

ESTIMACIÓN DE ABUNDANCIA DEL DELFÍN DE RÍO, *Inia geoffrensis*
humboldtiana DE LA CUENCA DEL ORINOCO COLOMBIANO
(CONFLUENCIA DE LOS RÍOS ORINOCO, META Y BITA): UN ANÁLISIS
DE LA EFECTIVIDAD DEL MÉTODO MARCA – RECAPTURA

LILIE DUQUE CAICEDO

Trabajo de Grado para optar al Título de Biólogo Marino

Director
FERNANDO TRUJILLO, PhD.
Director Científico Fundación Omacha

UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD BIOLOGÍA MARINA
BOGOTÁ
2009

TABLA DE CONTENIDO

	pág
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES CIENTÍFICOS	4
III. MARCO TEÓRICO	9
1. DELFINES DE RÍO	9
1.1 Generalidades	9
1.2 <i>Inia geoffrensis</i>	10
1.2.1 Características Generales	10
1.2.2 Distribución	12
1.2.3 Ubicación Sistemática	13
1.2.4 Evolución	13
1.2.5 Hábitat	14
1.2.5.1 Tipos de Hábitat	16
1.2.6 Comportamiento	18
1.3 Amenazas	20
2. ÁREA DE ESTUDIO	24
2.1 Red Fluvial	24
2.2 Geomorfología	26
2.3 Clima	26
2.4 Fauna	27
2.5 Vegetación	27
2.6 Población	27
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	28
3.1 Foto-identificación	28
3.1.1 Marcas en Individuos	30
3.1.1.1 Marcas Artificiales	30
3.1.1.2 Marcas Naturales	33
3.1.2 Catálogos de Foto-identificación	34
3.2 Estimación de abundancia	35
3.2.1 Generalidades	35
3.2.2 Metodologías para la Estimación de Abundancia	36

3.2.2.1 Muestreo de Distancia	37
3.2.2.2 Conteos por Migración	37
3.2.2.3 Conteos de Colonias	37
3.2.2.4 Marca – Recaptura	37
4. MARCA – RECAPTURA	38
4.1 Generalidades	38
4.1.1 Modelo para poblaciones cerradas <i>Lincoln – Petersen</i>	38
4.1.2 Modelo para poblaciones abiertas <i>Jolly – Seber</i>	39
4.1.2.1 Test de bondad y ajuste	40
IV. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	42
V. OBJETIVOS	42
1. Objetivo General	42
2. Objetivos Específicos	42
3. Hipótesis	43
VI. METODOLOGÍA	44
1. Fase de Laboratorio	44
2. Análisis de Resultados	47
VII. RESULTADOS	49
1. Foto-Identificación	49
2. Numero de Capturas de Individuos Identificados	50
3. Tasa de Captura de Individuos Identificados	50
4. Abundancia estimada por el Programa MARK	51
5. Esfuerzo Muesteal vs. Época Hidroclimática	55
6. Efectividad del Método	57
7. Patrones de Residencia y Movimiento	58
VIII. DISCUSIÓN	60
1. Foto-Identificación	60
2. Numero de Capturas de Individuos Identificados	61
3. Tasa de Captura de Individuos Identificados	62
4. Abundancia estimada por el Programa MARK	63
5. Esfuerzo Muestreal vs. Época Hidroclimática	66

6. Efectividad del Método	68
7. Patrones de Residencia y Movimiento	70
IX. CONCLUSIONES	72
X. RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	75

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Métodos de Marcas Artificiales utilizadas en Mamíferos acuáticos.	32
Cuadro 2. Estimadores poblacionales asociados al Modelo <i>Jolly – Seber</i> .	40
Cuadro 3. Abundancias estimadas para cada uno de los ocho años de muestreo, con sus respectivos error estándar e intervalos de confianza.	52
Cuadro 4. Valores de densidad para cada uno de los años de muestreo incluidos en el presente estudio y calculados a partir del área hallada con el programa ArcGis.	54
Cuadro 5. Cuadro comparativo entre los tres métodos empleados hasta ahora, para la estimación de abundancia de <i>Inia geoffrensis</i> , con ejemplos reales de cada uno de ellos.	58

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Programas estadísticos para análisis poblacional asociado a datos obtenidos con el Método Marca – Recaptura.	41
Tabla 2. Tabla ANOVA que muestra los resultados del análisis de varianza realizado a los datos de los ocho años de muestreo del estudio.	53
Tabla 3. Resultados calculados con el Test Kruskal – Wallis aplicado a los datos del estudio, en base al gráfico de cajas de los ocho años de muestreo incluidos en este trabajo.	53

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Foto de un individuo de <i>Inia geoffrensis</i> donde se aprecian algunos de los atributos morfológicos que lo distinguen.	12
Figura 2. Mapa de distribución de <i>Inia geoffrensis</i> en los ríos Orinoco, Meta y Bitá durante las cuatro épocas hidroclimáticas de los años 2000 y 2001.	16
Figura 3. Imagen satelital del Área de Estudio de la Cuenca Fluvial del Orinoco (Ríos Orinoco, Meta y Bitá).	25
Figura 4. Imagen Satelital del Área de Estudio en la cual se observan claramente las confluencias de los Ríos Orinoco, Meta y Bitá, en donde se realizaron los muestreos a lo largo de los ocho años de estudio.	26
Figura 5. Fotografías que ilustran de manera negativa (descartadas), cada uno de los aspectos tenidos en cuenta en la revisión de las 2444 fotos existentes y la determinación de adecuadas. 5a. Foto en ángulo frontal de un delfín, no se puede visualizar ningún tipo de marca. 5b. Foto muy lejana, no es posible observar detalles del individuo. 5c. Foto a contra luz, no permite ver patrones de pigmentación. 5d. Foto borrosa, no se identifican marcas.	45

Figura 6. Imágenes de cada uno de los criterios de identificación tenidos en cuenta para el presente estudio.

Figura 7. Muestra del diseño de la matriz binomial construida en este trabajo; donde las variables son ausencia (0) y presencia (1), la columna NOMBRE correspondería a los delfines capturados fotográficamente en la matriz real. Los datos empleados en este ejemplo no son los datos reales.

pág.

46

Figura 8. Gráfica de la frecuencia relativa de los criterios de identificación presentes en el catálogo de individuos capturados fotográficamente e identificados de *I. geoffrensis* en la zona de estudio, durante los ocho años de muestreo.

47

Figura 9. Gráfica de número de veces (frecuencia) que fueron capturados los 143 delfines identificados por medio de foto-identificación en los ocho años de muestreo.

49

Figura 10. Gráfica de nuevos registros fotográficos a lo largo de los ocho años de muestreo que se tienen en cuenta en el presente estudio.

50

Figura 11. Cambios en la abundancia de la población de *I. geoffrensis*, arrojados por el programa MARK, a lo largo de los 8 años de estudio, como consecuencia de los diferentes esfuerzos muestrales realizados en cada uno de ellos.

51

52

	pág.
Figura 12. Box – Plot que muestra la variación entre el número de delfines observados en los ocho años de muestreo que involucra el presente estudio.	53
Figura 13. Gráfica de la densidad poblacional de <i>I. geoffrensis</i> en la zona de estudio para cada uno de los ocho años de muestreo del presente estudio.	55
Figura 14. Gráfica que relaciona el número de días de muestreo efectivo (capturas fotográficas de individuos identificados) y las cuatro épocas hidroclimáticas características de la zona, en las cuales se realizaron dichos muestreos a lo largo de los ocho años de estudio.	56
Figura 15. Gráfica que muestra la ubicación en un plano factorial cada uno de los encuentros efectivos del estudio, formando cuatro grupos correspondientes a las épocas hidroclimáticas características de la zona de estudio.	57
Figura 17. Mapas de la zona de muestreo (Ríos Orinoco, Meta y Bitá) en las cuatro épocas hidroclimáticas que presenta la misma a lo largo del año, donde se observa la ubicación de los individuos de la población de <i>Inia geoffrensis</i> en cada una de ellas.	59

RESUMEN

Los delfines de río son cetáceos que sufrieron un aislamiento de aguas marinas y una serie de adaptaciones a sistemas dulceacuícolas y se encuentran distribuidos en Asia y Suramérica. En Colombia *Inia geoffrensis* (delfín rosado) se encuentra en las cuencas del Amazonas con *I. g. geoffrensis* y en el Orinoco con *I. g. humboldtiana* y está sometida a fuertes amenazas por actividades antrópicas principalmente; catalogada como especie vulnerable (V) por la UICN y listada en el apéndice II de CITES. Se han desarrollado varios proyectos dirigidos al conocimiento biológico y ecológico de la especie que han permitido conocer atributos de sus poblaciones en cada una de las cuencas; en el Orinoco se sabe que son fuertemente influenciadas por las estaciones hidroclimáticas que presenta. Este trabajo hace parte del Primer Plan de Acción para la conservación del delfín de río de Suramérica, dentro del cual se han realizado trabajos de estimación de abundancia utilizando métodos de conteos de distancia como Transecto lineal y en banda, razón por la cual este estudio busca implementar y evaluar el método de Marca - Recaptura para *I. geoffrensis* en el Orinoco colombiano. Se realizaron muestreos a lo largo de ocho años utilizando como herramienta de trabajo la foto-identificación en la cuenca fluvial del Orinoco, se realizó una catalogación de las fotografías (capturas) y se construyó una matriz binomial con los 143 individuos identificados, con base en la cual se realizó un análisis estadístico, obteniendo como resultado una abundancia de *I. geoffrensis* para cada uno de los años de muestreo que al ser comparados con datos de trabajos realizados con anterioridad permiten concluir que el Método Marca – Recaptura es efectivo y práctico en términos de ejecución y de resultados numéricos para estudios que involucren la estimación de abundancia en poblaciones de delfines de río. Finalmente se observó por medio de mapas que *Inia* realiza movimientos entre los ríos de la zona de estudio como respuesta a la estacionalidad climática de la misma; prefiriendo el Río Meta durante aguas bajas en procura de eventos reproductivos y el Río Bitá en aguas altas por actividades de alimentación; adicionalmente por medio del análisis de los datos de este trabajo se logró establecer que la población

tiene una baja frecuencia de recaptura ya que más del 50% de los individuos identificados se observaron solo en una ocasión.

Palabras clave: Abundancia, Marca – Recaptura, foto-identificación.

ABSTRACT

River dolphins are cetacean that were remote with seawater and a number of changes to freshwater systems and are distributed in Asia and South America. In Colombia *Inia geoffrensis* (pink dolphin) is in the Amazon with *I. g. geoffrensis* and in the Orinoco with *I. g. humboldtiana*, is subjected to strong existing threats by human activities mainly, is listed as vulnerable (V) by the IUCN and is listed in Appendix II of CITES. Several projects have been developed to gather biological and ecological information of the species, have revealed attributes of their populations in each of the tributaries of the Orinoco river basin explaining strongly influenced by the seasons hydroclimatic periods. This work is part of the First Action Plan for the conservation of river dolphin of South America, within which work has been carried out for estimating the abundance Transect of linear method, which is why this study seeks to implement and evaluate the method of Mark - Recapture for *I. geoffrensis* in the Colombian Orinoco. Samples were taken along eight years as a working tool using photo-identification in the Orinoco river basin, a catalog of photographs (captures) and was built with a binomial matrix identified 143 individuals, based in which a statistical analysis was performed, resulting in an abundance of *I. geoffrensis* for each year of sampling, when compared with data from previous work show that the method Mark - Recapture is effective and practical in terms of implementation and numerical results for studies involving the estimation of population abundance in of river dolphins. Finally confirmed by means of maps *Inia* performs the movements between the rivers of the study area in response to seasonal climate it; prefer the Meta river in low waters of reproductive and Bitá River in high water by feeding activities; additionally through Data analysis of this study was to establish that the population has a low frequency of recapture as more than 50% of individuals were identified only once.

Key Words: Abundance, Mark – Recapture, photo-identification.

I. INTRODUCCIÓN

Los delfines son mamíferos acuáticos pertenecientes al Suborden Odontoceti, pasan gran parte de su vida en inmersión y realizando largas migraciones (Perryman *et al.*, 1999), estos individuos tienen un amplio rango de distribución geográfica y se encuentran desde aguas tropicales hasta zonas polares (Hamilton *et al.*, 2001). La mayoría son marinos, sin embargo algunos de ellos, agrupados en la Superfamilia Platanistoidea, conquistaron hábitat continentales en Asia y Sudamérica, en este último continente se encuentran distribuidos en las cuencas del Amazonas y el Orinoco individuos de las familias Delphinidae e Iniidae, representados por *Sotalia fluviatilis* e *Inia geoffrensis*, aunque de los dos, es *I. geoffrensis* el único netamente fluvial, este ha desarrollado una serie de características que le han permitido adaptarse y sobrevivir en el río y en la selva inundada. Es comúnmente conocido como delfín rosado y es de gran importancia tanto a nivel ecológico como a nivel cultural, debido a que beneficia el equilibrio del ecosistema, actuando como predador esencial de la cadena trófica y a que es considerado elemento fundamental de la cultura de los múltiples asentamientos humanos que habitan cerca al río (Goulding, 1989; Trujillo, 1997), lo cual hace pertinente el estudio sobre la especie y el conocimiento del estado actual de la misma (Rodríguez-Mahecha *et al.*, 2006).

El delfín rosado está siendo, al igual que el resto de los delfines de río del mundo, susceptible a una disminución acelerada del número de individuos que conforman sus poblaciones, es por esta razón que se hace indispensable obtener datos numéricos sobre estas, debido a que al conocer sus tamaños poblacionales será posible establecer la disminución que experimentan; también es muy importante que los esfuerzos metodológicos sean comparables a nivel internacional, razón por la cual a partir de los resultados se debe evaluar la complementariedad de métodos de conteos de distancia (Transectos lineales y Transectos en banda) que se utiliza en poblaciones que se distribuyan en áreas muy extensas y cuyos

resultados pueden ser expresados como abundancia relativa o absoluta si se multiplica por el área total habitada por la población (Smith & Reeves, 2000); y métodos como el empleado en este trabajo (Marca y Recaptura) que se aplica en lugares determinados que pueden ser áreas focales respecto a la especie objeto de estudio y que permite estimar abundancias teniendo en cuenta factores como las tasas de natalidad, mortalidad, inmigración y emigración (Eberhard *et al.*, 1979); todo esto con el fin de realizar análisis más robustos y confiables desde el punto de vista estadístico y de unir esfuerzos para la protección y conservación de estos cetáceos.

Inia geoffrensis está catalogada por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos) como vulnerable (V) y adicionalmente se encuentra listada en el apéndice II de CITES (Convención sobre el Convenio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y en Colombia está regulada por el código de Recursos Naturales por el Decreto 1608 de 1978 y se encuentra en varios Parques Nacionales Naturales donde se procura su protección; lo cual justifica cualquier estudio que fomente su conocimiento, ya que a partir de esto, es posible originar propuestas para su preservación.

En los llanos orientales de Colombia, la Fundación Omacha ha planteado y desarrollado, diferentes proyectos dirigidos al conocimiento (biológico y ecológico), uso de hábitat y de zonas prioritarias, abundancia y conservación de la especie, entre otros atributos y factores que determinan su desarrollo; investigaciones que han permitido establecer las áreas prioritarias para la subespecie *Inia geoffrensis humboldtiana*, la influencia de las épocas hidroclimáticas en ella y patrones del comportamiento alimentario y reproductivo de la misma; así como también la presión que ejercen las actividades antrópicas realizadas cerca o sobre el río, lugar donde habitan estos animales (Llanos, 2002; Castellanos, 2007; Trujillo *et al.*, 2008). Este trabajo hace parte del Primer Plan de Acción para la conservación del delfín de río de Suramérica, en el que participan los países que hacen parte de la distribución de los mismos (Ecuador, Perú, Venezuela, Colombia, Bolivia y Brasil) y dentro del cual se han realizado varias expediciones de estimación de abundancia de las poblaciones de delfín de río

existentes con los métodos de conteos de distancia Transecto lineal y Transecto en banda (Pardo, 2008) y una sola de ellas con el método Marca – Recaptura en Caballo Cocha, Perú (Gómez, 2004); es por eso que este trabajo tiene como objetivo seguir enriqueciendo los datos y la información generalizada que la fundación ha venido generando durante algo más de 10 años, sobre *I. geoffrensis* en la zona, además de evaluar la efectividad de dicha metodología por medio de comparaciones de reportes de estudios anteriores.

Esta evaluación es importante ya que al hacer una estimación de la abundancia poblacional, teniendo como parámetros las variaciones estacionales propias de la región, se puede observar y evaluar la respuesta de los individuos a las interferencias externas, ya que el aumento o la disminución en el número de individuos de una población son datos confiables, que posteriormente serán útiles para la generación de conciencia en quienes conviven con estos mamíferos acuáticos, y la creación de planes de manejo enfocados al uso sostenible y conservación de la especie.

II. ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

Aspectos Biológicos

A pesar de tener conocimiento de la existencia de los delfines de río, tanto en el continente asiático, distribuidos en India, Buthan, Nepal, Bangladesh, Pakistan y China, como en el americano, con presencia en Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia, Venezuela, Guyana y Colombia hace mucho tiempo, el estudio sobre estos cetáceos es relativamente reciente (Trujillo, 1990, 1992, 1995; Kendall *et al.*, 1995; Diazgranados, 1997).

Existen numerosos reportes de estudios realizados, sobre la abundancia de la especie *Platanista gangetica*, en ríos de Nepal e India, y *Lipotes vexilifer* en China, en los trabajos de Kasuka & Amudil, 1972; Kasuka & Nishiwaki, 1975; Pilleri & Batí, 1980; Jones, 1982; Singh & Sharma, 1985; Kaiya & Yuemin, 1989; Smith, 1993; Smith *et al.*, 1994, la gran mayoría de ellos con resultados referentes a la rápida reducción del número de individuos por población.

En Suramerica, se han realizado numerosos estudios y expediciones que han enriquecido el conocimiento sobre los delfines de río que habitan allí, desde descripciones a nivel de generos (*Inia* y *Sotalia*) como la realizada por Bates en 1863 en su libro “ The Naturalist on the River Amazons”, hasta discusiones taxonómicas a partir de observaciones de *Inia geoffrensis* en el Amazonas (Layne, 1958) y del comportamiento de algunos de sus individuos en cautiverio (Layne & Caldwell, 1964), generando una serie de dudas e incognitas, resueltas posteriormente por Van Bree & Robineau en 1973, al reunir piezas suficientes para confirmar la existencia de las subespecies *Inia geoffrensis geoffrensis* e *Inia geoffrensis boliviensis*. Sin embargo años después Pilleri & Ghir en 1977 reportan a *Inia geoffrensis* e *Inia boliviensis* como especies diferentes, además de la existencia de la subespecie *Inia geoffrensis humboldtiana*, quien habita en la orinoquía y es el más reciente en términos evolutivos (Grabert, 1984; Meade & Koehnken, 1991).

Respecto a la distribución de estos mamíferos acuáticos los avistamientos datan desde 1799, año en el cual Humboldt realizó la “Expedición por el mundo equinoccial” y reportó individuos de *Sotalia* en el Río Orinoco, luego en 1963 Hertshkowitz da los primeros reportes de *Inia geoffrensis* en el Orinoco y sugiere una posible interconexión entre las cuencas de Amazonas y Orinoco. Posteriormente Harrison & Browell (1972), Norris, *et al.* (1972), Magnusson, *et al.* (1980) y Best Da silva (1984, 1989), desarrollaron estudios dirigidos a la abundancia, biología, comportamiento y conservación de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis*, que comenzó en el Brasil y tuvo una extensión paulatina a lo largo del Amazonas; de dichos estudios se obtuvo información básica sobre la anatomía interna, anatomía externa, fisiología, comportamiento reproductivo, distribución, abundancia e influencia de los factores antrópicos en los individuos.

En los 90’s, empieza la realización de una serie de proyectos enfocados a estudiar la ecología y etología de los delfines *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis*, que incluyen estudios sobre el medio (composición íctica, vegetal y limnológica), para establecer las ventajas y desventajas que este le ofrece a los delfines objeto de estudio, en la región del Amazonas y posteriormente en el Orinoco; todo esto con el aval y apoyo de COLCIENCIAS, Fundación OMACHA, Fondo FEN, Naciones Unidas (PNUMA) y The Whale and Dolphin Conservation Society (Trujillo y Beltrán, 1992; Trujillo, 1990, 1992, 1994, 1995; Kendall *et al.*, 1995).

En Colombia se han realizado múltiples estudios sobre la abundancia, distribución, uso de hábitat y comportamiento de las toninas en el Amazonas y Orinoco (Trujillo, 1990, 1997, 2000; Diazgranados, 1997; Galindo, 1997; Ramos, 1999; Trujillo & Diazgranados, 2002). Sobre el uso de hábitat se sabe que en el Amazonas, durante aguas bajas el boto utiliza más frecuentemente zonas de confluencia y lagos, mientras que durante aguas altas los más utilizados son lagos o lagunas, confluencias, tributarios y bosques inundados; adicionalmente ha sido posible establecer que *Inia geoffrensis* tiene áreas de uso común con *Sotalia fluviatilis* en la zona de influencia de Puerto Nariño y que los tamaños grupales del primero son significativamente menores con respecto al segundo en todas las estaciones climáticas, lo cual puede ser una consecuencia de las diferencias en términos de consecución de alimento que se dan entre las especies (Rodríguez,

2008). En el Orinoco en época seca los hábitat más transitados por *I. geoffrensis* son los sistemas de confluencia, ya en época lluviosa se desplazan hacia ríos principales y tributarios, disminuyendo su paso por caños o lagunas (Trujillo, 2000). En lo referente a la composición grupal, en el Orinoco los tamaños grupales son más altos que en el Amazonas, esta diferencia se debe principalmente a que en el Amazonas existe un mayor número de otras especies que son competencia directa de *I. geoffrensis* para la búsqueda y consecución de alimento; en época de transición de aguas altas a bajas aumenta el número de avistamientos de crías, ya que al parecer en esta época se da el mayor número de nacimientos (Diazgranados, 1997; Fuentes, 1998; Pardo, 2007).

De dichos trabajos, los realizados en el Orinoco han abarcado los diferentes atributos de la población, Meade & Koehnken en 1991, estudiaron la distribución de *I. geoffrensis humboldtiana* en la zona y generaron información sobre las características químicas y sedimentos suspendidos en las aguas del río Orinoco. Lee McGuire en 1995, lleva a cabo una investigación sobre la ecología de los delfines de río en el río Cinaruco (Venezuela), en este trabajo se observan migraciones estacionales por parte de los individuos de *I. geoffrensis*, relacionadas con las condiciones del medio y la oferta alimenticia del mismo.

Diazgranados en 1997, realiza una estimación de abundancia de *Inia geoffrensis humboldtiana* en el área de influencia de Puerto Carreño (Orinoco, Colombia), concluyendo que existen variaciones en el uso de áreas prioritarias, dependiendo de la época hidroclimática, además confirma diferencias comportamentales entre esta especie y la que habita en la Amazonía, *Inia geoffrensis geoffrensis*. En el mismo año, Carantona estudia la ecología y la abundancia de estos individuos en el caño Guayapuri, afluente del río Apure en Venezuela.

En el 2001, Barón da continuidad a la investigación del uso de áreas prioritarias de la tonina en el río Orinoco, en esta ocasión, durante aguas bajas y de transición, épocas en las que se encuentra una mayor disponibilidad alimenticia para los delfines y una mayor frecuencia de visita en áreas de confluencia de los ríos Orinoco y Meta, también observa que dicha disponibilidad de alimento permite

que *I. geoffrensis* dedique una mayor cantidad de tiempo a otras actividades como socialización y descanso.

