

[Ir a Tabla de Contenido](#)

**PATRONES DE USO DE HÁBITAT, MOVIMIENTO, RESIDENCIA Y
TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DEL DELFÍN DE RÍO *Inia geoffrensis* (De
Blainville, 1817) EN LOS RÍOS ORINOCO Y ARAUCA, COLOMBIA.**

YAMHILLE LLANOS R.

UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA

SANTAFÉ DE BOGOTÁ

2002

PATRONES DE USO DE HÁBITAT, MOVIMIENTO, RESIDENCIA Y
TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DEL DELFÍN DE RÍO *Inia geoffrensis* (De
Blainville, 1817) EN LOS RÍOS ORINOCO Y ARAUCA, COLOMBIA.

YAMHILLE LLANOS R.

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Biólogo
Marino

Director
FERNANDO TRUJILLO, PhD.
Fundación Omacha

UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA

SANTAFÉ DE BOGOTÁ

2002

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

SANTAFÉ DE BOGOTÁ, SEPTIEMBRE 12 DE 2002

Con todo mi cariño dedico este trabajo

Al AUTOR de la vida

AGRADECIMIENTOS

Faltaría vida y palabras para agradecerle a Dios por los miles de motivos existentes pero en especial agradezco su compañía incondicional, mi mejor razón de seguir adelante cada día.

Agradezco a mi familia por su valiosa compañía a lo largo de mi vida. Especialmente agradezco a mis padres por su grandísimo esfuerzo, paciencia, y respaldo. A mis hermanos (Jacky, Ogos, Edison) y sobrino, por su afecto, ánimo y apoyo. A Carlos por ser mi motivación y mi apoyo durante mucho tiempo y a mi *Winnie F.* por todo su cariño y compañía.

A Fernando y Maria Claudia, gracias por su apoyo, su tiempo, confianza, paciencia y sobretodo por permitirme aprender a su lado.

A la Fundación Omacha, por brindarme todo el material necesario para realizar este trabajo.

A mis amigos de toda la vida: Adriana y Alfonso, gracias por darme ánimo. A mis amigos de Omacha quienes me acompañaron durante todo este tiempo: Ricardo, Maria Stella, Carlos, Marcela, Rocío, Yeya, Anyelita, Jhoana, gracias por su valiosa compañía y por entretenerme durante todo este tiempo.

CONTENIDO

<u>AGRADECIMIENTOS</u>	V
<u>RESUMEN</u>	XV
<u>ABSTRACT</u>	XVII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>OBJETIVOS</u>	9
2.1 <u>OBJETIVO GENERAL</u>	9
2.2 <u>OBJETIVOS ESPECIFICOS</u>	9
2. <u>ANTECEDENTES</u>	11
3. <u>MARCO TEÓRICO</u>	18
3.1 <u>ASPECTOS METODOLÓGICOS</u>	18
3.2 <u>DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE</u>	24
3.2.1 <u>Sistemática</u>	24
3.2.2 <u>Características generales</u>	25
3.2.3 <u>Distribución</u>	27
3.2.4 <u>Hábitat y ecología</u>	31
3.2.5 <u>Condición</u>	33
3.2.6 <u>Amenazas</u>	33
4. <u>AREA DE ESTUDIO</u>	38
4.1 <u>RED FLUVIAL</u>	38
4.2 <u>CLIMA</u>	41
4.3 <u>FAUNA</u>	42
4.4 <u>VEGETACIÓN</u>	43
4.5 <u>SUELOS</u>	44
4.6 <u>POBLACIÓN</u>	44
5. <u>METODOLOGÍA</u>	47
5.1 <u>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS</u>	47
5.2 <u>FASE DE CAMPO</u>	48
5.3 <u>CATALOGACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS</u>	51
5.3.1 <u>Identificación individual</u>	51
5.4 <u>CATÁLOGO / BASE DE DATOS</u>	52
5.5 <u>ANÁLISIS</u>	53
5.5.1. <u>Uso de hábitat</u>	53
5.5.2. <u>Patrones de movimiento</u>	56
5.5.3. <u>Tamaño de la población</u>	56
6. <u>RESULTADOS</u>	57
6.1 <u>ORINOCO</u>	57
6.1.1 <u>FOTOIDENTIFICACIÓN</u>	57
6.1.2 <u>Fidelidad al sitio</u>	62
6.1.3 <u>USO DE HÁBITAT</u>	66
6.1.3.1 <u>Frecuencia de hábitats</u>	66
6.1.3.2 <u>Zonas más frecuentes</u>	67

6.1.3.3	<u>Uso de hábitat por época hidroclimática</u>	71
6.1.4	<u>MOVIMIENTOS</u>	76
6.1.5	<u>RESIDENCIA</u>	77
6.1.6	<u>TAMAÑO DE LA POBLACIÓN</u>	78
6.2	<u>ARAUCA</u>	79
6.2.1	<u>FOTOIDENTIFICACIÓN</u>	79
6.2.2	<u>Fidelidad al sitio</u>	80
6.2.3	<u>USO DE HÁBITAT</u>	83
6.2.3.1	<u>Frecuencia de hábitats</u>	83
6.2.3.1	<u>Zonas más frecuentes</u>	84
6.2.3.1	<u>Uso de hábitats por época hidroclimática</u>	87
6.2.4	<u>MOVIMIENTOS</u>	90
6.2.5	<u>RESIDENCIA</u>	90
6.2.6	<u>TAMAÑO DE LA POBLACIÓN</u>	92
7.	<u>DISCUSIÓN</u>	93
7.1.	<u>FOTOIDENTIFICACIÓN</u>	93
7.2	<u>USO DE HÁBITAT</u>	96
7.2.1	<u>Frecuencia de avistamientos por época hidroclimática</u>	97
7.2.1.1	<u>Orinoco</u>	97
7.2.1.2	<u>Arauca</u>	99
7.2.2	<u>Hábitats</u>	100
7.2.3	<u>Estratificación</u>	106
7.3	<u>RESIDENCIA</u>	110
7.4	<u>MOVIMIENTOS</u>	111
7.5	<u>TAMAÑO DE LA POBLACIÓN</u>	113
8.	<u>CONCLUSIONES</u>	119
	<u>RECOMENDACIONES</u>	123
	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	126

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribución de delfines de río en el mundo. *Inia* sp en la cuenca de los ríos Orinoco y Amazonas, *Pontoporia blainvillei* en la costa de Uruguay, Brasil y Argentina, *Platinista minor* en el río Indus, *Platanista gangetica* en los ríos Ganges, Meghna y Brahmaputra y *Lipotes vexilifer* en el río Yangtzé. 8
- Figura 2.** Características externas de *Inia geoffrensis* 25
- Figura 3.** Distribución del género *Inia* en Sur América. (Mapa modificado de Best & Da Silva, 1989). 29
- Figura 4.** Distribución de *Inia geoffrensis* en Colombia. La parte sombreada representa la distribución conocida y los interrogantes denotan áreas de probable presencia, pero en donde no existe información disponible. Los rectángulos muestran las áreas de estudio (Modificado de Trujillo, 2000). 30
- Figura 5.** Río Orinoco a la altura de la laguna El Pañuelo. En esta zona se caracteriza por presentar aguas claras. (Foto M^a Claudia Diazgranados). 41
- Figura 6.** Mapa de las áreas de estudio en la cuenca del río Orinoco. Arriba se observa el área de Orinoco y en la parte inferior el área de Arauca. 49
- Figura 7.** Porcentaje de criterios con los cuales se identificaron 97 delfines del río Orinoco fotografiados entre 1996 y 2001. 58
- Figura 8.** Criterios de identificación de *Inia geoffrensis*. La primera foto muestra un delfín identificado por una muesca, la segunda un patrón de pigmentación específico y la tercera una anomalía en el hocico. 59
- Figura 9.** Tres criterios de identificación de *Inia geoffrensis*. La primera foto muestra un delfín identificado por una cicatriz, la segunda un delfín identificado por una protuberancia y la tercera un delfín identificado por una hendidura. 60
- Figura 10.** Presencia de rasguños, criterio considerado de corta duración no empleado en la identificación de *Inia geoffrensis* 61
- Figura 11.** Número de nuevos delfines identificados y curva de descubrimientos para delfines fotografiados en el río Orinoco entre 1996 a 2001. 63

<u>Figura 12.</u> Frecuencia de avistamientos para delfines identificados entre 1998 y 2001 en el río Orinoco.	64
<u>Figura 13.</u> Número de avistamientos (días) y esfuerzo fotográfico empleado de 1996-2001 en el río Orinoco.	65
<u>Figura 14.</u> Frecuencia de avistamientos de delfines para cinco hábitats presentes en el río Orinoco.	66
<u>Figura 15.</u> Frecuencia de avistamientos de delfines para las zonas en las cuales se dividió el área del río Orinoco entre 1996-2001.	68
<u>Figura 16.</u> Probabilidad de avistamiento en cada una de las zonas en las cuales se dividió el río Orinoco para los muestreos fotográficos de <i>Inia geoffrensis</i> . El color azul representa las zonas con mayor probabilidad de avistamiento.	69
<u>Figura 18.</u> Distribución de avistamientos de delfines frecuentemente fotografiados e identificados en el río Orinoco de 1996 a 2001. a. Corresponde a época de aguas bajas, b. Aguas altas, c. Descenso d. Incremento de aguas.	73
<u>Figura 20.</u> Porcentaje de avistamientos por zona, para uno de los delfines fotoidentificados del río Orinoco entre 1996- 2001.	77
<u>Figura 21.</u> Porcentaje de criterios con los cuales se identificaron 78 delfines del río Arauca fotografiados entre 1992 y 2000.	79
<u>Figura 22.</u> Número de nuevos delfines identificados y curva de descubrimientos para delfines fotografiados en el río Arauca entre 1992 a 2000.	80
<u>Figura 23.</u> Frecuencia de avistamientos para delfines identificados entre 1992 y 2000 en el río Arauca.	81
<u>Figura 24.</u> Frecuencia de avistamientos de delfines encontradas en las cuatro épocas hidroclimáticas en el río Arauca entre 1992 a 2000.	82
<u>Figura 25.</u> Frecuencia de avistamientos de delfines identificados entre 1992- 2000 para cinco hábitats presentes en el río Arauca.	83
<u>Figura 26.</u> Frecuencia de avistamientos de delfines para las zonas en las cuales se dividió el área del río Arauca entre 1992-2000.	84
<u>Figura 27.</u> Probabilidad de avistamiento en cada una de las zonas en las cuales se dividió el río Arauca para los muestreos fotográficos de <i>Inia geoffrensis</i> . El color azul representa las zonas con mayor probabilidad de avistamientos.	85

Figura 28. Frecuencia de uso de tres hábitats del río Arauca a lo largo de las cuatro épocas hidroclimáticas 87

Figura 29. Distribución de avistamientos de delfines frecuentemente fotografiados e identificados en el río Arauca de 1992 a 2000. a. Corresponde a época de aguas bajas, b. Aguas altas, c. Descenso, d. Incremento en el nivel del agua. 89

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla 1.</u> Definición de clases de hábitats usados en este estudio	55
<u>Tabla 2.</u> Número y porcentaje de avistamientos de delfines obtenidos en cada zona en la que se dividió el área de estudio del río Orinoco durante 1996- 2001.	70
<u>Tabla 3.</u> Desplazamientos observados en seis delfines del Orinoco durante 1996-2001. 1 día indica que se observó en el mismo día y 2 días indica que se observó de un día para el otro.	76
<u>Tabla 4.</u> Estimación del tamaño de la población de delfines del Orinoco, bajo el modelo de Petersen de Marca y Recaptura.	78
<u>Tabla 5.</u> Número y porcentaje de avistamientos de delfines obtenidos en cada zona en la que se dividió el área de estudio del río Arauca durante 1992- 2000.	86
<u>Tabla 6.</u> Desplazamientos observados en nueve delfines identificados del río Arauca durante 1992-2000.	91
<u>Tabla 7.</u> Estimación del tamaño de la población de delfines del río Arauca, bajo el modelo de Petersen de Marca y Recaptura.	92

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio de uso de hábitat, movimientos, residencia y tamaño de la población del delfín de río *Inia geoffrensis* en los ríos Orinoco y Arauca, Colombia por medio de la técnica de fotoidentificación. Los muestreos fotográficos fueron conducidos entre 1996- 2001 en el río Orinoco y de 1992- 2000 en el río Arauca, durante los cuales se tomaron en total 4718 fotos, de las cuales 964 tuvieron suficiente calidad para el análisis. Se identificaron 97 delfines en el río Orinoco y 78 en el río Arauca por criterios como muescas, anomalías en el hocico, cicatrices y patrones de pigmentación principalmente. La mayoría de los delfines se fotografiaron una sola vez, pero hubo delfines reavistados de 27 a 32 veces. Los resultados sugieren pocas fluctuaciones estacionales a nivel de número de avistamientos entre los delfines de Orinoco, pero en cambio bastante marcadas en el río Arauca. También se observó uso selectivo de los hábitats (río principal, confluencias y tributarios) y de las zonas en las cuales se dividió el área de estudio, con tendencia a preferir zonas alledañas a islas, confluencias y remansos.

Se observaron patrones de estratificación espacial entre delfines del río Orinoco que podrían ser resultado de comportamiento territorial o resultado de preferencias relacionadas con factores como abundancia de presa y costo energético.

Al aplicar los resultados del análisis fotográfico al modelo de Petersen de marca y recaptura la mejor estimación del número de delfines correspondió al Orinoco, que fue de 111, sin embargo el valor obtenido en Arauca sugiere sesgos, resultado de posibles violaciones de los supuestos.

Se concluye que la técnica de fotoidentificación es una herramienta poco invasiva, muy útil para el estudio ecológico de delfines de río.

Palabras clave: delfín de río, *Inia geoffrensis*, uso de hábitat, fotoidentificación, residencia, modelo de marca y recaptura.

ABSTRACT

A study of habitat use, movements, residence and population size of the river dolphin *Inia geoffrensis* was carried in the Orinoco and Arauca rivers (Colombia), using the photoidentification technique. The photographic samplings were taken between the years 1996- 2001 in the Orinoco River and between years 1992- 2000 in the Arauca River, during which a total 4718 photographs were taken. Of these 964 had the quality level required for the analysis. 97 dolphins were identified in the Orinoco River and 78 in the Arauca River. The identification was mainly based on the presence of notches on dorsal fins, snout abnormalities, scars and pigmentation patterns.

The most of the dolphins were photographed once during the course of the survey, although some were observed between 27 and 32 times. The results suggest few seasonal fluctuations in the number of sightings on the Orinoco dolphins, but instead severely marked difference in the Arauca River. Selective habitat use was observed as well between the main river, confluences and tributaries and between the zones in which the study area

was divided. Higher observation frequencies were observed in zones such as surrounding islands, confluences and "remansos" (shallow areas with a slow current) was observed.

Spatial stratification patterns were observed between the Orinoco River dolphins, that could be the result of territorial behaviour of preference related with factors such as prey abundance and energetic costs.

Using mark and recapture Petersen's model with photoidentification dolphins, the best estimation number belong to the river Orinoco, which was 111, though the value obtained in the Arauca River, suggest bias that could result from possible violations of the assumptions.

I conclude that photoidentification is a not invasive technique very useful for the ecological study of the river dolphins.

Key words: river dolphins, *Inia geoffrensis*, habitat use, photoidentification, residence, mark and recapture model.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo. Presenta una variada geografía que le confiere gran heterogeneidad a sus ecosistemas. Su complejo sistema orográfico compuesto principalmente por tres cordilleras, las cuatro grandes vertientes hidrográficas: Amazonas, Orinoco, Caribe y Pacífico y los dos océanos que la rodean, le dan el segundo lugar en megadiversidad a nivel mundial (Rangel *et al.*, 1987).

Este amplio escenario ecológico alberga 34 especies conocidas de mamíferos acuáticos, de las cuales el orden más numeroso es el de cetáceos, con 5 especies de Mysticetos y 22 de Odontocetos (Florez-González & Capella, 1995; Capella *et al.*, 2001). De este grupo, 18 especies están catalogadas por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) como especies con datos deficientes (DD), es decir que no existe información adecuada de distribución, estado poblacional y/o abundancia para evaluar el

riesgo de extinción. De las otras, dos se consideran vulnerables (V), dos en peligro (EN) y cinco se consideran en bajo riesgo (LR) (Reeves *et al.*, 2001).

A nivel mundial los cetáceos enfrentan cinco tipos de amenazas: explotación directa, captura incidental en pesquerías comerciales y artesanales, matanza legalizada, contaminación, reducción y degradación del hábitat (Reeves & Leatherwood, 1994).

Sumado a estas amenazas existen aspectos de la biología de estas especies que los hacen más vulnerables a actividades humanas. Esto incluye la tasa reproductiva relativamente baja, que ante una pequeña reducción en el reclutamiento de la población puede llevarla a la extinción. Además se caracterizan por constituir grupos familiares intrincados y una estructura social compleja que los hace más vulnerables a disturbios. Poseen fuerte dependencia a los sonidos bajo el agua, por lo cual se ven muy afectados por el ruido que genera el hombre. Es muy común además que dependan de los mismos recursos alimenticios importantes para la pesca, razón que los lleva a competir en desventaja con esta actividad humana. Por otra parte, su posición superior

en la red alimenticia los expone, por bioacumulación, a altas concentraciones de ciertos contaminantes incluyendo pesticidas (Castello, 1996).

Entre el grupo cetáceos, los delfines de río son especialmente vulnerables a estas amenazas. En Asia el conflicto es particularmente agudo debido a que millones de personas viven y trabajan a lo largo de los mismos ríos donde las poblaciones de delfines están luchando por sobrevivir. A diario son vertidos grandes volúmenes de contaminantes, al mismo tiempo que enormes cantidades de agua son extraídas para irrigación y uso industrial. Sin embargo, la captura accidental en redes pesqueras es la principal amenaza para estas especies (Smith, 1996).

Existen seis especies de delfines de río, todos ellos amenazados pero la situación para dos de estas especies es particularmente crítica. La especie en mayor peligro es *Lipotes vexillifer* (baiji), se encuentra en el río Yangtzé en China, se estima que sobreviven menos de 50 delfines, asumiendo que todavía reside la habitable región de 1700 Km del río, por lo cual se cree que está destinada a desaparecer (Zhou *et al.*, 1998).

La especie *Platanista minor* (bhulan), vive en el río Indus en Pakistán, donde su hábitat está ahora restringido a segmentos del río debido a la construcción de barreras, principalmente para retener y desviar aguas para irrigación y otros usos humanos (Reeves & Chaudhry, 1998). Estas estructuras han dividido la población de delfines en subpoblaciones aisladas, algunas de las cuales ya han desaparecido. Hace una década había cerca de 500 delfines, de los cuales 400 estaban confinados a tan solo 170 Km (Klinowska, 1991). Actualmente se calcula que existen menos de 170 delfines en poblaciones fragmentadas de las cuales solo tres parecen ser viables (Reeves *et al.*, 1991; Smith & Reeves, 2000).

De la misma forma, *Platanista gangetica* (susu) es una especie en peligro; está distribuida en la cuenca de los ríos Ganges, Brahmaputra y Meghna en India, Bangladesh y Nepal (Reeves & Brownell, 1991). La población ha sido crudamente estimada en 4000 a 5000 animales, con muy pequeños números en Nepal (Smith & Smith, 1998).

Pontoporia blainvillei, aunque filogenéticamente es un delfín de río, habita las aguas costeras de Brasil, Argentina y Uruguay. Por este motivo no deja de ser

susceptible al contacto humano y es capturado incidentalmente en redes de enmalle. La condición de esta especie es incierta, no existen estimaciones de abundancia y no se sabe si hay uno o varios stocks. El hábitat costero-estuarino está sujeto a destrucción por polución, tráfico acuático, industria, turismo y operaciones pesqueras (Klinowska, 1991).

El género *Inia*, cuenta con dos especies. Una de ellas, *Inia boliviensis*, ha sido poco estudiada, se encuentra en el alto río Madeira y en el sistema del Beni/Mamoré de la Amazonía boliviana, (Aliaga, 2000). La otra especie *Inia geoffrensis*, se encuentra en la cuenca del río Amazonas de Colombia, Brasil, Ecuador y Perú y en la cuenca del río Orinoco de Venezuela y Colombia, por lo cual se diferencian dos subespecies: *I. g. geoffrensis* e *I. g. humboldtiana* respectivamente (Trujillo, 2000).

De acuerdo a los estudios realizados se sabe que existen muertes por captura incidental en redes (Trujillo & Beltrán, 1995), lo cual representa la mayor amenaza de *Inia* en Colombia; además en cercanías a Leticia y Puerto Carreño se captura directamente para utilizar partes del cuerpo como amuletos (Trujillo, 1990; Diazgranados, 1997).

En algunos tributarios del bajo Orinoco (Venezuela) se han construido represas y existen planes para realizar plantas hidroeléctricas las cuales representan una amenaza grave que afecta los movimientos de los delfines (Reeves & Leatherwood, 1994). Esta especie también enfrenta problemas de contaminación por la voladura de ductos petroleros a nivel de los ríos Arauca y Casanare debido a problemas de orden público en Colombia y debido a descargas accidentales (Trujillo *et al* 2000). Por las anteriores amenazas se considera como Vulnerable (Klinowska, 1991).

La mayor dificultad en torno a todas estas amenazas es el vacío de conocimientos relacionados con la distribución, uso de hábitat y abundancia, por lo cual el grupo de especialistas en cetáceos de la UICN recomiendan este tipo de estudios como soporte científico que ayuden a prevenir daños irreparables en el ecosistema y permitan crear estrategias claras de conservación.

El presente trabajo se encuentra enmarcado dentro del macroproyecto denominado "Estrategias para la conservación de delfines de río en la Amazonía y Orinoquía Colombiana" realizado por la Fundación Omacha y financiado por

COLCIENCIAS (cod. 656909- 10402), The Whale and Dolphin Conservation Society (WDCS), la embajada Real de los Países Bajos y CARVAJAL S.A. Con esta investigación se busca evaluar patrones de uso del hábitat, movimiento y residencia del delfín *I. geoffrensis humboldtiana* (Pilleri & Gahr, 1977) en el área de influencia de Puerto Carreño (ríos Orinoco, Meta y Bitá) en el departamento del Vichada y en un tramo del río Arauca, mediante la técnica de fotoidentificación. Además estimar el tamaño de la población mediante el análisis de captura y recaptura.

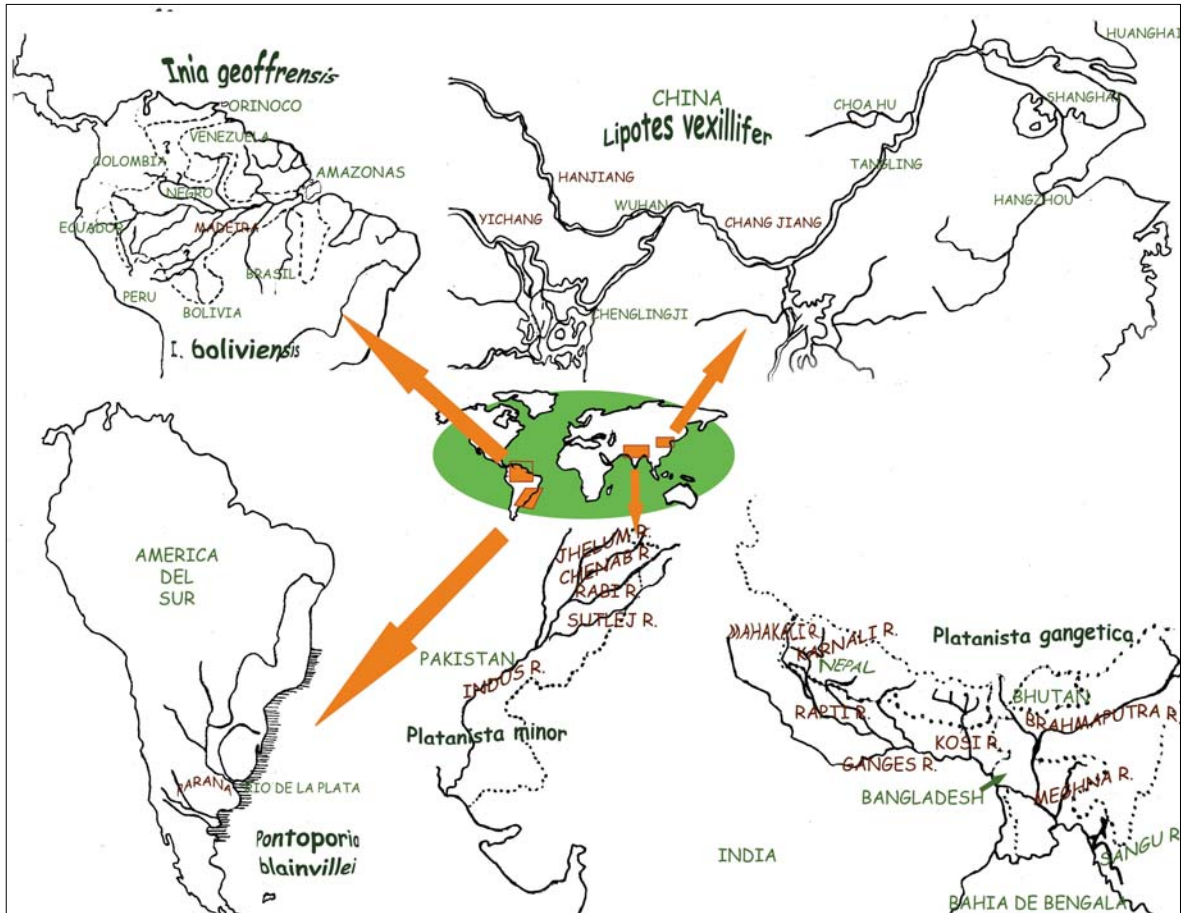


Figura 1. Distribución de delfines de río en el mundo. *Inia* sp en la cuenca de los ríos Orinoco y Amazonas, *Pontoporia blainvillei* en la costa de Uruguay, Brasil y Argentina, *Platanista minor* en el río Indus, *Platanista gangetica* en los ríos Ganges, Meghna y Brahmaputra y *Lipotes vexillifer* en el río Yangtze.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar patrones de uso del hábitat, movimiento y residencia y estimar la abundancia del delfín de río *Inia geoffrensis humboldtiana* (Pilleri y Gahr, 1977) en segmentos de los ríos Arauca y Orinoco, Colombia.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar si los avistamientos de delfines de río *Inia geoffrensis* varían estacionalmente y entre hábitats específicos, clasificados como canales principales, zonas de confluencias y tributarios.
- Determinar si los avistamientos están distribuidos uniformemente en cada hábitat teniendo en cuenta las zonas en las que se dividió cada área de estudio.

