, Trujillo F, Caicedo-Herrera D, Zoque-Cancelado J, Mantilla-Meluk H. 2015d. Impactos de las pesquerías de *Calophysus macropterus* un riesgo para la salud pública y la conservación de los delfines de río en Colombia. *Momentos de Ciencia*. 12 (2): 88-99. Dis-

- ponible en: <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/momentos-de-ciencia/article/view/495>
- Mosquera-Guerra F, Trujillo F, Barrera B, Sánchez E. 2016. Plan de manejo de los delfines de río en el área de jurisdicción de Cormacarena. Bogotá: Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) y la Fundación Omacha; 96 pp. Disponible en: <https://bit.ly/3mSf8iN>
- Mosquera-Guerra F, Trujillo F, Parra CA, Carvajal-Castro JD, Mantilla-Meluk H. 2018a. Aspectos poblacionales y biogeográficos de la tonina o delfín de río, *Inia geoffrensis humboldtiana* Pilleri y Gihl, 1978 (Cetartiodactyla, Iniidae) en los ríos Guayabero y Losada, sierra de La Macarena, Meta, Colombia. En: Lasso CA, Morales-Betancourt MA, Escobar-Martínez ID. (eds.). V. Biodiversidad de la sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Parte I. Ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Pp: 289-305. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Disponible en: <https://bit.ly/2EDjFnT>
- Mosquera-Guerra F, Trujillo F, Oliveira da Costa M, Marmontel M, Armenteras-Pascual D, Usma S, et al. 2018b. Movements and habitat use of river dolphins (Cetartiodactyla: Iniidae) in the Amazon and Orinoco river basins, determined from satellite tagging. Scientific Committee/Meetings/SC67B| Slovenia 2018/SM. 1-15. doi: 10.13140/RG.2.2.23842.48320
- Mosquera-Guerra F, Trujillo F, Parks D, Oliveira da Costa M, Van Damme PA, Echeverría A, et al. 2019a. Mercury in populations of river dolphins of the Amazon and Orinoco Basins. EcoHealth. 16: 743-59. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10393-019-01451-1>
- Mosquera-Guerra F, Trujillo F, Aya-Cuero C, Franco-León N, Valencia K, Vásquez A, et al. 2019b. Population estimate and identification of major conservation threats for the river dolphin (*Inia geoffrensis humboldtiana*) at the Colombian Orinoquia. Therya. 11(1): 9-21.
- Pavanato HJ, Melo-Santos G, Lima DS, Portocarrero-Aya M, Paschoalini M, Mosquera-Guerra F, et al. 2016. Risks of dam construction for South American river dolphins: a case study of the Tapajós River. Endangered Spec Res. 31: 47-60. Disponible en: <https://bit.ly/3cHF0cj>
- Pilleri G, Gihl M. 1977. Observations on the Bolivian (*Inia boliviensis* d'Orbigny 1834) and the Amazonian bufeo (*Inia geoffrensis* de Blainville 1817) with the description of a new subspecies (*Inia geoffrensis humboldtiana*). Invest Cetacea. 8: 11-77.
- R Core Team. R. 2019. A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponible en: <http://www.R-project.org/>
- Reeves RR, Smith BC, Kasuya T (eds). 2000. Report of the workshop to develop a conservation action plan for the Yangtze River finless porpoise, Ocean Park, Hong Kong, 16-18 September 1997. Biology and conservation of freshwater cetaceans in Asia. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission. Pp. 97-80. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge: IUCN/SSC Cetacean Specialist Group. Disponible en: <https://bit.ly/2Sa6NIN>
- Reeves RR, Leatherwood S. 1994. Dams and river dolphins: Can they co-exist. Ambio. 23: 172-5. Disponible en: <https://bit.ly/3i7DxNI>
- Ruiz-García M, Caballero S, Martínez-Agüero M, Shostell J. 2008. Molecular differentiation among *Inia geoffrensis* and *Inia boliviensis* (Iniidae, Cetacea) by means of nuclear intron sequences. En Koven VP (Ed). Population Genetics Research Progress. Pp: 177-223. New York: Nova Science Publisher, Inc. Hauppauge.