Llanos en 2002, hace una revisión de los patrones de uso de hábitat, movimiento, residencia y tamaño de las poblaciones de *I. geoffrensis* en los ríos Orinoco y Arauca, encontrando diferencias entre los dos ríos, referentes a todos los aspectos abarcados por el estudio, como consecuencia de la oferta alimenticia, también se observo que la zona que más frecuentan los individuos en ambos sistemas es el canal central.

En el 2007, Pardo realiza una estimación de abundancia y densidad de *I. geoffrensis* en el Río Orinoco (Venezuela) y en el Río Meta (Colombia), encontrando un mayor número de individuos en el Orinoco, debido principalmente a las fuertes presiones e intervenciones de las que el Río Meta es objeto, además de una evaluación de tipos de hábitats que muestra las islas y los canales como los más importantes para la especie durante la época en la cual se realizó el estudio.

Aspectos Metodológicos

El método empleado en este trabajo para la estimación de abundancia es Marca – Recaptura debido a que el trabajo se realiza en un área focal, respecto a la especie objeto de estudio; se ha podido establecer por estudios anteriores que *Inia geoffrensis humboldtiana* se distribuye en diferentes zonas dentro del área de estudio dependiendo de la época hidroclimática en la que se encuentre, además del impacto que tiene sobre la estructura del ecosistema y de la susceptibilidad que presenta ante las alteraciones ambientales y antrópicas que se dan en la zona (Diazgranados, 1997; Barón, 2001; Trujillo & Diazgranados, 2002; Llanos, 2002; Trujillo *et al.*, 2008), tal como una especie focal, presentando altas densidades en un área determinada, mientras que otros métodos como los conteos de distancia, Transecto lineal y en banda requieren de grandes longitudes de recorrido, dándose en muchos casos bajas densidades de individuos.

Existen trabajos como el de Pollock (1974, 1976, 1981) y Otis *et al.*, 1978, quienes presentan una secuencia de modelos para la estimación de tamaños poblacionales por marca – recaptura en poblaciones cerradas; proponiendo la variación temporal, la respuesta comportamental y la heterogeneidad como los tres tipos de variación que se pueden presentar.

Posteriormente, Chao *et al.*, 1992 y Burnham *et al.*, 1995, realizan estudios respecto al manejo de los datos obtenidos por medio de captura – recaptura y el análisis para los mismos.

Alpizar – Jara & Pollock, en 1999, presentan una muestra metodológica robusta para estimar la talla de una población usando transecto lineal y captura – recaptura por medio de exploración aérea.

Recientemente, Gómez en el 2004, efectuó una estimación de abundancia de *I. geoffrensis* por medio de la técnica marca – recaptura, utilizando como herramienta la foto-identificación, en el lago Caballo Cocha de Perú, resaltando la importancia de la utilización de métodos no invasivos, siendo de gran importancia para el presente estudio, ya que tiene la misma base metodológica y los resultados finales validarán la efectividad de la técnica.

III. MARCO TEÓRICO

1. DELFINES DE RÍO

1.1 Generalidades

Los delfines de río son mamíferos acuáticos pertenecientes al Orden Cetacea y agrupados en la Superfamilia Platanistoidea, estos individuos sufrieron un proceso de aislamiento de aguas marinas y de adaptación a sistemas dulceacuícolas en Asia y Sudamérica que tuvo lugar en el Mioceno tardío y el Plioceno (Barnes *et al.*, 1985; Rice, 1998). Esta Superfamilia está constituida por cuatro familias: Platanistidae, Lipotidae, Iniidae y Pontoporidae, representadas por cinco especies con diferente distribución geográfica y un alto grado de amenaza o peligro de desaparición (Trujillo, 2000).

Cada una de las especies de delfines de río, pertenecientes a las familias anteriormente nombradas, tienen diversas fuentes de amenaza, tales como capturas intencionales y accidentales por parte de pesquerías fluviales, restricción de hábitat y destrucción del mismo a causa de la polución, el tráfico, la industria y el turismo entre otras actividades humanas (Mohan, 1984; Pinedo *et al.*, 1984; Klinowska, 1991; Smith & Smith, 1998; Reeves & Chaudhry, 1998; Trujillo, 2000).

También existen delfines denominados “facultativos” que tienen la capacidad de desplazarse y permanecer ocasionalmente en sistemas oceánicos, como *Sotalia fluviatilis*, *Neophocaena phocaenoides* y *Orcaella brevirostris*, en Sudamérica, Irrawady y Asia respectivamente (Trujillo, 2000).

1.2 *Inia geoffrensis*

1.2.1 Características Generales Este delfín recibe múltiples nombres comunes que dependen directamente de la región en la que se encuentra; delfín rosado, bugeo, bufeo colorado, tonina en la orinoquía, omacha en lengua Ticuna, panabu en Sicuani, jamana en Yucuna, Amazon river dolphin en Ingles y boto en el Brasil (Trujillo & Diazgranados, 2002).

Una de las principales adaptaciones que muestra *I. geoffrensis* son sus vértebras cervicales libres, lo cual les permite mover la cabeza de un lado a otro y como consecuencia, capturar con mayor facilidad sus presas (Casinos & Ocaña, 1979; Penner & Murchinson, 1979; Best & Da Silva, 1989) además posee un cuerpo grande, robusto y muy flexible, estas características tienen importancia evolutiva para estos individuos ya que facilitan la entrada y el desenvolvimiento en el ecosistema de selva inundada (Trujillo, 2000).

El delfín rosado alcanza longitudes de 2.70m y 180Kg de peso, el más grande de los sistemas fluviales. Morfológicamente tiene una cabeza prominente y un hocico largo (Figura 1), que unido a la capacidad de mover el cuello en varias direcciones por la modificación de sus vértebras, con respecto a las de los delfines marinos, maximiza la consecución de alimento y el acceso a las diferentes zonas y recursos del bosque (Trujillo, 1990). Poseen vibrisas sensoriales en la parte superior del hocico en las primeras etapas de vida y una dentadura heterodonta con incisivos en la parte anterior y molariformes en la posterior; el número total de dientes varia entre 100 y 130 (Trujillo, 1992; Best & Da Silva, 1993; Scheirb *et al.*, 1994, Trujillo & Diazgranados, 2002).

Los ojos de los delfines de río en general son muy pequeños como efecto de la evolución regresiva de la que han sido objeto, esta reducción ha llevado a un refinamiento en el receptor acústico y a una limitación en el desarrollo del cerebro (Pilleri & Ghir, 1977, Pilleri, 1979). Se han realizado varios estudios sobre la tonina que desmienten la ceguera que se les atribuía por la disminución en el tamaño de sus ojos, en ellas son estructuras funcionales, adaptadas a las

condiciones turbias del agua en el que habitan (Philips & McCain, 1971; Pilleri, 1977; Trujillo, 2000).

Posee dos aletas pectorales grandes y anchas que pueden realizar movimientos circulares y que le permiten nadar entre los arbustos inundados, una aleta dorsal triangular, muy reducida, un poco más alta en *I. g. humboldtiana* que en *I. g. geoffrensis* debido probablemente a una adaptación para nadar en ríos mas corrientosos. **El melón tiene un valor especial en ellos, siendo prominente, flácido y con una forma que puede ser modificada por control muscular, esta estructura es de gran importancia en la eco-localización de estos organismos ya que funciona como direccionador de las ondas acústicas que produce** (Peener & Murchinson, 1979; Klima *et al.*, 1980; Trujillo, 1990; Trujillo & Beltran, 1995).

Estos individuos son nadadores lentos, en actividad normal se mueven a velocidades de entre 2.4 Km/h a 5.1 Km/h, aunque cuando aceleran pueden superar velocidades de 22.5 Km/h (Best & Da Silva, 1993).

La coloración de los bufeos es variable y depende de diferentes variables, generalmente las crías son de color gris claro uniforme y a medida que crecen pueden acentuar este color, tomar variedades de esta tonalidad, o volverse rosados pasando por patrones intermedios (Figura 1); este comportamiento de cambio de pigmentación parece estar relacionado con procesos de capilaridad y termorregulación debidos al aumento en la actividad física (alimentación y reproducción). Sin embargo, Best y Da Silva (1994) sugieren que los patrones de coloración varían según el lugar geográfico, edad de los organismos, tipo de agua y penetración de luz en la misma (Pilleri, 1969; Trebbau & van Bree, 1974; Trujillo *et al.*, 1992; Trujillo, 1994; Trujillo & Kendall, 1994; Trujillo & Beltrán, 1995; Trujillo, 2001).



Figura 1. Foto de un individuo de *I. geoffrensis* donde se aprecian algunos de los atributos morfológicos que lo distinguen.

La madurez sexual en los machos se alcanza a los 198 cm. de longitud y la masa testicular de los individuos maduros es cercano a 0.5% del peso total del cuerpo, en hembras se da a los 160 – 175 cm. de longitud y la ovulación se da con igual frecuencia en ambos ovarios, que son relativamente largos y redondeados; el periodo de gestación es de 9 – 11 meses y es externamente visible desde el quinto mes aproximadamente por distensión de la hendidura genital; el nacimiento puede durar desde 1.5 a 5 horas y la cría al nacer tiene una longitud cercana a los 79 cm., luego del nacimiento la madre permanece amamantando durante 6 meses. Aunque no ha sido determinada, se estima que la longevidad de la especie esta entre los 20 – 30 años (Harrison & Browell, 1971; Peener & Murchinson, 1979; Klocek, 1981; Best & Da Silva, 1984; Sheirb *et al.*, 1994). En cautiverio se han registrado tiempos muy cercanos a los reportados para el medio natural de madurez sexual, gestación, nacimiento y longevidad (Best, 1993; Best & Da Silva, 1993).

1.2.2 Distribución *Inia* se encuentra ampliamente distribuida en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco de Sudamérica, inicialmente se creyó que *Inia geoffrensis* tenía tres subespecies: *I. g. boliviensis*, *I. g. geoffrensis* y *I. g. humboldtiana* (Rice, 1998), aunque, después de varios estudios se determinó que el género se divide en dos especies, *Inia boliviensis* e *Inia geoffrensis* que fueron diferenciadas por las variaciones de los huesos de las aletas pectorales, vértebras cervicales y esternón (Pilleri & Ghir, 1977, 1981).

Inia geoffrensis mantiene dos subespecies: *Inia geoffrensis geoffrensis* que se distribuye entre el delta del río Amazonas cerca de Belem de Pará hasta la parte alta del mismo en Perú. Se ha reportado para la mayoría de los tributarios del Amazonas en Colombia, Ecuador y Perú (Trujillo, 1997, 2001; Best y Da Silva, 1989; Leatherwood, 1996; Trujillo & Diazgranados, 2002).

Inia geoffrensis humboldtiana de la cuenca del Orinoco, en la parte alta de Sudamérica, a lo largo de todo el río y sus tributarios tanto de Colombia como de Venezuela, esta subespecie se diferencia por tener un cráneo de estructura mas robusta, hocico más corto y menor número de dientes (Pilleri & Ghir, 1981; Diazgranados, 1997; Trujillo, 2000; Trujillo & Diazgranados, 2002). Hamilton, *et al.* (2001), después de realizar estudios con bases moleculares confirma la existencia de las dos subespecies y los caracteres que las diferencian.

1.2.3 Ubicación Sistemática

PHYLUM	Cordata
SUBPHYLUM	Vertebrata
CLASE	Mammalia
ORDEN	Cetácea (Brison, 1762)
SUBORDEN	Odontoceti (Flower, 1867)
SUPERFAMILIA	Platanistoidea (Gray, 1863; Simpson, 1945)
FAMILIA	Iniidae (Flower, 1867)
GENERO	<i>Inia</i>
ESPECIE	<i>Inia geoffrensis</i> (de Blainville, 1817)
SUBESPECIE	<i>Inia geoffrensis geoffrensis</i>
	<i>Inia geoffrensis humboldtiana</i> (Pilleri & Ghir, 1977)

1.2.4 Evolución En la actualidad los delfines de río se ubican en los continentes de Asia y América, en las planicies Indo – Gangética, Amazonas, Paraná y Yangtze, zonas que fueron cubiertas en el mioceno tardío cuando el nivel del mar aumento y que luego, a finales del mismo periodo, cuando estos niveles empezaron a descender, albergaron a estos individuos que se vieron confinados en

el continente, en ambientes dulceacuícolas y muy productivos, condiciones que provocaron el surgimiento de varias adaptaciones morfológicas y fisiológicas en los organismos para la supervivencia y permanencia de los mismos en un ambiente completamente diferente al mar (Hamilton *et al.*, 2001).

Anteriormente, debido a las notorias similitudes morfológicas y de hábitat que guardan las diferentes especies, la Superfamilia Platanistoidea era considerada como un grupo monofilético, pero al tener en cuenta la ubicación geográfica de cada una de las especies y la distancia que existe entre ellas, unido a evidencias morfológicas, moleculares y registros fósiles, se cree que dicha semejanza responde a una evolución convergente, asociada a la adaptación a sistemas ribereños que comparten condiciones fisicoquímicas como, bajos niveles de salinidad y menor penetración de luz entre otros; es por eso que aunque las relaciones entre estas especies no están claramente establecidas, se sabe que no son un grupo monofilético (Cassens *et al.*, 2000; Hamilton *et al.*, 2001; Nikaido *et al.*, 2001).

1.2.5 Hábitat Los patrones de distribución y el uso de hábitat de una especie dependen directamente de los requerimientos biológicos de la misma (Ballance, 1992; Hill, 1986) en los cetáceos la distribución esta limitada a regiones variables estacional o anualmente, guardando cierta correspondencia con sus necesidades (Raum – Siyan & Harvey, 1998).

Hace aproximadamente 4 décadas se empezaron a realizar investigaciones sobre la biología y la ecología de *I. geoffrensis* en su medio natural (Meade & Koehnken, 1991; Reeves & Laetherwood, 1994; McGuire, 1995; Hurtado, 1996; Diazgranados, 1997; Fuentes, 1998; Trujillo, 1990, 1997, 2000; Barón, 2001), la especie habita en los principales ríos, áreas de confluencia, lagunas, bosques inundados y tributarios de siete países de Suramérica: Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, Venezuela, Perú y Guyana (Leatherwood, 1996; Aliaga, 2000, Trujillo, 2000, Trujillo & Diazgranados, 2002; Gómez, 2004).

La escogencia de hábitat para los bufeos presenta claras variaciones de acuerdo al periodo hidroclimático (aguas bajas, de transición y altas) ya que el ambiente puede cambiar, siendo menos favorable para los individuos y obligándoles a

moverse en búsqueda de mejores condiciones, esta migración estacional parece estar ligada principalmente a la profundidad y la oferta alimenticia (Pilleri, 1969; Cala, 1986; McConnell *et al.*, 1987; McGuire & Winemiller, 1998; Trujillo, 2000). La preferencia de hábitat está fuertemente influenciada por la cantidad de presas que encuentren, razón por la cual en época de aguas altas, los delfines se dirigen a zonas inundadas como lagos y lagunas, ya que algunos peces se dirigen a estos espacios para reproducirse y desovar (Diazgranados, 1997); este comportamiento también ha sido comprobado por diferentes autores como, Magnusson *et al.* (1980) quien reporta mayores densidades de delfines en riachuelos y canales donde la turbulencia es más alta, lo cual puede estar asociado con la distribución y la consecución de las presas. También se ha evidenciado la preferencia de las toninas por zonas de confluencia, que son al mismo tiempo altamente productivas (Martin *et al.*, 2004). Estos sitios no solo son utilizados para la alimentación, los delfines también realizan allí actividades de socialización, descanso y cuidado parental (Hurtado, 1996; Trujillo *et al.*, 1997; Trujillo, 2000) (Figura 2).

DISTRIBUCIÓN POR PERIODOS HIDROCLIMATICOS DE *Inia geoffrensis* EN LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS ORINOCO, META Y BITA (VICHADA, COLOMBIA) AÑO 2003.

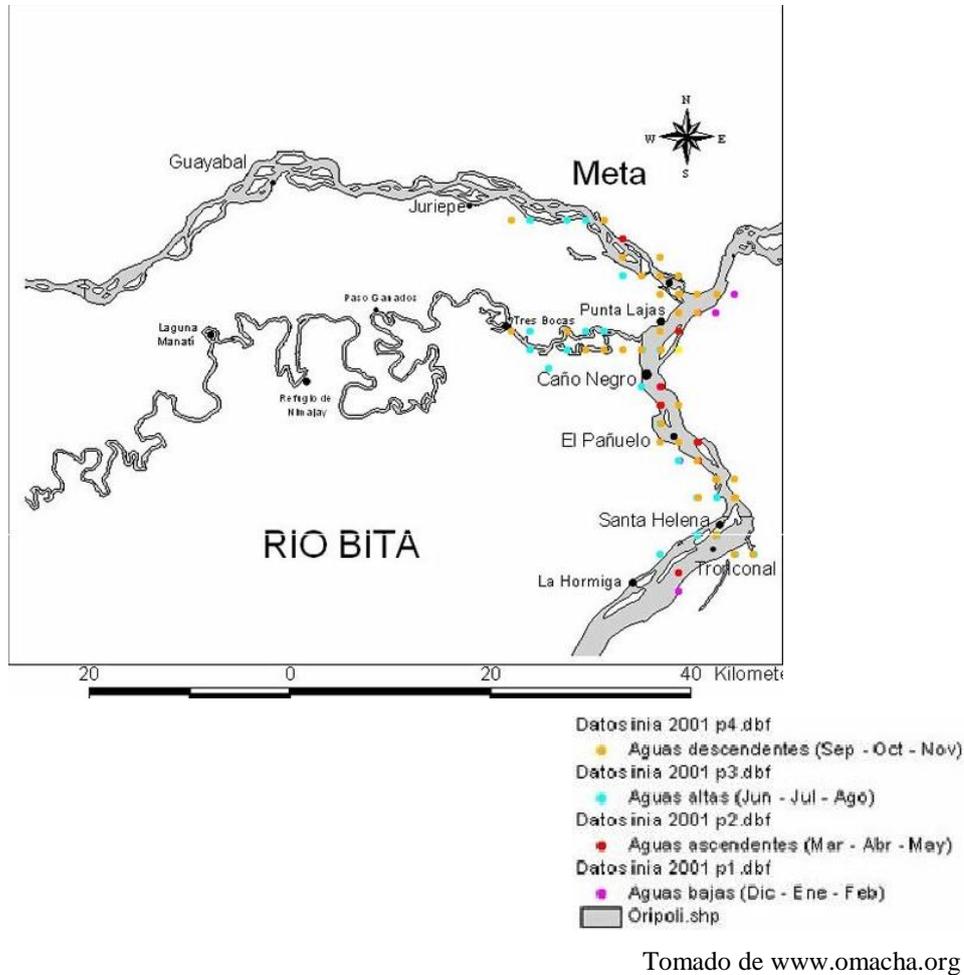


Figura 2. Mapa de distribución de *I. geoffrensis* en los ríos Orinoco, Meta y Bitá, durante las cuatro épocas hidroclimáticas del año 2003.

1.2.5.1 Tipos de Hábitat

- Ríos Principales: Estos sistemas son utilizados por los delfines para desplazarse hacia lagos y zonas de confluencia, realizando la migración por las orillas y no por el canal central, como respuesta al crecimiento de macrófitas a las que se asocian un número considerable de peces, maximizando la posibilidad de conseguir presas (Leatherwood, 1996; Trujillo, 2000); además durante aguas bajas *I. geoffrensis* se sitúa

alrededor de los bancos de arena, a profundidades inferiores a los 5 m, en donde ocurren con cierta frecuencia actividades de alimentación, socialización y cópula (Trujillo y Diazgranados, 2002).

- Tributarios: Usados principalmente en aguas altas, lo cual le permite a los individuos moverse entre zonas, algunos de los sistemas tributarios son poco productivos como el Río Bita ya que se caracteriza por tener aguas negras, es decir con una baja cantidad de sedimentos y sólidos suspendidos o disueltos, razón por la cual no atraen un número significativo de peces y por ende de delfines tampoco (Goulding *et al.*, 1988). La mayoría de los reportes corresponden a los lugares donde se acumula material orgánico que sirven como alimento y refugio de peces (Henderson & Hamilton, 1995).
- Confluencias: Son frecuentadas por los delfines durante todo el año, bajando la intensidad en aguas altas, debido a que las presas se dispersan en diferentes áreas como lagos y bosques inundados, los sistemas de confluencia confieren importancia para la alimentación de los delfines ya que son vías de acceso y salida de peces (McConnell, 1987; Trujillo, 2000). Aquí los individuos de *I. geoffrensis* mantienen una posición estacionaria, nadando en contra de la corriente y esperando oportunidades de captura (Shane, 1990; Smith, 1993; Trujillo & Diazgranados, 2002).
- Lagos y Lagunas: Son áreas muy importantes para los delfines, dicha importancia esta dada por la presencia de un alto número de crías y juveniles, en donde los buefos encuentran aguas tranquilas y una alta oferta alimenticia (Layne, 1958; Santos, 1999; Trujillo *et al.*, 2000; Trujillo y Diazgranados, 2002).
- Aguas blancas y Aguas negras: En algún momento se consideró que la acidez del agua, constituía una barrera para los delfines, pero después de varios estudios se ha demostrado que el delfín rosado frecuenta aguas blancas (más productivas) y aguas negras (ligeramente acidas) (Meade & Koehnken, 1991; Reeves & Leatherwood, 1994; Laetherwood, 1996),

luego de numerosos reportes se sabe que ambos sistemas albergan una buena cantidad de peces que se alimentan de frutos, semillas e insectos y por lo tanto son un hábitat propicio para las toninas (Revilla, 1990; Trujillo & Diazgranados, 2002).

Entre épocas hidroclimáticas también se evidencian variaciones en el tamaño y la composición grupal, siendo más altos los observados en aguas bajas (Best & Da Silva, 1993). En conclusión el uso de hábitat de *I. geoffrensis* está asociado con variaciones entre factores como la demanda alimenticia, estación hidroclimática, tipo de hábitat y competencia con otros predadores (Trujillo & Diazgranados, 2002); autores como, Whitehead & Walde (1992), hablan de la complejidad de un ambiente tridimensional, ya que las cadenas tróficas se vuelven más largas comparadas con las que ocurren en el ambiente terrestre por la difícil ubicación de las presas.

1.2.6 Comportamiento El estudio del comportamiento de los individuos de *I. geoffrensis* se encuentra limitado por la turbidez que presenta el medio en el que generalmente se encuentran y por la dificultad de hacer un seguimiento paso a paso de sus movimientos, ya que las observaciones se realizan en superficie y el tiempo que estos organismos pasan en superficie no es muy prolongado (Trujillo & Diazgranados, 2002), hasta ahora y después de varios años de estudios se tiene idea del comportamiento alimenticio y reproductivo de las toninas.

- Comportamiento Alimenticio: Se entiende como cualquier patrón de movimientos que ejecute el delfín para conseguir alimento, en *Inia* se observan, persecuciones rápidas a cardúmenes de peces, movimientos ondulatorios del cuerpo con desplazamiento hacia delante y exposición de parte dorsal para la captura de peces bentónicos, también natación superficial con inmersiones cortas durante la búsqueda del alimento, entre otros (Trujillo y Diazgranados, 2002).