- Establecer patrones de residencia de los delfines de los ríos Orinoco y Arauca.
- Estimar las distancias recorridas en algunos delfines fotoidentificados observadas en un intervalo máximo de tres días y de acuerdo a las horas de trabajo estimar la velocidad de desplazamiento exploratorio.
- Estimar la abundancia de *Inia* en segmentos de los ríos Orinoco y Arauca.
- Establecer si es adecuado el uso del modelo de captura- recaptura de Petersen para estimar el tamaño de la población de los delfines presentes en las áreas de estudio y analizar sus ventajas y desventajas.

2. ANTECEDENTES

La distribución y uso de hábitat de *Inia geoffrensis* está altamente influenciada por las fluctuaciones estacionales generadas por la subida y descenso de las aguas, las cuales transforman dramáticamente los ecosistemas de las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco en términos de área, volumen y disponibilidad de presa (Trujillo, 2000).

Existen áreas que han sido objeto de trabajos ecológicos de *Inia*, a los cuales se les ha dado cierta continuidad. En el Amazonas brasileiro, Magnusson *et al.*, (1980), realizaron un estudio para estimar la densidad, tamaños grupales y evaluar las preferencias en el hábitat, en el río Solimões. Posteriormente, Santos (2000), estudió la distribución espacio-temporal, en la confluencia del río Solimões con el río Japurá dentro de la Reserva de Desenvolvimento Sustentable Mamirauá utilizando radiotelemetría.

Una de las regiones amazónicas de mayor estudio está ubicada en la zona de influencia de Puerto Nariño, en Colombia. Trujillo (1990) inició estudios a largo plazo en esta región, estimando la población de *Inia*, mediante tres metodologías: transectos lineales y en banda y mediante puestos de observación en tierra. Posteriormente este mismo autor, realizó otro estudio enfocado en diseñar una metodología adecuada para estimar la población de delfines en dos lagos: Tarapoto y El Correo (Trujillo, 1992). Bajo estos resultados y los obtenidos por Trujillo & Beltrán (1995), se encontraron diferencias en el uso del hábitat, así como áreas de mayor ocurrencia y variaciones en el tamaño grupal relacionadas con la época hidrológica.

En esta misma región, Hurtado (1996) estudió la distribución, uso del hábitat y movimientos de *Inia* en áreas específicas previamente establecidas. Mediante este trabajo se determinaron áreas de mayor ocurrencia y con la técnica de fotoidentificación se observaron ciertos grados de fidelidad en las zonas evaluadas.

Vidal *et al.*, (1997), llevaron a cabo un trabajo de distribución y abundancia de *Inia*, en el cual obtuvieron densidades bastante altas principalmente en tributarios y áreas alrededor de islas.

Trujillo (1997), realizó un estudio para estimar la abundancia y para describir la distribución y uso del hábitat de la especie, además mediante delfines fotoidentificados obtuvo patrones de residencia, expresados en una alta tasa individuos reavistados.

Castellanos (1998), caracterizó elementos físico-químicos y biológicos de los lagos Tarapoto, El Correo y Caballo Cocha, hábitats usualmente usados por *Inia* y *Sotalia* y describió diferencias en el uso de estos a lo largo de los períodos hidroclimáticos.

Dada la importancia de conocer el uso del hábitat por parte de los delfines, Trujillo (2000), realizó un estudio específico en el alto río Amazonas y en la confluencia de los ríos Orinoco, Meta y Bitá (Orinoquía colombiana). En este encontró variaciones relacionadas con la fluctuación estacional del agua y áreas

clave para los delfines tales como los lagos en el Amazonas y las confluencias en el Amazonas y en el Orinoco.

Con respecto a otras áreas de la Amazonía colombiana, en 1994 se llevó a cabo la Expedición *Inia* 94, con el fin de conocer aspectos del comportamiento, distribución y características del hábitat de *Inia geoffrensis* en el Medio río Caquetá. Con base en este trabajo se identificaron biotopos de importancia para la especie y se observaron movimientos estacionales influenciados por el nivel del río (Díaz & Hernández, 1994; Trujillo, 1995). Posteriormente, en esta misma zona Galindo (1997), estimó la abundancia y patrones de uso de hábitat.

Existen reportes que evidencian la presencia de *Inia* en varios ríos de la Amazonía ecuatoriana, pero los estudios ecológicos de la especie son realmente escasos. Utreras (1996) desarrolló un estudio sobre abundancia, ecología y comportamiento en una porción del río Lagartococha, nororiente ecuatoriano. En este trabajo no se encontraron diferencias claras en la abundancia de delfines a lo largo de las dos épocas hidroclimáticas y adicionalmente mediante la técnica de fotoidentificación se observó alto grado de permanencia de los delfines en el área de estudio.

De la misma forma los estudios ecológicos realizados en Bolivia, son muy escasos. Los primeros, llevados a cabo por Pilleri (1969) y Pilleri & Gihl (1977) son estudios principalmente de comportamiento y los datos de abundancia son difícilmente comparables con otros estudios. Aliaga (2000), desarrolló un estudio de distribución y abundancia en el río Tijamuchi, Beni, Bolivia, en el cual observó patrones de variación estacionales y densidades relativamente altas.

Entre los trabajos realizados en la Amazonía peruana, la Reserva Nacional Pacaya-Samiria, ha sido objeto de estudios. Leatherwood (1996) cubrió una amplia zona de esta reserva e incluyó algunos de los tributarios Amazónicos para evaluar la distribución, abundancia y preferencias en el hábitat de *Inia* y *Sotalia*. Otro trabajo en esta región, consistió en evaluar la distribución estacional de estas dos especies en el lago Tipishca del Samiria. Se fotoidentificaron 49 individuos y a través de estos datos se calculó el tamaño de la población por el método de captura- recaptura (Zúñiga, 1999).

Con respecto a los estudios de *Inia* del Orinoco, conocido localmente como Tonina, Meade & Koehnken (1991), emprendieron un trabajo hidrológico, geoquímico y geomorfológico y mediante observaciones incidentales describieron

aspectos de la distribución de *Inia* en la cuenca del Orinoco de Colombia y Venezuela. Posteriormente, Schnapp & Howroyd (1992), realizaron un estudio de distribución y rango local de *Inia* en una porción del río Apure en Venezuela, según el cual sugieren que esta especie no es solitaria como otros autores han sugerido y presenta agregaciones oportunistas en áreas de turbulencia y en bocas de tributarios.

McGuire (1995) condujo un estudio ecológico en el río Cinaruco, Venezuela, donde evaluó la distribución, tamaño grupal y estructura social de *Inia* por hábitats, a través de las épocas hidroclimáticas diferentes.

Otro trabajo ecológico en esta región fue realizado por Carantoña (1999), en el que estimó la abundancia y tamaño grupal en caños del refugio de Fauna Silvestre "Caño Guaritico" y ríos en el estado de Apure.

Diazgranados (1997), desarrolló un estudio para estimar la abundancia de *Inia* en una zona de confluencia de los ríos Orinoco, Meta y Bitá de la Orinoquía colombiana. Los resultados de este estudio de igual forma mostraron que la especie en el Orinoco no es solitaria. En la misma zona, posteriormente se

realizaron dos estudios, el primero para evaluar la población de delfines, enfocado en determinar cambios en la abundancia, descripción comportamental y uso de hábitat (Díazgranados, 1998) y el segundo para evaluar el uso de áreas prioritarias, en época de aguas bajas y de transición (Barón, 2001).

Trujillo *et al.*, (1992), realizaron los primeros estudios para conocer la ecología, abundancia y comportamiento de la tonina en el área de influencia del campo petrolero de caño Limón, río Arauca.

Posteriormente Fuentes (1998), realizó la estimación de la tonina en esta zona y evaluó algunos aspectos ecológicos como el uso del hábitat y comportamiento.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS

La fotoidentificación es una técnica utilizada para distinguir individuos mediante sus marcas naturales como muescas, cicatrices, patrones de pigmentación específicos y anormalidades. Ha sido ampliamente utilizada en cetáceos que realizan largas migraciones como ballenas grises y jorobadas, (*Eschrichtius robustus*, *Megaptera novaengliae*), ballenas nariz de botella (*Hyperoodon ampulatus*), orcas (*Orcinus orca*), en delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*), moteados, rotadores (*Stenella* sp), jorobados del Indopacífico (*Sousa chinensis*), además en otros mamíferos marinos como focas y terrestres como algunos felinos, aportando información sobre distribución, movimientos estacionales, patrones de ocurrencia y residencia, uso de hábitat, estructura social y estimación de la población (Darling, 1993; Whitehead *et al.*, 1997; Herzog, 1997; Bearzi, 1997; Karczmarski *et al.*, 1999; Weller *et al.*, 1999).

A pesar de la dificultad de implementar esta técnica en delfines de río debido a las difíciles condiciones ambientales como turbulencia, poca visibilidad y corrientes fuertes, recientemente ha sido utilizada como un complemento que facilita los trabajos de comportamiento y abundancia (Yuanyu *et al.*, 1990; Trujillo, 1994; McGuire, 1995; Diazgranados, 1997; Fuentes, 1998; Utreras, 1996).

En cuanto al uso de la fotoidentificación en *Inia*, el primer trabajo lo llevó a cabo Trujillo (1994), quien logró identificar los primeros delfines en el Amazonas, por medio de muescas y patrones de pigmentación específicos. Posteriormente, con base en estos criterios de identificación, se realizó un trabajo en el cual se identificaron 104 delfines de los géneros *Inia* y *Sotalia* (39 y 69 respectivamente) (Trujillo & Beltrán, 1995). Con la información recolectada en estos y otros trabajos se creó un catálogo, el cual contiene básicamente la historia de avistamientos de cada delfín, descripción, fotos y dibujos de 167 delfines, catalogados principalmente por muescas, patrones de pigmentación y cicatrices (Martínez, 2001).

En la Orinoquía colombiana Diazgranados (1997), empleó esta técnica con buenos resultados debido en parte a la intensa actividad aérea de los delfines en esta región. Identificó 43 delfines en su mayoría por muescas y cicatrices.

En el río Arauca, Fuentes (1998), identificó 108 delfines, con base en muescas en la aleta dorsal y malformaciones en el hocico. Mediante esta información fotográfica obtenida, se espera realizar un catálogo de delfines de la Orinoquía que contenga las historias de captura o avistamiento, descripciones, fotos y dibujos de cada individuo, para de esa forma darle continuidad a los trabajos de fotoidentificación, de los cuales se puede conocer gran parte de la ecología animal, tal como movimientos, migraciones, patrones de ocurrencia y residencia, *home range* (área de uso), *core area*, uso del hábitat y junto con otros estudios, el comportamiento.

Además esta técnica ha sido implementada en otras regiones en la Amazonía ecuatoriana, con trabajos como el de Utreras (1996) en el lago Lagartococha, mediante el cual identificó 11 delfines, 7 de los cuales fueron identificados por muescas y en la Orinoquía venezolana donde McGuire (1995) identificó 6 individuos en el río Cinaruco.

Otro gran aporte de la fotoidentificación es la estimación de la población mediante el modelo de captura- recaptura, que además puede proporcionar estimativos de supervivencia, tasa de edad y crecimiento (Buckland, 1982). Ha sido utilizada en numerosas especies de mamíferos acuáticos, entre los que sobresalen las focas monje, delfines jorobados y nariz de botella y recientemente en *Inia* aportando datos de abundancia similares a los obtenidos mediante otras metodologías (Forcada & Aguilar, 2000; Martínez, 2001). Bajo este método la población es muestreada dos o más veces, generalmente por avistamientos o capturas fotográficas. Cada vez que un animal es capturado fotográficamente, se reporta y al final del estudio cada uno tiene una historia de avistamientos completa (Lancia *et al.*, 1994).

Los modelos captura-recaptura están clasificados en dos categorías: los apropiados para poblaciones cerradas y los de poblaciones abiertas. El primero asume que la población es cerrada a adiciones (nacimientos o inmigración) y supresiones (muertes o emigración) durante la duración del estudio, requiriendo un tiempo corto de trabajo (Lancia *et al.*, 1994). Los modelos para poblaciones abiertas salvan esta limitación pero es difícil para ellos distinguir muerte de emigración y nacimientos de inmigración; además la separación

rígida entre ambos modelos es un poco artificial. Estos modelos han sido usados para estimar el tamaño de la población de varios taxa, incluyendo reptiles, aves, peces, mamíferos terrestres y marinos e incluso recientemente en plantas (Karanth & Nichols, 1998; Kendall, 1999).

Además de los métodos de captura existen dos formas generales de estimar poblaciones animales: las de censos completos, en donde todos los individuos de la población son observados y los métodos de conteos dentro de los cuales los más usados en cetáceos son los transectos lineales, transectos en banda y conteos directos por recorrido (Lancia *et al.*, 1994; Trujillo, 1997).

Los transectos lineales son frecuentemente empleados en la estimación de abundancia de delfines marinos, pero debido a que es necesario estimar la distancia del bote al animal observado y además un ángulo de desviación entre la línea de transecto y el avistamiento, con el objetivo de saber si el animal, se encuentra dentro de la línea de transecto para contarlos, plantea serios problemas por la imprecisión que estas estimaciones puedan generar, por lo que requiere entrenamiento y rigurosidad (Trujillo, 1992). Este método fue uno de los primeros utilizados en la estimación de la población de *Inia* (Trujillo, 1990).

Los transectos en banda son opciones adecuadas para la estimación de delfines de río. Se deben realizar en lugares donde se tenga acceso visual de las dos orillas, ya que se asume que la distancia entre orilla y orilla es el ancho de la banda de muestreo (Trujillo, 1992). Ha sido usualmente usado para estimar la abundancia de *Inia* en caños, pequeños tributarios y lagunas (Trujillo, 1990, 1992, 1997, 2000; McGuire, 1995; Utreras, 1996; Galindo, 1997; Vidal *et al.*, 1997).

En los conteos directos por recorrido, se hacen recorridos previamente establecidos en bote, reduciendo la velocidad al momento de observar un animal o grupo para contar el número de individuos presentes. Ha dado buenos resultados en *Inia* del Amazonas y Orinoco colombianos y es el método actualmente utilizado en estas regiones (Trujillo & Beltrán, 1995; Díazgranados, 1997).

Para estudios de distribución en la Amazonía brasilera han sido utilizados radiotransmisores (Santos, 2000) para cubrir movimientos en áreas limitadas, pero desafortunadamente para los delfines son técnicas invasivas y además son costosas.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

3.2.1 Sistemática (Tomado de Rice, 1998)

ORDEN	CETACEA
SUBORDEN	ODONTOCETI
FAMILIA	Iniidae (Gray, 1846)
GÉNERO	<i>Inia</i> (d' Orbigny, 1834)
ESPECIE	<i>Inia geoffrensis</i> (Blainvillei, 1817)
SUBESPECIES	<i>Inia geoffrensis humboldtiana</i> (Pilleri & Gehr, 1978) <i>Inia geoffrensis geoffrensis</i> (Van Bree & Robineau, 1973)

3.2.2 Características generales

Inia geoffrensis se distingue de otros Platanístidos por la presencia de pequeñas vibrizas sobre la parte alta de su hocico, por tener dos tipos de dientes: molariformes e incisivos y por la forma elongada de su aleta dorsal (Best & Da Silva, 1993). Es el delfín de río más grande. Alcanza longitudes de hasta 2.80 m y pesos de 180 Kg. Es corpulento y pesado, pero extremadamente flexible, capaz de curvarse y enrollarse (Trujillo, 2001).



Figura 2. Características externas de *Inia geoffrensis*. (Foto Fundación Omacha)

El rostro es prominente y robusto, el melon relativamente pequeño y flácido pero su forma puede ser alterada por control muscular. Esta estructura sirve como un direccionador acústico para las ondas que producen (ecolocalización) (Penner & Murchinson, 1979). Los ojos son pequeños pero funcionales, adaptados a las condiciones del agua turbia donde habitan; (Trujillo, 2001). Las aletas pectorales son largas, anchas y parecidas a remos y los bordes son gruesos y triangulares (Best & da Silva, 1993) ([Fig. 2](#)).

Poseen 42-43 vértebras: 7 cervicales, 13 torácicas, 3 lumbares y 19 caudales.

No presentan vértebras cervicales fusionadas, lo cual les permite mover la cabeza de lado a lado (Trujillo, 2001).

La coloración es variable, al parecer está asociada a procesos de capilaridad y osmorregulación (Trujillo, 1994). Generalmente cuando nacen son de color gris y a medida que crecen pueden mantener esta coloración, volverse rosados o tener patrones intermedios (Trujillo, 2001).

En la región del Amazonas central, los machos, alcanzan la madurez sexual a los 198 cm de longitud. La masa testicular de los machos maduros excede 0.4

por ciento del peso total del cuerpo. Las hembras alcanzan la madurez sexual entre 160-175 cm de longitud y la ovulación ocurre con igual frecuencia en ambos ovarios los cuales son relativamente largos y redondeados. La preñez es visible externamente cuatro meses antes del nacimiento por distensión anterior de la hendidura genital. El nacimiento demora de 1.5 a 5 horas y su presencia es típicamente caudal. La longitud de la cría al nacer es aproximadamente de 79 cm. La gestación estimada es de 10-11 meses (Best y Da Silva, 1984).

3.2.3 Distribución

Estudios recientes basados en características morfológicas y simétricas determinan que el género *Inia* consiste en dos especies, *Inia boliviensis* del río Beni (Bolivia) e *Inia geoffrensis* de las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco ([Fig. 3](#)). De esta última derivan dos taxa, *Inia geoffrensis geoffrensis* e *Inia geoffrensis humboldtiana*, la primera ocurre en el Amazonas y la segunda en el Orinoco y sus tributarios (Hamilton *et al.*, 2001).

Aunque se ha reportado que los principales límites de su distribución son rápidos impasables, caídas de aguas y ríos muy pequeños o poco profundos,

recientes observaciones demuestran que *Inia* es capaz de cruzar algunos de estos rápidos durante la época seca, cuando la corriente es menos fuerte (Diazgranados, 1997).

I. g. humboldtiana, se encuentra en la cuenca del río Orinoco, en la mayoría de sus ríos principales y sus tributarios tales como Arauca, Meta, Casanare, Bitá, Tuparro, Tomo, Orinoco, Vichada, Guaviare, Inírida, Duda, Apure, Cinaruco ([Fig. 4](#)) (Meade & Koehnken, 1991; Diazgranados, 1997; Fuentes, 1998; McGuire & Winnemiller, 1998, Trujillo *et al.*, 2000).

I. g. geoffrensis se encuentra en la región del Amazonas en los principales ríos y en la mayoría de sus tributarios tales como el río Caquetá, Putumayo, la cuenca del río Amazonas de Perú, Ecuador (río Napo y el Pastaza) y Brasil ([Fig. 4](#)) (Tagliavini & Pilleri, 1984; Trujillo *et al.* 2000).

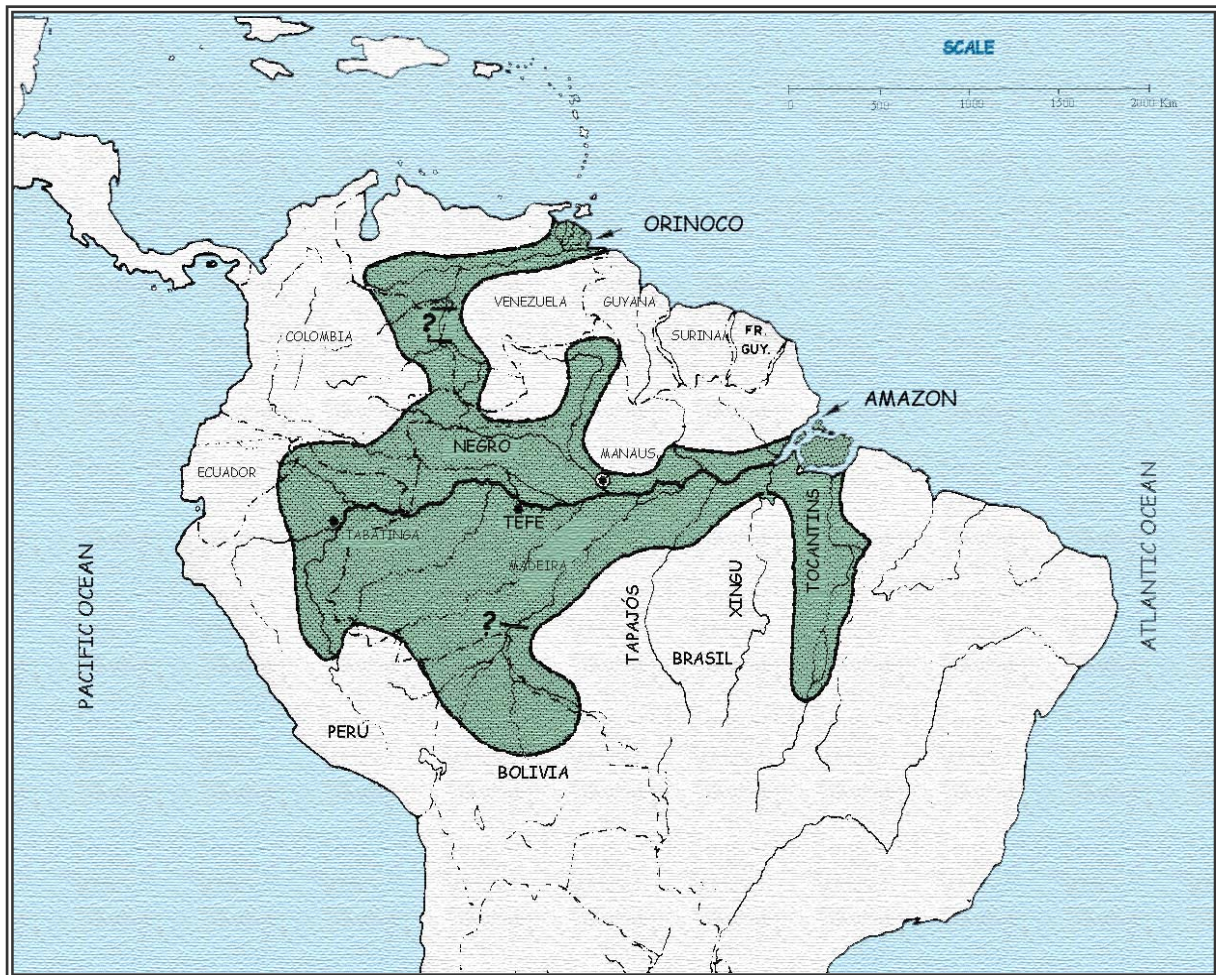


Figura 3. Distribución del género *Inia* en Sur América. (Mapa modificado de Best & Da Silva, 1989).