- Ruiz-García M. 2010. Changes in the demographic trends of Pink River Dolphins (*Inia*) at the microgeographical level in Peruvian and Bolivian rivers and within the Upper Amazon: Microsatellites and mtDNA analyses and insights into *Inia*'s origin. En: Ruiz-García M, Shostell J. (Eds.). Biology, evolution, and conservation of river dolphins within South America and Asia: Unknown dolphins in danger. Pp. 225-58. New York: Nova Science Publishers.
- Sandin SA, Smith JE, Demartini EE, Dinsdale EA, Donner SD, Friedlander A, et al. 2008. Baselines and degradation of coral reefs in the northern Line Islands. PLoS ONE. 3: 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001548>
- Sioli H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. En: Sioli H. (Ed.) The Amazon. Monographiae Biologicae. Pp: 127-65. Dordrecht: Springer. <https://bit.ly/3kN6Er2>
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1981. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. New York: Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook; 776 pp. Disponible en: <https://bit.ly/3mZ1Wsr>
- Smith JN. 2003. Amazon Sweet Sea: Land, Life, and Water at the River's Mouth. Houston: University of Texas Press; 295 pp.
- Thomas L, Buckland ST, Burnham KP, Anderson DR, Laake JL, Borchers DL, et al. 2002. Distance sampling. Encyclopedia of Environmetrics. 1: 544-52.
- Thomas L, Buckland ST, Rexstad EA. 2010. Distance software: Design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. J Appl Ecol. 47 (1): 5-14. Disponible en: doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x.
- Trujillo F. 1995. Aspectos del comportamiento y la distribución de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en el río Caquetá, Colombia. Special Report. Bogotá: Centro de Investigaciones Científicas, Universidad Jorge Tadeo Lozano; 71 pp.
- Trujillo F. 2000. Habitat use and social behaviour of the freshwater dolphin *Inia geoffrensis* (de Blainville 1817) in the Amazon and Orinoco basins. (Trabajo de grado). Aberdeen University; 120 pp.
- Trujillo F, Diazgranados MC, Galindo A, Fuentes L. 2006. Delfín gris *Sotalia fluviatilis*. En: Rodríguez-Mahecha JV, Alberico M, Trujillo F, Jorgenson J. (Eds.). Libro Rojo de los Mamíferos de Colombia Serie Libros Rojos de

- Especies Amenazadas de Colombia. Pp: 273-8. Bogotá: Conservación Internacional y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Trujillo F, Crespo E, Van Damme P, Usma JS. 2010. The action plan for South American river dolphins 2010-2020. Bogotá: WWF, WCS, WDCS, Solamac, Fundación Omacha; 133 pp. Disponible en: <https://bit.ly/3423RDP>
- Trujillo F, Gómez C, Martínez S, Herrera O, Mosquera-Guerra F. 2016. Estimaciones de densidad, y conservación del delfín de río (*Inia geoffrensis*) en el río Meta. En: Trujillo F, Antelo R, Usma JS. (Eds.). Biodiversidad de la cuenca baja y media del río Meta. Pp. 2-28. Bogotá: Fundación Omacha, Fundación Palmarito, WWF. Disponible en: <https://bit.ly/2G8QCJb>
- Trujillo F, Mosquera-Guerra F, Valencia K, Fuentes L, Bolívar L, Franco N, *et al.* 2019a. Estado actual del conocimiento de las toninas (*Inia geoffrensis humboldtiana*) en el departamento de Arauca. En: Trujillo F, Anzola F. (eds.). Biodiversidad del departamento de Arauca. Pp. 355-69. Bogotá: Fundación Omacha, Gobernación de Arauca, Bogotá. Disponible en: <https://bit.ly/3mWAn2R>
- Trujillo F, Mosquera-Guerra F, Franco N. 2019b. Delfines de río: Especies indicadores del estado de salud en los ecosistemas acuáticos de la Amazonia y Orinoquia. *Rev Colomb Cienc Ex Fis Nat.* 43 (167): 199-211. Disponible en: <https://bit.ly/30aRTGE> /[raccefyn.765](https://doi.org/10.15446/raccefyn.765)