Inia geoffrensis es un predador oportunista, con una dieta alimenticia de amplio rango pero basada principalmente en peces; Pilleri (1969, 1972),

reportaron la presencia del cangrejo *Poppiana argentianus* en el tracto digestivo de un individuo *I. geoffrensis*; luego Best y Da Silva (1989), concluyeron que la dieta del bufeo colorado incluye aproximadamente 43 especies de 19 familias de peces, siendo los de la familia Scianidae las presas favoritas, seguidos por miembros de la familia Ciclidae y Curimatidae; posterior a este los mismos autores en 1982 encontraron una tortuga *Podocnemis sextuberculata* en el contenido estomacal de un delfín.

- Comportamiento Reproductivo: Los cambios que se dan en el ambiente como respuesta a las épocas hidroclimáticas son suficientes para alterar y modificar los ritmos reproductivos de la mayoría de los organismos acuáticos, incluyendo los delfines (Best & Da Silva, 1984). La reproducción es un proceso que integra pasos como cortejo, cópula, nacimiento y cuidado parental, estas conductas ocurren durante el periodo de sequía, en ciertas zonas del río donde por el descenso de los niveles de agua, se da una concentración de presas y por ende una disponibilidad alimenticia aceptable. Estos organismos tienen un comportamiento polígamo y existe una serie de eventos que se dan durante su reproducción, tales como, natación en pareja con contacto corporal, exposición de vientres, penes, aletas pectorales y aleta caudal, persecuciones entre individuos mordiendo pedúnculos y aletas caudales (Trujillo & Diazgranados, 2002).

Para la etapa final del comportamiento reproductivo de la especie (cuidado parental), las hembras prefieren lugares alejados del tráfico de botes y de las comunidades humanas, esta etapa se identifica porque se da y se observa contacto corporal en el dorso, aleta pectoral u hocico, entre la madre – cría, y conductas que indican protección por parte de los adultos con la evasión y huida ante la presencia de humanos, botes o cualquier tipo de interferente (Trujillo & Diazgranados, 2002).

- Comportamiento Lúdico: En *Inia geoffrensis* se ha observado que durante el día los animales juegan con pedazos de barro que remueven del fondo y transportan hasta la superficie en su hocico, ramas, palos, pastos o plantas

que enrollan en las aletas pectorales y hocico, estos comportamientos se observan con mayor frecuencia durante aguas bajas, probablemente debido a la disminución de tiempo y energía invertida en la búsqueda de alimento, por lo cual se dedican a descansar y a interactuar con otros individuos (Trujillo y Diazgranados, 2002).

- Comportamiento vocal: Durante años la especie fue considerada como silenciosa y solitaria, dado que no se habían realizado grabaciones de silbidos, sin embargo, dichas grabaciones se han realizado recientemente, confirmando la producción y emisión de sonidos de comunicación por parte de *I. geoffrensis* lo cual indica que no es una animal solitario (Wang, 2001; Diazgranados, 2001).

1.3 Amenazas

No hay registros que puedan confirmar la existencia de predadores naturales del delfín de río, a pesar de esto, autores como Pilleri (1969), Pilleri & Ghir (1977) y Best & Da Silva (1989) señalan a las anacondas, los caimanes y los jaguares como predadores potenciales del bugeo.

Sin embargo, los delfines de río son considerados los cetáceos más amenazados en la actualidad debido a la gran presión antrópica de la cual son víctimas; construcción de represas, sobrepesca, actividades mineras, deforestación y contaminación son entre muchos otros, factores determinantes en el deterioro del hábitat del delfín rosado (Wolfgang *et al.*, 1989). Además, al tenerse en cuenta la limitada capacidad de estos individuos, para mantener altas tasas de mortalidad y el bajo crecimiento poblacional de los mismos, se concluye que es un grupo que puede colapsar fácilmente, al ser blanco de las acciones anteriormente mencionadas (Trujillo y Diazgranados, 2002).

La sobreexplotación y el aumento de la actividad pesquera, por parte de las poblaciones y asentamientos humanos, adyacentes a los ríos en los que habitan los delfines de la superfamilia Platanistoidea han tenido un efecto devastador para todas y cada una de las especies que la componen. Este efecto se debe a que la

mayoría de las pesquerías no son completamente selectivas, ya que en el afán de suplir la gran demanda comercial se dan prácticas nocivas, responsables no solo de la mortalidad de mamíferos acuáticos y un número significativo de peces, sino también de tortugas y aves marinas (Alberson *et al.*, 1994; Trujillo & Diazgranados, 2002).

La interacción de los delfines de río con las pesquerías, se ha constituido en los últimos años como el factor que más amenaza la supervivencia de la especie, ya que los delfines intentan remover los peces de las redes y son capturados accidentalmente por aparejos de pesca (Trujillo, 2003), esto se da por las mallas de monofilamento, que no son detectadas a tiempo por los delfines, ocasionando que queden atrapados en ellas y mueran ahogados, esta mortalidad incidental es la responsable de un buen porcentaje de las muertes que se registran en estas poblaciones (Trujillo & Beltrán, 1995; Best & Da Silva, 1996; Trujillo, 2000).

Respecto a dicha interacción, en Colombia se ha introducido la pesca de mapurito, que es vendido como Capaz, lo cual se ha convertido en una amenaza latente para el delfín rosado (Trujillo, 2003), en los últimos años debido a la destrucción del hábitat y a una sobreexplotación se ha generado la disminución del recurso pesquero (*Pimelodus* sp) con mayor importancia económica con respecto al interior de nuestro país. Como consecuencia se disparó la pesca comercial del pez de la Familia Pimelodidae (*Calophysus macropterus*), un bagre conocido como mota o piracatinga en la Amazonia y mapurito en el Orinoco colombiano. *Inia geoffrensis* además de ser concebido por los pescadores como un rival directo, se ha convertido en un instrumento para su captura, los delfines son matados y utilizados como cebo para atraer dichos peces. La mota está siendo fuertemente comercializada gracias, en parte al desconocimiento de los consumidores sobre el reemplazo que se dio a nivel de especies, por tanto a los hábitos de la misma y las técnicas utilizadas para su captura, siendo esta una amenaza contundente para la supervivencia y conservación de los delfines de la zona (Bonilla *et al.*, 2008; Gómez *et al.*, 2008).

En Bangladesh, donde habita *Platanista gangetica*, las redes agalleras son también las culpables de la muerte de un alto número de individuos de esta

especie (Smith & Smith, 1998), mientras en China estos decesos se dan en organismos de la especie *Lipotes vexilifer*, como resultado de actividades pesqueras con extensas líneas de anzuelos. Adicional a esto es uso de explosivos y electricidad para extracción industrial de peces, ha causado la muerte de delfines de río tanto en Asia como en Sudamérica (Trujillo & Diazgranados, 2002).

El delfines son elementos muy importantes en la cultura de los múltiples grupos indígenas, que se ubican cerca de los ríos, ya que para ellos estos organismos y el hombre comparten un origen de creación, razón por la cual les profesan gran respeto, absteniéndose de realizar extracción directa y de usarlos como fuente de alimento (Tagliavini & Pilleri, 1984), a pesar de esto, también existen reportes de caza dirigida, que tienen como objetivo la sustracción de órganos como ojos, dientes, genitales y tejido graso, que son comercializados clandestinamente, ya que algunas personas les atribuyen poderes curativos y afrodisíacos (Trujillo, 1992), aunque en ocasiones son eliminados por los pescadores, debido a que los ven como competidores directos del recurso pesquero y como los causantes del mal estado de las redes (Trujillo, 1992; Diazgranados, 1997).

La construcción de represas, berreras y muros de contención son actividades que afectan notoriamente a los delfines de río, debido a que altera la dinámica de los sistemas fluviales, provocando fluctuaciones en la temperatura, el flujo del agua y la carga de detritus, además de una disminución en la producción pesquera y en las condiciones óptimas para la sobrevivencia de diferentes organismos (Smith & Reeves, 2000).

La deforestación es otro de los factores que amenazan la existencia de los delfines de río; el bosque inundado es una de las áreas prioritarias para los delfines de Sudamérica, especialmente para los que habitan en el Amazonas y Orinoco, ya que estos son el principal hábitat de crianza de bagres y peces migratorios, en zonas de aguas calmadas donde las comunidades de plancton son importantes (Hamilton & Lewis, 1990; Goulding *et al.*, 1996) y por tanto, estos ecosistemas son frecuentados por *I. geoffrensis* durante aguas altas, en búsqueda de alimento; la destrucción de este ecosistema provoca una disminución drástica de alimento para las toninas (Goulding, 1989).

La contaminación es un evento, al cual son altamente susceptibles los delfines de río (Borrell & Aguilar, 1999), cuando es producida por derrames de petróleo y aguas de desecho en las cabeceras de los ríos, se genera el desplazamiento de *Inia* y de *Sotalia* (Denkinger *et al.*, 2000); por otro lado, la instalación de áreas de almacenamiento de petróleo, facilita la actividad de perforación cerca de los ríos, produciendo daños en el ecosistema y en los delfines (Tagliavini & Pilleri, 1984).

La actividad minera también incrementa la contaminación de los ríos; siendo la extracción de oro, otro factor que por la acumulación del mercurio puede causar daños que han sido claramente establecidos (Mallas & Benedicto, 1986; Trujillo & Diazgranados, 2002). El mercurio es vertido a los ríos en forma inorgánica, estado en el que su toxicidad es limitada, pero al incorporarse a la biota, sufre una transformación a derivados orgánicos como el metil – mercurio, que es transferido a la cadena alimenticia y maximiza su toxicidad. El mercurio es responsable de serios impactos y de altas mortalidades, sobre humanos y poblaciones silvestres; en mamíferos, este metal se acumula con la edad, en hembras atraviesa la membrana placentar y pasa a la leche (Aguilar *et al.*, 1999 En: Borrell & Aguilar, 1999). El uso de pesticidas tiene un aporte importante a la contaminación del agua, cuando son utilizados en cercanías de los ríos; como los reportados por Diazgranados (1997), DDT y acetona, en cultivos de zonas aledañas a los ríos de la cuenca del Orinoco.

La contaminación acústica afecta la salud y los procesos de comunicación entre los individuos, ya que en el medio acuático natural genera confusión en los delfines, para el reconocimiento de señales de orientación y comunicación, en los sistemas fluviales, este tipo de contaminación tiene como fuente primaria, el tráfico de embarcaciones, que en los últimos años a mostrado rápido crecimiento (Trujillo & Diazgranados, 2002).

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Red Fluvial

El río Orinoco es el tercero más largo del mundo, después del Amazonas y el Zaire, con una longitud aproximada de 2200 Km. y una descarga promedio de 36.000 m³ por segundo; forma una cuenca de 1 millón de Km², de los cuales el 70% se encuentra en Venezuela y el 30% restante en Colombia (Colonnello, 1990). Este río nace en la zona sur del macizo de las Guyanas, en la Sierra del Parima, en el límite entre Brasil y Venezuela donde corre en sentido SE - NO, hasta la confluencia con el río Guaviare, allí cambia de dirección hacia el Norte, sirviendo de límite entre Colombia y Venezuela en el borde de la Sierra del Mapiche (Weibezahn, 1990; Diazgranados, 1997). Desemboca en el Atlántico, formando el delta Amacuro, que posee 12 canales importantes, una gran cantidad de pasos menores separados por pequeñas islas y hacia el cual el río Orinoco transporta alrededor de 150 millones de toneladas de sedimentos por año (Vásquez & Wilbert, 1992; Domínguez, 1998).

De la longitud total del río 1.670m. son navegables, en Colombia solo 170m. de estos lo son, debido a la presencia de una gran cantidad de afloramientos rocosos. Algunos de sus principales afluentes los ríos Canorí, Guaviare, Meta, Vichada, Arauca y Apure, entre otros (Meade & Koehnken, 1991, Llanos, 2002).

A lo largo de todos los ríos de la cuenca del Orinoco se encuentran diferentes tipos de agua (blancas, claras y negras). Los ríos Meta, Gauviare y Apure poseen aguas blancas, que se caracterizan por ser turbias, básicas, amarillentas y con una transparencia muy limitada, debido a la elevada carga de sedimentos transportados de los Andes. Los ríos Bitá, Canorí y Caura, son algunos de los que presentan aguas negras, las cuales son típicamente transparentes por los pocos sedimentos suspendidos y la alta concentración de disolventes fúlvicos y ácidos húmicos (Meade & Koehnken, 1992; Trujillo, 2001).

El río Meta se origina en la cordillera de los Andes, en la vertiente este del Páramo de Sumapáz y recorre 1200m. hasta llegar a la desembocadura en el río Orinoco (Puerto Carreño); posee una alta carga de sólidos suspendidos y disueltos, lo que disminuye la transparencia y aumenta la conductividad (Diazgranados, 1997; Trujillo, 2000; Barón, 2001).

El río Bitá desemboca en el Orinoco, a una distancia de 10m. de Puerto Carreño aproximadamente y es considerado un tributario de navegación menor. Se caracteriza por tener aguas químicamente pobres y oligotróficas, con conductividades bajas y poca carga de sólidos disueltos y en suspensión, lo cual lo confiere una mayor transparencia, comparado con el río Meta (Diazgranados, 1997; Trujillo, 2000).

Finalmente, el río Orinoco presenta una mezcla de tipos de agua como consecuencia de ser el lugar donde varios tributarios liberan sus cauces. Es químicamente activo y tiene valores medios de conductividad y pH (Maldonado, 2000; Llanos, 2002) (Figuras 3 y 4).

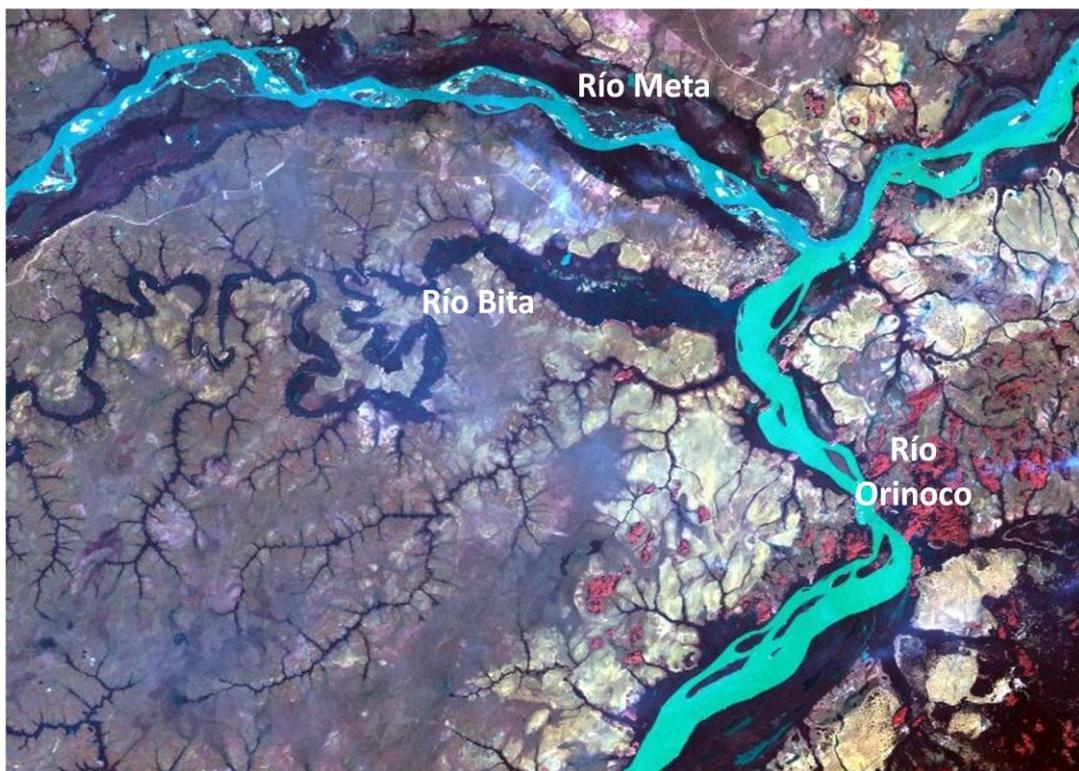


Figura 3. Imagen Satelital del Área de Estudio de la Cuenca Fluvial de Orinoco (Ríos Orinoco, Meta y Bitá).

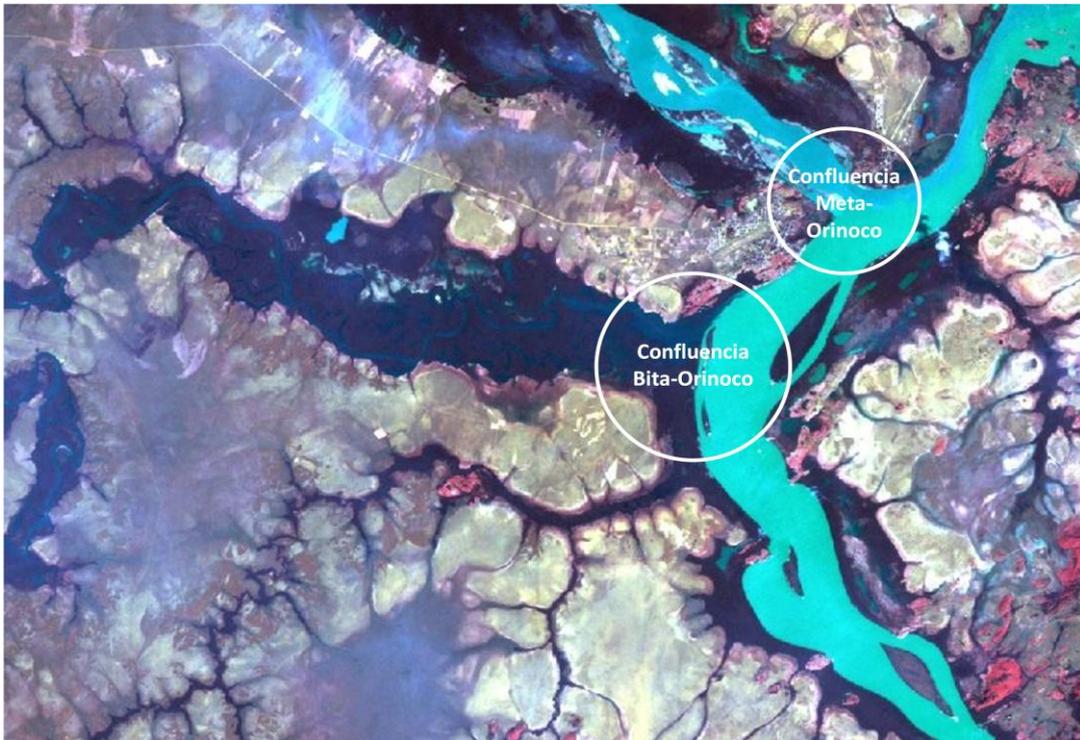


Figura 4. Imagen Satelital del Área de Estudio en la cual se observan claramente las confluencias de los ríos Orinoco, Meta y Bitá, en donde se realizaron los muestreos a lo largo de los ocho años de estudio.

2.2 Geomorfología

El territorio está constituido por rocas sedimentarias del Cretácico y Terciario, que forman capas lateríticas con mal drenaje, donde se dan morichales (Romero & Romero, 1989; Diazgranados, 1997).

2.3 Clima

Cuenta con un clima cálido seco, que corresponde al piso térmico cálido, la zona presenta un régimen unimodal de lluvias entre Mayo y Octubre, durante estos meses se da una variación en los niveles de agua de los ríos, marcando así una clara estacionalidad con periodos hidroclimáticos: aguas bajas desde Diciembre hasta Febrero, aguas ascendentes de Marzo a Mayo, aguas altas entre **Junio** y Agosto, y aguas descendentes en los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre (Trujillo, 2000).

La humedad relativa promedio anual es de 69%, la precipitación es de 2180 mm, la temperatura promedio de 28°C alcanzando máximos de hasta 40°C y mínimos de 21°C (IDEAM, 2002).

2.4 Fauna

Además cuenta con diversa y buena cantidad de fauna íctica (1200 especies). La zona de confluencia de los ríos Meta, Bitá y Orinoco cuenta con 529 especies registradas, lo cual representa casi la mitad del total de especies de peces de la Orinoquía. Los ordenes con mas representantes son Characiformes, Siluriformes y Perciformes, en el mismo orden (Maldonado, 2000; Llanos, 2002).

Durante la época seca, se observan gran variedad de aves alrededor de los caños como, gavilanes de la familia Accipitridae, garzas y chenchenas (*Opisthocomus hoazin*), entre otras (Colonnello, 1990).

2.5 Vegetación

La vegetación de la zona corresponde a la de terrenos planos, entre las que se encuentran sabanas arboladas, sabanas arbustivas, bosques de afloramientos rocosos, bosques inundables y bosques de galería. En este último se encuentra especies como el guatero (*Sclerolobium odoratissimum*), el saladillo rojo (*Caraipa llanorum*), el congrio (*Dalbergia* sp.) y coco de mono (*Lecythis* sp.), de los cuales se aprovecha madera para la construcción de casas, canoas y cercos (Diazgranados, 1997).

La mayor parte de los suelos son de naturaleza arenosa y/o rocosa con un bajo nivel de drenaje y fertilidad. Todas las especies típicas del rebalse están adaptadas al régimen estacional de inundación (Trujillo, 2000).

2.6 Población

Puerto Carreño es la capital del departamento de Vichada, ubicado en la confluencia de los ríos Meta, Bitá y Orinoco; según el último reporte del DANE

(2005) cuenta con una población alrededor de 84.000 habitantes, de los cuales hacen parte grupos indígenas pertenecientes a la familia lingüística Sáliva – Piaroa y se ubican generalmente en el costado derecho del río, además de otros que se ubican cerca de Puerto Carreño que se autodenominan Cuíbas y Amorúas (Diazgranados, 1997).

La mayor parte de la población es analfabeta y vive en un estado de pobreza absoluta; la infraestructura vial del área ha ido mejorando con el paso de los años y la cobertura de servicios públicos es prácticamente nula (DANE, 2005).

La economía depende de la ganadería extensiva, agricultura de subsistencia, industria y pesca industrial, ornamental y deportiva (IGAC, 2001).

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1 Foto-identificación

La foto-identificación es el proceso mediante el cual un animal es fotografiado, identificado y diferenciado del resto de individuos de su misma especie, luego de examinar las fotografías y detectar la presencia de marcas (de origen natural generalmente) presentes en el cuerpo. Al ser complementado con otros trabajos y llevado a cabo por periodos prolongados de tiempo permite conocer historias de vida con datos referentes a la madurez sexual e intervalos de tiempo en etapas reproductivas (Wursing & Jefferson, 1990).

Aunque para los delfines de río la toma de fotografías es un poco más compleja debido a los diferentes comportamientos que exhiben, entre ellos el de su respiración, el uso de este método permite, en la mayoría de los casos obtener imágenes en una cantidad significativa de individuos que hacen parte de determinada población (Yuanyu *et al*, 1990; Trujillo, 1994, 2000). Además de ser una herramienta útil y una ruta confiable para la obtención de información acerca

de la estructura grupal, tamaño de población y patrones de movimiento entre otros aspectos que permiten caracterizar una población (Wursing & Jefferson, 1990).