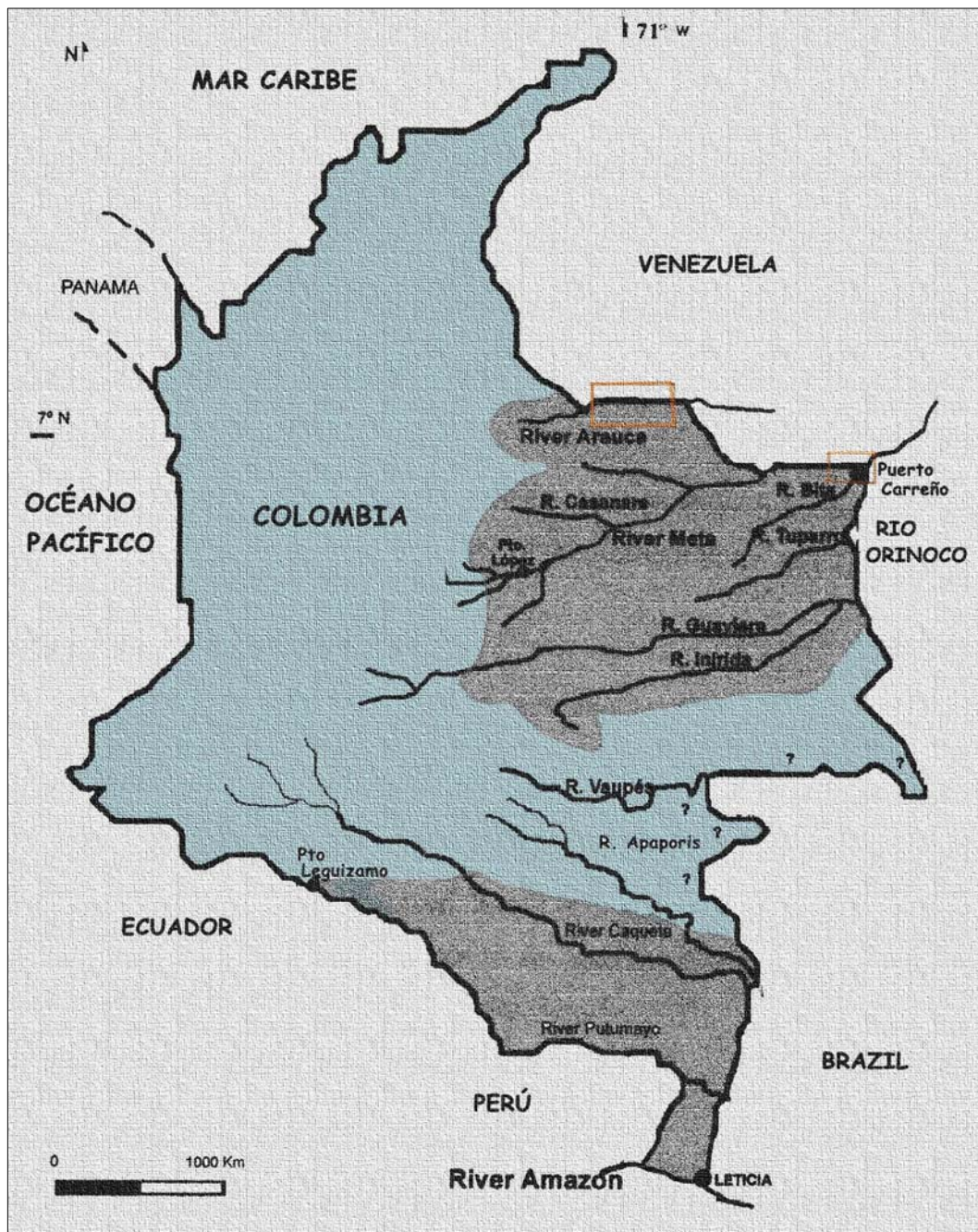


Figura 4. Distribución de *Inia geoffrensis* en Colombia. La parte sombreada representa la distribución conocida y los interrogantes denotan áreas de probable presencia, pero en donde no existe información disponible. Los rectángulos muestran las áreas de estudio (Modificado de Trujillo, 2000).

3.2.4 Hábitat y ecología

La heterogeneidad del hábitat y los requerimientos biológicos de una especie interactúan para producir patrones de distribución y uso de hábitat (McNab, 1963 En: Ballance, 1992). En cetáceos la presa o disponibilidad de hábitat, frecuentemente limitan su distribución a regiones que pueden variar diariamente, estacionalmente o anualmente dependiendo del forrageo, cópulas o comportamiento (Raum- Siyan & Harvey, 1998).

Las cuencas del Amazonas y Orinoco son medios fuertemente influenciados por cambios estacionales en el nivel del agua y se caracterizan por exhibir gran variedad de hábitats. Durante el período de aguas bajas el hábitat acuático se reduce considerablemente y los animales acuáticos se restringen a los canales principales y lagos. Durante los altos niveles de agua una gran cantidad de esta llega hasta los lagos e inunda los planos inundables (Goulding, 1989).

Adaptado a los cambios estacionales que caracterizan las cuencas del Amazonas y Orinoco, *Inia geoffrensis*, se constituye en el único predador superior presente tanto en canales como planos inundables donde efectúa

movimientos estacionales realizados sobre todo como respuesta a los marcados cambios (Goulding, 1989; Trujillo, 2000).

Las confluencias de los ríos son hábitats especialmente importantes para la alimentación de *Inia* en el Orinoco. En épocas de aguas bajas esta especie se concentra allí y alrededor de las islas para atrapar sus presas (Trujillo, 2000; Trujillo, 2001).

Los lagos son hábitats claves para *Inia* en el Amazonas e incrementan su importancia con la subida del agua, debido a que estas atraen miles de alevinos en busca de alimento y protección una vez son desovados en aguas negras (Trujillo, 2000). Además también son áreas importantes para la protección de crías de delfines y para actividades de reproducción (Santos, 2000).

La presencia de delfines también está asociada a tributarios del Orinoco tales como el Bitá, el cual es particularmente sinuoso. Estas curvas parecen ser complejas confluencias debido a la presencia de escombros leñosos y otras acumulaciones de vegetación donde los peces están presentes. A pesar de que los mayores avistamientos se registran en la boca de los ríos también se han

observado lejos del río principal, en hábitats supuestamente improductivos. Es posible que en estas áreas haya alimento suficiente para un pequeño grupo de delfines y por lo tanto ellos evitan competir por éste en otros hábitats más ricos (Trujillo, 2000).

3.2.5 Condición

Aunque con respecto a las otras especies de delfines de río *Inia geoffrensis* presenta una de las mejores condiciones, la especie enfrenta serias amenazas a lo largo de todo su rango de distribución; por esta razón está catalogada por la UICN como Vulnerable (Klinowska, 1991) y se encuentra en el apéndice II del CITES.

3.2.6 Amenazas

- Mortalidad incidental y caza dirigida

Una de las principales causas de muerte de la especie *I. geoffrensis* ocurre por enredos accidentales en redes agalleras de nylon (Trujillo & Beltrán, 1995; Da Silva & Best, 1996). Además existen reportes de caza dirigida con el objetivo de sustraer órganos y tejidos como ojos, dientes, tejido graso y órganos genitales. Estos son vendidos en mercados

clandestinos, debido a que algunas personas les atribuyen poderes sobrenaturales (Trujillo, 1992).

En ocasiones los delfines son eliminados directamente por pescadores, posiblemente debido a que son percibidos como competidores por recursos pesqueros o culpables del deterioro de las redes (Trujillo, 1992; Díazgranados, 1997).

- Fragmentación y Degradación del hábitat

Una de las principales causas de la degradación del hábitat es la construcción de represas, barreras y muros de contención. Esta causa los mayores cambios en el régimen fluvial, eliminando muchos de los atributos dinámicos de los ríos. La fluctuación natural del flujo de agua, temperatura y carga de detrito son alteradas, decreciendo la producción pesquera y las condiciones óptimas para un gran número de organismos acuáticos (Smith & Reeves, 2000). En la Amazonía brasilera se han construido tres grandes represas (Balbina, Curuá y Tucuruí) y varias otras son planeadas o están bajo construcción. También existen

represas en tres tributarios del Orinoco: Caroní, Apure y Meta (Reeves & Leatherwood, 1994).

- Deforestación

El bosque inundable es uno de los principales ecosistemas que caracteriza las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas, donde ocupa 70.000 y 100.000 Km² respectivamente. Puede permanecer inundado de 3-11 meses cada año dependiendo de la topografía local y de la intensidad de la inundación (Goulding, 1989). Muchas especies de peces, principalmente adultos dependen de frutos y semillas pertenecientes a plantas del bosque, durante el período de aguas altas. Además muchos estudios han verificado que estos bosques inundables son el principal hábitat de crianza de especies de peces migratorias y probablemente pequeños bagres, principalmente en zonas de aguas calmadas donde las comunidades de plancton son importantes (Goulding, 1989; Goulding, *et al.* 1996; Hamilton & Lewis, 1990). Por esta razón, la deforestación en las áreas de inundación, amenaza el ecosistema acuático de *Inia*, quien puede frecuentar estos sectores durante aguas altas para obtener alimento (Goulding, 1989).

- Contaminación

Probablemente los delfines de río sean una de las especies más altamente susceptibles a los efectos de contaminación (Borrell & Aguilar, 1999). Se cree que la contaminación producida por derrames de petróleo y aguas de desecho en las cabeceras de los ríos ha generado el desplazamiento de algunas poblaciones de *Inia* y *Sotalia* (Denkinger *et al.*, 2000).

El mercurio es uno de los metales más utilizados para la extracción de oro a lo largo del río Amazonas. Es necesario usar de 2 a 10 Kg para producir un kilogramo de oro (Mallas & Benedicto, 1986). Este metal es vertido a los ríos principalmente en forma inorgánica, estado en cual su toxicidad es limitada; sin embargo al incorporarse dentro de la biota es transformado a derivados orgánicos, principalmente metil-mercurio, el cual es transferido a la red alimenticia y tiene un alto potencial de toxicidad. El mercurio es responsable de altas mortalidades altas a larga escala y de producir serios impactos sobre humanos y poblaciones silvestres. En mamíferos, se acumula con la edad y en hembras atraviesa

cruza la membrana placentar y pasa a la leche (Aguilar *et al.*, 1999 En:
Borrell & Aguilar, 1999).

4. AREA DE ESTUDIO

4.1 RED FLUVIAL

El río Orinoco forma una cuenca de 1.1 millones de kilómetros cuadrados de la cual el 70% se halla en Venezuela y el 30% en Colombia (Colonnello, 1990). Es el tercer río mas largo del mundo después del Amazonas y el Zaire con aproximadamente 2160 Km de longitud y una descarga promedio de 36.000 metros cúbicos por segundo. Transporta hacia el delta alrededor de 150 millones de toneladas de sedimentos por año (Vasquez y Wilbert, 1992).

El Orinoco nace al sur del macizo de las Guayanas en la Sierra de Parima, en el pico Delgado-Chalbaud a 1047 m.s.n.m. y desemboca en el océano Atlántico formando un delta llamado delta Amacuro, el cual es un inmenso abanico cuyo arco mayor mide 300 Km. Tiene 12 canales importantes y una multitud de pequeños pasos menores separados por pequeñas islas (Domínguez, 1998).

Los ríos de la cuenca del Orinoco pueden presentar aguas blancas, claras o negras. Los ríos de aguas blancas son típicamente turbios, básicos, amarillentos y muy limitados en transparencia a causa de la elevada carga de sedimentos suspendidos transportados de los Andes. Los principales ríos de este tipo que se encuentran en la cuenca del Orinoco son Meta, Guaviare y Apure. Los ríos de agua negra son típicamente transparentes debido a la baja cantidad de sedimentos suspendidos pero con altas concentraciones de ácidos fúlvicos y húmicos disueltos. Ejemplo de estos son el Cinaruco, Bitá, Caroní, Caura y Atabapo (Meade y Koehnken, 1991; Trujillo, 2001).

Las aguas del río Bitá que drenan las altillanuras del escudo de la Guyana se caracterizan por ser químicamente pobres, presentando conductividades bajas y una carga de sólidos disueltos y en suspensión menor, lo cual le confiere una mayor transparencia. Por el contrario el río Meta que tiene su origen en la cordillera de los Andes, presenta una mayor carga de sólidos suspendidos y disueltos, lo cual disminuye la transparencia y aumenta la conductividad. El río Arauca se clasifica como meandroide, tiene una longitud total de 1000 Km, de los cuales 700 son navegables, nace en el piedemonte llanero y desemboca en el río Orinoco. Desde su nacimiento hasta la Isla del Charo, sus aguas son negras.

A partir de Puerto Lleras, el río pasa a ser de aguas blancas (Meade y Koehnken, 1991).

Para el río Orinoco, existe una mezcla de los tipos de agua, ya que varios tributarios liberan sus cauces en él. Presenta valores intermedios en cuanto a conductividad y pH, siendo el Orinoco químicamente más activo que el Bitá.

A medida que avanza en su curso varía sus características fisicoquímicas. Es así como en sus cabeceras es un río típico de aguas negras, debido a que sus tributarios en la zona son de este tipo de agua (Atabapo e Inírida). En la parte media del río, caso de Puerto Carreño, se ve influenciado por los tributarios de origen Andino, como lo es el río Meta. Finalmente en la parte baja es un río típicamente de aguas blancas, ya que la influencia de los tributarios de origen Andino se presenta en mayor grado (Maldonado, 2000).



Figura 5. Río Orinoco a la altura de la laguna El Pañuelo. En esta zona se caracteriza por presentar aguas claras. (Foto M^a Claudia Diazgranados).

4.2 CLIMA

El clima es de piso térmico cálido. El promedio anual de temperatura es de 28°C y la precipitación media anual es 2176 mm (IGAC, 1996 En: Maldonado, 2000). Existe una notable variación en el régimen de lluvias, que hace variar el nivel de los ríos varios metros. Su flujo promedio durante la época seca puede disminuir considerablemente (1/25 a 1/30 del promedio) con respecto a la época lluviosa (Meade & Koehnken, 1991).

Esta fuerte estacionalidad determina dos períodos hidroclimáticos bien marcados, con sus respectivos períodos de transición (Trujillo, 2000):

- Aguas bajas: corresponde a los meses entre diciembre a febrero. Se caracteriza por presentar altas temperaturas y baja precipitación.
- Aguas ascendentes: Se presenta entre marzo a mayo.
- Aguas altas: Comprendido entre junio y agosto.
- Aguas descendentes: Comprende los meses de septiembre a noviembre.

4.3 FAUNA

La fauna del Orinoco está representada por nutrias (*Pteronuma brasiliensis*) en el bajo Orinoco y (*Lutra longicaudis*) en el alto Orinoco, jaguares (*Pantera onca*), pumas (*Puma concolor*), anacondas (*Eunectes murinus*) cuatro especies de caimanes (*Caiman crocodilus*, *C. intermedius*, *Paleosucus trigonacus*, *P. palpebrosus*) (Colonnello, 1990; Defler & Rodríguez, 1998; Trujillo, 2000).

Se calcula que hay cerca de 1200 especies de peces en la Orinoquía. El área de confluencia de los ríos Meta, Bita y Orinoco es particularmente rica en especies ícticas, pues según estudios realizados en los últimos años el número de especies registradas llega a 529, lo que representa casi la mitad de fauna

ítica de la Orinoquía. Los órdenes más sobresalientes son los Characiformes, seguido de Siluriformes y Perciformes (Maldonado, 2000).

Es muy importante la variedad de aves que se reúnen alrededor de los caños durante la sequía, particularmente chenchenas (*Ophisthocomus hoazin*), gavilanes, muchas especies de aves zancudas (garzas) y una gran variedad de passeriformes (Colonnello, 1990).

4.4 VEGETACIÓN

La vegetación alrededor del río Orinoco está representada por franjas angostas de bosque ripario. Este bosque es estacionalmente inundado, pero la principal área de inundación corresponde a las llanuras abiertas (áreas planas cubiertas por pastos y pequeños arbustos) (Trujillo, 2000). Todas las especies típicas del rebalse están adaptadas al régimen de inundación estacional al cual se ven sometidas durante varios meses del año (Colonnello, 1990).

4.5 SUELOS

Los suelos de esta región son de la asociación Guayabal, los cuales comprenden una faja limitada al norte por el río Tomo, al sur por el río Vichada y al oriente por el río Orinoco. El material parental está constituido por materiales aluviales antiguos. En las partes convexas, los suelos son profundos, bien drenados, en tanto que en áreas cóncavas se localizan los suelos con drenaje pobre que sufren encharcamientos prolongados; los suelos son superficiales, limitados en su profundidad por fluctuaciones del nivel freático (IGAC, 2001).

4.6 POBLACIÓN

Los procesos poblacionales de la Orinoquía se caracterizan por la ausencia de una red de centros urbanos y allí se puede hablar más acertadamente de asentamientos nucleados. La tendencia de la población es la de asentarse en núcleos a la orilla de los ríos (Meta, Orinoco, Casanare, Arauca, Cravo) y a lo largo de las vías terrestres que integran el sistema de comunicación (Iguazul, Yopal, Tame, Arauca, Puerto López) (Romero & Romero, 1989).

El departamento de Vichada tiene aproximadamente 83467 habitantes, su economía depende de la ganadería, industria, agricultura y pesca (IGAC, 2001). Puerto Carreño, es el asentamiento de mayor impacto sobre el área. Según el censo de 1993, cuenta con 8566 habitantes.

La economía del municipio depende en su mayoría de la explotación de los recursos pesqueros a diferentes niveles (pesca comercial, ornamental y deportiva), sin embargo existen otras actividades como la porcicultura extensiva, agricultura a pequeña escala, cacería y tala de madera (IGAC, 2001).

El departamento de Arauca tiene una población de 240.190 habitantes. Su economía depende de la explotación petrolera, ganadería extensiva y agricultura (IGAC, 2001).

Las propiedades de ganadería tradicional en las regiones de Arauca, Meta, Casanare y Vichada fluctúan en tamaño entre parcelas de menos de 1 hectárea hasta hatos con más de 10.000 hectáreas. Los cultivadores de las vegas de los ríos, están localizados en sus márgenes y poseen métodos de cultivo elementales como la tumba y quema del monte durante el verano para la

siembra de maíz, arroz, frijol, durante las primeras lluvias de abril (Romero & Romero, 1989).

5. METODOLOGÍA

5.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Area de uso “*home range*”:** Área sobre la cual un animal usualmente viaja en propósito de sus actividades diarias (Mizutani & Jewell, 1998).
- **Avistamiento:** En este estudio se refiere a la captura fotográfica exitosa de un delfín fotoidentificado y reavistamiento hace referencia a la recaptura fotográfica de un mismo delfín.
- **Patrones de residencia:** Permanencia de delfines fotoidentificados en una zona específica y se reconocen según el número de reavistamientos.
- **Períodos hidroclimáticos:** En la región de la Orinoquía corresponden a cuatro épocas: aguas bajas (diciembre- febrero), subida de aguas (marzo-

mayo), aguas altas (junio- agosto) y descenso de aguas (septiembre-noviembre).

- **Uso de hábitat:** Forma como un animal utiliza los recursos físicos y biológicos en un hábitat (Krausman, 1999).

5.2 FASE DE CAMPO

Este proyecto cubrió dos áreas de la Orinoquía colombiana. La primera ubicada en la confluencia de los ríos Meta, Orinoco y Bitá con sede en el municipio de Puerto Carreño (Vichada) ($67^{\circ}30'W$ y $6^{\circ}11'N$) ([Figura 1](#)) a 51 m.s.n.m. La segunda ubicada en un tramo del río Arauca entre Puerto Lleras (municipio de Saravena) hasta la Saracatera, (municipio de Arauquita) $71^{\circ}13'N$ y $6^{\circ}50'W$, con una extensión aproximada de 20 km en el río Orinoco y 155 Km en el río Arauca.

Con el objetivo de contar con la ubicación más exacta de los delfines fotografiados, cada área se dividió en zonas cuya determinación estaba condicionada a la presencia de puntos fijos en las orillas.

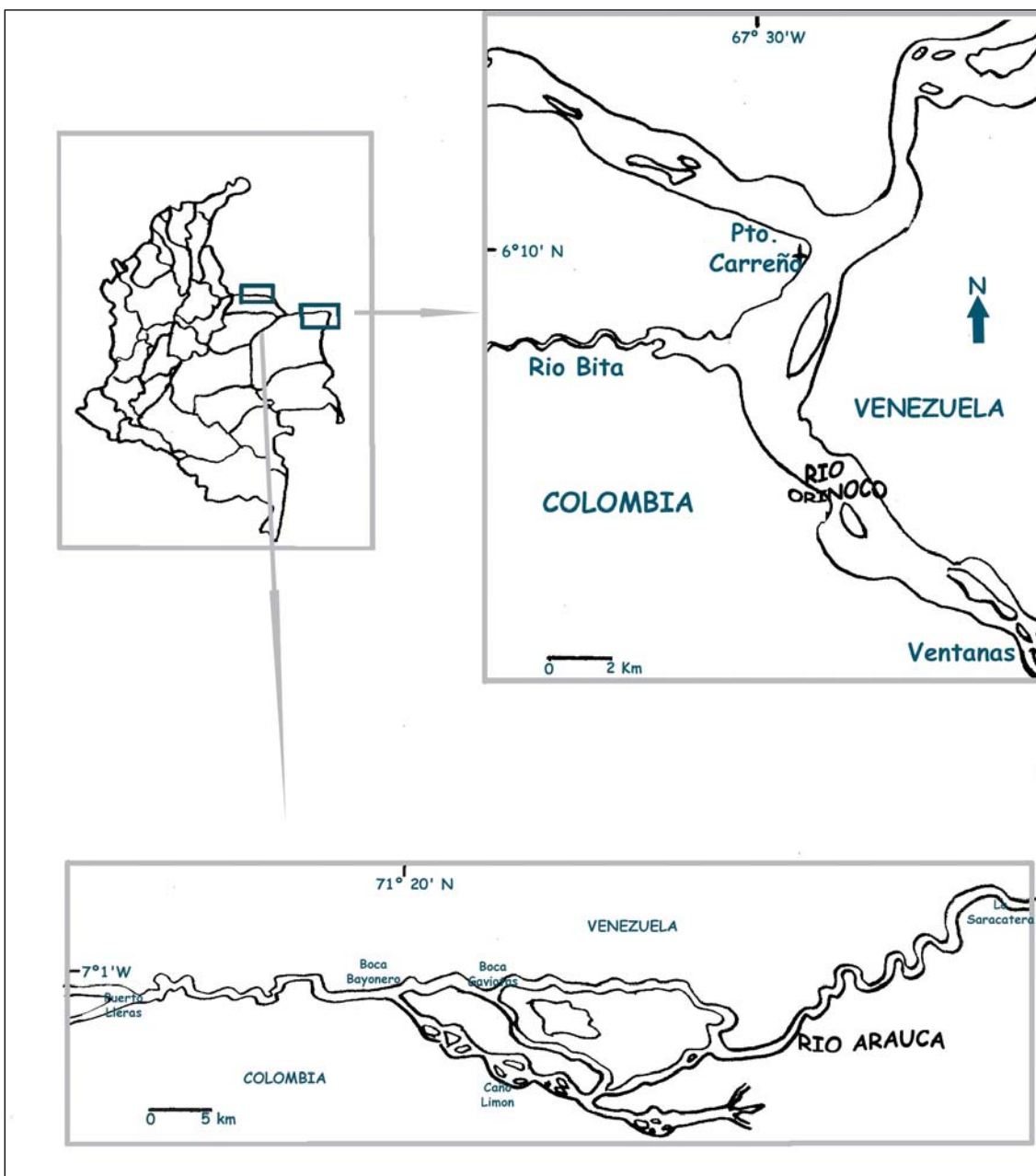


Figura 6. Mapa de las áreas de estudio en la cuenca del río Orinoco. Arriba se observa el área de Orinoco y en la parte inferior el área de Arauca.

El trabajo fotográfico se realizó desde un bote de 4.5 m, con motor fuera de borda de 25 caballos de fuerza, se utilizó una cámara reflex de 35 mm con lente Zoom de 200 mm y 70-210 mm y películas diapositivas ASA 100 forzadas a 200 con velocidad de 1/1,000-1/2000 y 1/4000. En el río Orinoco se definieron un total de 57 zonas, divididas en 24 en el río Orinoco, desde Puerto Carreño hasta el caño El Dagua, 24 para el río Meta, desde la confluencia con el Orinoco hasta el caño El Juriepe y 9 para el río Bitá (Díazgranados, 1997).

En el área de Arauca, se dispusieron 6 recorridos, divididos en 45 zonas correspondientes a 155 Km lineales (Fuentes, 1998).

En las dos áreas, los muestreos se llevaron a cabo por profesionales capacitados de la Fundación Omacha siguiendo recorridos preestablecidos. A partir de los datos recolectados de 1996 al 2001 en Orinoco y de 1992 a 2001 en Arauca se llevó a cabo la presente investigación.

5.3 CATALOGACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS

5.3.1 Identificación individual

De acuerdo a estudios de fotoidentificación realizados con *Inia* del Amazonas y Orinoco, los criterios de identificación tenidos en cuenta para este trabajo fueron: muescas, patrones de pigmentación específicos, hocicos anormales, protuberancias y cicatrices específicas (Trujillo, 1994).

Inicialmente se seleccionaron las mejores fotografías de acuerdo a foco, claridad y marcas identificables. Posteriormente cada diapositiva fue analizada con ayuda de un proyector de diapositivas (Kodak 4600), haciendo una segunda selección y eligiendo las fotos de delfines identificables de mejor calidad, además se dibujaba sobre la pared en una hoja blanca el contorno del animal, haciendo énfasis en su criterio de identificación. Durante ese proceso, las fotos se fueron organizando en grupos según el criterio de identificación del animal y cuando era posible se organizaban por individuos. Posteriormente se compararon las fotos de cada grupo y de esa forma se identificó cada uno de los delfines. Finalmente estos resultados fueron revisados por personas capacitadas de la Fundación. Las fechas y zonas de avistamientos se

registraron en una base de datos del programa EXCEL para posteriormente procesarlos estadísticamente con el programa SPSS 9.0 para Windows.

5.4 CATÁLOGO / BASE DE DATOS

Parte de la importancia de este trabajo consiste en realizar un catálogo de delfines fotoidentificados de los ríos Orinoco y Arauca, para de esta manera darle continuidad al proyecto de fotoidentificación y obtener a lo largo del tiempo toda la información que esta técnica pueda arrojar. En este catálogo están consignadas las fotos que muestran mejor los criterios de identificación de cada delfín, en lo posible derecha e izquierda, con sus respectivos dibujos, fechas y zonas de avistamientos, y toda la información u observaciones que se tienen del individuo como sexo, estructura grupal, etc. Los catálogos se realizaron en el sistema de datos ACCESS, el cual facilita la búsqueda de los delfines según el criterio de identificación.

5.5 ANÁLISIS

5.5.1. Uso de hábitat

Los delfines fotografiados 10 o más veces fueron usados para observar los patrones de uso del hábitat entre los delfines del río Orinoco. El análisis se restringió a este grupo de datos para reducir la posibilidad de crear falsas tendencias por inclusión de delfines avistados con poca frecuencia y en cortos períodos de tiempo (Defran & Weller, 1999) además para poder describir los principales movimientos y determinar patrones de residencia. Con respecto a los delfines del río Arauca, el análisis se realizó teniendo en cuenta a todos los delfines fotoidentificados ya que solo 3 delfines registraron más de 10 avistamientos.

La prueba no paramétrica de chi- cuadrado fue utilizada para conocer si existían diferencias significativas entre el número de avistamientos a lo largo de las épocas hidroclimáticas en el área total de estudio, entre hábitats y entre zonas.

Para definir los períodos hidroclimáticos fueron usados datos del nivel del río proporcionados por la estación hidroclimática gubernamental (Instituto de Estudios Ambientales IDEAM), la cual en el río Orinoco está ubicada en una zona llamada Punta Lajas y en Arauca en la Granja Experimental el Alcaraván (Fuentes, 1998; Trujillo, 2000).

Por otra parte los hábitats los hábitats en la cuenca del río Orinoco pueden ser clasificados de diversas formas, pero de acuerdo a estudios anteriores de uso de hábitat de delfines en la zona, se eligieron tres tipos de hábitats: río principal, tributarios y confluencias (Trujillo, 2000; Barón, 2001) ([Tabla 1](#)).

Además para conocer si existían diferencias significativas entre los días de muestreos y los días de avistamientos se realizó una prueba de presencia / ausencia de Cochran.

Adicionalmente se realizaron mapas de frecuencias de avistamientos totales de los delfines frecuentemente observados y por época hidroclimática y para conocer si existían patrones de estratificación espacial entre delfines identificados se realizó un análisis de correspondencia binaria entre delfines / zona.

Tabla 1. Definición de clases de hábitats usados en este estudio

TIPO DE HÁBITAT	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
CANAL PRINCIPAL	Aguas claras	Río Orinoco: ancho 1 a 1.8 Km Profundidad promedio: 15 m
	Aguas blancas	Río Arauca Profundidad promedio: 12 m
TRIBUTARIOS		
Río Meta	Aguas blancas (típicamente turbio, amarillo, pobre en transparencia debido a la gran carga de sedimentos suspendidos)	Ancho entre 400 a 800 metros Profundidad promedio: 10 m
Río Bitá	Aguas negras debido a la gran concentración de ácidos fúlvicos y húmicos, pH ácido (3.5 a 5)	Menos de 200 m de ancho
CONFLUENCIAS	Áreas de intersección entre dos corrientes de agua	R. Meta / Orinoco R. Bitá / Orinoco R. Arauca / caños Bayonero y Gaviotas

5.5.2. Patrones de movimiento

Para estimar las distancias recorridas por los delfines en cortos períodos de tiempo, se usó el programa ArcView 3.2 basado en imágenes de satélite *Landsat* ETM y mapas a escala.

5.5.3. Tamaño de la población

Para estimar el tamaño de la población en el área de estudio, se aplicó el modelo de marca y recaptura de Petersen (Lancia *et al.*, 1994). Es el modelo más sencillo y está basado en el simple episodio de animales capturados y recapturados.

El tamaño de la población está dado por:

$$N = (M * C) / R \quad (1)$$

Donde *M* es el número de animales capturados en el primer muestreo que en este caso corresponde al número de delfines avistados en el primer año, *C* es el número de animales avistados en el segundo año y *R* es el número de animales avistados en los dos años.

6. RESULTADOS

6.1 ORINOCO

6.1.1 FOTOIDENTIFICACIÓN

En total fueron analizadas 3246 fotos de delfines del Orinoco, de las cuales 472, pertenecían a delfines con marcas identificables.

De esta selección se identificaron 97 delfines. El 43% se identificó por la presencia de muescas ($n = 41$), 30% por patrones de pigmentación ($n = 29$), 22% por anormalidades en los hocicos y cicatrices ($n = 11$) y el restante 5% por protuberancias y hendiduras ($n = 5$) ([Fig. 7](#), [8](#), [9](#)). Los criterios como rasguños y despigmentaciones dorsales no se tuvieron en cuenta para ningún análisis, ya que se consideran de poca duración ([Fig. 10](#)).

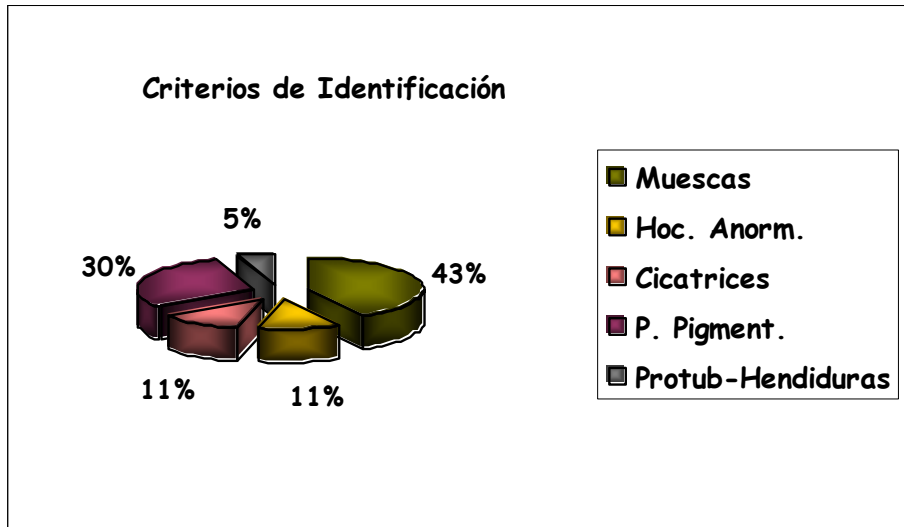


Figura 7. Porcentaje de criterios con los cuales se identificaron 97 delfines del río Orinoco fotografiados entre 1996 y 2001.



Figura 8. Criterios de identificación de *Inia geoffrensis*. La primera foto muestra un delfín identificado por una muesca, la segunda un patrón de pigmentación específico y la tercera una anomalía en el hocico.



Figura 9. Tres criterios de identificación de *Inia geoffrensis*. La primera foto muestra un delfín identificado por una cicatriz, la segunda un delfín identificado por una protuberancia y la tercera un delfín identificado por una hendidura.



Figura 10. Presencia de rasguños, criterio considerado de corta duración no empleado en la identificación de *Inia geoffrensis*

6.1.2 Fidelidad al sitio

6.1.2.1 Tasa de reavistamiento fotográfico

La tasa en la cual los delfines fueron identificados por primera vez (tasa de descubrimientos), a lo largo de los años de estudio, muestra que el 77% ($n = 75$) del total de delfines, se identificó en los dos primeros años de muestreo. Posteriormente, en el año 2000, se identificaron 14 de los 22 delfines restantes, de tal forma que al final del estudio, esta curva parece ser asintótica, ya que solo el 3% de los delfines fotografiados fueron "nuevos" o vistos por primera vez en los últimos años ([Fig. 11](#)).

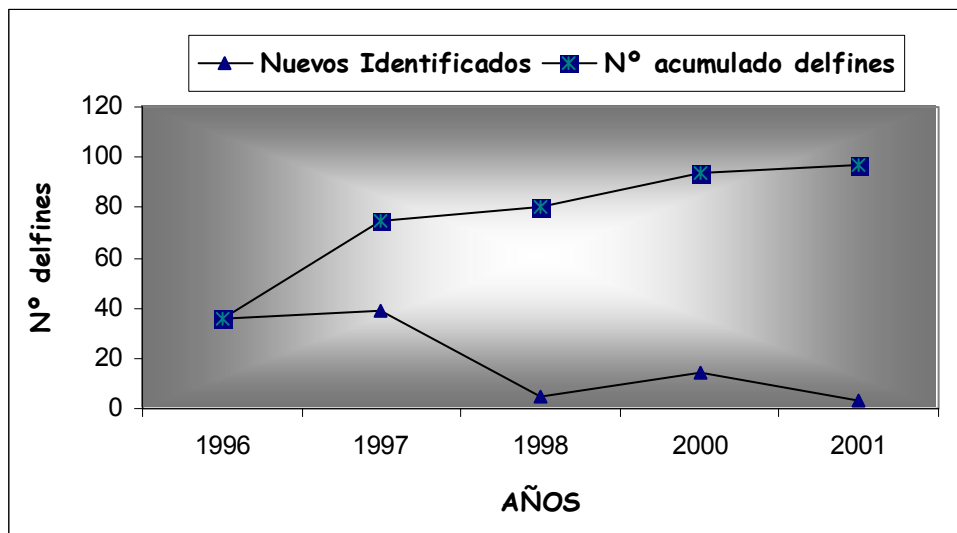


Figura 11. Número de nuevos delfines identificados y curva de descubrimientos para delfines fotografiados en el río Orinoco entre 1996 a 2001.

6.1.2.2 Frecuencia de avistamientos

La mayoría de los delfines identificados se fotografiaron una sola vez (53.6%), seguido de dos (14.4 %) y tres veces (8.2%). La frecuencia de avistamientos para los 97 delfines identificados en el Orinoco estuvo entre 1 y 27 veces ([Fig. 12](#)). Un total de 16 delfines fueron fotografiados más de 10 veces durante el período de estudio.

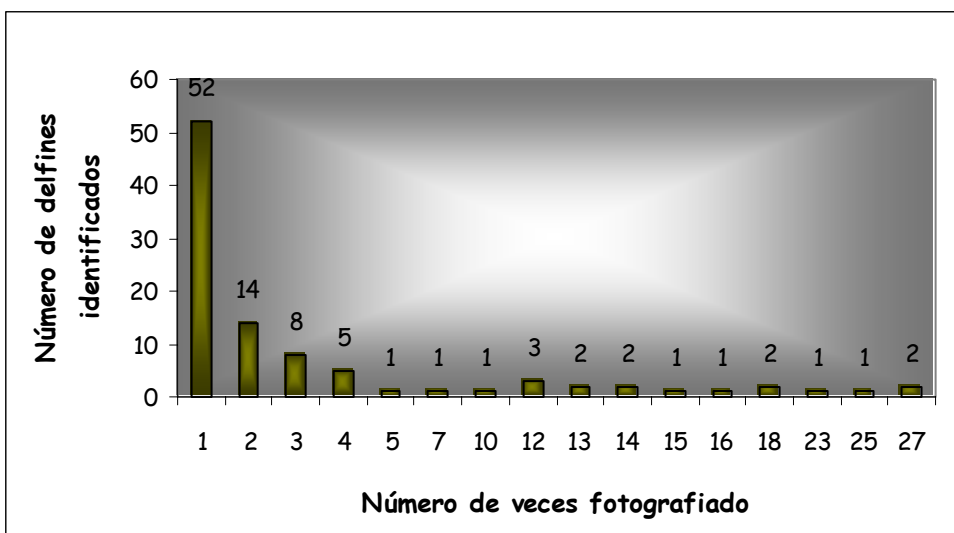


Figura 12. Frecuencia de avistamientos para delfines identificados entre 1998 y 2001 en el río Orinoco.

6.1.2.3 Estacionalidad

El número de avistamientos de delfines identificados fue significativamente diferente para cada época hidrolimática ($X^2 = 15.980$; $df = 3$; $n = 245$; $p = 0.011$). El menor número de avistamientos se presentó durante la época de incremento en el nivel del agua y el mayor durante la época de aguas altas ([Fig. 13](#)).

Como se observa en la [figura 13](#), el esfuerzo muestral varió en cada época hidroclimática, sin embargo la relación presencia / ausencia fue similar para todas las épocas excepto para la época de descenso de aguas, en la cual a pesar de emplearse el mayor esfuerzo muestral en días, el número de avistamientos no fue el mayor ($Q= 15,148$; $df= 3$; $n= 5920$; $p= 0.0016$).

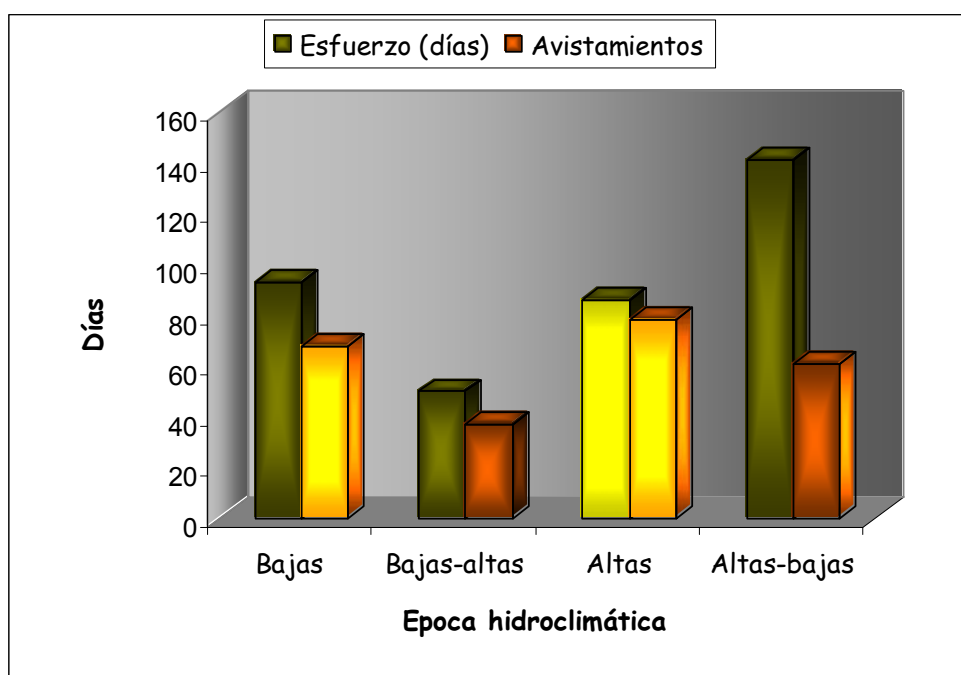


Figura 13. Número de avistamientos (días) y esfuerzo fotográfico empleado de 1996-2001 en el río Orinoco.

6.1.3 USO DE HÁBITAT

6.1.3.1 Frecuencia de hábitats

El número de avistamientos de delfines entre hábitats (río principal, Meta, Bita y confluencias respectivamente) fue significativamente diferente ($\chi^2 = 185,92$; $df = 4$; $n = 245$; $p = 0.001$). El hábitat que presentó el mayor número de avistamientos fue el río principal, seguido por las confluencias y por último con muy pocos avistamientos los tributarios ([Fig. 14](#)).

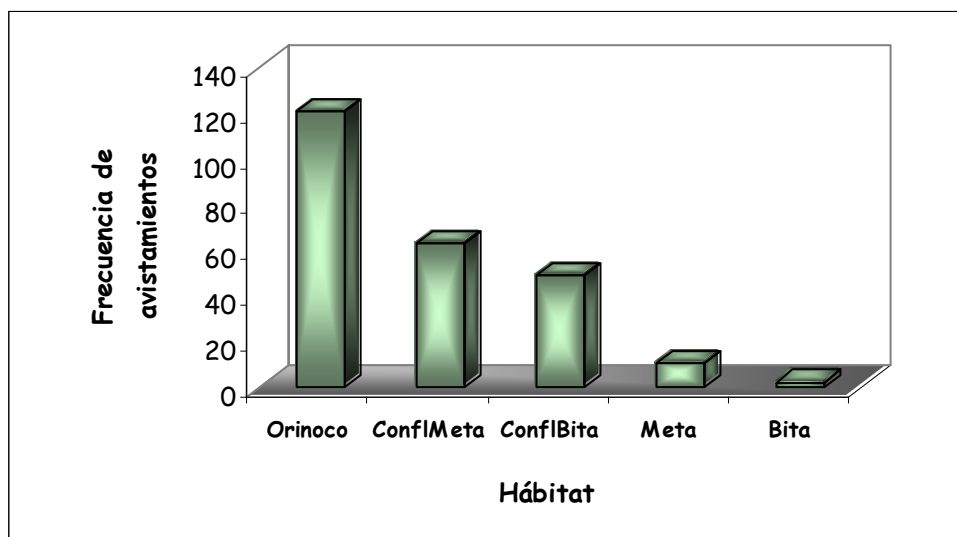


Figura 14. Frecuencia de avistamientos de delfines para cinco hábitats presentes en el río Orinoco.

6.1.3.2 Zonas más frecuentes

Los avistamientos registrados no se encontraron distribuidos uniformemente, ni en igual número a lo largo de toda el área de estudio ($X^2 = 291.697$; $df = 22$; $n = 245$; $p = 0.001$). Solo se avistaron delfines en 23 de las 57 zonas que conformaron el área y las frecuencias de avistamientos oscilaron entre 1 y 38 ([tabla 2](#) y [Fig. 15](#)). Las zonas de mayor número de avistamientos corresponden principalmente a las confluencias de los ríos Bitá y Meta con el Orinoco y en el río principal corresponden a regiones que bordean islas como la laguna de El Pañuelo, la parte oriental de isla Babilla y la región de ventanas que también presenta varias islas. En la [figura 16](#) se muestran las zonas de acuerdo a su importancia en número de avistamientos durante el período de estudio.

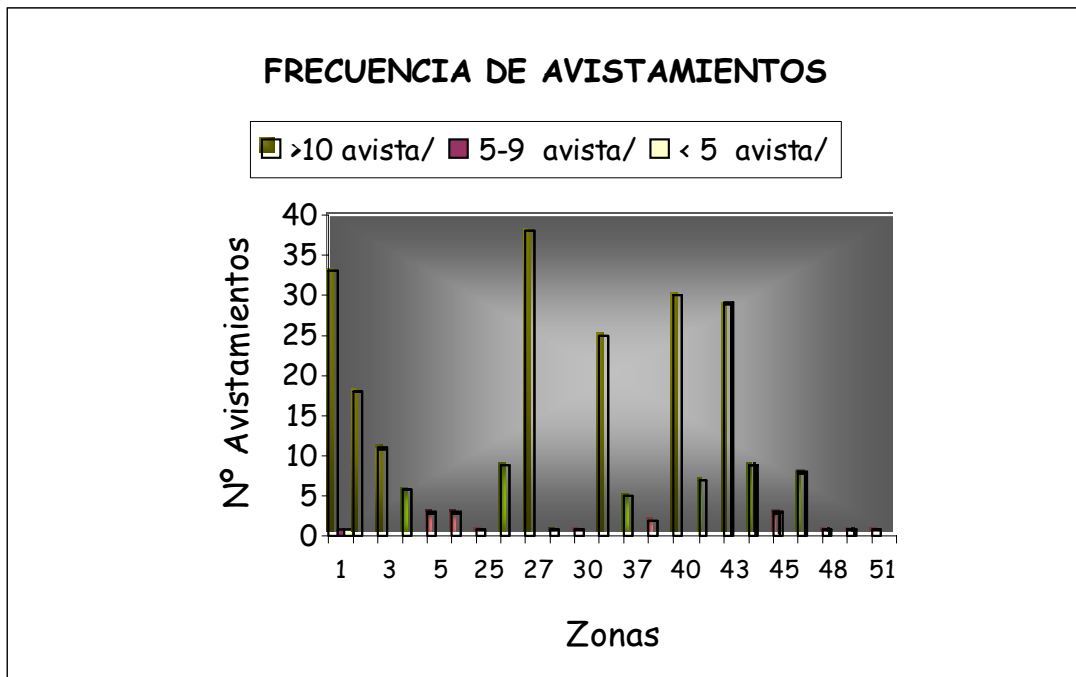


Figura 15. Frecuencia de avistamientos de delfines para las zonas en las cuales se dividió el área del río Orinoco entre 1996-2001.

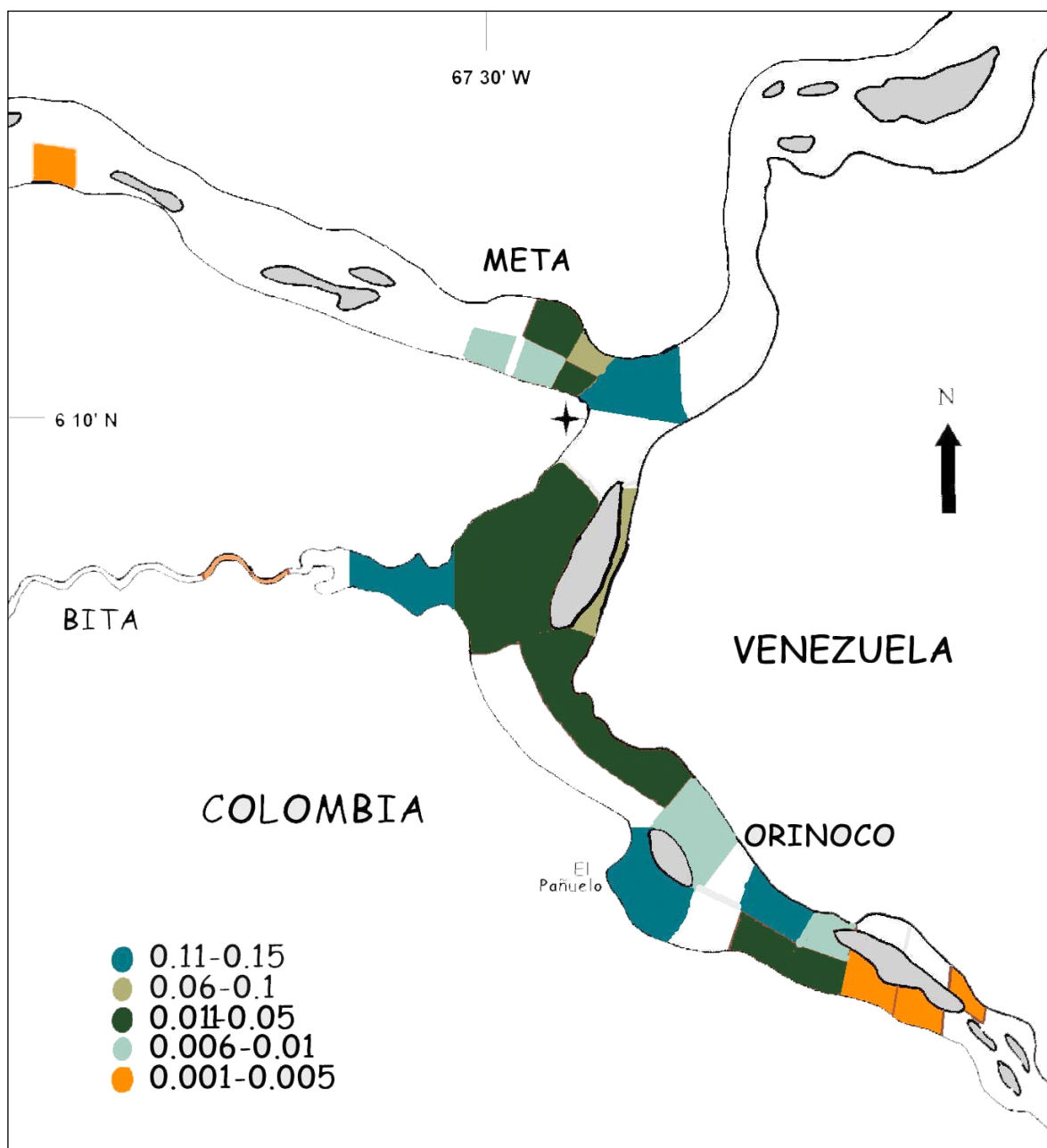


Figura 16. Probabilidad de avistamiento en cada una de las zonas en las cuales se dividió el río Orinoco para los muestreos fotográficos de *Inia geoffrensis*. El color azul representa las zonas con mayor probabilidad de avistamiento.