Existen varios métodos de campo para el uso de foto-identificación, como herramienta para diferenciar los individuos y de esa manera lograr estimar la abundancia de sus poblaciones, dichos métodos dependen principalmente de la especie con la cual se va a trabajar; Wursing & Jefferson (1990) proponen 3 metodologías:

- a) Estudios desde la costa: Aplica para cetáceos que habitan cerca a la orilla y que pueden ser observados desde tierra, este método no ocasiona ningún disturbio pero imposibilita tomar fotografías de ambos lados de los individuos y hacer un seguimiento de los mismos cuando se alejan de la costa.
- b) Estudios desde aviones: De gran utilidad en grupos de cetáceos muy grandes o muy dispersos, también para aquellos que habitan en áreas remotas y de difícil accesibilidad, sin embargo no asegura el censo de animales pequeños y tiene un costo elevado.
- c) Estudios desde botes: Se utiliza para todo tipo de cetáceos, el tamaño del bote dependerá de la especie de interés y la intensidad del trabajo variara de acuerdo al comportamiento de la misma, aunque este método permite un mayor acercamiento a los animales y la búsqueda de un mejor ángulo para las fotografías, afecta notoriamente el comportamiento natural de los organismos.

Según estudios realizados con *I. geoffrensis*, la metodología más adecuada es el estudio desde botes, utilizando embarcaciones pequeñas y plataformas flotantes, en algunos casos y dependiendo del área se realizan avistamientos desde la orilla, siendo estos últimos muy escasos debido al constante movimiento de los animales (Trujillo, 1994, 2000).

3.1.1 Marcas en Individuos Debido a que la foto-identificación se basa en marcas que presentan los individuos en sus cuerpos, la permanencia en el tiempo de las mismas es un factor de gran importancia para el éxito del método, con el fin de evitar la sobreestimación o subestimación, por repetición o exclusión en el número de individuos respectivamente (Eberhard *et al*, 1979).

La identificación de los individuos se puede dar por la detección de marcas artificiales, las cuales son implantadas por los investigadores con el fin de asegurar la diferenciación de los organismos del resto de los que conforman la población o grupo. También existe la identificación a partir de marcas naturales, en donde los individuos son diferenciados por los patrones físicos y no son sometidos a ningún tipo de manipulación (Eberhardt *et al*, 1979; Best & Da Silva, 1993).

El marcaje es empleado para estimar tasas de supervivencia, tamaños poblacionales y definición de rangos de distribución, con la ayuda y posterior aplicación de la técnica marca – recaptura; adicional a esto, la posibilidad de identificación dada por el marcaje es considerada esencial en estudios que involucren comportamiento y biología poblacional (Eberhardt *et al*, 1979).

3.1.1.1 Marcas Artificiales La implantación de las marcas crea cierta dependencia respecto al costo, la facilidad de dicha imposición y la relación esfuerzo-resultado, lo cual restringe el tiempo de observaciones, existen varios tipos de marcas artificiales que muestran ventajas y desventajas relacionadas con la especie sobre la cual se realiza el marcaje (Scott *et al*, 1990), (Cuadro 1).

Al relacionar este tipo de marcaje con el modelo de marca-recaptura utilizado en este proyecto, surgen una serie de inconvenientes tales como:

- Difícil determinación del número de individuos marcados de manera adecuada.

- Stokcs usualmente pequeños por el alto costo del proceso, lo cual lleva a una baja probabilidad de recapturas, dejando como consecuencia datos estadísticamente insuficientes.
- Las marcas artificiales pueden perderse en el proceso o causar muerte inmediata en algunos individuos, lo que puede resultar en sesgos para la determinación de los diferentes atributos que se pretenden conocer, tales como el tamaño de la población (Eberhardt *et al*, 1979: Gómez 2004).

Existen varios tipos de marcas artificiales cuya utilización dependen de las ventajas y desventajas que representen para la especie con la cual se esté trabajando, lo cual se explica detalladamente en el Cuadro. 1.

Cuadro1. Métodos de Marcas Artificiales utilizados en Mamíferos acuáticos.

	Marcaje	Descripción	Ventajas	Desventajas	Especie
Marcas sin Captura	Tatuaje y Marcas de pintura.	Aplicadas con latas presurizantes en la piel, por debajo del agua.	Fácil aplicación, visibles a distancia y pocos costosas	Las marcas desaparecen rápidamente.	<i>Delphinapterus leucas</i> , <i>Tursiops truncatus</i> , <i>Lagenorhincus acutus</i> .
	“Discovery tags”	Disparadas a la capa de grasa del individuo.	Se puede utilizar banderola para facilitar la visualización.	Son muestras parciales de la población por manipulación de pesquerías sobre las etiquetas. Heridas severas para animales menores de 4m.	<i>Orcinus orca</i> , <i>Globicephala</i> sp. Y zifidos.
	“Spagueti tags”	Hilos de cable conectados a dardos en acero o plástico, implantados con una ballesta.	Fácil aplicación a individuos que se desplacen libremente. Se puede marcas una cantidad considerable de individuos.	La duración de las marcas es de meses o semanas.	<i>Stenella attenuata</i> , <i>Lagenorhincus obliquens</i> , <i>Lissodelphis borealis</i> , <i>Phocoenoides dalli</i> .
	Marcas de Laser	Despigmentación de la piel de los animales a distancia, por medio de un laser.	La marca mas duradera estuvo durante 5 meses, hasta que el delfín murió por causas naturales.	Poca experiencia con el método y las marcas realizadas se desvanecen con el tiempo.	<i>Lagenorhincus obliquens</i> .
Métodos con Captura	“Fin Notching”	Crear muescas en aletas dorsales de diferentes formas, tamaños y profundidades. La fotoidentificación es necesaria para la identificación de los individuos.	Permanecen como si fueran marcas naturales y permite obtener datos como sexo y longitud, entre otros.	La creación de las muescas puede ocasionar daños severos en la salud del animal, tales como continua pérdida de sangre por mala o escasa cicatrización.	<i>Orcinus orca</i> , <i>Stenella attenuata</i> , <i>Stenella longirostris</i> .
	“Rototags”	Las etiquetas se adhieren en la parte del extremo dorsal delgado de la aleta, con un par de tenazas especializadas. Para reducir el trauma del tejido, se realiza una abertura circular previa con agujas estériles, para luego insertar la etiqueta en la abertura.	Relativamente fáciles de adherir y el riesgo de heridas es bajo. Luego de la desaparición de las etiquetas, permanecen muescas que son útiles para la identificación con técnicas como “Notching”.	La información no puede ser pedía a distancia. De no ser usado en programas pequeños de marcaje o en animales que pueden ser examinados cercanamente.	<i>Tursiops truncatus</i> , <i>Steno bradanensis</i> , <i>Stenella attenuata</i> , <i>Lagenorhincus obliquens</i> , <i>Phocoena phocoena</i> .

Cuadro1. Métodos de Marcas Artificiales utilizados en Mamíferos acuáticos.

	“Freeze brands”	Consiste en congelar una marca de metal con nitrógeno líquido o una mezcla de hielo seco con alcohol o acetona. La marca se realiza en la aleta dorsal o en la piel debajo de la aleta dorsal, causando despigmentación.	Son las marcas mas duraderas después de “Fin notching”.	Puede causar daño en el tejido muscular y en la piel si la marca se mantiene durante mucho tiempo.	<i>Tursiops truncatus</i> , <i>Stenella longirostris</i> , <i>Delphinus delphis</i> , <i>Globicephala macrorhynchus</i> , <i>Inia geoffrensis</i> .
	“Button tags”	Disco convexo de plástico biocompatible que es introducido con perforación para disminuir la acumulación de presión de agua debajo de la etiqueta, introducidas con trinquetes de acero inoxidable.	Son de fácil visibilidad y legibilidad si se realizan con etiquetas con números y símbolos grandes.	Las marcas pueden ser colonizadas por algas y otros organismos que dificultan la visibilidad y causan abrasiones en las aletas. Su tiempo de permanencia es corto.	<i>Delphinapterus leucas</i> , <i>Tursiops truncatus</i> , <i>Stenella attenuata</i> , <i>Stenella longirostris</i> , <i>Lagenorhynchus obliquidens</i> , <i>Phocoena phocoena</i> .

Tomado y modificado de Scott *et al*, 1990.

3.1.1.2 Marcas Naturales La identificación con este tipo de marcas se basa en el reconocimiento de heridas, muescas, rasguños, cicatrices y patrones de coloración entre otras características, producto de enfrentamientos con otros individuos, accidentes (choque con botes), hongos y/o parásitos; como elemento principal para la identificación y diferenciación de cada uno de los individuos que componen una población. Esta técnica ha sido usada desde hace más de 30 años en numerosas investigaciones con especies objeto de estudio diferentes (Wursing & Jefferson, 1990).

Las marcas naturales son más difíciles de observar ya que algunas de ellas son muy tenues y puede ocurrir una subestimación, por lo cual es necesario tener la mayor precaución y certeza posible en la identificación (Scott *et al*, 1990; Gómez, 2004). Adicional a esto también pueden darse falsos negativos, descritos por Gunnlaugsson & Sigurjónson (1990) como recapturas repetidas.

Este tipo de marcas tienen dos aspectos muy importantes a su favor, primero no representan ningún tipo de riesgo para la vida o bienestar del animal y segundo

permanecen en el tiempo, aunque a través de los años las marcas pueden sufrir variaciones, estas últimas pueden ser monitoreadas con base en marcas más conspicuas en el mismo organismo, por lo cual es esencial obtener varias fotografías del mismo animal, con el fin de reconocer la mayor cantidad posible de marcas sobre este. En un estudio realizado a *Tursiops truncatus* durante 14 años, se reportó cambio en las marcas, aparición de las mismas y diferencia en los niveles de cicatrización (Locker & Morris, 1990).

Debido a que esta técnica no requiere captura, no existe una determinación física y directa de edad, tamaño y sexo de los cetáceos más pequeños, sin embargo estos datos se pueden inferir a partir del comportamiento de los mismos y la presencia o ausencia de crías. Es por esto que la foto-identificación aunque es una herramienta útil y de sencilla aplicación, requiere de un esfuerzo suficiente por parte del investigador con respecto a la cantidad de fotos, de manera tal que la probabilidad de encontrar marcas de un mismo individuo que ha sido fotografiado antes, sea cada vez más alta; además también es vital para el éxito del método tener en cuenta factores como la luz, el ángulo en el que son tomadas las fotos y la distancia existente entre el bote y los organismos (Gómez, 2004).

En el caso de *Inia geoffrensis*, los individuos son identificados en la mayoría de los casos por los patrones de pigmentación, las muescas y las anormalidades de sus hocicos, lo cual es más exigente, debido a la necesidad de una mayor cantidad de fotografías, una mayor calidad en ellas y la búsqueda de captar imágenes del cuerpo completo de los individuos (Trujillo, 1994).

3.1.2 Catálogos de Foto-identificación Uno de los principales objetivos de la foto-identificación es el de identificar que individuos pertenecen a la población objeto de estudio, adicional a esto, en este trabajo particularmente se creará un catálogo de los representantes de la especie *I. geoffrensis* presentes en la zona de influencia de Puerto Carreño en el Orinoco colombiano, con el fin de establecer historias de vida y de generar información acerca de nuevos avistamientos y aparición de individuos. La observación con lupa y la proyección de diapositivas son las metodologías clásicas para la identificación de individuos una vez creado el catálogo, sin embargo estos generalmente resultan muy extensos dificultando

así dicha labor; razón por la cual han surgido alrededor del mundo asistentes computacionales que permite hacer comparaciones entre aletas de individuos conocidos y no reconocidos, con el apareamiento de imágenes utilizando sistemas digitales (Gómez, 2004).

Algunos de los asistentes más conocidos y usados hasta ahora son:

- En Florida, Estados Unidos el programa Darwin (*Eckerd College Dolphin Research Group*) para identificar aletas de *T. truncatus*. El Programa provee una interfase para acceder a una colección digital de imágenes de aletas que coloca quien esta haciendo el catálogo. Contiene además de la fotografía, una descripción de datos importantes acerca de la ubicación, fecha y tipo de marca entre otros; con lo que al tener un catálogo con imágenes previas el programa hará una comparación y expondrá en orden descendente las imágenes que más se parecen a la aleta que está siendo evaluada (http://darwin.eckerd.edu/photo_identification.html)
- En Europa el programa Europhlukes (*European Cetacean Photo-ID System and Database*) que permite hacer un catálogo colectivo de cetáceos e implementar el sistema de comparación de aletas para observar si existen individuos previamente fotografiados en otros lugares (<http://www.europhlukes.net/>).

A pesar de la eficiencia y rapidez con la cual se desarrollan estos programas y de otorgar un almacenamiento virtual de los catálogos, evitando así el deterioro de los mismos, se siguen detectando deficiencias en el momento de su implementación (Gómez, 2004).

3.2 Estimación de Abundancia

3.2.1 Generalidades Es un atributo ecológico de las poblaciones útil y necesario para determinar el tamaño poblacional, estableciendo variaciones en el número de individuos en el tiempo y el espacio, y a partir de dicha determinación es posible inferir comportamientos como el uso de hábitat en los individuos (Trujillo, 2000).

Dicha determinación da paso a una serie de evaluaciones y análisis de tipo ecológico, que darán como resultado la generación de conocimiento respecto al papel de los individuos en el ecosistema y el desarrollo de estos en el mismo (Gómez, 2004).

La abundancia es el atributo ecológico, que pretende determinar el número de individuos de una especie y puede estimarse de dos maneras: abundancia absoluta y abundancia relativa; la absoluta consiste en establecer el número de individuos en un área predeterminada, aunque en la mayoría de los casos no es posible abarcar toda la población por factores como una distribución dispersa y lejana y del organismos o la extensión y difícil acceso de la zona de estudio (Smith & Reeves, 2000).

Mientras que la abundancia relativa se basa en estimar un índice, expresado en términos de avistamiento por unidad de tiempo y área; para lo cual se requiere la eficiencia de mantener una fracción constante de detección de la población por parte de los observadores, ya que la inexperiencia de estos junto a factores como condiciones medio ambientales, el comportamiento de los animales, la velocidad del bote y la plataforma de avistamiento, pueden alterar la eficiencia del proceso (Smith & Reeves, 2000).

En cetáceos han sido modificadas muchas de las técnicas existentes para la estimación respecto al tipo de ecosistema y los población que se quiere medir, dependiendo en gran parte de la distribución de ellos (Argones *et al*, 1997).

3.2.2 Metodologías para la Estimación de Abundancia Bucklan & York (2002) describen cuatro métodos para estimar abundancias en mamíferos acuáticos:

- Muestreo de Distancia
- Conteos de Migración
- Conteo de Colonias
- Marca – Recaptura

3.2.2.1 Muestreo de Distancia: Útil en poblaciones de individuos fácilmente observables y distribuidos en áreas muy extensas, puede ser dada como un índice de abundancia relativa o como abundancia absoluta si se multiplica por el área total habitada por la población muestreada (Smith & Reeves, 2000). Dentro de este muestreo Buckland & York en el 2002 describen tres metodologías:

- Transectos Lineales
- Transecto en banda
- Conteos por señales

3.2.2.2 Conteos por Migraciones: Este tipo de muestreo se utiliza en especies que realizan migraciones masivas y que se aproximan a la costa, para lograr el conteo de toda la población. Si las condiciones medio ambientales dificultan o impiden la visibilidad de todo el grupo, se debe hacer por extrapolación, subestimando o sobreestimando el tamaño real en algunos casos (Eberhard *et al*, 1979; Buckland & York, 2002).

3.2.2.3 Conteos de Colonias: Este tipo de muestreo evalúa el número de individuos en tierra en el momento del conteo, en el se tienen en cuenta períodos estacionales y el tiempo durante el cual se realizan los conteos, es muy utilizado para áreas reproductivas de mamíferos acuáticos como los pinnípedos (Eberhard *et al*, 1979).

3.2.2.4 Marca – Recaptura: Es de vital importancia hacer estimaciones de variables demográficas que afectan el tamaño poblacional, tasa reproductiva, tasa de emigración y de mortalidad. Este método puede ser usado para la estimación de tamaños poblacionales mortalidad más tasa de emigración y nacimientos mas tasa de inmigración, aunque el estudio simultaneo de los tres factores, depende de el modelo que se utilice (Pollock *et al*, 1990).

Esta técnica se basa en estimar el tamaño poblacional en un lugar determinado siguiendo la siguiente rutina: se realiza una primera captura en donde los animales son reconocidos (fotografiados), posteriormente son liberados y finalmente se da una segunda captura, a partir de la cual se establece el número de individuos

recapturados, es decir los que fueron capturados en las dos oportunidades (Eberhard *et al.*, 1979; Buckland & York, 2002).

4. MARCA - RECAPTURA

4.1 Generalidades

Existen varios modelos que pueden ser aplicados para la estimación de abundancia de una población por el método ya expuesto de marca – recaptura, para decidir cual modelo debe ser aplicado es necesario conocer los patrones de movimiento y la ubicación geográfica de los individuos. Este método se usa para dos casos especialmente, poblaciones cerradas y poblaciones abiertas y para cada una de ellas se dan diferentes técnicas estadísticas. Para poblaciones cerradas se aplica el modelo de *Lincoln – Petersen* y para poblaciones abiertas el método de *Jolly – Seber*. En términos generales los modelos aplicables a poblaciones cerradas son más simples (Eberhard *et al.*, 1979; White *et al.*, 1982; Pollock *et al.*, 1990).

4.1.1 Modelo para poblaciones cerradas *Lincoln – Petersen* Consiste en capturar una muestra de n_1 (animales que se marcan y liberan), luego una muestra n_2 , en donde m_2 son aquellos que habían sido previamente marcados o reconocidos; el estimador de la población total (N) puede ser derivado de la noción de que el radio de los animales marcados con respecto al total de individuos del segundo muestreo debe reflejar el mismo radio en la población, así:

$$\frac{m_2}{n_2} = \frac{n_1}{N}$$

Ec. 6

entonces;

$$N = \frac{n_1 * n_2}{m_2}$$

Ec. 7

para ajustar la dispersión de los datos;

$$N_C = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1) - 1}{m_2 + 1}$$

Ec. 8

la varianza estimada;

$$\text{var } N_C = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)(n_1 - m_2)(n_2 - m_2)}{(m_2 + 1)^2(m_2 + 2)}$$

Ec. 9

y el intervalo de confianza del 95%;

$$N_C \pm 1.96 (\text{var } N_C)^{0.5}$$

Ec. 10

Las suposiciones que se deben tener en cuenta para este modelo son:

- La población es cerrada, sin adiciones y deleciones, esto no se aplica en todos los casos ya que los efectos pueden ser muy fuertes y si el tiempo del estudio es muy prolongado.
- Todos los animales tienen la misma probabilidad de captura en cada muestra, aunque pueden haber variaciones, por lo cual se debe tener en cuenta la heterogeneidad y la respuesta de captura.
- Las marcas no se pierden y no se sobreestiman por parte del observador, lo cual es fundamental ya que si llega haber pérdida de marcas, la relación m_2/n_2 será muy baja y N será muy alta muy grande, lo que ocasiona sesgo y error en los resultados (Pollock *et al*, 1990).

4.1.2 Modelo para poblaciones abiertas Jolly – Seber En este modelo el efecto de los nacimientos, muertes, inmigraciones y emigraciones si se tiene en cuenta ya que los resultados son calculados de acuerdo a estas variaciones en la población, se dan estimadores poblacionales asociados al modelo (Cuadro2).

Cuadro 2. Estimadores poblacionales asociados al Modelo *Jolly – Seber*.

	Definición	Estimadores
M_i	# de animales marcados en la población al momento en que la muestra es tomada ($i = 1, \dots, k$; $M_1 = 0$).	$M_i = m_i + \frac{(R_i + 1) z_i}{R_i + 1}$ Ec. 11
N_i	# total de animales en la población en el momento en que se toma la muestra ($i = 1, \dots, k$).	$N_i = \frac{(n_i + 1) M_i}{m_i + 1}$ Ec. 12
B_i	# total de animales nuevos que entran a la población entre la muestra ($i + 1$) y permanecen en la población en el momento ($i = 1$), ($i = 1, \dots, k - 1$).	$B_i = N_{i+1} - \hat{O}_i (N_i - n_i + R_i)$ Ec. 13
\hat{O}_i	Probabilidad de supervivencia para todos los animales entre la muestra y ($i = 1$), ($i = 1, \dots, k - 1$).	$\hat{O}_i = \frac{M_{i+1}}{M_i - m_i + R_i}$ Ec. 14
P_i	Probabilidad de captura para todos los animales en la muestra ($i = 1, \dots, k$)	$p_i = \frac{m_i}{M_i} = \frac{n_i}{N_i}$ Ec. 15

Tomado de Pollock *et al* (1990).

M_i , es el número de animales marcados en la población justo antes del segundo muestreo y siempre es desconocido en los modelos de poblaciones abiertas.

\hat{O}_i y p_i , son estimadores de verosimilitud. Se recomienda que los valores m_i y n_i deben ser mayores a 10 para resultados precisos (Pollock *et al*, 1990).

4.1.2.1 Test de bondad de ajuste Estas son pruebas estadísticas en las cuales la validez de una hipótesis es probada sin la especificación de una hipótesis alterna. Primero se decide una prueba estadística que es la medida de distancia entre la hipótesis y los datos (*badness-of-fit*), se calcula la probabilidad de obtener datos

que tengan valores más altos de este estadístico con respecto al valor observado, asumiendo que la hipótesis es verdadera, esa probabilidad es llamada nivel de confianza. Las probabilidades mucho más bajas de 1 indican un ajuste pobre, las probabilidades cercanas a 1 significan un buen ajuste.

Se recomienda el empleo del test por medio de la prueba Chi-cuadrado, basado en la comparación de animales capturados observados y esperados en cada una de las capturas (Pollock *et al.*, 1990).

Existen varios paquetes estadísticos que resultan muy eficientes en el análisis de poblaciones biológicas, sin embargo son POPAN, SURPH, SURGE y MARK, los más utilizados en estudios relacionados con datos obtenidos con la metodología Marca – recaptura (Tabla. 1) (<http://www.phidot.org/software/>).

Tabla 1. Programas estadísticos para análisis poblacional asociado a datos obtenidos con el método de marca – recaptura.

Programa		Generalidades	Características Específicas
POPAN	POPulation Analysis	Crea y mantiene archivos de marca – recaptura para poblaciones abiertas y se calculan estadísticas a partir de esos datos.	Es el único que estima abundancia poblacional.
SURPH	SURvival Under Proportional Hazards	Estimación de sobrevivencia como una función de efectos ambientales y experimentales.	No maneja modelos de estructura de edades.
SURGE	Survival Generalized Estimation	La mayoría de los programas asociados a marca – recaptura, tienen las bases en este programa.	No puede manejar más de dos parámetros (tasa de recaptura y sobrevivencia).
MARK	Analysis of Data from marked Individuals	Provee estimaciones de parámetros de un grupo de animales marcados que son avistados en ocasiones posteriores. Útil para poblaciones abiertas y cerradas.	Maneja casi todo tipo de parámetros (analysis de telemetría multiestado, modelos de movimiento y categorías de edades), maneja simultáneamente tasa de sobrevivencia y recaptura.

<http://www.phidot.org/software/>

IV. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El estudio pretende estimar, mediante el Método Marca – Recaptura, con la técnica no invasiva de foto-identificación, la abundancia (número de individuos) de *Inia geoffrensis humboldtiana*, en el área de influencia de Puerto Carreño, ríos Orinoco, Meta y Bitá, durante los ocho años de muestreo tenidos en cuenta para este estudio; además de evaluar la efectividad de la técnica en trabajos que involucren la abundancia como atributo a medir.

V. OBJETIVOS

1. Objetivos Generales

Estimar la abundancia del delfín de río *Inia geoffrensis* en el área de confluencia de los Ríos Orinoco, Meta y Bitá con el Método Marca – Recaptura, utilizando como herramienta de trabajo la foto – identificación.