Tabla 2. Número y porcentaje de avistamientos de delfines obtenidos en cada zona en la que se dividió el área de estudio del río Orinoco durante 1996- 2001.

ZONA	Nºavistamientos	%
1	33	13,5
2	18	7,3
3	11	4,5
4	6	2,4
5	3	1,2
7	3	1,2
25	1	0,4
26	9	3,7
27	38	15,5
29	1	0,4
30	1	0,4
36	25	10,2
37	5	2,0
39	2	0,8
40	30	12,2
42	7	2,8
43	29	11,8
44	9	3,7
45	3	1,2
46	8	3,3
48	1	0,4
50	1	0,4
51	1	0,4
245		

6.1.3.3 Uso de hábitat por época hidroclimática

El uso del río principal, confluencias y tributarios varió con la época hidroclimática (X^2 Pearson= 22; df= 12; n= 245; p= 0.035) ([Fig. 16](#)). Se pudo observar que de acuerdo al hábitat, pueden o no haber patrones estacionales. En el caso del río Orinoco se presentaron avistamientos durante todas las épocas, en número más o menos similar, con un leve incremento durante aguas altas.

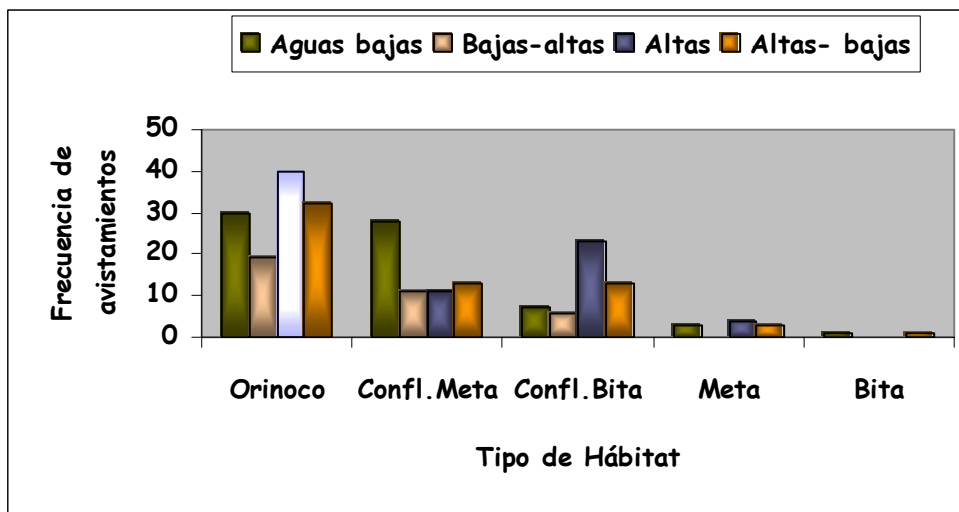
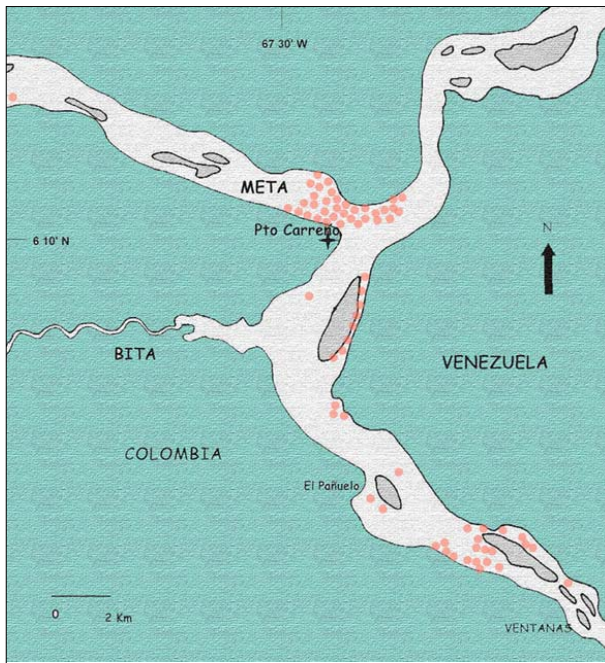


Figura 17. Frecuencia de avistamientos de delfines fotografiados en el río Orinoco de 1996-2001 para cada hábitat por época hidroclimática.

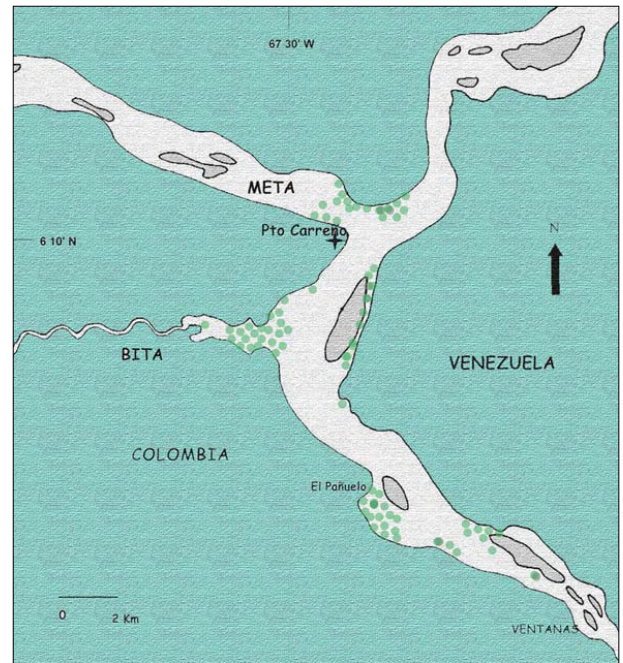
Las dos confluencias mostraron tendencias diferentes pero con alta variación estacional. La confluencia Meta- Orinoco mostró el mayor número de

avistamientos durante aguas bajas y fue similar en las tres épocas restantes y por otra parte la confluencia Bitá- Orinoco aunque también presentó avistamientos en todas las épocas, presentó el mayor número de avistamientos en aguas altas y en caída de aguas.

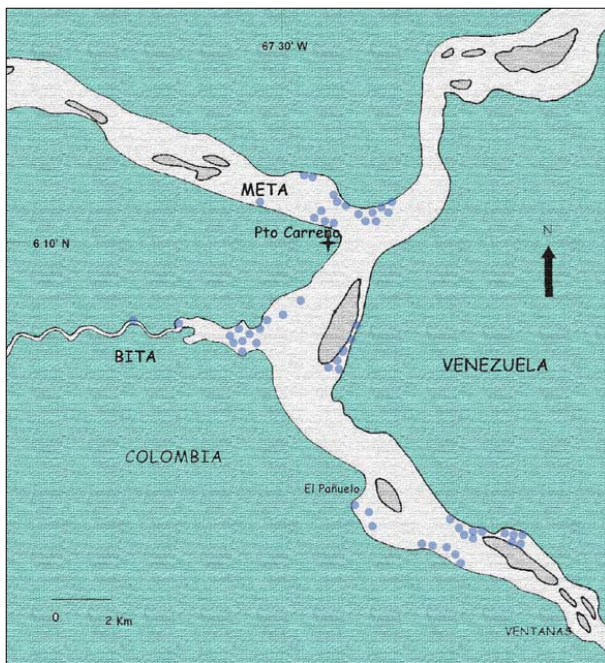
Los dos tributarios presentaron pocos avistamientos, el río Meta solo en tres épocas y el río Bitá solo dos avistamientos en aguas bajas y descenso de éstas. La [figura 17](#) muestra los avistamientos de los 16 delfines más frecuentes, los cuales reflejan los resultados totales.



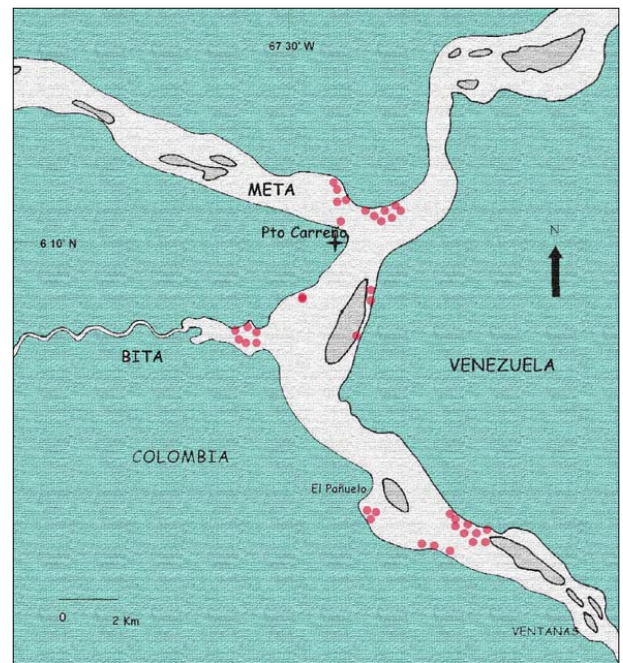
a.



b.



c.



d.

Figura 18. Distribución de avistamientos de delfines frecuentemente fotografiados e identificados en el río Orinoco de 1996 a 2001. a. Corresponde a época de aguas bajas, b. Aguas altas, c. Descenso d. Incremento de aguas.

6.1.3.4 Patrones de estratificación

Entre los delfines frecuentemente avistados (con más de 10 avistamientos), se encontró que existen diferencias individuales en el uso de las áreas (χ^2 Pearson= 506.3; df= 330; n= 245; p= 0.001). Mediante el análisis de correspondencia se observaron dos tendencias en el uso de los hábitats o patrones de estratificación según la zona en la que permanecen los delfines:

1. Aquellos que frecuentan la confluencia Meta- Orinoco y la parte oriental de la Isla Babilla ubicada enfrente de la confluencia Bitá- Orinoco.
2. Aquellos que frecuentan la confluencia Bitá- Orinoco hasta la región de Ventanas.

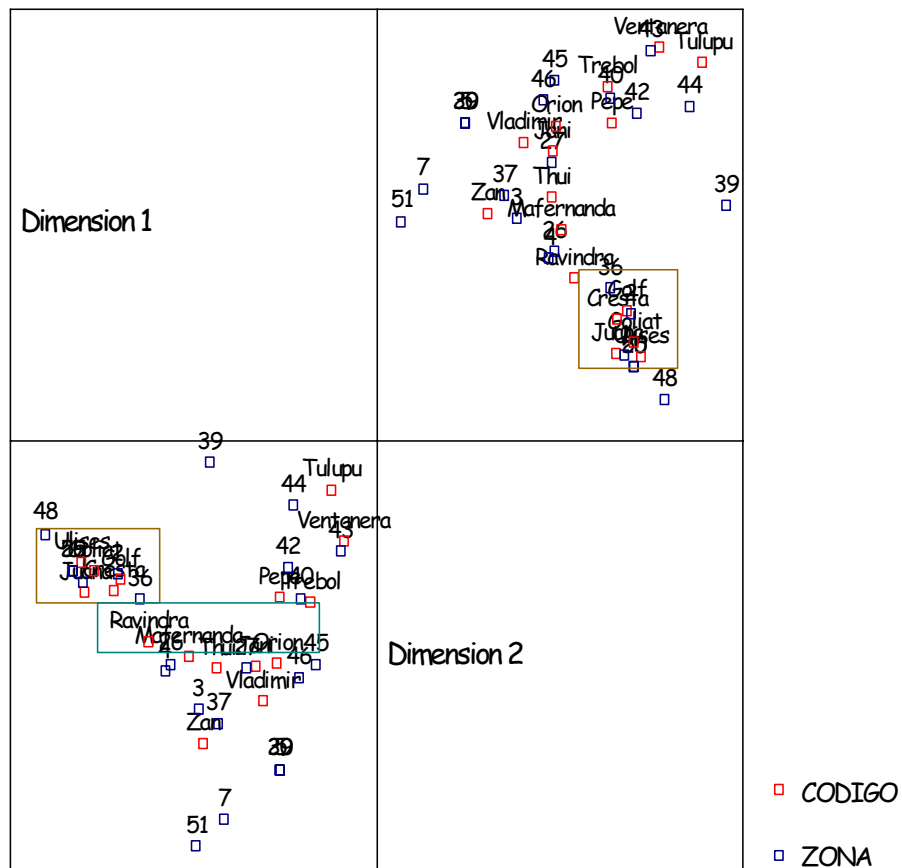


Figura 19. Análisis de correspondencia binaria entre 16 delfines fotografiados frecuentemente entre (1998- 2001) y 51 zonas del río Orinoco. El rectángulo marrón muestra los 5 delfines que frecuentan la confluencia Meta- Orinoco y la isla El Pozón y el rectángulo azul, cinco delfines que frecuentan la confluencia Bitá- Orinoco y las zonas aledañas a la isla de Ventanas.

6.1.4 MOVIMIENTOS

En la [tabla 2](#) se muestran algunas de las distancias recorridas por delfines identificados observadas en un rango de 1 a 3 días. Se presentaron rangos de 9.55 a 16.67 kilómetros. La distancia mayor en el menor tiempo, se observó en Trébol, uno de los delfines fotoidentificados quien se desplazó 16.67 Km en un día.

Tabla 3. Desplazamientos observados en seis delfines del Orinoco durante 1996-2001. 1 día indica que se observó en el mismo día y 2 días indica que se observó de un día para el otro.

DELFIN	RECORRIDO (Km)	DÍAS
PEPE	9.55	2
	16.65	2
	16.7	3
VLADIMIR	14.04	2
TREBOL	16.67	1
JANI	16.67	2
ORIÓN	14.67	3
GOLF	16.67	2

6.1.5 RESIDENCIA

Los patrones de residencia fueron observados por la identificación y el reavistamiento más de 10 veces de 16 delfines. Un ejemplo importante fue un delfín llamado Goliat, quien el 90% de las veces fue avistado en las zonas 1 y 2 que corresponden a la confluencia de los ríos Meta y Orinoco y el resto de los avistamientos correspondieron a las zonas 26 y 27 que pertenecen a la confluencia de los ríos Bitá y Orinoco (n= 22) ([Fig. 20](#)).

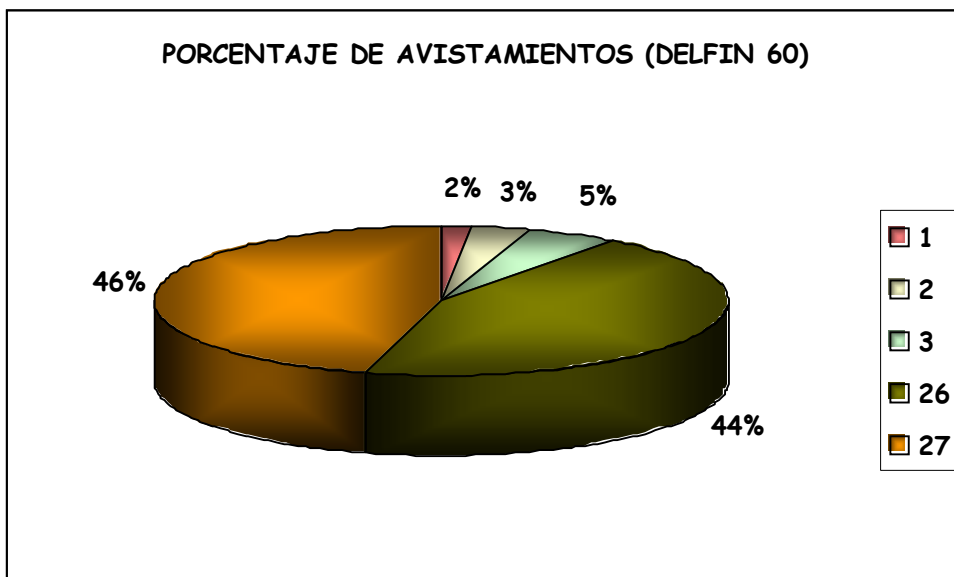


Figura 20. Porcentaje de avistamientos por zona, para uno de los delfines fotoidentificados del río Orinoco entre 1996- 2001.

6.1.6 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

Los tamaños de la población estimados bajo el modelo de Petersen se muestran en la [tabla 3](#), los resultados oscilaron entre 66 y 112 delfines presentes en la zona. El valor fue calculado en general de la siguiente manera:

$$N_{2001} = \frac{\# \text{ delfines avistados en el año 2000} * \# \text{ delfines avistados en 2001}}{\# \text{ Delfines capturados en el 2000 y recapturados en el 2001}}$$

$$N_{2001} = (34 * 7) / 2 = 112 \text{ delfines}$$

Tabla 4. Estimación del tamaño de la población de delfines del Orinoco, bajo el modelo de Petersen de Marca y Recaptura.

AÑO	CAPTURAS	RECAPTURAS	N
1996	38	-	-
1997	60	21	109
1998	26	18	86
2000	34	13	66
2001	7	2	112

6.2 ARAUCA

6.2.1 FOTOIDENTIFICACIÓN

Se analizaron 1472 fotos de delfines de Arauca de las cuales 492 fueron útiles para identificar individuos.

Se identificaron 78 delfines, el 66% por muescas ($n = 52$), el 13% por patrones de pigmentación ($n = 10$), 9% por cicatrices ($n = 7$), 8% por hocicos anormales ($n = 6$) y el 4% por combinación de muescas y hocicos anormales ($n = 3$) ([Fig. 21](#)).

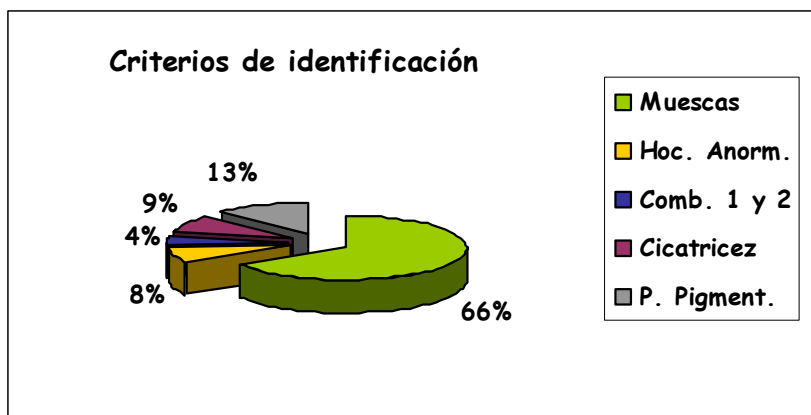


Figura 21. Porcentaje de criterios con los cuales se identificaron 78 delfines del río Arauca fotografiados entre 1992 y 2000.

6.2.2 Fidelidad al sitio

6.2.2.1 Tasa de descubrimientos

El número de delfines identificados por año presentó sus mayores valores en 1993 y 1997 (25%, $n = 20$; 64%, $n = 52$, respectivamente). Por otra parte, la curva de descubrimientos hacia el final del estudio, es casi constante, debido a que de 1998 al 2000 solo un delfín fue identificado por primera vez ([Fig. 22](#)).

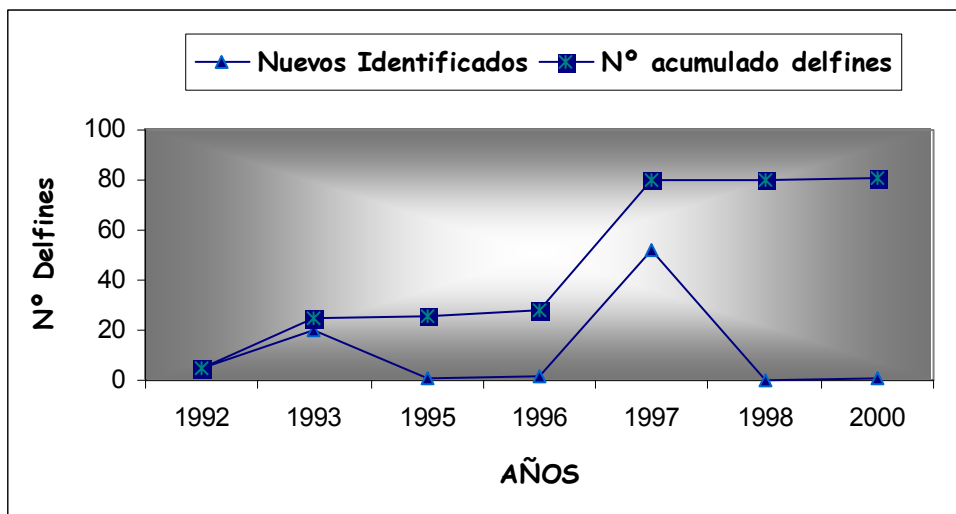


Figura 22. Número de nuevos delfines identificados y curva de descubrimientos para delfines fotografiados en el río Arauca entre 1992 a 2000.

6.2.2.2 Frecuencia de avistamientos

La frecuencia de avistamientos de los 78 delfines identificados varió entre 1 y 32 veces. La mayoría de los delfines fueron avistados una sola vez (43.56 %) y solo tres delfines fueron vistos 10 o más veces ([Fig. 23](#)).

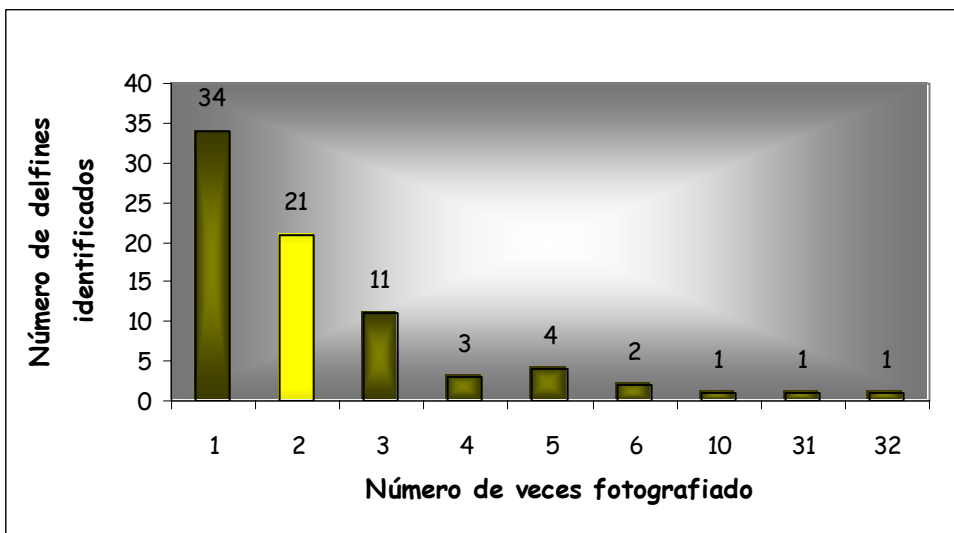


Figura 23. Frecuencia de avistamientos para delfines identificados entre 1992 y 2000 en el río Arauca.

6.2.2.3 Estacionalidad

El número de avistamientos encontrados en el río Arauca a través de las épocas hidroclimáticas varió considerablemente ($X^2 = 146,07$; $df = 3$; $n = 224$; $p = 0.001$).

El mayor número se obtuvo en aguas bajas (56%), seguido por aguas altas (30%), descenso de aguas (10%) y el número más bajo en la época de incremento del nivel del agua (4%) ([Fig. 24](#)).

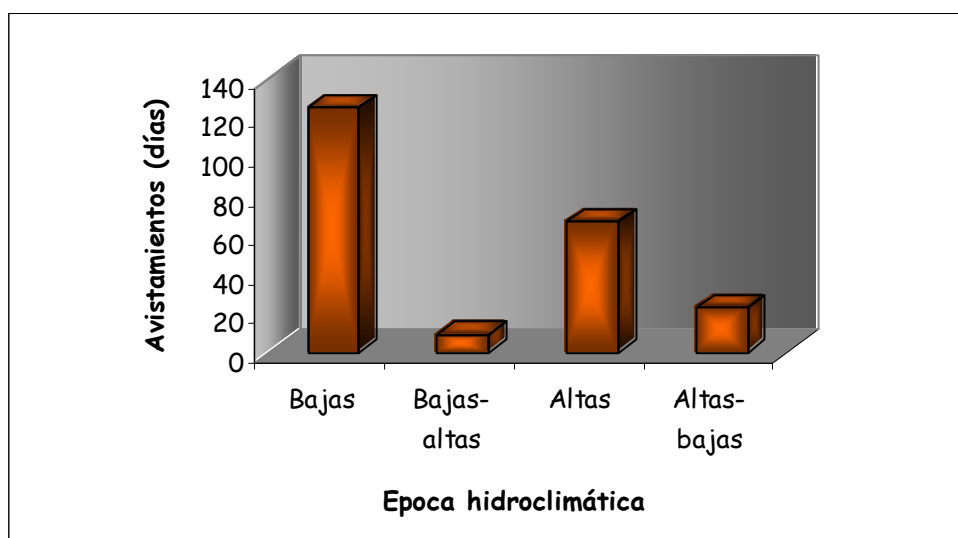


Figura 24. Frecuencia de avistamientos de delfines encontradas en las cuatro épocas hidroclimáticas en el río Arauca entre 1992 a 2000.

6.2.3 USO DE HÁBITAT

6.2.3.1 Frecuencia de hábitats

El número de avistamientos de delfines entre hábitats varió significativamente ($X^2 = 46.13$; $df = 2$; $n = 224$; $p = 0.001$). El hábitat con mayor frecuencia de avistamientos fue el río principal, seguido por las confluencias y los caños ([Fig.25](#)).

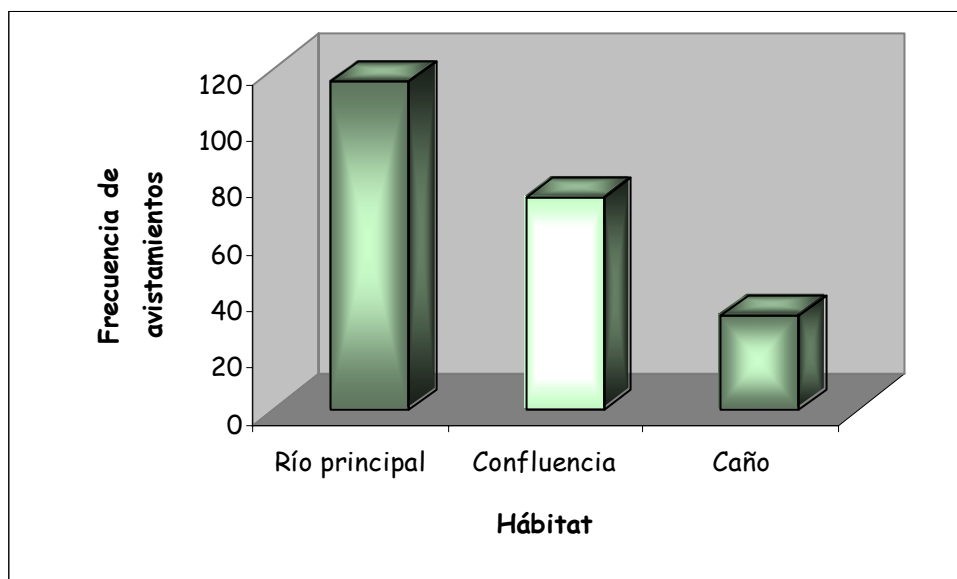


Figura 25. Frecuencia de avistamientos de delfines identificados entre 1992- 2000 para cinco hábitats presentes en el río Arauca.

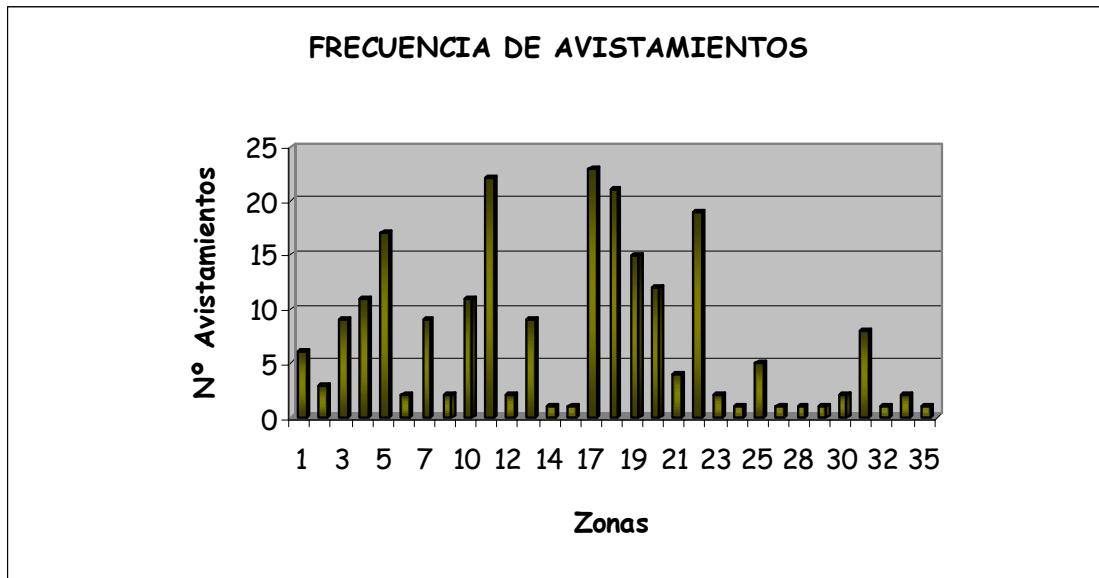


Figura 26. Frecuencia de avistamientos de delfines para las zonas en las cuales se dividió el área del río Arauca entre 1992-2000.

6.2.3.1 Zonas más frecuentes

Se obtuvieron avistamientos a lo largo de casi toda el área de estudio. De 45 zonas que conformaban el área, 31 presentaron avistamientos, en un rango de 1 a 23 con variaciones significativas ($X^2 = 210.5$; $df = 30$; $n = 224$; $p = 0.001$). Las zonas con más frecuencia de avistamientos fueron la 11, 17 y 18, con más de 20 avistamientos, las zonas 5 y 22 con un rango de 15 a 20 avistamientos y las zonas 4, 10, 19 y 20 con un rango de 10 a 15 avistamientos ([Fig. 26](#)) ([Tabla 3](#)). Estas 9 zonas más frecuentes conforman el 67% del total de avistamientos, las

de 5 a 9 avistamientos conforman el 16% y las de menos de 5 avistamientos conforman el 14%.

Las zonas más frecuentes corresponden a las confluencias con el brazo Gaviotas y a una zona de este brazo llamada Reinería (Fig. 27).

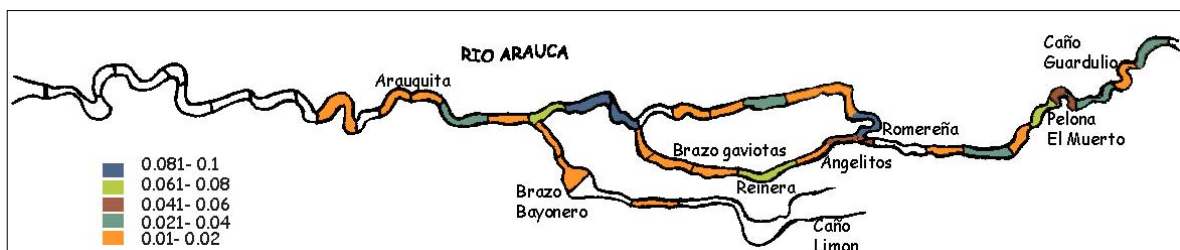


Figura 27. Probabilidad de avistamiento en cada una de las zonas en las cuales se dividió el río Arauca para los muestreos fotográficos de *Inia geoffrensis*. El color azul representa las zonas con mayor probabilidad de avistamientos.

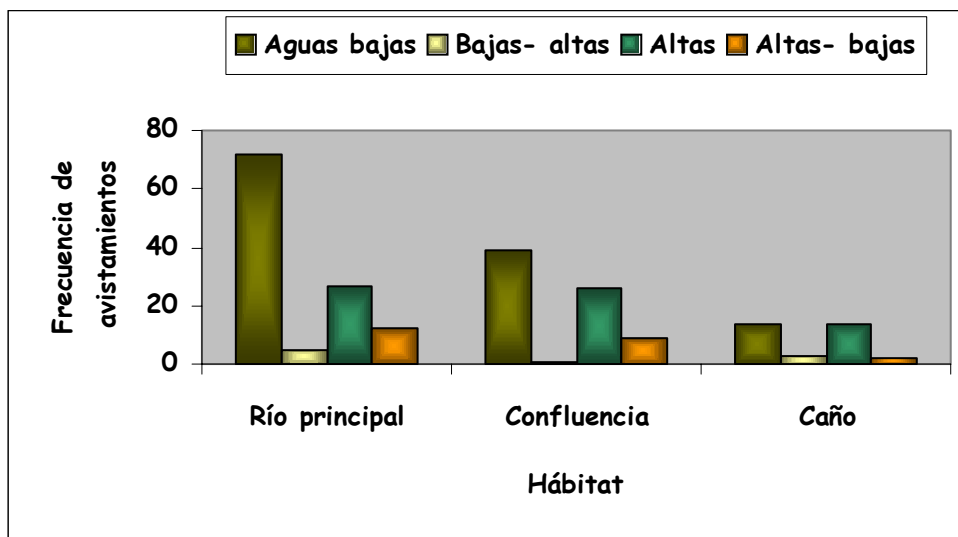
Tabla 5. Número y porcentaje de avistamientos de delfines obtenidos en cada zona en la que se dividió el área de estudio del río Arauca durante 1992- 2000.

ZONA	N de avistamientos	%
1	6	2,7
2	3	1,3
3	9	4
4	11	5
5	17	7,6
6	2	0,9
7	9	4
8	2	0,8
10	11	4,9
11	22	9,8
12	2	0,9
13	9	4
14	1	0,4
15	1	0,4
17	23	10,3
18	21	9,3
19	15	6,7
20	12	5,3
21	4	1,8
22	19	8,5
23	2	0,9
24	1	0,4
25	5	2,2
26	1	0,4
28	1	0,4
29	1	0,4
30	2	0,9
31	8	3,6
32	1	0,4
33	2	0,9
35	1	0,4
Total	224	

6.2.3.1 Uso de hábitats por época hidroclimática

El número de avistamientos en cada hábitat varió significativamente a lo largo de las épocas hidroclimáticas (χ^2 Pearson= 10.34; df= 6; n= 224; p= 0.11). En los tres hábitats, el mayor número se obtuvo en aguas bajas, seguido de aguas altas, mientras las épocas de transición registraron pocos avistamientos o ninguno en las confluencias ([Fig. 28](#)).

Figura 28. Frecuencia de uso de tres hábitats del río Arauca a lo largo de las cuatro épocas hidroclimáticas



En la [figura 29](#) se observan los avistamientos por épocas hidroclimáticas de los tres delfines más frecuentes. Estos delfines mostraron la misma tendencia general, es decir el mayor número de avistamientos se presentó durante aguas bajas. Aunque no se registraron áreas marcadas de avistamientos, la zona del río que registró el mayor número corresponde a la porción entre Boca Gaviotas y Boca Bayonero y las confluencias entre el río principal y los caños.

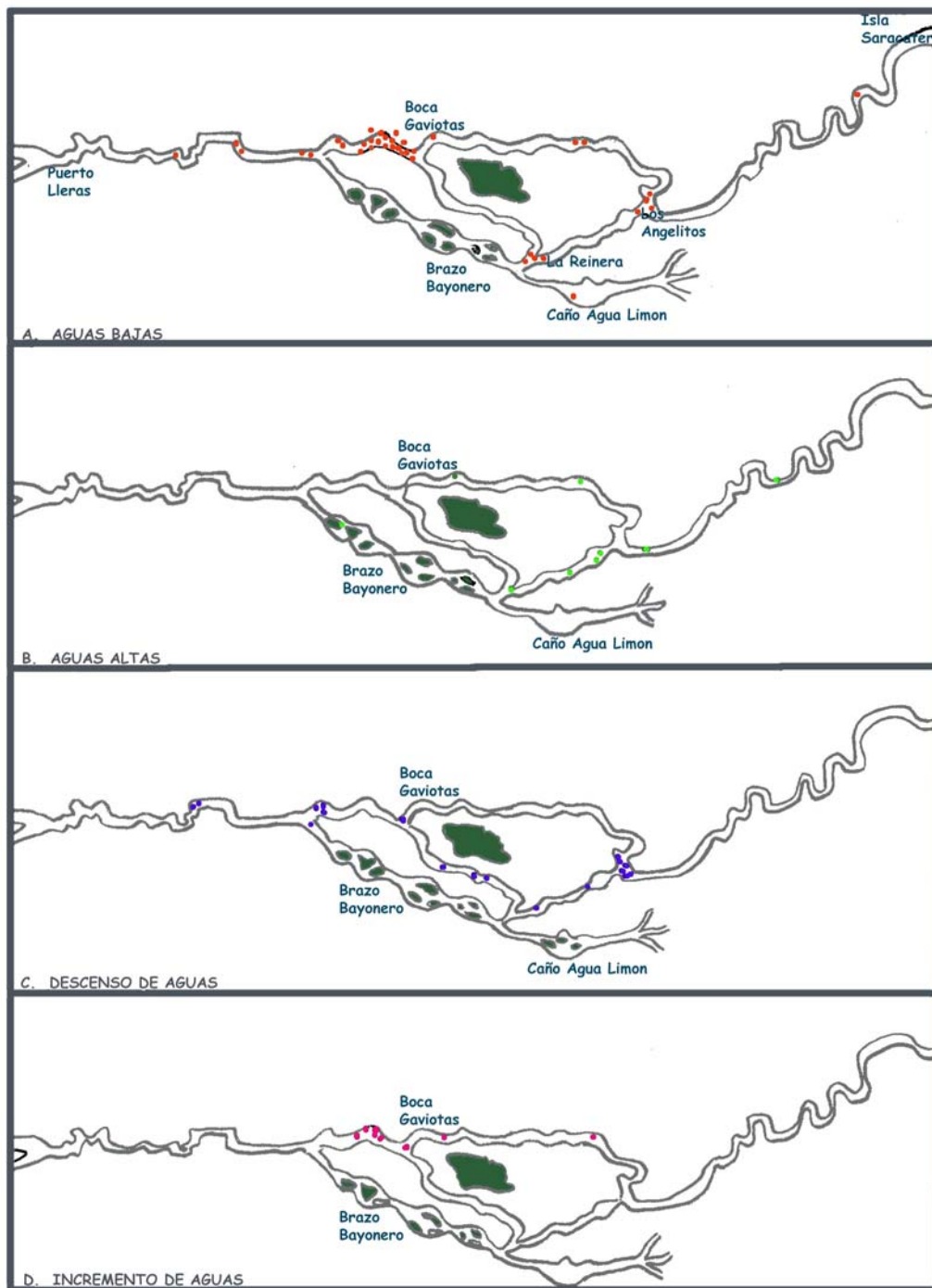


Figura 29. Distribución de avistamientos de delfines frecuentemente fotografiados e identificados en el río Arauca de 1992 a 2000. a. Corresponde a época de aguas bajas, b. Aguas altas, c. Descenso, d. Incremento en el nivel del agua.

6.2.4 MOVIMIENTOS

En el mismo día se encontraron desplazamientos en un rango de 7 a 39 kilómetros, en dos días de 11 a 60 kilómetros y en tres días de 8 a 20 kilómetros ([Tabla 4](#)).

6.2.5 RESIDENCIA

A pesar de las fluctuaciones marcadas en el número de avistamientos entre épocas hidroclimáticas, en el tiempo de estudio, se fotografiaron delfines hasta 32 veces. Los tres delfines con mayor frecuencia de avistamientos se observaron durante todas las épocas, pero con un incremento durante aguas bajas.

Tabla 6. Desplazamientos observados en nueve delfines identificados del río Arauca durante 1992-2000.

DELFIN	RECORRIDO (Km)	DÍAS
Jésica	17	2
Azucena	21	1
Everest	11	3
Vincent	20	3
	20	2
Pinocho	8	1
	12	1
Cirano	28	1
	34	2
	16	3
	38	2
	7	1
	21	2
	11	2
Abril	13	2
Pinky	28	1
	39	1
	8	1
	60	2
	34	2
	8	3
	31	2
Saúl	18	1

6.2.6 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

El tamaño de la población estimado osciló entre 33 y 77 delfines, valores muy bajos teniendo en cuenta que los delfines identificados son 78 ([Tabla 5](#)).

$$N_{1998} = (64 \cdot 5) / 5 = 77$$

Tabla 7. Estimación del tamaño de la población de delfines del río Arauca, bajo el modelo de Petersen de Marca y Recaptura.

AÑO	CAPTURAS	RECAPTURAS	N
1992	5	-	-
1993	22	2	55
1995	3	2	33
1997	64	-	-
1998	5	5	77

7. DISCUSIÓN

7.1. FOTOIDENTIFICACIÓN

La diferencia en la forma como se identificaron delfines con respecto al tiempo en las dos zonas de estudio, radica en la calidad de la toma de fotografías, ya que durante el estudio en el Orinoco, ya se disponía de mayor experiencia, por lo cual la mayoría de delfines se identificaron en los primeros años y el esfuerzo de muestreo no fue de tanta importancia en su identificación.

La identificación de los delfines se logró mediante muescas, cicatrices, anormalidades en el hocico, patrones de pigmentación, protuberancias y hendiduras. Debido a las principales causas de muerte de los delfines de río, se sabe que algunas de estas marcas pueden ser originadas por las hélices de embarcaciones con motor fuera de borda y por enmallamientos accidentales, lo cual ha ocasionado serias heridas e incluso la muerte de varios delfines de río a lo largo de toda su zona de distribución (Trujillo, 2000). Por tal razón, además

de identificar delfines, estas marcas pueden ser indicadores de efectos antrópicos y del comportamiento de cada especie.

Las marcas como rasguños y despigmentaciones dorsales, no fueron usadas para ningún análisis, debido a que se cree que son de corta duración. Algunos delfines se identificaron por patrones de pigmentación específicos, pero se procedió cuidadosamente ya que estos pueden ser comunes entre delfines o muy variables para un mismo individuo (Trujillo, 1994).

Los rasguños presentes en odontocetos pueden deberse a múltiples factores, tales como parásitos, epizoantidios, predadores y la mayoría de ellos a juegos y combates entre adultos jóvenes para establecer superioridad y jerarquías en anticipación a la estación reproductiva (McCann, 1974). Con respecto a este tipo de marcas observadas en *Inia*, es posible que sean producidas entre delfines durante eventos reproductivos, ya que se ha observado cómo los machos acorralan a las hembras y las agreden con mordiscos y coletazos para lograr copular con ellas (Diazgranados, 1997; Fuentes, 1998).

El número de animales identificados en este estudio es alto comparado con otros estudios llevados a cabo en Bolivia, Perú y Venezuela en donde solo se identificaron 2, 49 y 6 delfines respectivamente en área de tamaño similar (McGuire, 1995; Zúñiga, 1999; Aliaga, 2000). Sin embargo, más importante, es el hecho de que la mayoría de delfines en este estudio se identificó por la presencia de muescas y cicatrices. Esto puede deberse al gran tráfico de botes que afecta a los ríos Orinoco y Arauca en Colombia, comparable con el presente en el río Amazonas en el límite con Perú y Brasil, donde el número de delfines identificados es alto y de la misma forma el tráfico de botes lo es (Trujillo, 2000; Martínez, 2001). Según Trujillo (2000), existe un continuo tráfico de botes entre Puerto Carreño y Puerto Paez- El Burro (Venezuela) y diariamente cerca de 20 botes con motores fuera de borda cruzan más de 100 veces por día los ríos Orinoco y Meta.

Por otra parte los enmallamientos accidentales, son la principal amenaza de *Inia* en el Amazonas colombiano debido al número de redes y a las nuevas técnicas de pesca introducidas en los últimos años (Trujillo, 1992; Da Silva & Best, 1996; Kendall *et al.*, 1998), lo cual también ha causado algunas muertes en el Orinoco (Trujillo, 2000). Los resultados de número de delfines

fotoidentificados pueden estar reflejando las amenazas que afectan a los delfines de río en Colombia.

Con respecto a las anormalidades en el hocico, protuberancias y hendiduras, todavía no existen estudios que aclaren su origen. Posiblemente las anormalidades en los hocicos son el resultado de poco recambio genético (Diazgranados, 1997), aunque en el caso de algunos hocicos, puede deberse a mutilaciones producidas por las hélices de botes (Aliaga, 2000).

7.2 USO DE HÁBITAT

Dado que la importancia de la escala temporal en estudios de uso de hábitat es muy alta (Schooley, 1994) y teniendo en cuenta que la característica fuertemente estacional del flujo del agua en la cuenca del río Orinoco (Meade & Koehnken, 1991), ejerce influencia sobre el uso de hábitat de *Inia geoffrensis* del Amazonas y Orinoco (Castellanos, 1998; Trujillo, 2000), se decidió realizar el análisis por períodos hidroclimáticos.

7.2.1 Frecuencia de avistamientos por época hidroclimática

7.2.1.1 Orinoco

Teniendo en cuenta, que a pesar de que el esfuerzo de muestreo fotográfico en delfines del río Orinoco no fue el mismo para todas las épocas hidroclimáticas, las tendencias generales sobre las frecuencias de avistamientos observadas en otros estudios en la misma zona se mantuvieron, por lo que es posible que este no sea un factor que ejerza gran relevancia en el momento de estudiar el uso de hábitat en esta población de delfines.

En el Orinoco se observó un leve incremento de avistamientos de delfines en época de aguas altas, consistente con lo reportado por Díazgranados (1997), posiblemente debido a que en esta época aumenta la disponibilidad de hábitats en el río principal y sus tributarios. Al incrementar el nivel del agua la confluencia Bitá- Orinoco, el río Bitá y la isla Pañuelo se hacen accesibles a los delfines. Por el contrario, en las épocas de menor nivel en el agua, el número de avistamientos es menor, debido a que se reducen los hábitats disponibles en

la región, lo que puede llevar a que algunos delfines abandonen esta área, buscando nuevos espacios de alimentación.

Con relación al esfuerzo muestral, la época de menor avistamientos es la de descenso de aguas, ya que a pesar de emplearse el mayor esfuerzo muestral (días), no se obtuvo un mayor número de avistamientos. Probablemente se debe a que en esta época inicia la reducción del espacio, lo que obliga a la reubicación de los delfines en otras áreas del río, lo cual podría ser común con lo observado en delfines de Arauca, ya que los avistamientos en las épocas de transición de aguas también disminuyen.

A pesar de las diferencias en el esfuerzo muestral empleado en este estudio, la variación en el número de avistamientos en el río Orinoco no fue tan evidente ya que la relación presencia/ausencia es muy similar para tres de las épocas (aguas bajas, bajas- altas y altas); esto indica que los delfines del área presentan un alto patrón de residencia que también se refleja en el número de reavistamientos, lo cual puede indicar que sus requerimientos energéticos son suplidos dentro del área estudiada. Aunque no se conoce la abundancia de peces de la región, estos altos patrones de residencia coinciden con la gran

riqueza de peces reportada que aproximadamente es de 529 especies correspondientes a la confluencia de los ríos Bitá y Meta con el Orinoco (Maldonado, 2000).

7.2.1.2 Arauca

A diferencia del río Orinoco, en el río Arauca se observaron grandes variaciones estacionales en el número de avistamientos de delfines. En otros odontocetos los flujos estacionales similares se atribuyen a variaciones espaciales en las condiciones locales, que llevan a los delfines hacia zonas más apropiadas con respecto a predadores, nacimientos de crías, apareamiento o forrajeo, refugio, condiciones de temperatura, etc (Wilson *et al.*, 1997). Es posible que los delfines en el río Arauca, presentan un "*home range*" (área de uso) amplio debido a que la disponibilidad alimenticia o en general condiciones ambientales varían drásticamente con los períodos hidroclimáticos.

Contrario a lo ocurrido en Orinoco, en el río Arauca se presentaron menos avistamientos durante aguas altas, lo cual coincide con lo encontrado por Fuentes (1998) en la misma zona, quien además reportó que la actividad más

frecuente durante esta época es el desplazamiento y durante aguas bajas la alimentación. Posiblemente esto ocurre debido a que durante aguas altas los delfines incursionan en otros hábitats del río fuera del área de estudio o en hábitats que antes no eran disponibles como caños o planos inundables, tal como ha sido observado en delfines del Amazonas (Best & Da Silva, 1989), mientras que en aguas bajas, posiblemente esta parte del río puede ser particularmente importante en términos de disponibilidad de espacio, alimentación y oportunidades de captura (Trujillo, 2000).

7.2.2 Hábitats

El hábitat más frecuente para los delfines de Orinoco y Arauca fue el río principal, seguido de las confluencias. Posiblemente el río principal cuenta con más avistamientos porque el espacio disponible es mucho mayor que el de las confluencias, pero también puede brindar alta oferta alimenticia ya que en el río Orinoco se ha reportado la presencia de varias especies de bagres de la familia Pimelodidae (*Brachyplatistoma filamentosum*, *B. vaillanti*, *B. flavicans*, *Pseudoplatystoma fasciatum*, *P. tigrinum*, entre otros), y además especies de sardinatas (*Pellona castelneana*), coporos (*Prochilodus mariae*), palometas

(*Mylossoma duriventris*) y boconas (*Brycon melanopterus*) que se caracterizan por desplazarse en grandes cardúmenes (Maldonado, 2000). Sin embargo, los avistamientos en el río principal, no se presentaron uniformemente, sino que ciertas zonas parecen presentar cualidades especiales. Estas zonas en el río Orinoco principalmente corresponden a regiones junto a islas, remansos o curvas del río. Los avistamientos son tan agregados que solo tres zonas representaron el 70% del total de los avistamientos ([Figura 16](#)). Esto coincide con reportes de grandes bagres, cuya densidad aumenta cerca de bancos, playas y sitios de poca corriente como lagunas (Lowe- McConnell, 1987), además es posible que los delfines elijan estas zonas para aumentar las posibilidades de captura, ya que se ha observado persecución de peces en dirección a barrancos y playas, denominado acorralamiento (Fuentes, 1998; McGuire & Winemiller, 1998).