2. Objetivos Específicos

1. Estimar la abundancia de *Inia geoffrensis* en el área de estudio usando el modelo de poblaciones cerradas de Marca – Recaptura.
2. Analizar la efectividad del Método Marca – Recaptura con el fin de determinar si es apropiado para la estimación de abundancia en delfines de río.
3. Evaluar patrones de residencia y movimientos en los delfines identificados a través de foto – identificación de marcas naturales.

3. Hipótesis

La mayoría de los individuos observados y foto capturados presentan patrones de residencia, dependientes de la época hidrolimática; permitiendo así, una adecuada aplicación del Método Marca – Recaptura sobre la población.

VI. METODOLOGÍA

Está compuesta por dos fases de trabajo: fase de laboratorio y análisis de resultados.

1. Fase de Laboratorio

Se realizó una revisión y una catalogación de fotos tomadas por investigadores de la Fundación Omacha desde el año 1996 hasta 2007, constituido por 2444 fotos aproximadamente. Cada una de dichas fotografías fueron observadas cuidadosamente con la ayuda de una lupa de aumento 4x y en algunos casos de un proyector de filmas, lo cual permitió ver con claridad, detalles difíciles de ver solo con la ayuda de la lupa. Durante la revisión se tuvieron en cuenta varios aspectos para determinar si las imágenes eran elementos adecuados para el estudio, a continuación se exponen las características que producen la eliminación de una fotografía:

- Ángulo: Las fotografías que no muestran información relevante sobre marcas en los individuos (frontales o de aletas caudales por lo general) (Figura 5a).
- Distancia: La distancia entre el observador y el individuo a capturar no debe ser muy amplia, es decir, en la fotografía deben ser visibles detalles del delfín (Figura 5b).
- Luz: Las fotografías tomadas a contra luz, ya que de esta manera no es posible visualizar los patrones de pigmentación del individuo, lo cual en *Inia geoffrensis* es fundamental en el momento de la identificación (Figura 5c).
- Nitidez: Las fotografías desenfocadas, ya que esto ocasiona que la imagen se vea borrosa (Figura 5d).

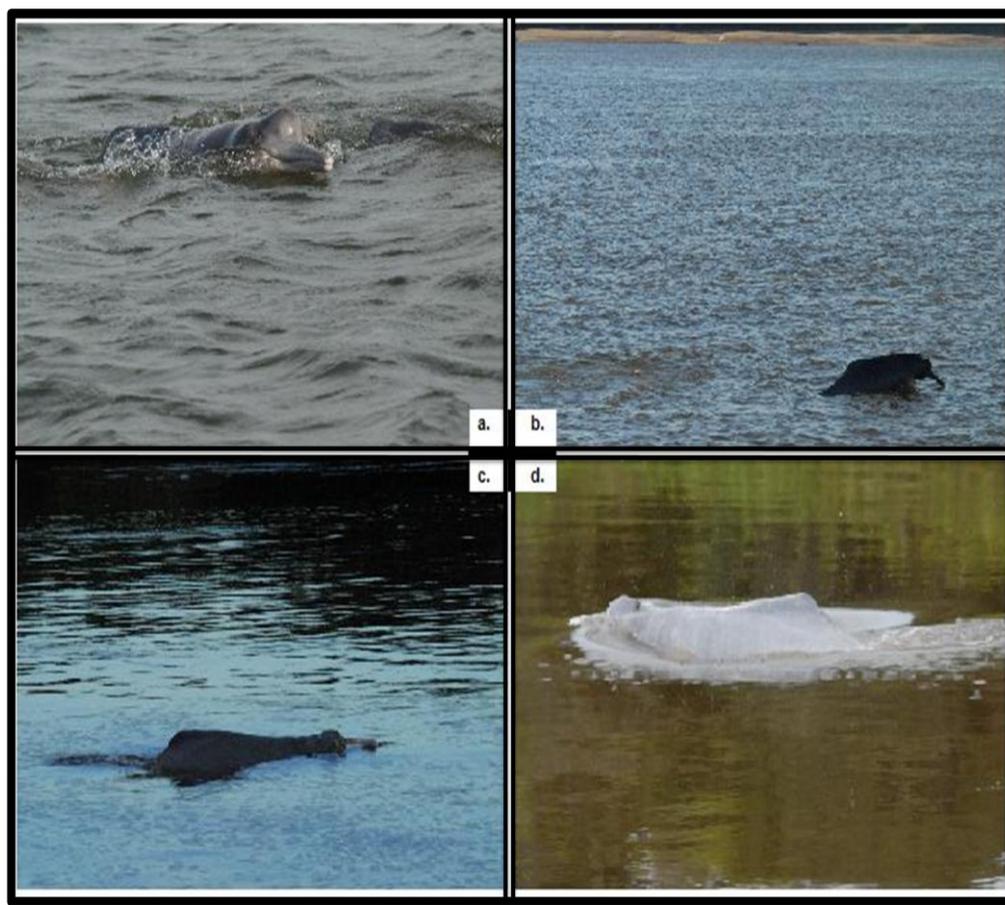


Figura 5: Fotografías que ilustran de manera negativa (descartadas), cada uno de los aspectos tenidos en cuenta en la revisión de las 2444 fotos existentes y la determinación de adecuadas. **5a.** Foto en ángulo frontal de un delfín, no se puede visualizar ningún tipo de marca. **5b.** Foto muy lejana, no es posible observar detalles del individuo. **5c.** Foto a contra luz, no permite ver patrones de pigmentación. **5d.** Foto borrosa, no se identifican marcas.

Posteriormente se realizó la identificación de los individuos capturados, basándose en los siguientes criterios:

- Muecas (M).
- Cicatrices y Protuberancias (CP).
- Patrones de Pigmentación (PP).
- Rasguños y Marcas de Dientes (RMD).
- (Deformidad) Hocicos Anormales (HA). (Figura 6).

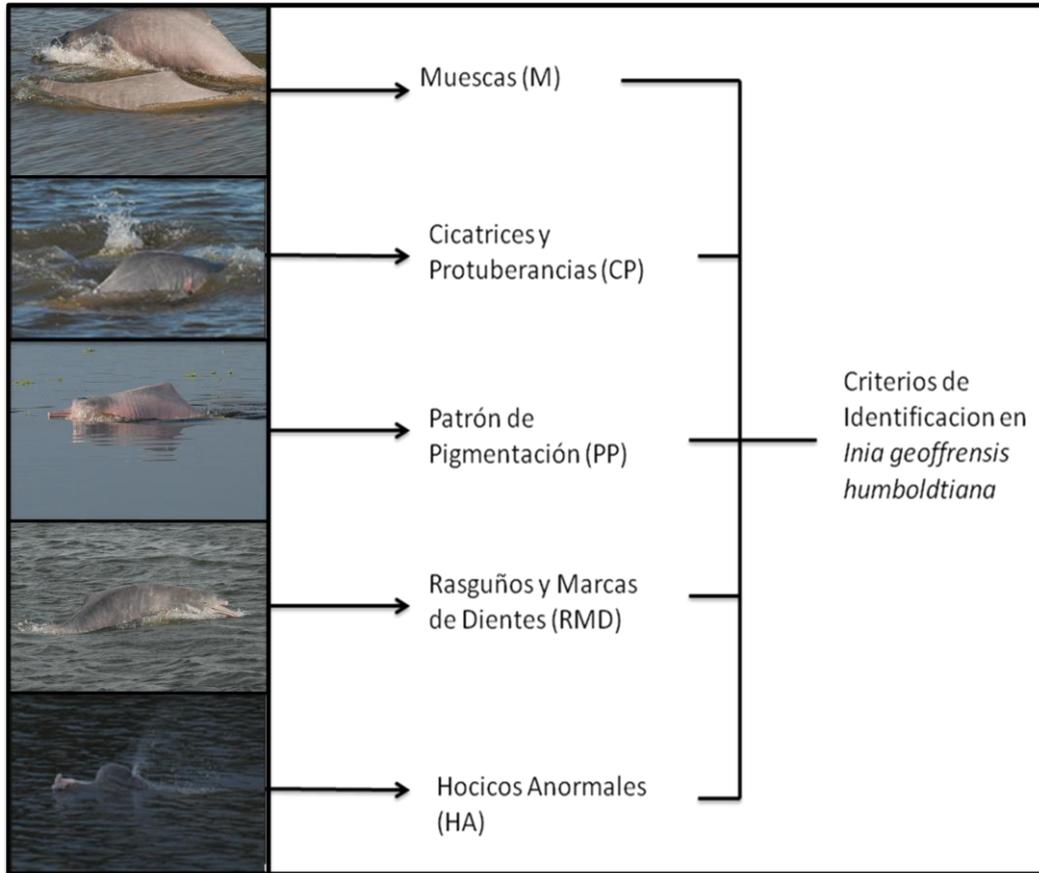


Figura 6. Imágenes de cada uno de los criterios de identificación de *Inia geoffrensis humboldtiana*, tenidos en cuenta para el presente estudio.

Dicha identificación se realizó con el apoyo y la supervisión de varios investigadores de la Fundación Omacha.

Finalmente se procedió a la construcción de una base de datos binomial con la historia de capturas y los nombres o códigos de cada uno de los individuos registrados, en donde las variables utilizadas fueron ausencia (0) y presencia (1) en cada una de los periodos de muestreo (Figura 7).

NOMBRE	PERIODOS DE MUESTREO								
	AÑOS	1996			1997		1998		
	MESES	Enero	Marzo	Agosto	Enero	Mayo	Enero	Febrero	Abril
A		1	1	0	1	0	1	0	1
B		1	0	1	0	0	1	1	1
C		0	0	0	0	1	0	1	1
D		1	1	1	0	1	0	1	1

Figura 7. Muestra del diseño de la matriz binomial construida en este trabajo; donde las variables son ausencia (0) y presencia (1), la columna NOMBRE correspondería a los delfines capturados fotográficamente en la matriz real. Los datos empleados en este ejemplo no son los datos reales.

2. Análisis de datos

Estimación de Abundancia

Una vez construida la base de datos binomial, se evaluó la misma y se comprimió con el fin de realizar el análisis solo de las muestras que fueran significativas.

Posterior a esto se realizó el análisis de los datos utilizando el Programa estadístico MARK, ya que es, de los programas disponibles, el de más fácil comprensión, para análisis de datos correspondientes a poblaciones constituidas por individuos con marcaje (Cooch & White, 2002) (Tabla 1), tiene una alta accesibilidad ya que se encuentra en versiones libres (gratis) en Internet y es el más utilizado últimamente en estudios que involucren Marca – Recaptura. Este programa proporciona varias pruebas que permiten la estimación de abundancia de poblaciones, la escogencia de dichas pruebas dependen de los supuestos estadísticos y el comportamiento biológico de la población de interés.

Adicionalmente se realizó un Análisis de Componentes Múltiples (ACM) utilizando el Programa Spat, con el fin de identificar de un modo gráfico y legible, las relaciones existentes entre las modalidades de la variable original (tiempo), como lo son (meses, época hidrolimática) y los individuos. Dicho programa calcula los valores y vectores propios de la base de datos de este

trabajo para la posterior construcción de un plano (Anexo 1), se obtiene un histograma que indica los ejes que se deben tener en cuenta para realizar un plano factorial fácil de entender, que represente bien los datos recogidos en el estudio y sin perder información, para esto observamos la forma del histograma de los valores propios de la matriz conformada por los datos dados. Interesan los primeros ejes que se destaquen sobre los demás (Anexo 2).

Efectividad del método

Se realizan una serie de comparaciones a nivel de logística y de resultados numéricos entre el presente estudio y trabajos anteriores con los cuales comparte al menos uno de los siguientes ítems:

- Especie objeto de estudio: *Inia geoffrensis humboldtiana*
- Área de estudio: Zona de confluencia de los Ríos Orinoco, Meta y Bitá. Orinoco Colombiano.
- Metodología: Marca – recaptura.

Patrones de residencia y movimiento de *Inia geoffrensis humboldtiana*

Se comparan los mapas construidos con anterioridad por la Fundación Omacha por medio del Programa ArcGis, para cada una de las épocas hidroclimáticas de la zona, durante los ocho años de muestreo; se evalúa cuales son los movimientos más evidentes de la población dentro del área y se analizan las causas ecológicas y biológicas de dichos movimientos.

IX. RESULTADOS

1. Foto-Identificación

Se observó un total de 2444 fotos de individuos de *Inia geoffrensis* en los ríos Meta, Bitá y las confluencias Meta – Orinoco y Bitá – Orinoco, 232 de estas fueron de delfines con marcas naturales claras, sobre las cuales se identificaron 143 delfines.

El 36% de los delfines fueron identificados por la presencia de muescas en diferentes zonas de la aleta dorsal ($n = 52$), seguido con un 25% pertenecientes al patrón de pigmentación ($n = 36$), otro 23% por la presencia de cicatrices y protuberancias ($n = 33$), el siguiente 14% fueron identificados por rasguños y marcas de dientes por parte de otros animales ($n = 18$) y el 3% restante por el criterio hocicos anormales con $n = 4$. (Figura 8).

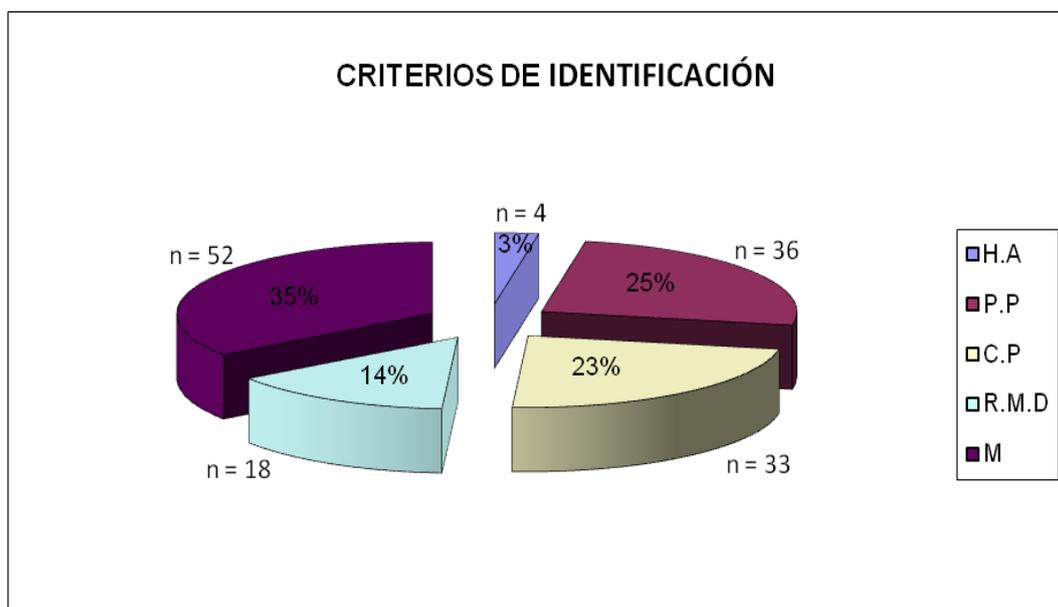


Figura 8. Gráfica de frecuencia relativa de los criterios de identificación presentes en el catálogo de individuos capturados fotográficamente e identificados de *I. geoffrensis* en la zona de estudio, durante los ocho años de muestreo.

2. Número de Capturas de Individuos Identificados

La mayor parte de los individuos identificados solo fueron fotografiados 1 vez ($n = 63$), seguido por los que fueron observados 2 y 3 veces con ($n = 32$ y $n = 22$) respectivamente. La frecuencia de avistamiento para los 143 delfines identificados estuvo entre 1 y 11, tan solo 18 individuos se observaron más de 5 veces (Figura 9).

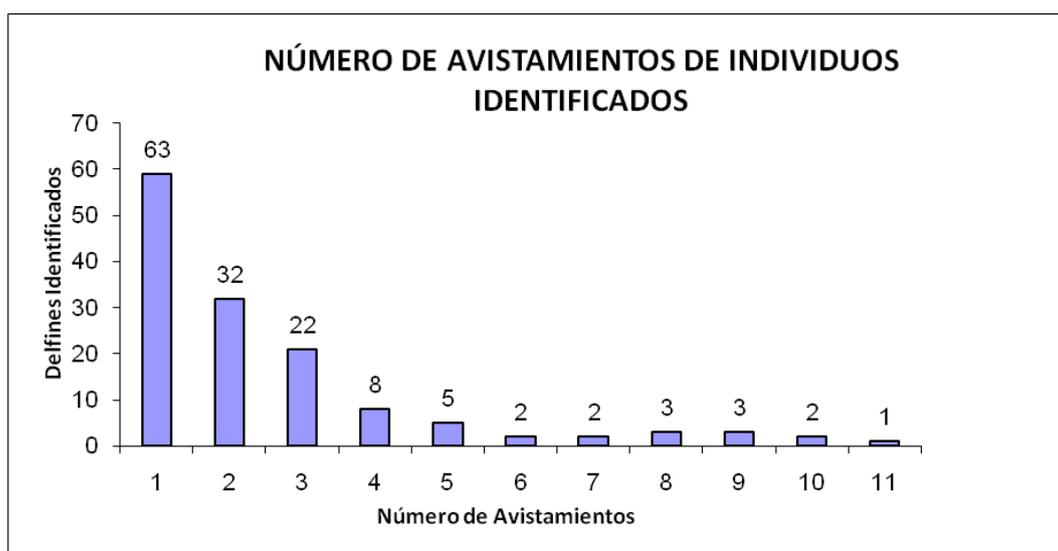


Figura 9. Gráfica de número de veces (frecuencia) que fueron capturados los 143 delfines identificados por medio de foto-identificación en los ocho años de muestreo.

3. Tasa de Captura de Individuos Foto-Identificados

La tasa en la cual los delfines fueron observados por primera vez muestra que el 56% de los individuos fueron vistos en 1996 y 1997, los 2 primeros años de muestreo ($n = 80$), luego en 1998 se observan 6 nuevos individuos, el 6% del total de los delfines, posteriormente en el 2000 aparecen 10 nuevos registros (7%), luego en el 2001 se registran 20 nuevos individuos (14%) y en 2003 otros 8 (5%). Después en 2006 y 2007 se registran 19 nuevos delfines, con 6 y 13 para cada año, alcanzando así un porcentaje del 12% de la población identificada (Figura 10).

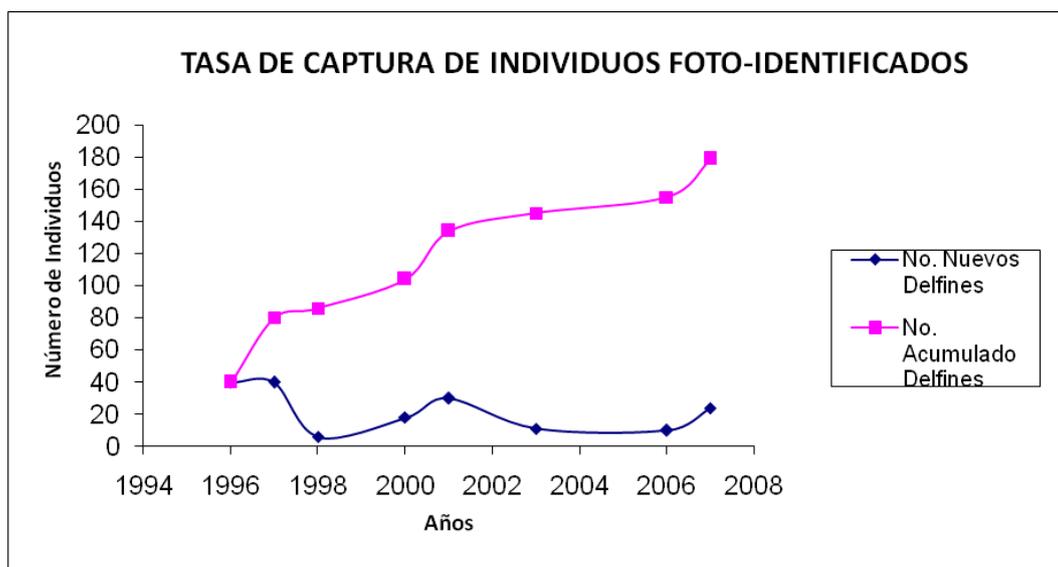


Figura 10. Gráfica de nuevos registros fotográficos a lo largo de los ocho años de muestreo que se tienen en cuenta en el presente estudio.

4. Abundancia de *Inia geoffrensis* estimada con el Programa MARK

La abundancia de la población en cada uno de los años de muestreo ha variado considerablemente, en 1996 y 1997 se muestra un tamaño poblacional en aumento de 51 a 77 individuos y una disminución en el tercer año de muestreo (1998) con 26 individuos, luego en el 2000 se muestra una abundancia de 28, la cual asciende a 62 delfines en el año 2001 y continua en aumento para el año 2003 con 64 miembros de la población. Posteriormente se da una disminución en el número de individuos en el año 2006 con 21 de ellos y, finalmente en 2007 se da un nuevo crecimiento, mostrando una abundancia de 65 individuos (Cuadro 3) (Figura 11).

Se realizó un tratamiento estadístico de la variación de datos entre los ocho años de muestreo por medio de un box – plot (Figura 12) con base en el cual se realiza un posterior análisis de varianza con una tabla ANOVA que muestra un componente entre grupos con un F- radio de 0.716847 y un p-value de 0.6579 (Tabla2). También se aplicó el Test de Kruskal – Wallis que hace una comparación entre rangos en lugar de medias, con el fin de confirmar el resultado

del Test anterior ya que existen datos atípicos para tres de los ocho años que constituyen el trabajo; dando como resultado un valor estadístico del test de 12.1142 y un p-value igual a 0.0968656 (Tabla 3).

Cuadro 3. Abundancias estimadas para cada uno de los ocho años de muestreo, con sus respectivos error estándar e intervalos de confianza.

Años de Muestreo	N (Número de Individuos)	(EE)Error Estandar	IC (Intervalo de confianza)
1996	51	14.49	37 – 101
1997	77	14.71	60 – 121
1998	26	4.10	23 – 41
2000	28	12.10	21 – 54
2001	62	14.11	50 – 85
2003	64	14.43	56 – 73
2006	21	9.81	19 – 45
2007	65	9.07	40 – 79

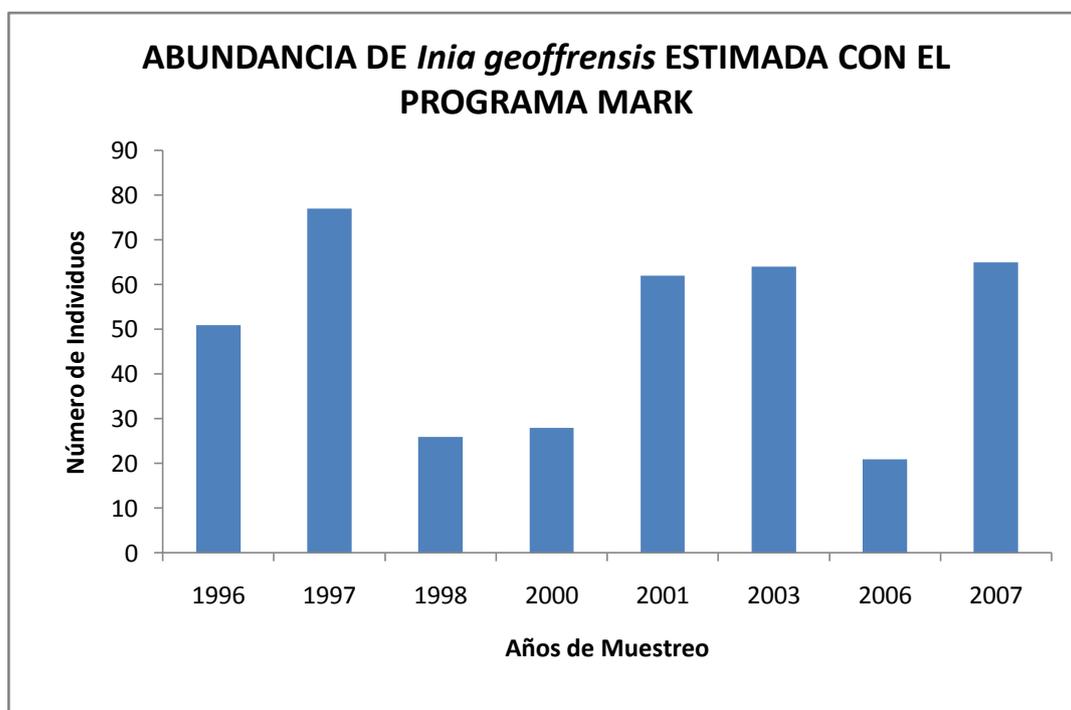


Figura 11. Cambios en la abundancia de la población de *I. geoffrensis*, calculados por medio del Programa MARK, a lo largo de los ocho años de estudio, como consecuencia de los diferentes esfuerzos muestréales realizados en cada uno de ellos.

Comparación de Box-plot

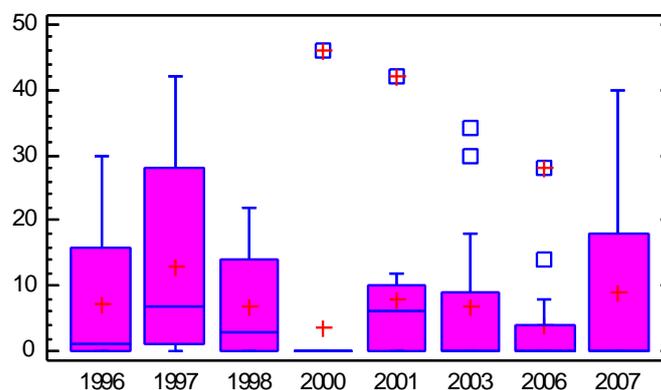


Figura 12. Box – Plot que muestra la variación entre el número de delfines observados en los ocho años de muestreo que involucra el presente estudio.

Tabla 2. Tabla ANOVA que muestra los resultados del análisis de varianza realizado a los datos de los ocho años de muestreo del estudio.

ANOVA Table

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	725,167	7	103,595	0,72	0,6579
Within groups	12717,3	88	144,515		
Total (Corr.)	13442,5	95			

Tabla 3. Resultados calculados con el Test Kruskal – Wallis aplicado a los datos del estudio en base al grafico de cajas de los ocho años de muestreo incluidos en este estudio.

Kruskall-Wallis Test

	Sample Size	Average Rank
Año 1996	12	50,9167
Año 1997	12	63,375
Año 1998	12	55,875
Año 2000	12	33,6667
Año 2001	12	53,875
Año 2003	12	42,7917
Año 2006	12	40,0417
Año 2007	12	47,4583

Test statistic = 12,1142 P-Value = 0,0968656

- Densidad

Adicionalmente se calculó la densidad poblacional para cada uno de los ocho años de muestreo incluidos en este estudio, utilizando el área aproximada calculada a escala con los mapas elaborados en ArcGis 3.2a, dando como resultado el cuadro y la figura que se muestran a continuación (Cuadro 4) (Figura 13).

Cuadro 4. Valores de densidad poblacional para cada uno de los años de muestreo incluidos en el presente estudio y calculados a partir del área hallada con el programa ArcGis.

AÑO	N (NÚMERO INDIVIDUOS)	DENSIDAD (N/Km²)
1996	51	0.469
1997	77	0.939
1998	26	0.437
2000	28	0.299
2001	62	0.501
2003	64	0.437
2006	21	0.267
2007	65	0.640

Área aproximada = 93.63 Km².

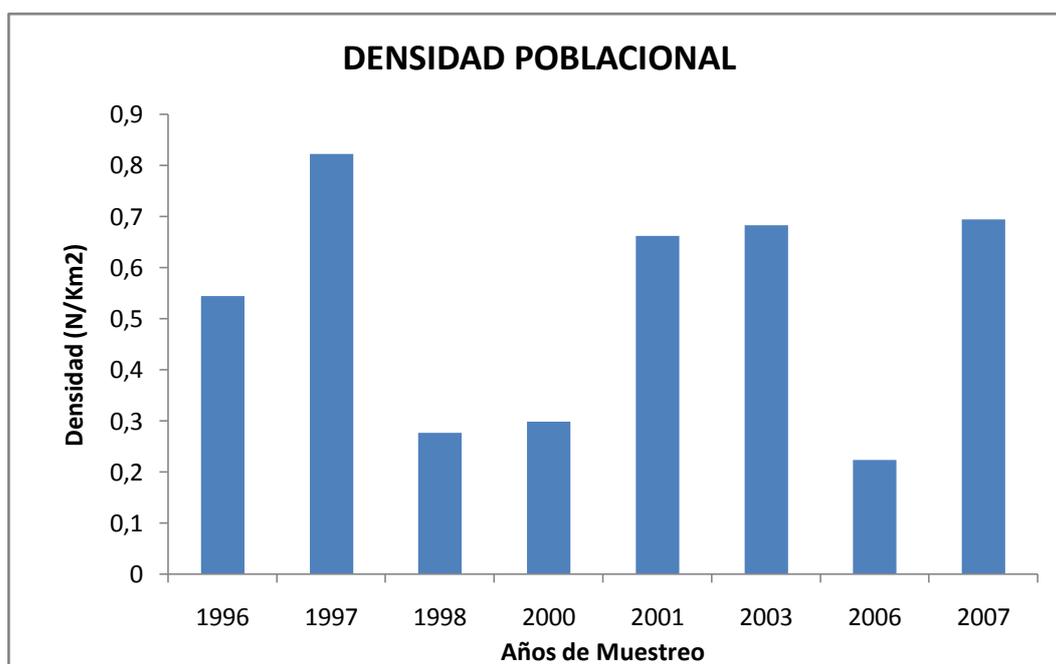


Figura 13. Gráfica de la densidad poblacional de *I. geoffrensis* en la zona de estudio para cada uno de los ocho años de muestreo del presente estudio.

5. Esfuerzo muestral vs. Época hidroclimática

El número de individuos observados y reportados fue diferente en cada una de las épocas hidroclimáticas de la zona, sin ser estas realmente significativas. En la época hidroclimática en la que se observó el mayor número de delfines fue en aguas altas con un $n = 50$, seguido por aguas bajas ($n = 44$), otros 29 individuos fueron vistos en aguas descendentes y finalmente 20 de ellos en aguas ascendentes. (Figura 14).

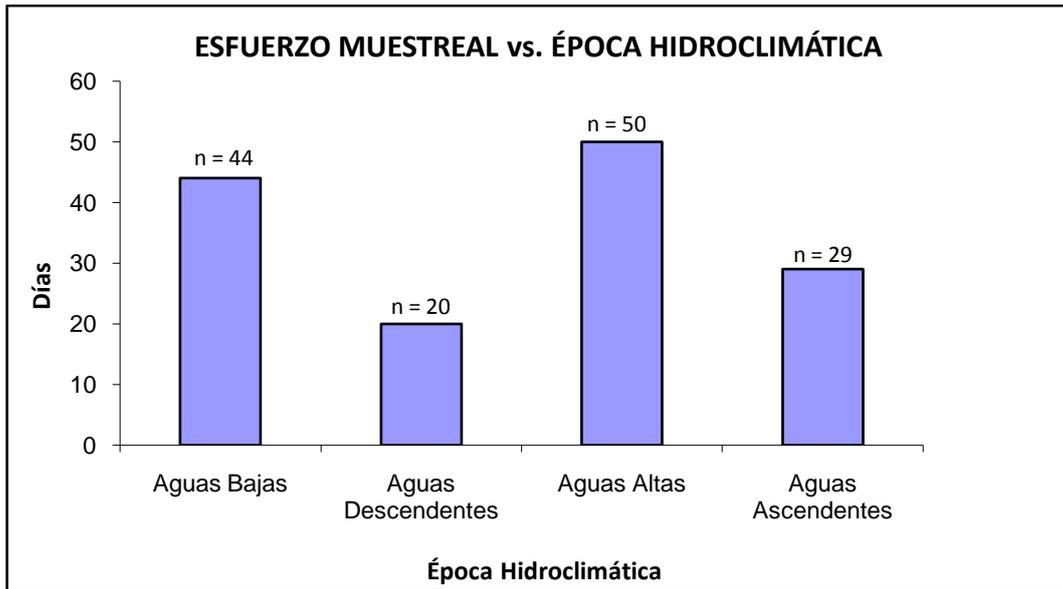


Figura 14. Gráfica que relaciona el número de días de muestreo efectivo (capturas fotográficas de individuos identificados) y en número de individuos observados en cada una de las 4 épocas hidroclimáticas características de la zona, a lo largo de los ocho años de estudio.

La siguiente gráfica se genera a partir de la tabla de datos calculada por el programa estadístico Spat que muestra las coordenadas de cada variable en el plano factorial (LOADINGS). También da a conocer como fueron nombradas las variables y los individuos en el plano, por ejemplo, C3=1 significa que se observó un individuo de *Inia geoffrensis* en Julio de 1996 (Anexo 10).

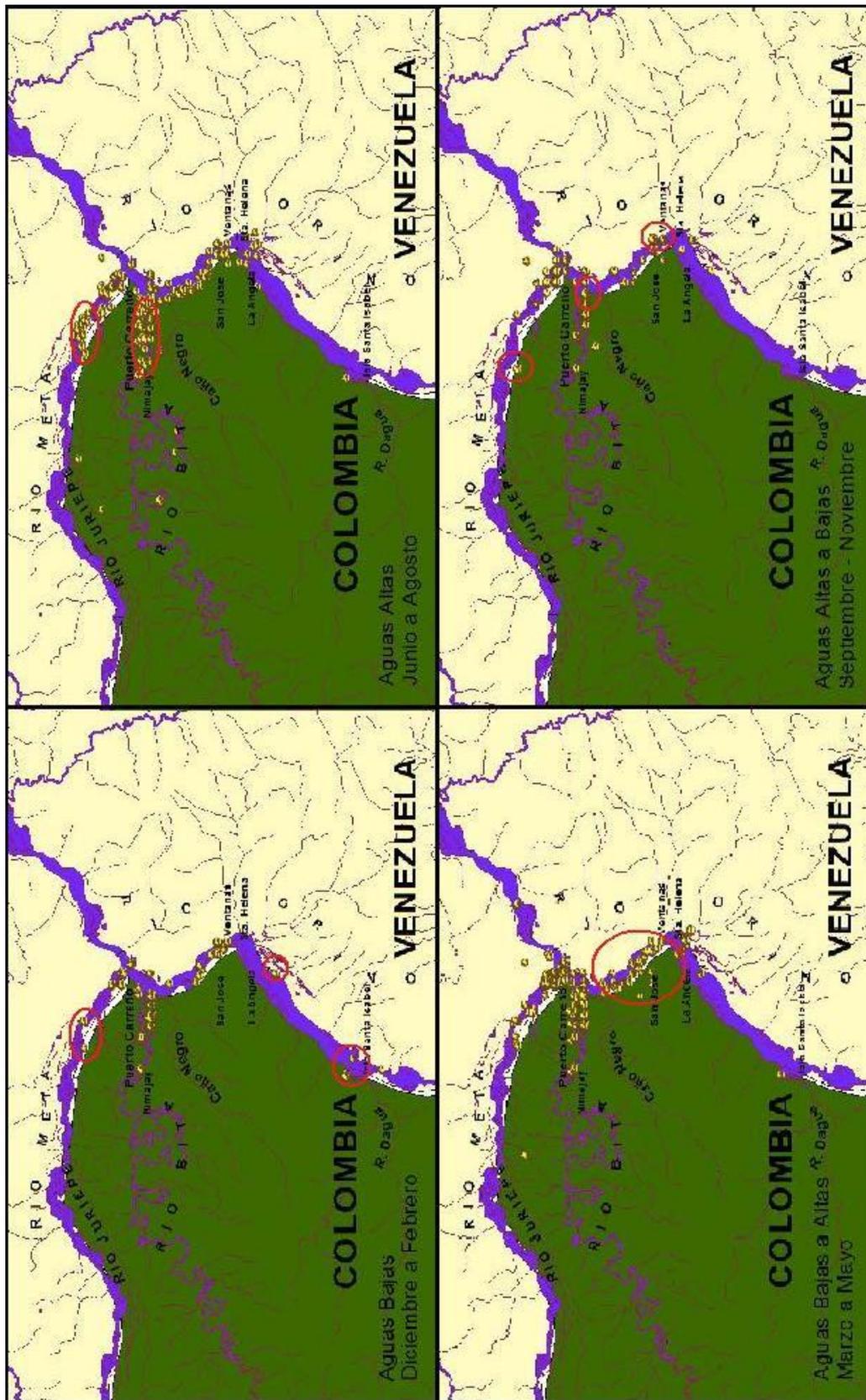
Los grupos se han conformado de acuerdo a las épocas hidroclimáticas, es decir se han unido los meses de los diferentes años y los delfines que se vieron en estas épocas, surgiendo así los grupos de aguas altas donde se observó el mayor número de delfines, seguido por aguas bajas, aguas descendentes y por último aguas ascendentes. Sin embargo en el plano también se grafican las ausencias y es por eso que gran número de puntos tienden a cero "0" (Figura 15).

Cuadro 5. Cuadro comparativo entre los tres métodos empleados hasta ahora, para la estimación de abundancia de *Inia geoffrensis*, con ejemplos reales de cada uno de ellos.

MÉTODO	Conteos Directos (Diazgranados, 1997)	Transectos (Lineal y en Banda) (Pardo, 2007)	Marca – Recaptura (Gómez, 2004)
Esfuerzo muestral (Disponibilidad de tiempo)	- 8 meses de muestreo. -172 días de muestreo efectivo.	-7 días de muestreo efectivo.	-4 meses de muestreo. -1 o 2 días por mes de muestreo efectivo.
Gasto de Gasolina	-626 recorridos durante el tiempo de muestreo. -Promedio de 2 o 3 recorridos diarios.	1180Km de área recorrida durante todo el muestreo.	-4 y 6 horas de permanencia, 30 min. de observación como mínimo (Wursing & Jeffreson, 1990).
Elementos necesarios	-Bote -Cámara	-Embarcacion de 30m de longitud, con 2 plataformas de observación de 4m de altura sobre el nivel del río. -Cámara.	-Bote -Camara
Número mínimo de personas necesarias	- 1 observador. -1 persona que maneja la lancha o bote.	-5 observadores (3 proa – 2 popa). -1 persona que maneja la embarcación.	-1 observador -1 persona que maneje la lancha.
Densidad reportada (ind/Km²)	-0.69 (Cuenca fluvial del Orinoco)	-0.36 (Río Meta) -0.95 (Río Orinoco)	- 2.04 (Caballo Cocha, Perú. Amazonas)

7. Patrones de Residencia y Movimiento

Se observó la distribución de la población de *Inia geoffrensis humboldtiana* en la zona de estudio y se establecieron patrones de residencia y movimiento de la misma, a partir de unos mapas anteriormente realizados por la Fundación Omacha, utilizando como herramienta en Programa ArcGis 3.2a y como base de los mismos, los datos incluidos y empleados en este trabajo (Figura 16).



Fundación Omacha

Figura 16. Mapas de la zona de muestreo (Ríos Orinoco, Meta y Bitá) en las cuatro épocas hidroclimáticas que presenta la misma a lo largo del año, donde se observa la ubicación de los individuos de la población de *Inia geoffrensis* en cada una de ellas.

X. DISCUSIÓN

1. Foto-Identificación

Se identificó un total de 143 individuos de *Inia geoffrensis* a partir de las 232 fotografías determinadas como adecuadas en el proceso de revisión, del total de 2444 disponibles, es decir, tan solo el 9.49% de las mismas; lo cual evidencia la complejidad de la técnica, la necesidad de experiencia por parte del fotógrafo en las condiciones dadas y la alta disponibilidad en términos de tiempo y herramientas de trabajo.

Los criterios de identificación, muescas (M) y cicatrices y protuberancias (CP) fueron los más frecuentes en el catálogo base de este trabajo, dichas marcas son consecuencia en la mayoría de los casos de heridas ocasionadas por las hélices de los botes, ya que existe un alto tráfico de estos en la ruta fluvial Puerto Carreño (Colombia) – Puerto Páez (Venezuela) y un estimativo de cerca de 20 embarcaciones con motor fuera de borda que cruzan diariamente más de 100 veces los ríos Orinoco y Meta. (Trujillo, 2000; Llanos, 2002). Además los enmallamientos accidentales y redes utilizadas en las nuevas técnicas de pesca introducidas tanto en el Amazonas como en el Orinoco colombiano son también una fuerte amenaza y causa de muerte para los individuos de esta población, razón por la cual estas marcas pueden servir como indicador del impacto antrópico sobre ellos (Trujillo, 1992; Best & Da Silva, 1996; Kendall *et al.*, 1998).

Con el criterio patrón de pigmentación (PP), que también tuvo un porcentaje significativo se procedió con especial cuidado ya que pueden ser comunes o muy similares de un individuo a otro, lo que puede llevar a una sobreestimación de la población, por la complejidad de dichas marcas se requiere que las fotos empleadas para su reconocimiento cumplan con el mayor número de condiciones al ser tomadas (ángulo y luz principalmente), se ser posible es muy útil que sea

capturado gran parte del cuerpo del delfín y los dos costados del mismo. (Trujillo, 1994).

Respecto a los rasguños y marcas de dientes se sabe que son producto de factores como epizoantideos, parásitos, predadores y en muchos de los casos a juegos o riñas intraespecie con el fin de mostrar jerarquía previos a la estación reproductiva (McCann, 1974), específicamente en individuos de *I. geoffrensis* algunas de estas marcas son producidas antes y durante los procesos de cortejo y copula, ya que en ocasiones se han observado agresiones como mordiscos y coletazos por parte de los machos hacia las hembras para lograr así la realización del evento reproductivo (Diazgranados, 1997; Fuentes, 1998; Llanos, 2002).

El criterio hocico anormal (HA), a pesar de mostrar un bajo porcentaje es uno de los más claros y fácilmente diferenciables, sin embargo en la mayoría de los delfines que los presentan esta es una condición genética y no se presenta muchas veces en la población, aunque en algunos casos puede deberse a lesiones hechas por hélices de embarcaciones (Diazgranados, 1997; Aliaga, 2000).

Cabe resaltar que el número de individuos identificados en este estudio supera ampliamente los resultados de otros estudios realizados en áreas de tamaño similar, en Bolivia (2 individuos), Perú (49 individuos) y Venezuela (6 individuos); sin embargo es importante aclarar que dicha diferencia puede deberse en parte, al cambio comportamental que presentan los delfines dependiendo del área geográfica en el que se encuentran y que hace más difícil su observación y captura fotográfica (McGuire, 1995, Zuñiga, 1999; Aliaga, 2000; Llanos 2002).

2. Número de Capturas de Individuos Identificados

La frecuencia de avistamientos se encuentra fuertemente ligada a los patrones de residencia y movimiento que presenten los individuos y al esfuerzo muestral realizado por el investigador, ya que si el esfuerzo muestral es alto en épocas donde los delfines permanecen la mayoría del tiempo en un área determinada la posibilidad de fotografíarlos más de una vez es alta, sin embargo casi el 50% de

los delfines identificados solo fueron capturados 1 vez, a causa de los constantes movimientos y a que el esfuerzo realizado en cada una de las épocas hidroclimáticas no fue equitativo, lo que disminuye considerablemente la posibilidad de recaptura. Adicional a esto es lógico deducir que si se tiene conocimiento de un patrón de residencia por parte de los delfines en algún área determinada y se frecuenta dicha área varias veces durante la época, la recaptura tendrá mayor probabilidad de darse.

Un total de 18 individuos de los 143 identificados fueron observados más de 5 veces, y corresponden a delfines con marcas naturales muy claras y visibles, lo cual aumenta la probabilidad de ser identificados más rápidamente que el resto de los delfines.

3. Tasa de Captura de Individuos Foto-Identificados

Con el registro de los nuevos individuos que se encontraron en la población en cada año se puede obtener la gráfica acumulada de los individuos foto-identificados a lo largo del estudio, el cual tiende a estabilizarse cuando el número de muestreos es significativamente alto; la gráfica obtenida muestra que la mayoría de los individuos fueron vistos los primeros años de muestreo, tiempo en el cual se realizó un esfuerzo de captura diario, maximizando la posibilidad de capturar todos los individuos de la población, posteriormente la curva de nuevos individuos disminuye y tiende a estabilizarse, esto debido en parte a que el esfuerzo también disminuyó y a que muchos de los individuos ya habían sido capturados en muestreos anteriores, luego se da un leve aumento de los nuevos individuos capturados, periodo durante el cual el esfuerzo fue intensificado, después un nuevo descenso y finalmente una cola en crecimiento para los años 2006 y 2007, lo cual puede estar directamente relacionado con el cambio de herramienta fotográfica, de una cámara análoga a una digital, **esto** permite un mayor número de capturas en menor tiempo, haciendo el muestreo más eficiente, además de proporcionar imágenes más nítidas y de disminuir el costo del estudio.

4. Abundancia de *Inia geoffrensis* estimada con el Programa MARK

Las variaciones observadas en la abundancia no podrían atribuirse a una disminución abrupta del número de individuos que la conforman y una posterior y rápida recuperación de la misma; en realidad dicha oscilación podría deberse en gran parte a la diferencia de esfuerzo muestral que se realizó a lo largo y en cada uno de los años de muestreo en la zona. Como ya se mencionó en los dos primeros años, 1996 y 1997, se realizaron salidas diarias durante todo el año, lo cual explica el elevado número de individuos capturados, identificados y recapturados; en 1998 los muestreos fueron intermitentes, en los años 2000 y 2001 los muestreos fueron más frecuentes, razón por la cual se observa un crecimiento significativo en la gráfica, sin llegar a alcanzar un esfuerzo muestral diario, en los años comprendidos entre 2003 y 2006 se da un marcado descenso como consecuencia nuevamente de la disminución de los muestreos, es decir, una disminución notoria del esfuerzo muestral; finalmente para el año 2007, en la cola de la gráfica se empieza a observar un crecimiento que además de ser resultado de otro cambio en el esfuerzo realizado, se debe al mejoramiento de la herramienta fotográfica utilizada a lo largo de todo el estudio, por una cámara digital que permite un mayor número de registros en menor tiempo y una mayor probabilidad que las fotos sean viables en términos de foco. De los años 1999, 2002, 2004 y 2005 no se tienen registros.

El análisis y la estimación de abundancia de la población de *Inia geoffrensis humboldtiana* se da por periodos de 1 año, por lo cual dicha estimación se calcula con el modelo estadístico para poblaciones cerradas Lincoln – Petersen, este modelo se utiliza en estudios donde los periodos de tiempo son cortos, reduciendo así interferentes como tasa de natalidad, tasa de mortalidad, inmigraciones y emigraciones; sin embargo, los periodos pueden ser catalogados como largos o cortos dependiendo en gran medida de la biología de la especie. En este caso, el periodo 1 año, se considera corto ya que en la especie el periodo de fecundación dura de 9 a 11 meses aproximadamente y se sabe que en la zona, el mayor número de nacimientos se da en los meses de Septiembre – Octubre y Noviembre, correspondientes a la época hidroclimática de aguas descendentes, es decir, que

cumple con el supuesto del modelo en el cual, ecológicamente se asumen picos de nacimiento una vez al año y para esta población se asume que crías y juveniles no tienen marcas. Además el estudio involucra los tres ríos que conforman la cuenca y donde se podrían albergar los delfines, por lo que eventos de inmigración y emigración serían más drásticos si los muestreos hubiesen sido sesgados por ríos. Cabe resaltar que es justamente este modelo con el que trabaja el programa estadístico MARK, permitiendo tratar más sencillamente la heterogeneidad en la probabilidad de captura y manejando estimadores menos sesgados. (Wilson *et al.*, 1997; Farcada & Aguilar, 2000).