Los hábitats de mayor relevancia después del río principal son las confluencias de ríos, tanto para delfines de Orinoco como de Arauca. Sin embargo si se hace una relación del tamaño de cada hábitat con respecto al número de avistamientos, se puede decir que son hábitats pequeños pero que concentran más delfines. Las confluencias de ríos son hábitats importantes, en primer

lugar porque se ha reportado que son paso obligado para muchas especies de peces que realizan migraciones de alimentación y/o desove en las cuencas de los principales ríos y segundo por el hecho de que el encuentro de dos cuerpos de agua puede llevar a que los peces se aturdan, favoreciendo su captura por parte de los delfines (Lowe-McConnell, 1987). El uso de las confluencias por parte de los delfines de río ha sido observado en la Amazonía colombiana (Trujillo & Beltrán, 1995; Hurtado, 1996;), brasilera (Best & Da Silva, 1989), peruana (Leatherwood, 1996) y en el Orinoco venezolano (McGuire, 1995) y en otros estudios de la misma zona en el Orinoco colombiano (Díazgranados, 1997; Trujillo, 2000).

Las tendencias al uso preferencial de áreas con características similares a las confluencias de ríos en medios marinos han sido observadas en varios odontocetos, incluido el delfín nariz de botella. Esta especie por ejemplo se concentra en zonas de pendientes bruscas, fondos marinos desiguales, áreas angostas y de remolinos conocidas por concentrar peces (Wilson *et al.*, 1997), debido a que sus características pueden llevar a concentrar presas, las cuales usan estas zonas como vías de acceso obligado. Alternativamente, las características de estas áreas pueden facilitar la captura de presas por

proveer obstrucciones sobre las cuales se acorrala peces (Rae 1960 En: Wilson *et al.*, 1997) o producir corrientes favorables que reducen el costo energético del forrageo (Williams, Shippee & Rothe, 1996 En: Wilson *et al.*, 1997).

Con respecto a la confluencia de los ríos Bitá- Orinoco, solo se observaron delfines en época de aguas altas o transición, debido a que en aguas bajas el acceso es muy difícil ya que la profundidad puede ser solo de 30 cm (Barón, 2001). A pesar de que esta característica lo hace un hábitat estacional, la zona que corresponde a su desembocadura (27), fue la que presentó el mayor total de avistamientos. En esta confluencia Maldonado (2000) reportó 106 especies. Es posible que algunas de estas especies atravesen esta zona para desovar en el río principal y/o que otras especies entren a los planos inundados en busca de alimento de origen alóctono como frutas, hojas, invertebrados, etc (Lowe-McConnell, 1987) lo cual explicaría el alto número de avistamientos de delfines en esta zona.

La confluencia Meta- Orinoco presentó avistamientos durante todas las épocas, pero con un incremento en aguas bajas, que posiblemente se debe a la reubicación de los delfines, cuando los hábitats estacionales como el río Bitá y

el remanso El Pañuelo ya no son disponibles. Esta confluencia no solo se caracteriza por la riqueza de especies de peces, sino por la cantidad de biomasa. Barón (2001), reportó la presencia de delfines adultos solitarios o en grupos principalmente en actividad alimentaria a una distancia de 1 a 50 metros cerca de la playa. Posiblemente la presencia de delfines no tenga fluctuaciones tan marcadas debido a que el río Meta es un sistema altamente productivo que no depende tanto del aporte de material alóctono, sino de la vía detrítica, lo que lo hace menos vulnerable a las fluctuaciones estacionales (Maldonado, 2000), caso contrario con el del Bitá, en el que la productividad primaria es baja y por consiguiente muchas especies de peces dependen del material alóctono como fuente directa de alimento (Lowe-McConnell, 1987).

La otra zona que registró un alto número de avistamientos, fue El Pañuelo, que se caracteriza por ser una región de baja turbulencia, utilizada durante aguas altas. Según algunos autores los delfines prefieren las zonas de remansos para descanso, cuidado parental y actividades reproductivas (Trujillo, 1990; Barón, 2001).

Los dos tributarios presentaron pocos avistamientos. Los avistamientos en el río Meta no revistieron la misma importancia encontrada por Díazgranados (1997) quien registró en este hábitat el mayor número de avistamientos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este estudio solo se basa en delfines fotoidentificados y podría ocurrir que los delfines allí presentes no hayan tenido marcas identificables, o ser resultado de poca calidad fotográfica debido a factores de turbulencia y corrientes fuertes.

En el río Bitá, también se registraron pocos avistamientos, lo cual podría estar relacionado con las drásticas variaciones de las cuales se hizo mención anteriormente.

Con respecto a Arauca, no se observaron concentraciones de delfines tan marcadas en áreas específicas. Sin embargo, de las 8 zonas más frecuentes, la mitad corresponden a confluencias de caños con el río principal. Esto coincide con Fuentes (1998), quien reportó para estas confluencias grupos de hasta 16 delfines.

También el número de avistamientos incrementó levemente en la porción de río Arauca que une caño Bayonero y caño Gaviotas, lo que coincide con lo reportes de gran actividad alimenticia y reproductiva y de desplazamiento durante aguas bajas (Fuentes, 1998).

Para conocer más acerca del uso de hábitat de los delfines en el río Arauca, es necesario, conocer más sobre los recursos biológicos y su variación a lo largo de los períodos hidrológicos en esta región, ya que la información con la que se cuenta es muy escasa.

7.2.3 Estratificación

Entre los delfines fotografiados con mayor frecuencia, se observó preferencias a determinadas zonas y como se indicó en los resultados obtenidos posiblemente hay dos patrones o grupos de ellos. Un grupo que frecuenta la confluencia de los ríos Meta y Orinoco, un segundo grupo que usa la confluencia Bitá- Orinoco y la isla Pañuelo durante aguas altas y una porción del río principal, hacia el sur cerca de la isla Ventanas. En otros, sin embargo, no se observó ningún patrón específico y al parecer presentan amplia movilidad

a lo largo de toda el área. Esto sugiere que no solo existe selección del hábitat por parte de la especie sino posiblemente selección a nivel individual que ha sido definida como estratificación espacial la cual es común en algunos vertebrados (Baker, 1978 En: Wilson *et al.*, 1997) y puede resultar de territorialidad y especialización alimenticia. En delfines nariz de botella de Escocia se observó diferentes patrones de distribución entre grupos de delfines que exhibían diferentes frecuencias de avistamientos. En este trabajo, se sugiere que estos patrones probablemente resultan de factores sociales, ya que el delfín nariz de botella exhibe jerarquías y las asociaciones cerradas con frecuencia surgen para forrageo, por competencia con otros delfines o para evitar predadores. Los patrones de estratificación observados también implican que no todos los individuos dentro de la población tienen el mismo acceso a las partes del interior de Moray Firth (Wilson *et al.*, 1997).

Es posible que los patrones de estratificación observados en *Inia* ocurran por dos razones o una de ellas:

1. Que la territorialidad ejerza influencia sobre la distribución espacial y por consiguiente sobre el uso de hábitat de *Inia* en el Orinoco, ya que esta es una

de las características comportamentales más importantes que afecta la organización espacial de las poblaciones animales (Mizutani & Jewell, 1998). En leopardos (*Pantera pardus*) por ejemplo, se ha observado diferentes grados de territorialidad y de "*home range*" (área de uso) de acuerdo a sexo y edad. En general los machos se mueven largas áreas y mayores distancias que las hembras posiblemente para mantener territorialidad y localizar a las hembras aptas para copular. Sus movimientos parecen estar determinados por la abundancia de presa. Las hembras por el contrario parecen evitar estar cerca una de la otra, sus "*home ranges*" (área de uso) son más pequeños que los de los machos y parecen moverse las distancias mínimas requeridas para obtener presas y criar a sus hijos. Por otra parte los leopardos jóvenes se mueven grandes distancias, sin mostrar patrones de residencia marcados (Mizutani & Jewell, 1998).

A pesar de que con *Inia*, no se han hecho estudios específicos de comportamiento en vida salvaje, por algunos eventos observados de agresividad se ha inferido sobre comportamiento jerárquico y territorialidad (Fuentes, 1998). Con respecto a aquellos delfines que presentan movimientos más amplios y no parecen tener zonas de preferencia, podía tratarse de delfines

más jóvenes, que como en el caso de algunos panteras, tienen "*home range*" (área de uso) mucho más amplios que los machos más viejos, debido a diferencias en requerimientos energéticos, territorialidad o para localizar hembras para la cópula (Mizutani & Jewell, 1998).

2. También es posible que las preferencias en el hábitat observadas sean causadas por factores como disponibilidad de presas, requerimientos, costo energético y capacidad de tolerancia a disturbios producidos por embarcaciones. Algunos estudios sobre selección del hábitat han demostrado que este comportamiento surge para cubrir disponibilidad, calidad y cantidad de búsqueda y descanso, y que además es dependiente del costo (tiempo y energía requeridos para ir en busca de hábitats preferidos), lo cual a la vez puede variar estacionalmente (Rosenzweig, 1981; Block & Breeman, 1993 En: Krausman, 1999).

Con relación a este supuesto los delfines que frecuentan la confluencia Meta-Orinoco posiblemente prefieren esta zona debido a la mayor abundancia de presa que por encontrarse entre confluencia de aguas está disponible con menor gasto energético. Esto a cambio de enfrentar el elevado número de

botes que se desplazan a altas velocidades y la permanente actividad pesqueras de la zona (Díazgranados, 1997). Por el contrario, los delfines de la zona de Ventanas y la confluencia del río Bitá- Orinoco tendrían que emplear más tiempo y energía buscando presas refugiadas en islas y en la confluencia durante aguas altas pero con la ventaja estar en sitios más tranquilos.

7.3 RESIDENCIA

El número total de avistamientos relativamente uniforme sugiere un elevado patrón de residencia, que presenta variaciones posiblemente debidas a la diferencia en el esfuerzo de muestreo. Esto concuerda con los resultados obtenidos por medio de los delfines que presentaron más de 10 avistamientos, ya que de 16, 12 delfines fueron fotografiados en las cuatro épocas hidroclimáticas y el resto en tres de las épocas.

Aunque en Arauca, solo tres delfines registraron más de 10 avistamientos, el número de reavistamientos llegó a ser de 32. Es posible que este patrón de residencia sea similar para la mayoría de delfines ya que aquellos con mayor frecuencia corresponden a delfines fácilmente identificables debido a

malformaciones en el hocico y cicatrices muy visibles. De la misma forma, patrones de residencia altos también han sido observados en Inia del Amazonas (Vidal et al., 1997; Trujillo, 2000).

7.4 MOVIMIENTOS

La mayoría de los movimientos observados dentro de un rango de uno a tres días se realizaron desde o hacia la confluencia del río Bitá durante aguas altas o transición, esto sugiere que aunque los delfines tengan un patrón muy marcado de residencia, o aunque frecuenten más determinadas zonas, pueden desplazarse diariamente varios kilómetros y estos desplazamientos parecen ser más activos durante época de aguas altas. Esto coincide con varios autores que afirman que en época de aguas altas, debido al mayor espacio acuático disponible, las presas de los delfines se dispersan en otros hábitats (Leatherwood, 1996; Trujillo, 1994; Trujillo, 2000), lo que lleva a estos depredadores a movilizarse más en busca de alimento. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, durante la época de aguas altas, no disminuyó el número de avistamientos en la zona, lo que indica que estos desplazamientos

son de reubicación dentro de la misma área, en la cual se encuentran las condiciones necesarias para satisfacer su demanda energética.

Uno de los delfines fotoidentificados del Orinoco (Trébol) se desplazó aproximadamente 16.7 Km en un mismo día. Teniendo en cuenta esta distancia y el tiempo invertido durante los recorridos diarios se puede estimar la velocidad de movimiento exploratorio en 2 Km/h.

En delfines del río Arauca se encontraron mayores distancias recorridas, debido a que el área de estudio fue mucho mayor. Un delfín llamado Pinky, se desplazó durante el mismo día 39 Km., es decir, que como mínimo se desplazó a una velocidad 4.9 Km/h. Los delfines de Arauca mostraron un amplio patrón de movimientos ya que se encontraron más reavistamientos con intervalos de pocos días en sitios alejados varios kilómetros. Es posible que el área de estudio represente el "*home range*" (área de uso) de varios delfines o por lo menos una buena parte de su área vital.

Best & Da Silva (1989), reportaron un rango de velocidad de *Inia* entre 1.5-3.2 Km/h, aunque afirman que puede nadar a una velocidad por encima de 14 Km/h.

Esta velocidad es comparativamente alta teniendo en cuenta estudios en delfines nariz de botella en los cuales se han reportado velocidades de 1.6 a 2.9 Km/h (Wilson *et al.*, 1997).

7.5 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

El motivo por el cual se empleó el modelo de Lincoln- Petersen para estimar el tamaño de la población de *Inia* en Arauca y Orinoco fue por tratarse del modelo que considera el menor número de parámetros (Lancia *et al.*, 1994), lo cual se ajusta a la información disponible en este estudio. El hecho de utilizar este modelo implica el supuesto de que la población es cerrada, es decir que durante el período de estudio la influencia de nacimientos, muertes, inmigración y emigración es insignificante, lo cual representa la mayor desventaja de este modelo y lo limita a estudios de corto término (Lancia *et al.*, 1994). A pesar de que según lo anterior no tendría sentido utilizar el modelo con los datos obtenidos en este estudio, su aplicación ayuda a entender la influencia de características ecológicas de los delfines de cada zona, útiles para tener en cuenta en futuros estudios de captura / recaptura. Además el modelo presenta otras ventajas ya que sus estimadores tienden a ser menos

sesgados (Forcada & Aguilar, 2000) y permiten tratar la heterogeneidad de las probabilidades de captura de una forma más sencilla (Wilson *et al.*, 1999).

Los resultados de abundancia obtenidos difirieron entre los dos ríos. La estimación de delfines en el río Orinoco se acerca a lo reportado en otro estudio. Los valores de abundancia entre 1996- 1997 y entre 2000- 2001, corresponde a 109 y 112 delfines respectivamente, lo cual es cercano al valor obtenido por Díazgranados (1997), quien estimó entre 100 y 105 delfines, a través de conteos directos por recorrido en la misma zona. Por el contrario, los resultados de abundancia de delfines del río Arauca, fueron bajos, teniendo en cuenta que solo los delfines fotoidentificados son 78 y que Fuentes (1998) reportó entre 150- 160 delfines por medio de conteos directos por recorrido.

Varias razones pudieron influir en el resultado obtenido en delfines de Arauca principalmente, por una parte razones de tipo ecológico como patrones de movimientos y fluctuaciones en la abundancia y por otra aspectos metodológicos relacionados con los supuestos del modelo de captura-recaptura.

Con respecto a las razones ecológicas, se ha demostrado que la diferencia en los patrones de movimiento y las fluctuaciones en la abundancia, puedan ser causa de sesgos potenciales en la estimación de la abundancia, generando variaciones en la probabilidad de captura y haciendo que los estimados de la población decrezcan (Boulanger & Krebs, 1996).

Es posible que los amplios movimientos observados entre delfines de Arauca, así como las marcadas fluctuaciones de avistamientos a lo largo de las épocas hidroclimáticas, hayan tenido efecto sobre la estimación de abundancia, generando una subestimación. Por el contrario, debido a los patrones de residencia registrados por los delfines de Orinoco, así como el hecho de presentarse pocas fluctuaciones entre los avistamientos a lo largo de cada época, la estimación de la abundancia pudo acercarse más a la realidad bajo este modelo o por lo menos sobrepasar el número de delfines fotoidentificados.

Por otra parte, el modelo de captura- recaptura parte de varios supuestos, que de no ser llevados a cabo pueden generar sesgos en la estimación:

1. El análisis de captura y recaptura asume que un animal marcado puede ser reconocido con certeza si es recapturado. Por este hecho el reconocimiento de las marcas es vital durante el estudio (Wilson *et al.*, 1999). Aunque fueron elegidas las mejores fotos, este supuesto pudo ser violado cuando las marcas o criterios de identificación solo estaban presentes por uno de los lados del animal o por marcas ambiguas de un mismo animal. Por ejemplo el hecho de que un delfín además de tener una deformación en el hocico, tenga muescas en la aleta dorsal, puede conllevar a que según el ángulo de la foto se observe uno u otro criterio, lo que lleva principalmente a identificar animales diferentes y en últimas a la sobreestimación. Debido a que los resultados en general fueron bajos es posible que este problema no se haya dado.
2. El modelo de captura y recaptura asume que todos los delfines fotoidentificados tiene la misma probabilidad de ser recapturados (Wilson *et al.*, 1999). Sobre este punto se espera que la presencia del bote no genere respuestas comportamentales por parte de los delfines, que influyan sobre la probabilidad de captura, ya que la fotoidentificación es una técnica poco invasiva. Sin embargo, este

supuesto puede ser violado por dos causas: (i) diferencias inherentes en el comportamiento de los individuos, como preferencias individuales por ciertas áreas que pueden afectar la probabilidad de encuentro y (ii) en segundo lugar por parte de los investigadores, cuando tienden a fotografiar preferencialmente a algunos delfines en particular o por incluir datos derivados de identificación visual hecha en campo. Este error genera subestimación del tamaño de la población. Con respecto a esto, es posible que la preferencia de hábitats observada en los delfines frecuentemente avistados del Orinoco, haya tenido influencia sobre la estimación, pero sería necesario hacer un estudio más específico para conocer la influencia. Por otra parte, los primeros muestreos fotográficos que se realizaron en delfines de Arauca no estaban enfocados en el análisis de captura- recaptura, y por lo tanto es posible que haya existido algún tipo de preferencia hacia algunos delfines por parte de los investigadores, según las características más sobresalientes lo que pudo también influir subestimando el tamaño de la población.

3. El método de captura- recaptura asume que las marcas no se pierden durante el estudio, ya que las pérdidas generan sesgos en la estimación de abundancia. De acuerdo a lo reportado con Trujillo (1994), en este estudio, se emplearon marcas de larga duración, como muescas, anormalidades en los hocicos y patrones de pigmentación específicos.

8. CONCLUSIONES

Las fluctuaciones estacionales en el nivel del río y los hábitats disponibles durante cada época afectan el uso de hábitat de *Inia geoffrensis* ([Anexo 1](#)).

Existen diferencias en el uso de hábitat entre los delfines de los ríos Orinoco y Arauca a lo largo de las épocas hidroclimáticas, observadas en las marcadas fluctuaciones del número de avistamientos en el río Arauca, debidas posiblemente a disponibilidad de espacio, alimentación y oportunidades de captura.

En Orinoco se registró mayor número de avistamientos durante el período de aguas altas, posiblemente debido a que durante esta época existen más hábitats disponibles en esta región del río, mientras que en el río Arauca ocurrió lo contrario posiblemente porque los delfines abandonan esta región para buscar hábitats más favorables.

Teniendo en cuenta disponibilidad de espacio, el hábitat más frecuente entre los delfines de ambos ríos fue el canal principal, posiblemente porque este ofrece una alta oferta alimenticia.

Los avistamientos en el río principal, no se presentaron uniformemente, sino que se concentraron en zonas que corresponden a regiones junto a islas, remansos o curvas del río, debido posiblemente a que los delfines eligen estas zonas para acorralar peces y así aumentar las posibilidades de captura.

El segundo hábitat en importancia para los delfines fue la confluencia de ríos, en primer lugar porque se ha reportado que son paso obligado para muchas especies de peces que realizan migraciones de alimentación y/o desove en las cuencas de los principales ríos y segundo por el hecho de que el encuentro de dos cuerpos de agua puede llevar a que los peces se aturdan, favoreciendo su captura por parte de los delfines.

El río Bitá y la zona que bordea la isla El Pañuelo son hábitats usados estacionalmente por *Inia geoffrensis*. Los delfines tienen acceso limitado a

estas zonas durante la época de aguas bajas, debido a la disminución drástica en el nivel del río.

Se encontraron patrones de estratificación espacial reflejados en el uso preferencial de algunos delfines frecuentemente avistados en ciertas zonas del río Orinoco. Se puede suponer que son resultado de diferentes grados de territorialidad, disponibilidad de presa y/o tolerancia a amenazas principalmente al tráfico de botes.

Inia geoffrensis puede presentar amplios patrones de movimientos durante un mismo día y estos se intensifican durante la época de aguas altas.

Los reavistamientos registrados tanto en el río Arauca como en el río Orinoco confirman que *Inia geoffrensis* presenta altos patrones de residencia, posiblemente resultado de la alta productividad de estos sistemas y de la dinámica generada por el pulso de inundación.

Las características ecológicas como los patrones de residencia, patrones de movimientos y uso de hábitat y sus fluctuaciones a lo largo de las épocas

hidroclimáticas influyen sobre la estimación de la abundancia de los modelos de captura- recaptura en una misma especie. Por lo tanto, para poder elegir el modelo adecuado es importante conocer detalladamente los patrones ecológicos de cada especie.

Es posible que la aplicación del modelo de captura- recaptura para poblaciones cerradas sea más apropiada para los delfines de la zona de estudio en el río Orinoco, debido a que presentan amplios patrones de residencia y sus movimientos corresponden principalmente a reubicación dentro de la misma zona, a diferencia de los delfines de Arauca quienes mostraron grandes fluctuaciones entre el número de avistamientos a través de las épocas y amplios desplazamientos.

La fotoidentificación es una técnica muy útil para el estudio ecológico de *Inia geoffrensis*, que puede aportar resultados completos que incluyen uso de hábitat, movimientos, residencia y abundancia en períodos cortos de tiempo, pero además puede servir como indicador de la condición de cada población y sus amenazas.

RECOMENDACIONES

Es necesario realizar actividades educativas con los operadores de los botes en las cuales se les sugiera reducir la velocidad de sus embarcaciones en las zonas de confluencias y remansos. Con relación al río Arauca, indicarles que tengan especial precaución en la época de aguas bajas, que es la época en la que los delfines frecuentan más esta zona del río. También sería conveniente sugerir que las mallas agalleras colocadas en las zonas mas importantes para los delfines sean revisadas constantemente para evitar las muertes por enredos accidentales.

Es conveniente realizar estudios de movimientos y "*home range*" (área de uso) de *Inia geoffrensis* a lo largo de la mayor parte de su rango ecológico, que permitan conocer la extensión de su área vital, ya que la fragmentación del hábitat es la principal causa de la grave situación de los delfines de río de China y Pakistán, ocurrida a través de la construcción de represas y barreras que modifican los hábitats tiberinos.

Es importante darle continuidad al trabajo de fotoidentificación en los ríos Orinoco y Arauca, ya que además de afianzar los conocimientos ecológicos de *I. geoffrensis* sobre uso de hábitat principalmente, con estudios a largo término se podrán conocer tasas de natalidad, mortalidad, sobrevivencia, etc. Para que todo este esfuerzo realizado durante varios años y la experiencia adquirida sean aprovechados de la mejor manera.

Con el objetivo de obtener datos de abundancia más exactos a través del método de marca y recaptura, es necesario conocer características ecológicas de la especie estudiada, principalmente patrones de movimientos y fluctuaciones en la abundancia de acuerdo al tiempo, en especial a la época hidrológica, para de esta forma evitar sesgos en la estimación de la abundancia al hacer elección del modelo inadecuado.

De la misma forma, que es importante conocer la ecología de las especies antes de emplear un modelo de marca y recaptura para estimar el tamaño de la población, también es importante conocer los supuestos de cada modelo antes de iniciar la toma de datos para evitar sesgos producidos por invalidación de alguno de ellos.

Aunque las tendencias en el uso de hábitat de *Inia geoffrensis* a lo largo de las épocas hidroclimáticas son tan marcadas de acuerdo a la zona de estudio, es más adecuado tratar de emplear el mismo esfuerzo de muestreo para cada período ya que los resultados pueden ser más comparables.

Para estudios ecológicos de *Inia* basados en la identificación individual de delfines es importante tener en cuenta solo características consideradas de larga duración tales como muescas, hocicos anormales, cicatrices y patrones de pigmentación específicos, en especial cuando se pretende darle continuidad a los estudios.

Sería conveniente dirigir un estudio para conocer la durabilidad de los criterios empleados para la identificación de delfines en el cual se incluyan marcas como rasguños y despigmentaciones dorsales, para conocer el tiempo en el que se pueden utilizar tales criterios con confiabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, A., A. Borrell & T. Pastor. 1999. Biological factors affecting variability of persistent pollutant levels in cetaceans. *J. cetacean Res. Manage.* (Special issue 1): 83- 116. En: Borrell, A & A. Aguilar. 1999. A review of organochlorine and metal pollutants in marine mammals from Central and South America. *The Journal of Cetacean Research and Management Special Issue 1. Chemical Pollutants and Cetaceans*. Reijnders, Aguilar & Donova (Eds) 273 p.

Aliaga, E. 2000. Distribución y abundancia del delfín de río, bufeo (*Inia geoffrensis*) en el río Tijamuchi, Beni-Bolivia. BSc tesis. Universidad Mayor de San Andrés. 80 p.