A pesar de las diferencias que se dieron en el transcurso de los diferentes periodos de muestreo, al realizar un análisis de variación entre las abundancias estimadas para cada uno de estos, se obtiene un p-valor para la prueba F en la tabla ANOVA de 0.716847, mayor de 0.05; lo cual indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los ocho años de muestreo, esto con un nivel de confianza del 95%. Adicionalmente se aplica un Test que compara los rangos en lugar de las medias, utilizado en presencia de datos atípicos como los que se observan en algunos de los años de muestreo (2000, 2001 y 2006), el Test de Kruskal – Wallis en donde el p-valor para la prueba es de 0.0968, mayor que 0.05; lo que confirma que no hay diferencias significativas entre las variables, que en este caso son los ocho años de muestreo del estudio, con una confiabilidad del 95%; todo lo anterior puede observarse y entenderse más claramente en el box – plot realizado con los datos.

Debido a que el presente trabajo es el primero que implementa la metodología de Marca – Recaptura en la zona, no existen datos numéricos con los cuales puedan compararse, se han realizado numerosos estudios en la zona con el fin de estimar la abundancia de la población pero en función de otros atributos de la relación entre la especie y el área de estudio tales como, las diferencias entre la abundancia de individuos en cada uno de los ríos que conforman la cuenca fluvial del Orinoco Colombiano, la abundancia por época hidroclimática por río, la abundancia dependiendo del tipo de hábitat que prefieren los individuos y el uso de los mismos entre otros; por lo cual los resultados de dichas investigaciones no son

comparables con este estudio. Sin embargo fueron un elemento fundamental para su desarrollo.

La mayoría de los estudios enfocados a la estimación de abundancia de la especie tanto en esta zona como en otras de Suramérica, se han realizado con la metodología de transecto lineal y transecto en banda y algunos de conteos directos, que generan resultados en términos de densidades. Diazgranados en 1997 reporta una densidad máxima de 0.69 ind/Km² en 10km en el Río Bitá, siendo un valor alto comparado con los de este estudio, si bien es cercano al reportado para el año 2007 (0.64 ind/Km²) el área es mucho mayor (93.63Km²) ya que corresponde a los tres ríos (Orinoco, Meta y Bitá) entendidos aquí como una sola área.

En el 2006 se realizó una expedición por el Río Meta Colombia/Venezuela (1180 Km lineales entre los ríos Meta y Orinoco), reportando densidades para *Inia geoffrensis* en el Río Meta de 0.36 ind/Km² y en el Río Orinoco de 0.95 ind/Km²; la disimilitud con los datos de este trabajo es evidente, sin embargo la diferencia no es tan alta como se esperaría debido a que los reportes se dan para un área mucho mayor. También influye que el tiempo de muestreo de dicha expedición fue de 7 días, mientras que en el trabajo de captura y recaptura fotográfica fue intermitente durante años. El esfuerzo muestral de la expedición se dio a finales del mes de Agosto, cuando empieza la época de transición de aguas altas a bajas, en ella, los individuos empiezan a salir de los tributarios (Meta) y se desplazan hacia las confluencias y el río principal (Orinoco), en busca de alimento y de nuevos hábitats disponibles, lo cual explica la cercanía entre los datos calculados en este estudio y el reportado por Pardo en el 2007 para el Río Meta.

En el mismo trabajo Pardo reporta otras densidades calculadas en términos espaciales (tipo de hábitat) al igual que (Trujillo *et al.*, 2008) en el Río Meta y algunos afluentes; y no temporales (año) como en este trabajo, por lo que no son comparables.

Con respecto al método Gómez en el 2004, realizo un estudio con Marca – Recaptura en el Lago Caballo Cocha, Perú y reportó una densidad de 2.04

ind/Km² asumiendo una población cerrada; una densidad mucho mayor a las reportadas en este estudio, sin embargo vale la pena aclarar que la zona de estudio en este caso es un sistema lacustre, un área pequeña con altas densidades; **adicionalmente** las condiciones medioambientales y el patrón climático del Amazonas influyen mucho en el comportamiento de los individuos de *Inia* y su captura se da en condiciones y con frecuencias diferentes a las del Orinoco, por lo que no es válida una comparación numérica de los datos.

5. Esfuerzo muestral vs. Época hidroclimática

Uno de los principales inconvenientes del presente estudio y el análisis de los resultados del mismo, es la diferencia del esfuerzo muestral realizado a lo largo de este y/o el desconocimiento de las fechas exactas del mismo. En este caso el esfuerzo no fue el mismo para las cuatro épocas hidroclimáticas a evaluar y aunque algunas tendencias mostradas en estudios anteriores se mantuvieron, las diferencias podrían ser mayores de haber tenido acceso a la información completa y exacta.

Al construir un plano factorial a partir de un tratamiento estadístico con los datos existentes, resulta una agrupación por épocas hidroclimáticas consistente con los resultados obtenidos con el conteo directo de encuentros efectivos en la base de datos original y aunque también se podría catalogar como una consecuencia de las diferencias en el esfuerzo muestral, es pertinente aclarar que dichas diferencias se deben en gran parte al comportamiento y uso de hábitat de la población en la zona, la estación hidroclimática en la que se reportó mayor número de encuentros efectivos fue la de aguas altas, aunque algunos autores sostienen que esto no pasa por la gran cantidad de área inundada, el resultado se da debido seguramente al aumento de la disponibilidad de hábitat para los delfines, ya que al incrementarse el nivel del agua, zonas como la confluencia Bitá – Orinoco y el río Bitá se hacen accesibles para ellos. Durante esta época las orillas de los ríos tienden a ser homogéneas; en el Orinoco cubiertas de vegetación y con algunas zonas inundadas que se convierten en criaderos ícticos, razón por la cual son lugares

muy apetecidos y frecuentados por los delfines cuando están en busca de alimento (Machado, 1994; Useche *et al.*, 1993).

Aunque los datos de fecha y zona en muchas de las fotografías empleadas en este estudio son inexistentes o se encuentran incompletos, al hacer un apareamiento con los datos que se tienen, una cantidad significativa de los registros reportados para el periodo de aguas bajas, fueron tomadas en el Río Meta, lo cual se debe a que las aguas de este río son blancas, es decir, altamente productivas, con una gran cantidad de nutrientes y sólidos suspendidos, necesarios para el desarrollo de varias especies ícticas, que significan alimento para las toninas (Diazgranados, 1997).

Se sabe también por estudios anteriores que las épocas hidroclimáticas en las que se dan menor número de avistamientos son las de bajo nivel del agua, parte de esto se corrobora en estos resultados, ya que muestran la época de aguas descendentes con inferior número de avistamientos que el resto, debido a que empieza el descenso del nivel del agua y la reducción de los espacios, obligando así a los delfines a moverse hacia otras áreas del río (Diazgranados, 1997; Llanos, 2002); por lo anterior se ha observado que durante aguas bajas el número de encuentros efectivos tiende a ser bajo, debido a que la profundidad de algunos sectores de los ríos como la confluencia Bitá – Orinoco disminuye notoriamente y en ocasiones imposibilita el paso de los delfines, aunque hay que tener en cuenta que las confluencias en aguas bajas se convierten en un paso obligado de los peces en su búsqueda de los ríos principales, convirtiéndose simultáneamente en un buen lugar de alimentación para las toninas y a esto se deben los encuentros principalmente (Cala, 1986; Best & Da Silva, 1993; Hurtado, 1996); sin embargo, en el presente estudio se muestra como la segunda época con mayor número de capturas, esto podría darse ya que al reducirse los hábitats, los peces se concentran en áreas determinadas y las toninas frecuentan permanentemente estos hábitats en busca de alimento (McGuire, 1995), pero en este caso, se da como consecuencia probablemente de un esfuerzo muestral mucho mayor en esta época que en las demás, acercándose así por cantidad de registros disponibles y no de encuentros efectivos al resultado de avistamientos para aguas altas. Adicionalmente los registros correspondientes a aguas bajas del Río Meta pueden ser de delfines que

se desplazan desde Venezuela hasta Colombia por esta ruta fluvial con fines reproductivos (Trujillo; con pers).

Con respecto a los registros de fotografías tomadas en los Ríos Orinoco y Bitá, corresponden en su gran mayoría a meses de aguas de transición, esto en razón de que los delfines se están dirigiendo hacia las confluencias, en procura de alimento (Diazgranados, 1997).

Los individuos de *Inia geoffrensis* permanecen más en el mismo sitio en la época de aguas bajas e invierten su tiempo en descanso y/o actividades relacionadas con el cuidado parental y la reproducción; en aguas de transición los delfines están en constante movimiento debido al aumento o disminución de hábitat disponibles e invierten gran parte de su tiempo y energía en la búsqueda y consecución de alimento, en aguas altas realizan desplazamientos diarios de algunos kilómetros en el mismo área en búsqueda de presas, ya que al haber mayor espacio estas se dispersan en diferentes hábitat, razón por la cual los encuentros tienden a ser menos frecuentes en aguas descendentes y ascendentes (Trujillo, 1994; Leatherwood, 1996; Diazgranados, 1997; Trujillo, 2000; Barón, 2001; Llanos, 2002).

6. Efectividad del Método

Finalmente es posible hacer un análisis de practicidad, dirigido a los métodos de muestreo empleados para trabajos de estimación de abundancia: a) Conteos Directos, b) Transecto lineal y en banda, y c) Marca – Recaptura con fotoidentificación.

El esfuerzo muestral en términos de tiempo es mucho mayor en el método de conteos directos, y aunque para transectos lineal y en banda disminuye notoriamente, sigue siendo más práctico y más fácil de realizar a cabalidad en el método de marca - recaptura; es necesario recordar que la sistemática con la que se realizan las fases de campo de los diferentes estudios es un elemento fundamental para el análisis de los datos finales y la comparación de los mismos,

es por eso que es muy útil tener una metodología con un mínimo de probabilidades de ser incumplida. Los elementos necesarios para cada una de las tres metodologías propuestas son bote y cámara, sin embargo, en el método de transectos lineal y en banda, el bote debe ser remplazado por una embarcación con unas especificaciones técnicas y un tamaño que generan gastos adicionales y un mayor despliegue para su funcionamiento; con respecto al gasto de gasolina, es lógico deducir que por el tamaño de dicha embarcación, el gasto será mayor, adicional a esto los recorridos que se establecen como necesarios en cada una de las metodologías también tendrán un impacto en el gasto y costo de la gasolina durante todo el estudio, de manera que la metodología que representa menor gasto en función de gasolina es marca – recaptura. Para terminar el número de personas que se requieren para que las metodologías puedan ser aplicadas adecuada y exitosamente es muy importante, para la realización de método de transectos lineal y en banda, se necesita un mínimo de 6 personas, mientras que en los otros dos tan solo dos.

Con respecto a las comparaciones numéricas estas se dan en términos de densidades y han sido anteriormente discutidas, sin embargo entre los datos de esta y otras investigaciones realizadas en la zona, existe una cercanía que deja concluir que es un método efectivo y confiable.

Dicho esto se puede decir que en términos de efectividad logística y a pesar de que estadísticamente el método de Conteos de Distancia de transectos lineal y en banda ofrece resultados más robustos, es el más dispendioso ya que es el que representa gastos más altos y requiere de un mayor número de personas, es decir, el menos práctico. Por el contrario el método de marca – recaptura es el más efectivo logísticamente hablando, debido a que es el que menos gastos económicos representa, permite una mayor flexibilidad en el diseño muestral (esfuerzo de muestreo temporal) sin dejar de ser sistemático, requiere del mínimo de personas y elementos expuestos para su ejecución y es un método que también ofrece resultados numéricos y estadísticos validos y comparables con respecto a otras investigaciones.

7. Patrones de Residencia y Movimiento

A partir de los datos fotográficos tomados durante los ocho años de muestreo y teniendo en cuenta la época hidroclimática en las que se dieron las capturas, la Fundación Omacha realizó una serie de mapas que permiten ver claramente como los individuos de la población de *I. geoffrensis humboldtiana* del Orinoco realizan movimientos dentro de la zona de estudio, la cual por su amplitud, realizan movimientos en respuesta a los cambios estacionales que se dan en el área, lo anterior como consecuencia del ascenso y descenso del nivel del agua, por ende del aumento y disminución de áreas disponibles a lo largo del río principal Orinoco y sus tributarios, los ríos Meta y Bitá (Trujillo, 2000; Llanos, 2002).

En la época hidroclimática de aguas altas se aprecian mayor número tanto de individuos como de capturas, con el aumento del nivel del agua se hacen accesibles el río Bitá y su confluencia con el Orinoco siendo un lugar de preferencia por parte de las toninas ya que allí se acumula una mayor cantidad de material orgánico, sirviendo de refugio para diferentes especies de peces y por ende en un buen lugar de alimentación para ellas. Exactamente lo contrario ocurre en las épocas de aguas bajas y descendentes ya que los individuos se ven obligados a migrar por la reducción de espacios aptos y a buscar nuevos refugios, lo cual a pesar de un alto esfuerzo muestral, dificulta los encuentros fotográficos efectivos de los mismos, durante esta época los delfines se dirigen al río Meta con fines reproductivos principalmente (McGuire, 1995; Leatherwood, 1996; Diazgranados, 1997; Barón, 2001).

Se observan delfines en las confluencias a lo largo de todo el año, aunque con menor intensidad en el periodo de aguas bajas, debido a la dispersión de presas; dicha presencia se debe a que son la entrada y la salida de los peces de los tributarios al río principal y viceversa, por lo que las toninas permanecen allí, en contra de la corriente esperando oportunidades de captura (Smith, 1993; Trujillo & Diazgranados, 2002; Llanos, 2002).

Finalmente dichos movimientos dentro de la zona indican que los individuos de la población encuentran las condiciones ambientales y los recursos necesarios para suplir sus exigencias biológicas y ecológicas (Llanos, 2002). Sin embargo es importante resaltar que la frecuencia de recaptura de la población en la zona no es muy marcada ya que más del 50% de ella; 63 delfines de los 143 que conforman la población identificada fueron capturados solo en una oportunidad.

Otras investigaciones realizadas por la Fundación Omacha han reportado que existe un patrón de residencia más fuerte en el Orinoco que en el Amazonas por las condiciones tróficas de la zona; y que los tamaños grupales de *Inia geoffrensis* en el Orinoco son más grandes que en el Amazonas (Trujillo, 1997, 2000).

IX. CONCLUSIONES

La técnica de foto-identificación, es una herramienta adecuada para estimar la abundancia de *Inia geoffrensis humboldtiana* en un área determinada, en este caso confluencia de los Ríos Orinoco, Meta y Bitá, en el Orinoco colombiano; ya que permite estimar de manera efectiva el número de individuos que conforman la población año a año y compararla con resultados reportados en estudios anteriores.

La técnica de foto-identificación requiere además de los equipos fotográficos una gran experiencia por parte de la persona encargada de realizar las capturas fotográficas para asegurar la calidad de las fotos, ya que en este trabajo, por ejemplo, solamente el 9.49% (232) de las 2444 fotografías disponibles, fueron catalogadas como adecuadas e incluidas en el estudio.

Las marcas naturales son un elemento práctico y efectivo para la identificación de los individuos que conforman la población de *Inia geoffrensis* en la zona, ya que permite diferenciarlos e individualizarlos.

Las Muecas (M) fueron el criterio de identificación con más representación en la población de *Inia geoffrensis* en la zona y durante el periodo de estudio, aunque el criterio Patrón de Pigmentación (PP) estuvo presente en gran parte de los individuos, en los casos en los que se presentó la combinación de criterios M – PP, se dio relevancia al primero.

La población de *Inia geoffrensis humboldtiana*, presenta picos anuales de nacimientos y ausencia de marcas en crías y juveniles, cumpliendo así con supuestos estadísticos propios de poblaciones cerradas; por lo que es adecuado analizar la población año a año con el modelo estadístico para poblaciones cerradas de Lincoln – Petersen.

Aunque no existen diferencias estadísticamente significativas entre las abundancias estimadas para cada uno de los ocho años de muestreo; la diferencia en el esfuerzo muestral realizado en cada uno de ellos, puede influir de alguna manera en la estimación de abundancia de la población.

Aunque existen pequeñas diferencias numéricas en las abundancias estimadas para cada uno de los años tenidos en cuenta en el estudio, al comparar el tamaño de la población reportado en 1996 (año en el que comienzan los muestreos) de 51 individuos y el reportado 10 años después (2007) con 65 delfines, se evidencia que este atributo en la población de *Inia geoffrensis humboldtiana* ha tenido un comportamiento estable.

El método Marca – Recaptura es efectivo para la realización de estudios de estimación de abundancia en poblaciones como la de *Inia geoffrensis* ya que permite realizar estudios con periodos de muestreo cortos, sistemáticos e intermitentes en el tiempo dependiendo de la época hidroclimática, y requiere de un mínimo de elementos para su ejecución.

Los individuos de la población de *Inia geoffrensis humboldtiana* realizan movimientos como respuesta a la estacionalidad climática que esta presenta, observándose que en época de aguas bajas los delfines permanecen mayor cantidad de tiempo en el Río Meta con fines reproductivos y a que representa un buen lugar de alimentación, mientras que en la época de aguas altas se dirigen al Río Bitá y la confluencia de este con el Río Orinoco en busca de alimento principalmente, aunque esta no presenta en este estudio una alta frecuencia de recaptura.

X. RECOMENDACIONES

Es de vital importancia que para futuros trabajos con datos fotográficos, exista un riguroso acompañamiento de datos espacio – temporales que le den mayor soporte al tratamiento de los mismos para cualquier investigación.

Es conveniente, en lo posible, que en estudios que involucren varios periodos de tiempo o diferentes estaciones climáticas como este, el esfuerzo muestral realizado se lleve a cabo de manera sistemática ya que esto permitiría que los resultados finales sean comparables en términos de metodología.

Se recomienda realizar estudios de estimación de abundancia en la zona, con el Método Marca – Recaptura, planteando un muestreo en función de tipos de hábitats (por ejemplo), con el fin de comparar los resultados numéricos (finales) con otros ya existentes y establecer si los métodos son complementarios o si alguno es más adecuado que otro.

Se recomienda realizar otro trabajo de estimación de abundancia de la población de *Inia geoffrensis humboldtiana* en la misma zona de estudio de este trabajo utilizando como Modelo estadístico Jolly-Seber para poblaciones abiertas, donde si se tienen en cuenta eventos de nacimiento, muerte, inmigración y emigración; dando lugar a un análisis con respecto a tasas de supervivencia.

Proponer la metodología de Marca- Recaptura para futuros estudios de estimación de abundancia de delfines de río, e incluirlos en iniciativas tales como el Primer Plan de Acción para la conservación del delfín de río de Suramérica, del cual hace parte este trabajo, en miras a conocer y comparar el estado de las diferentes poblaciones existentes, para seguir enriqueciendo los planes de manejo y lograr su implementación en varios países.

XI. BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, A., BORRELL, A. & PASTOR, T. Biological factors affecting variability of persistent pollutants levels in cetacean. En: BORRELL, A. & AGUILAR, A. A review of organochlorine and metal pollutants in marine mammals from Central and South America.: J. cetacean Res. Manage, 1999. 273p.

ALIAGA, E. Distribución y abundancia del delfín de río, Bufeo (*Inia geoffrensis*) en el río Tijamuchi, Beni-Bolivia. Tesis BSc. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia, 2000. 79p.

ARGONES, L. V.; JEFFERSON, T. A. & MARSH, H. Marine mammals survey techniques applicable in developing countries. Asian Marine Biology, 1997. 14: 15 – 39p.

BALANCE, L. T. Habitat use patterns and ranges of the bottlenose dolphin in the Gulf of California, Mexico. Marine Mammals Science, 1992. Vol. 8(3): 262 – 274p.

BARNES, L. G., DOMNING, D. & C. RAY. Status of studies on fossil marine mammals. Marine Mammals Science, 1985. 1(1):15-53p.

BARÓN, M. F. Evaluación del uso de áreas prioritarias de la tonina *Inia geoffrensis humboldtiana* en el Río Orinoco durante aguas bajas y de transición. Tesis de pregrado. Universidad de los Andes. Bogotá, 2001. 104p.

BEST, R. & DA SILVA, V. 1989. Amazon river dolphin, Boto *Inia geoffrensis* (Blainville, 1817). Handbook of Marine Mammals. Vol 4. River Dolphin and the larger toothed Whales. London: Academic Press, 1989. 439p.

_____. *Inia geoffrensis*. The American Society of Mammalogist, 1993. 426: 1- 8.

BEST, R.C., & DA SILVA, V.M.F. Preliminary analysis of reproductive parameters of the boto, *Inia geoffrensis*, and the tucuxi, *Sotalia fluviatilis*, in the Amazon River system. Rep. Int. Whal. Commn, 1984. (Special Issue 6): 361-369p.

BONILLA, C.A.; AGUDELO, E.; GÓMEZ, C.; ALONSO, J.C. & TRUJILLO, F. Interacción del delfín rosado *Inia geoffrensis* (de blainville, 1817) con la pesca comercial de grandes bagres en un tramo del Río Amazonas Colombiano. En: TRUJILLO, F.; ALONSO, J.C.; DIAZGRANADOS, M.C. & GÓMEZ, C. Fauna acuática amenazada en la Amazonía Colombiana (análisis y propuestas de conservación). 2008. 150p.

BORRELL, A. & AGUILAR, A. 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 Cetacean. Reijnders, Aguilar & Donova (Eds), 1999. 273p.

BUCKLAND, S .T. & YORK, A. E. Abundance estimation. En: Encyclopedia of Marine Mammals. (Perrin, W. F.; Wursing, B. & Thewissen, J. G. M. eds.). New York: Academic Press, 2002. 1 – 6p.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. & LAAKE, J. L. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs*, 1980. (72): 202p.

CALA, P. The fish fauna and aquatic milieu of the Llanos of Colombia (Orinoco basin) with special regard to respiratory patterns of fishes inhabiting extreme hypoxic waters. 1986.

CASINOS, B. & OCAÑA, J. A craniometrical study of the genus *Inia* D'Orbigny, 1834 (Cetacea, Platanistoidea), 1979. 194 – 206p.

CASTELLANOS, L. Evaluación del Impacto por medias de pesca en función de la edad y relaciones craneométricas en poblaciones del delfín de río *Inai geoffrensis* en el Amazonas y Orinoco. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2007. 141p.

COLONNELLO, H. Elementos fisiográficos y ecológicos de la cuenca del río Orinoco y sus rebalses. *Interciencia*, 1990. Vol. 15: 476 – 485p.

COOCH, E. & WHITE, G. Program Mark. Analysis of data from marked individuals. A gentle Introduction. 2edition. 2002. 300p.

CPPS/PNUMA. Plan de Acción para la Conservación de los Mamíferos Marinos del Pacífico Sudeste. Informes y Estudios del Programa de Mares Regionales del PNUMA. N° 143. 1992.