Baker, R. R. 1978. *The evolutionary Ecology of Animal Migration*. Hodder and Stoughton, London. En: Wilson, B., P. M. Thomson & P. S. Hammond. 1997. Habitat use by bottlenose dolphins: seasonal distribution and stratified

movement patterns in the Moray Firth, Scotland. *Applied Ecology* (34), 1365-1374 p.

Balance, L. 1992. Habitat use patterns and range of the bottlenose dolphin in the Gulf Mexico of California, Mexico. *Marine Mammals Science*, 8(3): 262-274 p.

Baron, M. 2001. Evaluación del uso de áreas prioritarias de la tonina *Inia geoffrensis humboldtiana* en el río Orinoco durante aguas bajas y de transición. BSc Tesis. Universidad de Los Andes.

Best, R. & M. F. Da Silva. 1984. Preliminary analysis of reproductive parameters of the Boto, *Inia geoffrensis* and the Tucuxi, *Sotalia fluviatilis*, in the Amazon River system. En: Reproduction in whales, dolphins and porpoises reports of the International Whaling Commission. Special Issue 6. Perrin, Brownell & DeMaster (Eds).

Best, R. & V. Da Silva. 1989. Amazon River Dolphin, Boto *Inia geoffrensis* (de Blainville, 1817). 11 p. En: Handbook of Marine Mammals. Volume 4: River

Dolphins and the Larger Toothed Whales. Sam H. Ridgway & Richard Harrison (eds). 442 p.

Best, R & M. F. Da Silva. 1993. *Inia geoffrensis*. Mammalian Species. The American Society of Mammalogist. 1-8 p.

Bearzi, G. 1997. Social ecology of bottlenose dolphins in the Kvarneri'c (Northern Adriatic Sea). Marine Mammals Science 13 (4): 650-668.

Block & Breeman. 1993. En: Krausman, P. 1999. Some basic principles of habitat use. En: "Grazing behaviour of livestock and wildlife. Idaho forest, Wildlife & Range Exp. Sta. Bull. # 70, Univ. of Idaho, Moscon; ID. Editor: K. L. Launchbaugh, K. D. Sander, J. D Mosley.

Borrell, A & A. Aguilar. 1999. A review of organochlorine and metal pollutants in marine mammals from Central and South America. The Journal of Cetacean Research and Management Special Issue 1. Chemical Pollutants and Cetaceans. Reijnders, Aguilar & Donova (Eds) 273 p.

Boulanger, J. & C. Krebs. 1996. Robustness of capture- recapture estimators to sample biases in a cyclic snowshoe hare population. *Journal of Applied Ecology*, (33) 530- 542 p.

Buckland, S. 1982. A mark-recapture survival analysis. *Journal of Animal Ecology*, (51) 833- 847 p.

Capella, J., L. Flórez., P. Falk & J. Herrera. 2001. Presencia de lobos marinos (OTARIIDAE) en la costa del pacífico de Colombia: ¿una relación causal con el niño? Quinto congreso latinoamericano de ciencias del mar COLACMAR. San Andrés, Isla, Colombia. 4 p.

Carantoña, T. 1999. Fundamentos ecológicos para estrategias de conservación de la tonina de río *Inia geoffrensis*. MSc thesis. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora". 119 p.

Castellanos, L. 1998. Caracterización de algunos elementos del hábitat usado por los delfines *Inia geoffrensis* (De Blainville, 1817) y *Sotalia fluviatilis*

(Gervais & Deville, 1853) en los lagos de Tarapoto, El Correo y Caballo Cocha.

BSc Tesis. Universidad Nacional de Colombia. 149 p.

Castello, H. 1996. An Introduction to the Whales and Dolphins. En: The conservation of Whales and Dolphins, Science and Practice. Edited by Simmonds and Hutchinson. Chichester, England. 9- 18 p

Colonnello, G. 1990. Elementos fisiográficos y ecológicos de la cuenca del río Orinoco y sus rebalses. Interciencia Vol. 15. 476- 485 p.

Darling, J. 1993. Movement of a humpback whale (*Megaptera novaengliae*) between Japan and Hawaii. Marine Mammals Science, 9(1), 84-89.

Da Silva, V & R. Best. 1996. Freshwater dolphin/fisheries interaction in the Central Amazon (Brazil). Amazoniana XIV (1/2): 165- 175.

Defler, T. & J. Rodríguez. 1998. En: Colombia ORINOCO. Fondo para la protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" FEN COLOMBIA. 324 p.

Defran R. & D. Weller. 1999. Occurrence, distribution, site fidelity, and school size of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off San Diego, California. Marine Mammals Science. Vol. 15, N° 2. 366- 380 p.

Denkinger, J., F. Campos & L. Ferzen. 2000. Status of the bufeo (*Inia geoffrensis*) and the tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) in the Cuyabero Reserva, Ecuador. Working paper for the 52 th Internacional Whaling Commission meeting. Adelaide, Australia, SC/52/SM6.

Diazgranados, M.C. 1997. Estimación de la abundancia del delfín *Inia geoffrensis humboldtiana*. BSc Tesis. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 89p.

Díazgranados, M. C. 1998. Evaluación de las poblaciones de delfines de río (*Inia geoffrensis humboldtiana*), nutrias gigantes (*Pteronura brasiliensis*) y las comunidades de peces, caimanes y tortugas en el área de influencia del municipio de Puerto Carreño, departamento del Vichada, Colombia. Informe Fundación Omacha. 61 p.

Díaz, J & C. Hernández. 1994. Biotopos de importancia para *Inia geoffrensis*. Memorias Seminario Taller. Centro de Investigaciones Científicas, UJTL. 209-223p.

Domínguez, C. 1998. En: Colombia ORINOCO. Fondo para la protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" FEN COLOMBIA. 324 p.

Florez-González, L & Capella, J. 1995. Mamíferos acuáticos de Colombia. Una revisión y nuevas observaciones sobre su presencia, estado del conocimiento y conservación. Informe Museo del Mar N°39. 29p.

Forcada, J. & A. Aguilar. 2000. Use of photographic identification in capture-recapture studies of Mediterranean monk seals. *Marine Mammal Science*, 16(4): 767- 793 (October 2000).

Fuentes, L. 1998. Abundancia y ecología de la tonina *Inia geoffrensis* (De Blainville, 1817) en el río Arauca. Bsc Tesis. Universidad Javeriana. 147p.

Galindo, A. 1997. Estimación de abundancia y distribución de los delfines de agua dulce *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en el río Caquetá. BSc Tesis. Universidad del Valle. 94 p.

Goulding, M. 1989. Pyramids of predation. In: Amazon the flooded forest. BBC of London. 208p.

Goulding, M., N. Smith & D. Mahar. 1996. Floods of fortune. Ecology & Economy along the Amazon. Columbia University Press. 180 p.

Hamilton, S & W. Lewis. 1990. Physical characteristics of the fringing floodplain of the Orinoco river, Venezuela. Interciencia Nov-Dec, vol 15 N°6. 491-500 p.

Hamilton, H., S. Caballero., A. Collins & R. Brownell. 2001. Evolution of river dolphins. Proc. R. Soc. Lond. B. 268, 549-556.

Hammen, T. 1987. COLOMBIA Diversidad Biótica I. Orlando Rangel Ch. Editor.

Herzing, D. 1997. The life history of free-ranging Atlantic Spotted dolphins (*Stenella frontalis*): Age classes, color phases and female reproduction. *Marine Mammals Science*, 13 (4): 576- 595p.

Hurtado, L. 1996. Distribución, uso del hábitat, movimientos y organización social del bufeo colorado *Inia geoffrensis* (Cetacea: Iniidae) en el alto río Amazonas. MSc thesis. 115 p.

IGAC. 1996. Cd room, Diccionario Geográfico. En: Maldonado, J. 2000. Peces del área de confluencia de los ríos Meta, Bitá y Orinoco en el Municipio de Puerto Carreño, Vichada, Colombia. Bsc Tesis. Universidad Javeriana. 55p.

IGAC.2001.Informacióndepartamental.
<http://www.igac.gov.co/deptos/index.html>

Karanth, U. & J. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, 79(8), 2852- 2862 p.

Karczmarski, L., P. Winter., V. Cockcroft & A. McLachlan. 1999. Population analyses of Indo-pacific humpback dolphins *Sousa chinensis* in Algoa Bay, Eastern Cape, South Africa. *Marine Mammals Science*, 15 (4): 1115- 1123p.

Kendall, S., F. Trujillo., S. Beltrán., M. Díazgranados & A. Galindo. 1998. Mortalidad y conservación de delfines de agua dulce en la Amazonía y Orinoquía colombiana. Abstracts, 8 Reunión de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del sur, 25- 29 Oct. 1998, Olinda, Brasil. 100p.

Kendall, W. 1999. Robustness of closed capture-recapture methods to violations of the closure assumption. *Ecology*, 80 (8) 2517-2525 p.

Klinowska, M. 1991. Dolphins, Porpoises and Whales of the World. The IUCN Red Data Book. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 429p

Krausman, P. 1999. Some basic principles of habitat use. En: "Grazing behaviour of livestock and wildlife. Idaho forest, Wildlife & Range Exp. Sta. Bull. # 70, Univ. of Idaho, Moscon; ID. Editor: K. L. Launchbaugh, K. D. Sander, J. D Mosley.

Lancia, R.,J. Nichols & K. Pollock. 1994. Estimating the number of animals in wildlife populations. In: Research and management techniques for wildlife and habitats. Edited by Theodore A. Bookhout. The wildlife Society. Bethesda, Maryland. 239- 240 p.

Leatherwood, J. 1996. Distributional ecology and conservation status of river dolphins *Inia geoffrensis* and *Sotalia fluviatilis* in portions of the Peruvian Amazon. PhD thesis. Texas A & M University. 232 p.

Lewis, W. 1988. Jr. Primary production in the Orinoco river. Ecology. 69 (3): 679-692.

Lowe- McConnell, R. H. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press, Cambridge.

Magnusson, W. E., R. Best & V. Da Silva. 1980. Numbers and behaviour of Amazonian dolphins, *Inia geoffrensis* and *Sotalia fluviatilis*, In The Rio Solimões. Aquatic Mammals. (8): 27-32 p.

Maldonado, J. 2000. Peces del área de confluencia de los ríos Meta, Bitá y Orinoco en el Municipio de Puerto Carreño, Vichada, Colombia. Bsc Tesis. Universidad Javeriana. 55p.

Mallas, J. & N. Benedicto. 1986. Mercury and Goldmining in the Brazilian Amazon. AMBIO Vol. 15 N°4. 248- 249 p.

Martínez, J. 2001. Uso de hábitat y patrones de residencia del delfín de río *Inia geoffrensis* a través del método de Fotoidentificación en el Amazonas colombiano. BSc Tesis. Universidad de Los Andes. 60 p.

McCann, C. 1974. Body scarring on cetacean- odontocetes. Sci. Rep. Whales Res. Inst., N° 26, 145- 155 p.

McGuire, T. 1995. Ecology of the river dolphin, *Inia geoffrensis*, in the Cinaruco river, Venezuela. MSc. Thesis. A & M University. 103 p.

McGuire, T. & O. Winemiller. 1998. Occurrence Patterns, habitat associations and potential prey of the river dolphin, *Inia geoffrensis*, in the Cinaruco river, Venezuela. *Biotrópica* 30(4): 625-638.

McNab. B.K. 1963. Bioenergetics and the determination of home range size. *American Naturalist*. 97: 133- 140. En: Balance, L. 1992. Habitat use patterns and range of the bottlenose dolphin in the Gulf Mexico of California, Mexico. *Marine Mammals Science*, 8(3): 262- 274 p.

Meade, R & L. Koehnken. 1991. Distribution of the river dolphin, tonina *Inia geoffrensis*, in the Orinoco river basin of Venezuela and Colombia. 1991. Vol 16 N° 6. *Interciencia*.

Mizutani, F. & P. Jewell. 1998. Home range and movements of leopards (*Panthera pardus*) on livestock ranch in kenia. *J. Zool. Lond.* 244. 299- 286 p.

Penner, R. & A. Murchinson. 1979. Experimentally demonstrated echolocation in the Amazon river porpoise *Inia geoffrensis* (De Blainville, 1817). *Proc. 7 Ann. Conf. Biol. Sonar and Diving Mammals*. Vol (7) 22p.

Pilleri, G. 1969. On the behaviour of the Amazon dolphin, *Inia geoffrensis* in Beni (Bolivia). Revue Suisse de Zoologie Tome 76, nº4 - mars 1969.

Pilleri, G & M. Gehr. 1977. Observations on the Bolivian (*Inia geoffrensis* d'Orbigny, 1834) and the Amazonian Bufo (*Inia geoffrensis* de Blainville, 1817 with description of a new subspecies (*Inia geoffrensis humboldtiana*) Invest. Cetacea (8) 11-76.

Pilleri, G & M. Gehr. 1980. Additional considerations on the taxonomy of the genus *Inia*. Investigations on Cetacea. Vol11. 1-24.

Rae. 1960. Seals and Scottish fisheries. Marine Research 2. HMSO, London.

En: Wilson, B., P. M. Thomson & P. S. Hammond. 1997. Habitat use by bottlenose dolphins: seasonal distribution and stratified movement patterns in the Moray Firth, Scotland. Applied Ecology (34), 1365- 1374 p.

Rangel, O., P. Lowy-C. & M. Aguilar. 1987. COLOMBIA. Diversidad biótica I. Orlando Rangel Ch. Editor. Santafé de Bogotá D. C. Colombia. 442 p.

Raum- Siyan, K. & Harvey, J. 1998. Distribution and abundance of and habitat use by harpor porpoise, *Phocoena phocoena*, of the northern San Juan Islands, Washington. Fishery Bulletin 96 (4) 808- 822 p.

Reeves, R. & R. Brownell, Jr. 1991. Susu- *Platanista gangetica* (Roxburgh, 1801) and *Platanista minor* (Owen, 1853). En: Handbook of Marine Mammals. . Volume 4: River Dolphins and the Larger Toothed Whales. Sam Ridgway & S. Harrison Edited. 442 p.

Reeves, R., A. Chaudhry & U. Khalid. 1991. Competing for water on the Indus Plain: Is there a future for Pakistan's river dolphins?. Environmental Conservation. Vol. 18, N° 4, 341- 350 p.

Reeves, R. & S. Leatherwood. 1994. Dolphins, Porpoises and Whales: 1994-1998 Action plan for the conservation of cetaceans. IUCN, Gland, Switzerland. 92 pp.

Reeves, R & S. Leatherwood. 1994. Dams and river dolphins: can they Co-exist?. Ambio Vol. 23 No.3, May 1994 172-175 p.

Reeves, R. & A. Chaudhry. 1998. Status of the Indus river dolphin *Platanista minor*. ORYX Vol 32 N° 1 January. 35- 44p.

Reeves, R., B. Smith., E. Crespo & G. Notarbartolo. 2001. Dolphins, whales and porpoises: Status and conservation action plan for cetaceans, 2001. Update. 85 p.

Rice, D. 1998. Marine Mammals of the World Systematics and Distribution. Special publication Number 4. The Society for Marine Mammalogy. Douglas Wartzok Editor.

Romero M. & Romero C. 1989. Desde el Orinoco hacia el siglo XXI: El hombre, la fauna y su medio. Fondo FEN Colombia. 229 p.

Rosenzweig, M. 1981. A theory of habitat selection. Ecology, 62 (2). 327-335 p.

Santos, S. 2000. Estudo da distribuição espácio-temporal do boto *Inia geoffrensis* (De Blainvillei, 1817) na várzea amazônica por rádio-telemetria. BSc tesis. 58 p.

Schnapp, D & J. Howroyd. 1992. Distribution and local range of the Orinoco dolphin (*Inia geoffrensis*) in the río Apure, Venezuela. Z. Säugetierkunde (57) 313-315 p.

Schooley, R. 1994. Annual variation in habitat selection: patterns concealed by pooled data. J. Wildlife. Manage. 58 (2).

Smith, B. 1994. Status of Ganges river dolphins (*Platanista gangetica*) in the Karnali, Mahakali, Narayaki and Sapta Kosi rivers of Nepal and India in 1993. Marine Mammal Science, 10(3): 368- 375 p

Smith, A. 1996. The River Dolphins: The road to Extinction. En: The conservation of Whales and Dolphins, Science and Practice. Edited by Simmonds and Hutchinson. Chinchester, England. 355- 383 p.

Smith, A. & B. Smith. 1998. Review of status and threats to river cetaceans and recommendations for their conservation. *Enviro. Rev.* 6: 189-206 p.

Smith, B & Reeves, R. 2000. Report of the second meeting of the Asian River dolphin Committee, 22-24 february 1997, Rajendrapur, Bangladesh. Biology and conservation of freshwater cetaceans in Asia. Occasional paper of the IUCN species survival commission No 23. 152 p.

Tagliavini & Pilleri, 1984. Occasional observations on the distribution and Ecology of the bufeo (*Inia geoffrensis geoffrensis*) in Ecuadorian Rivers. In: Investigacions on Cetacea. Vol. 16: 67- 75 p.

Trujillo, F. 1990. Aspectos ecológicos y etológicos de los delfines *Inia geoffrensis* (De Blainville, 1817) y *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) en la Amazonía colombiana. BSc Tesis. Universidad Jorge Tadeo Lozano (UJTL). 73 p.

_____. 1992. Estimación poblacional de las especies dulceacuícolas de delfines *Inia geoffrensis* (De Blainville, 1817) y *Sotalia fluviatilis* (Gervais &

Deville, 1853) en el sistema lacustre de Tarapoto y El Correo, Amazonía colombiana. Centro de Investigaciones Científicas UJTL. 240 p.

Trujillo, F. S. Beltrán & S. Hernández. 1992. Estudio preliminar de la ecología, abundancia y comportamiento de las toninas (*Inia geoffrensis* De Blainville, 1817) en el área de influencia del campo petrolero de Caño Limón. Río Arauca. Centro de Investigaciones Científicas UJTL. Occidental de Colombia, INC.

_____. 1994. The use photoidentification to study the Amazon river dolphin, *Inia geoffrensis*, in the Colombian Amazon. *Marine Mammals Science*, 10(3): 348- 353 (July 1994).

_____. 1995. EXPEDICIÓN *INIA* 94. Aspectos del comportamiento y distribución de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en el río Caquetá, Colombia. UJTL. South American Expeditions Foundation. 68 p.

Trujillo, F. & S. Beltrán. 1995. Patrones de uso del hábitat, comportamiento y mortalidad dirigida e incidental de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en el Amazonas Colombiano. Centro de Investigaciones Científicas UJTL. 106- 108 p.

_____. 1997. The development of a research methodology to study the behaviour and the ecology of ecology of the fresh water dolphins *Inia geoffrensis* and *Sotalia fluviatilis* in the Colombian Amazon. MSc Thesis. University of Greenwich, London. 125 p.

_____. 2000. Habitat use and social behaviour of the freshwater dolphin *Inia geoffrensis* (De Blainville 1817) in the Amazon and Orinoco basins. PhD thesis. University of Aberdeen, Scotland. 157 p.

_____. M. C. Diazgranados & S. Kendall. 2000. Status and Conservation of the freshwater dolphin *Inia geoffrensis* in Colombia.

_____. 2001. Curso de ecología tropical: Delfines de río, manatíes y nutrias gigantes en la Amazonía y Orinoquía suramericana. La Isla de los delfines. Barbate, Julio de 2001. 30 p.

Utreras, V. 1996. Estimación de la abundancia, aspectos ecológicos y etológicos del delfín amazónico *Inia geoffrensis geoffrensis* en el río Lagartococha, Amazonía ecuatoriana. BSc tesis. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 100 p.

Vasquez, E. & W. Wilbert. The Orinoco: Physical, Biological and Cultural Diversity of a Mayor Tropical Aluvial River, 1992. In: The Rivers handbook. Calow and Petts Edited.

Vidal, O., J. Barlow., L. Hurtado., J. Torre., P. Cendón & Z. Ojeda. 1997. Distribution and abundance of the Amazon river dolphin (*Inia geoffrensis*) and the tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) in the upper Amazon river. Marine Mammals Science 13 (3): 427-445p.

Weller, D., B. Würsig., A. Bradford., A. Burdin., S. Blokhin., H. Minakuchi & R. Brownell Jr. 1999. Gray whales (*Eschrichtius robustus*) off Sakhalin Island, Russia: Seasonal and annual patterns of occurrence 15(4): 1208-1227p.

Whitehead, H., S. Gowans., A. Faucher & S. McCarrey. 1997. Population analysis of northern bottlenose whales in the Gully, Nova Scotia. *Marine Mammals Science*, 13 (2): 173-185p.

Willians, Shipee & Rothe. 1996. Strategies for reducing foraging cost in dolphins. *Aquatic Predators and their Prey* (eds S.P.R. Greenstreet & M. Tasker), pp 4-9. En: Wilson, B., P. M. Thomson & P. S. Hammond. 1997. Habitat use by bottlenose dolphins: seasonal distribution and stratified movement patterns in the Moray Firth, Scotland. *Applied Ecology* (34), 1365-1374 p.

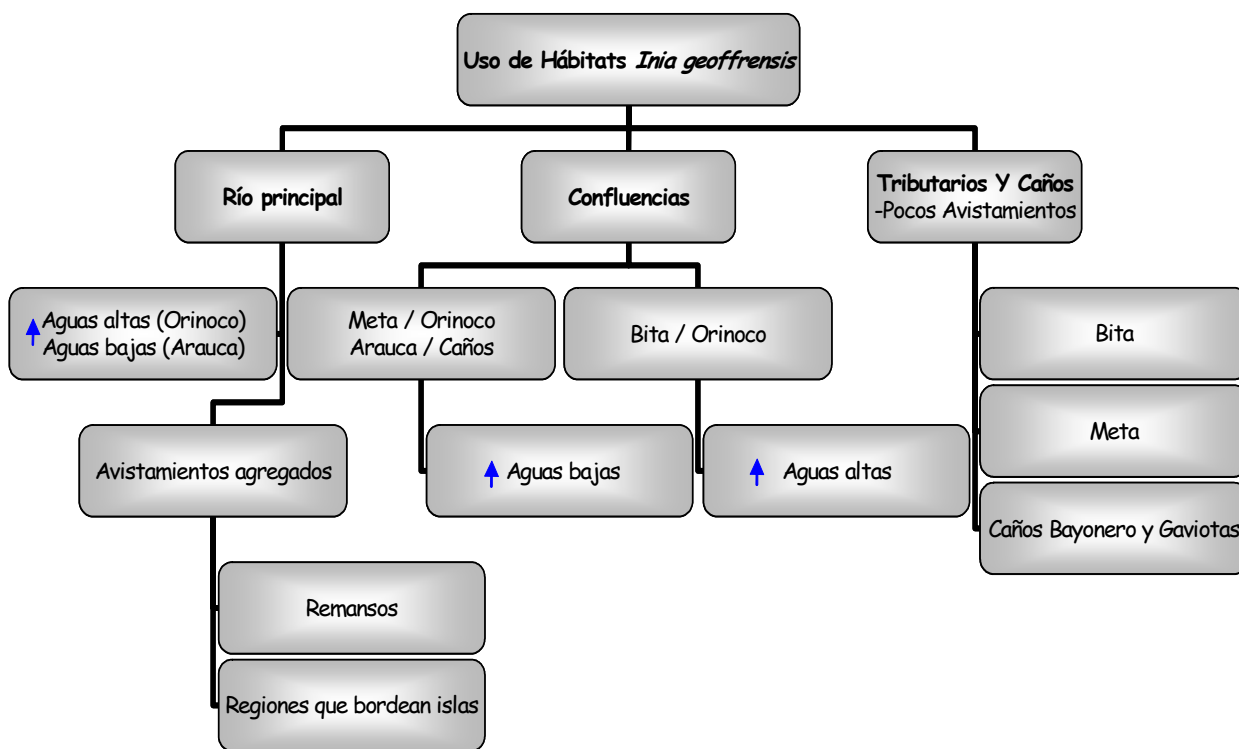
Wilson, B., P. M. Thomson & P. S. Hammond. 1997. Habitat use by bottlenose dolphins: seasonal distribution and stratified movement patterns in the Moray Firth, Scotland. *Applied Ecology* (34), 1365- 1374 p.

Wilson, B. P. Hammond & P. Thompson. 1999. Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population. *Ecological Applications*, 9(1), 288-300p.

Yuanyu, H., Z. Xianfeng, W. Zhou & W. Xiaogiang. 1990. A note on the feasibility of using photo-identification techniques to study the baiji (*Lipotes vexillifer*). Reports of the International Whaling Commission (Special Issue 12) 439-440 p.

Zhou, K., J. Sun., A. Gao & B. Würsig, 1998. Baiji (*Lipotes vexillifer*) in the lower Yangtze River: movements, numbers threats and conservation needs. Aquatic Mammals 24.2, 123- 132p.

Zúñiga, E. 1999. Seasonal distribution of freshwater dolphins in Tipishca del Samiria, Peru. MSc thesis. Texas A & M University. 126 p.



Anexo 1. Tendencias en el uso de hábitat observadas en delfines identificados de los ríos Orinoco y Arauca