DANE. 2005. (online). Consultado el 14 de Octubre de 2006. Disponible en http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_search&Itemid=99999999&searchword=vichada&submit=Buscar&searchphrase=all&ordering=newest

DEFLER, T. & RODRÍGUEZ, J. En: Colombia ORINOCO. Fondo para la protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis”. FEN COLOMBIA, 1998. 324p.

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

DIAZGRANADOS, M. C. Ecología y abundancia del delfín de río *Inia geoffrensis* en los ríos Orinoco, Meta y Bitá en Colombia. Bsc thesis. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogota, Colombia, 1997. 86p.

_____. Estimación de la abundancia del Delfín Rosado en la Orinoquía, Tesis de pregrado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia, 1997. 90p.

_____. 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, Colombia. Informe Fundación Omacha, 1998. 61p.

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

EBERHARD, L. L.; CHAPMAN, D. G. & GILBERT, J. R. A review of marine mammal census methods. *Wildlife Monographs*, 1979. (63): 46p.

FARCADA, J. & AGUILAR, A. Use of photographic identification in capture – recapture Studies of Mediterranean monk seals. *Marine Mammal Science*, 2000. 16(4): 767 – 793p.

FUENTES, L. Abundancia y Ecología de la Tonina (*Inia geoffrensis* de Blainville, 1817) en el Río Arauca, Tesis de pregrado. Bogota, Colombia, 1998. 120p.

FUNDACIÓN OMACHA. Distribución por periodos hidroclimaticos de *Inia geoffrensis* en la confluencia de los ríos Orinoco, Meta y Bitá (Vichada, Colombia) años 2000 – 2001. (Imagen, online). Consultado el 20 de Octubre de 2006. Disponible en http://www.omacha.org/html/html/mapas_del.htm, 2006.

GALINDO, A. Ecología y abundancia de los delfines de río *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en el río Caquetá, área de influencia de la Pedrera, Colombia. Bsc thesis. Universidad del Valle, 1997. 77p.

GOMÉZ, C. Estimación de abundancia del delfín de río *Inia geoffrensis* utilizando la técnica de Marca – Recaptura, en el Lago de Caballo Cocha, Perú. Tesis de pregrado. Universidad de los Andes, 2004. 85p.

GÓMEZ, C.; TRUJILLO, F.; DIAZGRANADOS, M.C. & ALONSO, J.C. Capturas dirigidas de delfín de río en la Amazonia para la pesca de mota

(*Calophysus macropterus*): una problemática regional de gran impacto. En: TRUJILLO, F.; ALONSO, J.C.; DIAZGRANADOS, M.C. & GÓMEZ, C. Fauna acuática amenazada en la Amazonía Colombiana (análisis y propuestas de conservación). 2008. 150p.

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

GOULDING, M., SMITH, N. & MAHAR, D. Floods of fortune. Ecology and Economy along the Amazon. Columbia University Press, 1996. 180p.

GOULDING, M., LEAL CARVALHO, M. & FERREIRA, E. G. Rio Negro. Rich life in poor water. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, 1988. 189p.

GRABERT, H. Migration and Speciation of the South America Iniidae (Cetacea, Mammalia) *Saugetierkund*, 1984. Vol. 49: 334 – 341p.

GUNNLAUGSSON, T. & SIGURJONSSON, J. A note on the problem of false positives in the use of natural marking data for abundance estimation. *Rep. Int. Whal. Commn.*, 1990. (Special Issue 12): 143 – 145p.

HAMILTON, H., CABALLERO, S., COLLINS, A. G. & BROWNELL, R. L. Jr. Evolution of River Dolphins. *The Royal Society Proceeding: Biological Sciences*, 2001 268: 549 – 556p.

HAMILTON, S. & LEWIS, W. 1990. Physical characteristics of the fringing floodplain of the Orinoco river, Venezuela. *Interciencia*, 1990. Vol. 15: 491 – 500p.

HARRISON, R. J. & BROWNELL, R. L. Jr. The gonads of the South American dolphins *Inia geoffrensis*, *Pontoporia blainville* and *Sotalia fluviatilis*. *Journal of Mammalogy*, 1971. 52: 413-419p.

HERSHKOVITZ, P. 1963. Notes on South American Dolphins of the genera *Inia*, *Sotalia* and *Tursiops*. *Journal of Mammalogy*, 1963. Vol. 44. 1:98 – 103p.

HURTADO, A. L. Distribución, uso del hábitat, movimientos y organización social del bufeo colorado *Inia geoffrensis* (*Cetacea: Iniidae*) en el alto río Amazonas. MSc thesis, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 1996.116p.

IDEAM. 2006. “Porcentaje del Área municipal que posiblemente resultara afectada con el fenómeno del niño” (online). Consultado el 30 de Septiembre de 2006. Disponible en <http://www.iodeam.gov.co/fenomenonino/vichac.htm>.

IGAC. 2001. Información Departamental (online). Consultado el 20 de Septiembre de 2006. Disponible en <http://www.igac.gov.co/deptos/index.html>.

JONES, S. The present status of the gangetic Susu, *Platanista gangetica* (Roxburg), with comments on the Indus Susu, *P. minor* (Owen). FAO Advisory Committee on Marine Resources Research, Working Paper on Marine Mammals, FAO Fisheries, 1982. Series 5 (4): 97. 115p.

KAIYA, Z. & YUEMIN, L. Status and Aspect of the Ecology and Behaviour of the Baiji, *Lipotes vexilifer*, in the Lower Yangtze River. En: PERRIN, W., BROWNELL, R., KAIYA, Z. & JIANKANG, L. Biology and Conservation of the river dolphins. Spetool papers of the IUCN. Species Survival Commission, 1989. Vol. 3: 86 – 91p.

KASUKA, T. & AMIDUL HAQUE. Some informations on Distribution and Seasonal movements on the ganges dolphin. The Scientific Reports of Whales Research Institute, 1972. N°24: 109 – 115p.

KASUKA, T. & NISHIWAKI, M. Resent status of the populations Indus dolphin. The Scientific Report of Whales Research Institute, 1975. N°27: 81 – 94p.

KENDALL, S., TRUJILLO, F., BELTRÁN, S. & UTRERAS, V. From the river to the Nation: an education strategy for the conservation of river dolphins in the North – Western Amazon. Abstracts 11th Biennial Conference on the Biology and Conservations of Marine Mammals. Orlando, FL. USE. The Society of Marine Mammals, 1995. 116p.

KLIMA, M. H., OELSHLAGER, O. & D. WUNSCH. 1980. Morphology of the pectoral girdle in the Amazon dolphin *Inia geoffrensis* with special reference to the shoulder joint and the movements of the flippers. Sonderdruck aus Zeitschrift fuer Saeugetierkunde, 1980. 45:288-309p.

KLOCEK, R. Chico´s Story: a special dolphin. Aquarius, 1981. Vol. 13: 1 – 13p.

KLINOWSKA, M. Dolphins, Porpoises, and Whales of the World IUCN. Red Data Book. IUCN. Gland. Switzerland and Cambridge. U.K, 1991.

LAYNE, J. Observations on freshwater dolphins in the upper Amazon. J. Mammal, 1958. 39: 1-23.

LAYNE, J. & CALDWELL, D. Behaviour of the Amazon dolphin, *Inia geoffrensis* (Blainville, 1817), in captivity. New York: Zoologica, 1964. Vol. 49: 81 – 108p.

LEATHERWOOD, S. 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, 1996. 232 p.

LEATHERWOOD, S. & REEVES, R. River dolphins: a review of activities and plans of the Cetacean Specialist Group. Aquatic Mammals, 1994. 20(3): 137 – 154p.

LLANOS, Y. 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. Tesis de Grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano, 2002. 148p.

LOCKER, C. H. & MORRIS, R. J. Some observations on Wound Healing and Persistence of scars in *Tursiops truncatus*. Rep. Int. Whal. Commn. 1990. (Special Issue 12): 113 – 118p.

MAGNUSSON, W. E., BEST, R. C. & DA SILVA, V. M. F. Numbers and behavior of Amazonian dolphins *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis fluviatilis* in the Rio Salimoes, Brasil: Aquatic mammals, 1980. Vol. 8(1): 27 – 32p.

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

MALLAS, J. & BENEDICTO, N. Mercury and Goldmining in the Brazilian Amazon. AMBIO, 1986. Vol. 15 N° 4: 248 – 249p.

MARTIN, A., DA SILVA, V. M. F. & SALMON, D. Riverine habitat preferences of botos (*Inia geoffrensis*) and tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) in the central Amazon. Marine Mammals Science, 2004. Vol. 20(2): 189 – 200p.

McCONNELL, B., BEATON, R., BRYANT, E., HUNTER, C., LOWELL, P. & HALL, A. Phoning home – A new GSM mobile phone telemetry system to collect mark – recapture data. Marine Mammals Science, 2004. 20(2): 274 – 283p.

McGUIRE, T. Ecology of the river dolphin, *Inia geoffrensis* in the Cinaruco River Venezuela. Tesis de Maestrea, 1995. 103p.

McGUIRE, T. & WINEMILLER, K. Occurrence Patterns, Habitat Associations, and Potential Prey of the River Dolphin, *Inia geoffrensis*, in the Cinaruco River. Venezuela, 1998. 625 – 638p.

MEADE, R. & KOEHNKEN, K. Distribution of the river dolphin, Tonina *Inia geoffrensis* in the Orinoco River Basin of Venezuela and Colombia. *Interciencia*, 1991. Vol. 16.6: 300 – 312p.

MOHAN, R. Conservation and manamegent of the Ganges river dolphin, *Platanista gangetica*, in India. En: PERRIN, W., BROWNELL, R., KAIYA, Z. & JIANKANG, L. *Biology and Conservation of the river Dolphins*. Special papers of the IUCN, Species Survival Comission, 1989. 3:64 – 69p.

NIKAIDO, M., MATSUNO, F., HAMILTON, H., BROWNELL, R., CAO, Y., DING, W., ZUOYAN, Z., SHEDLOCK, A., FORDYCE, E., HASEGAWA, M. & OKADA, N. Retroposon analysis of major cetacean lineages: The monophyly of toothed whales and the paraphyly of river dolphins. USA: *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2001. Vol. 13: 7384 – 7389p.

PARDO, D. *Abundancia y Densidad de los delfines Ina geoffrensis y Sotalia fluviatilis en el Río Meta (Colombia) en diferentes tipos de hábitat*. Universidad Javeriana. Bogotá. 2007.

PENNER , R. & MURCHINSON, A. Experimentaly demonstrated echolocation on the Amazon river porpoise *Inia geoffrensis* (Blainville). *Proc. 7th Ann. Conf. Biol. Sonar and Diving Mammals*, 1979. Vol 7:1 – 22p.

PHILLIPS, J. D. & G. McCAIN. Black-white visual discrimination in the Amazon porpoise: *Inia geoffrensis*. *Southern California Academy of Sciences Bulletin*, 1971. Vol. 70(2)p.

PILLERI, G. Observations on the ecology of *Inia geoffrensis* from Rio Apure, Venezuela. *Investigations on Cetacea*. Ed. G. Pilleri, 1979. Vol. 10: 136 – 142p.

_____. On the behavior of the Amazon dolphin *Inia geoffrensis* in Beni (Bolivia). *Revue Suisse de Zoologie*, 1969. Tomo 76, Vol. 4:57 – 91p.

_____. The eye of *Pontoporia blainvillei* and *Inia boliviensis* and some remarks on the problem of regressive in the eye in Platanistoidea. *Investigations on Cetacea*, 1977. Vol. 8: 11 – 76p.

PILLERI, G. & GHIR, M. 1977. Observation on the Bolivian *Inia geoffrensis* (Blainville, 1817) with description of a new subspecies (*Inia geoffrensis humboldtiana*). *Investigations on Cetacea*, 1977. Vol. 8: 11 – 76p.

PILLERI, G. & BHATII, M. T. Status of the Indus Dolphin Population (*Platanista indi*, BLITH, 1859) between Sukkur and Taunsa Barrages. WWF and Volkart Foundation. Department of Zoology. Patna University. Dolphin Conservation Project, 1980.

PINEDO, M. C., PRADERRI, R & BROWNELL, R. Review of the Biology and Status of the franciscana, *Pontoporia blainvillei*. En: PERRIN, W., BROWNELL, R., KAIYA, Z. & JIANKANG, L. *Biology and Conservation of the river Dolphins*. Special papers of the IUCN, Species Survival Comission, 1984. 3:46 – 51p.

POLLOCK, K. H.; NICHOLS, J. D.; BROWNIE, C. & HINES, J.E. Statistical inference for capture recapture experiment. *Wildlife Monographs*, 1990. 98p.

REEVES, R. R.; LAETHERWOOD, S. & MOHAN, R. S. A future for Asian River dolphins: report from a seminar on the Indian subcontinent, 18 – 19 Agosto de 1992, New Delhi, India: Whale and Dolphin conservation, Bath, U. K, 1993.

REEVES, R. R. & CAUDHRY, A. A. Status of the Indus river dolphin, *Platanista minor*, 1998. ORYX (32): 1p.

REVILLA, J. D. Aspectos florísticos e estruturales da floresta inundável (Várzea) do baixo Solimoes, Amazonas-Brasil. PhD thesis INPA. Fundacao Universidade do Amazonas. Manaus, Brasil, 1990. 150 p.

RICE, D. W. Marine mammals of the world. Systematic and distribution. Special Publication number 4. The Society for Marine Mammalogy, 1998. 93 – 94p.

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

SCHEIRB, S., BURROWS, A. & SMITH, T. The Amazon river dolphin (*Inia geoffrensis*). Pittsburg, Pennsylvania: Aqua. Zoo, 1994. 5 – 30p.

SCOTT, M. D.; WELL, R. S.; IRVINE, A. B. & MATE, B. R. Taging and Marking studies on small cetaceans, 1990. 489 – 514pp.

SHANE, S. Behaviour and Ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida. In: The Bottlenose dolphin. Edited by S. Leatherwood and R. Reeves. Academic Press Inc, 1990. 245 – 265p.

SINGH, L. A. & SHARMA, R. K. Gangetic dolphin, *Platanista gangetica*: observations on habits and distribution pattern in National Chambal Sanctuary. Journal. Bombay Nat. Hist. Society, 1985. Vol. 82(3): 548 – 653p.

SINHA, R. K. Status of the Ganges river dolphin (*Platanista gangetica*) in the vicinity of Farraka Barrage, India. In “Biology and conservation of freshwater cetacean in Asia” (REEVES, R. R., SMITH, B. D. & KASUYA, T.) Occasional paper of the IUCN species survival commission N° 23, 2000.

SMITH, B. Status and Conservation of the Ganges river dolphin *Platanista gangetica* in the Karnali river, Nepal. Biological Conservation, 1993. Vol. 66: 159 – 169p.

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

SMITH, B. D. & REEVES, R. R. Methods for studying freshwater cetacean. Survey methods for populations assessment of Asian river dolphins in: Biology and conservation of freshwater cetacean in Asia. Ed. Randall R. Reeves, Brian D. Smith & Toshio Kasuka. IUCN Occasional paper, 2000. (23). 97 – 115p.

SMITH, B., RAVINDRA, K., UBRAJ, R. & KUMAR, S. Status of Ganges river dolphins (*Platanista gangetica*) in the Karnali, Mahakali, Narayani and Sapta Kosi rivers of Nepal and India in 1993. Marine Mammal. Science, 1994. Vol. 10(3): 368 – 375p.

TAGLIAVINI & PILLERI, G. Occasional observations on the distribution and ecology of the bufeo (*Inia geoffrensis geoffrensis*) in Ecuadorian Rivers. Investigations of Cetacea, 1984. Vol. 16: 67 – 75p.

TREBBAU, P. & VAN BREE, P. J. H. Notes concerning the freshwater dolphin *Inia geoffrensis* (de Blainville, 1817) in Venezuela. Z. Säugetierkunde, 1974. Vol. 39: 50 – 75p.

TRUJILLO, F. Aspectos ecológicos y etológicos de los delfines *Inia geoffrensis* (Blainville, 1817) y *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) en la Amazonia Colombiana. Tesis de Grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1990. 70p.

_____. Estimación poblacional de las especies dulceacuícolas de delfines *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en el sistema lacustre de Tarapoto y El Correo, Amazonia Colombiana. *Special Report*. Vol. 49 Centro de Investigaciones Científicas, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia, 1992. 199p.

_____. Habitat use and social behaviour of the freshwater dolphin *Inia geoffrensis*, in the colombian Amazon, *Marine mammals science*, 2000. 10(3): 348 – 353p.

_____. La conservación de los delfines de río. Colombia: Ciencia y Tecnología, 2003. Vol. 21(3): 56 – 62p.

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

_____. The use of photoidentification to study the Amazon River Dolphin, *Inia geoffrensis*, in the Colombian Amazon. *Marine Mammals Science*, 1994. 10(3): 348 – 353p.

TRUJILLO, F.; PORTOCARRERO, M.; GÓMEZ, C.; DIAZGRANADOS, .C.; CASTELLANOS, L.; GARCIA, M. & CABALLERO, S. Status and conservation of river dolphins *I. geoffrensis* and *Sotalia fluviatilis* in the Amazon and Orinoco basins in Colombia. 2008. 29p.

TRUJILLO, F. & DIAZGRANADOS, M. C. Delfines de Río en la Amazonia y Orinoquía: Ecología y conservación. Bogotá, Colombia: Serie Fundación Omacha, 2002. Vol 1. 74p.

TRUJILLO, F., KENDALL, S., DIAZGRANADOS, M. C., FUENTES, L., GALINDO, A., RAMOS, R. & UTRERAS, V. 1997. Aspectos biológicos y de conservación de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en Colombia y Ecuador con estandarización de metodologías para su estudio. Bogotá, Colombia: Fundación Omacha, 1997. Working paper. N° 8.

TRUJILLO, F. & BELTRÁN, S. Patrones de uso del hábitat de *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* en el Amazonas Colombiano. *Special Report*. Vol. 69. Centro de Investigaciones Científicas Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogota, Colombia, 1995. 165p.

TRUJILLO, F. & KENDALL, S. Photoidentification with river dolphins in Colombia. The Pilot. News letter of the Marine Mammal Action Plan, 1994. Vol. 10: 7 – 9p.

TRUJILLO, F., BELTRÁN, S., HERNANDEZ, S. & BANGUERA, E. Estudio preliminar de la Ecología, Abundancia, y Comportamiento de las toninas (*Inia geoffrensis*, de Blainville) en el área de influencia del campamento petrolero de Caño Limún. Río Arauca. Occidental de Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, 1992. 18: 21p.

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

VAN BREE, P. & ROBINEAU, R. Notes sur les holotypes *Inia geoffrensis geoffrensis* (Blainville, 1817) et the *Inia geoffrensis boliviensis* (D'Orbigny 1834) (Cetacea, Planistidae). Mammalia, 1973. Vol. 37. 4: 659 – 663p.

WHITE, G. C.; ANDERSON, D.R.; BURNHAM, K. P. & OTIS, L. Capture – Recapture and removal methods for samplinh closed populations. Los Alamos. National Laboratory Report. LA-8787-NERP, Los Alamos, N. M, 1982. 235p.

WHITEHEAD, H. & WALDE, S. Habitat dimensionality and mean search distance of top predators: implications for ecosystem structure. Theoret. Pop. Biol., 1992. 42, 1-9p.

WILSON, B.; THOMSON, P. M. & HAMMOND, P. S. Habitat use by bottlenose dolphins: seasonal distribution and stratified movement patterns in the Moray Firth, Scotland. *Applied Ecology*. 1997. 1365 – 1374p.

WURSING, B. & JEFFERSON, T. A. Methods of Photo-identification for small cetaceans. *Rep. Int. Whal. Commn.*, 1990. (Special Issue 12): 43 – 52p.

WWF. 2006. Delfín Rosado (online). Consultado el 1 de Septiembre de 2006. Disponible en http://www.wwf.org.co/colombia/articulo_detalle.php?lang=es&ir=a26

YUANYU, H.; XIANFENG, Z.; ZHUO, W. & XIAO, Q.W. A note on the feasibility of using Photo-identification techniques to study the Baiji. *Lipotes vexilifer*. *Rep. Int. Whal. Commn.*, 1990. (Special Issue 12): 439 – 440p.

ZHOU, K. J., GAO, A. & WÜRSIG, B. Baiji (*Lipotes vexilifer*) in the lower Yangtze River: movements, numbers threats and conservation needs. *Aquatic Mammals*, 1998. 24(2): 123 – 132p.

http://darwin.eckerd.edu/photo_identification.html

<http://www.euoplukes.net/>

<http://www.phidot.org/software/>

ANEXO 1

En esta tabla se muestra las coordenadas de cada variable en el plano factorial (LOADINGS), si está bien representada (SQUARED COSINES) y la contribución (CONTRIBUTIONS) a este. También da a conocer como fueron nombradas las variables y los individuos en el plano, es decir C3=1 significa que se observó el individuo de *Inia geoffrensis humboldtiana* en Julio de 1996.

LOADINGS, CONTRIBUTIONS AND SQUARED COSINES OF ACTIVE CATEGORIES
AXES 1 TO 5

CATEGORIES		LOADINGS					CONTRIBUTIONS					SQUARED COSINES				
IDEN - LABEL	REL. WT. DISTO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2 . Jul_96																
AB_1 - C3=0	9.37 0.07	0.15	0.07	0.08	0.01	0.10	0.7	0.3	0.5	0.0	1.0	0.33	0.08	0.09	0.00	0.14
AB_2 - C3=1	0.63 14.89	-2.23	-1.11	-1.19	-0.21	-1.44	10.7	4.4	7.8	0.3	15.5	0.33	0.08	0.09	0.00	0.14
CUMULATED CONTRIBUTION = 11.4 4.7 8.3 0.3 16.6																
3 . ago_96																
AC_1 - C4=0	9.44 0.06	0.16	-0.01	-0.01	-0.15	-0.01	0.8	0.0	0.0	2.4	0.0	0.43	0.00	0.00	0.40	0.00
AC_2 - C4=1	0.56 16.88	-2.70	0.22	0.21	2.58	0.24	14.0	0.2	0.2	41.0	0.4	0.43	0.00	0.00	0.40	0.00
CUMULATED CONTRIBUTION = 14.8 0.2 0.2 43.4 0.4																
5 . Nov_96																
AE_1 - C6=0	8.95 0.12	0.09	-0.23	-0.11	0.09	-0.03	0.2	2.8	0.9	0.8	0.1	0.07	0.46	0.10	0.07	0.01
AE_2 - C6=1	1.05 8.53	-0.75	1.98	0.92	-0.78	0.23	2.0	23.6	7.8	6.9	0.7	0.07	0.46	0.10	0.07	0.01
CUMULATED CONTRIBUTION = 2.2 26.4 8.7 7.8 0.7																
6 . Dic_96																
AF_1 - C7=0	9.44 0.06	0.11	0.03	0.12	0.12	-0.10	0.4	0.1	1.3	1.6	1.0	0.22	0.02	0.26	0.26	0.15
AF_2 - C7=1	0.56 16.88	-1.92	-0.57	-2.09	-2.10	1.61	7.0	1.0	21.5	26.9	17.1	0.22	0.02	0.26	0.26	0.15
CUMULATED CONTRIBUTION = 7.5 1.1 22.8 28.5 18.1																
7 . Ene_97																
AG_1 - C8=0	9.02 0.11	0.20	-0.18	0.01	0.03	-0.03	1.3	1.7	0.0	0.1	0.1	0.37	0.30	0.00	0.01	0.01
AG_2 - C8=1	0.98 9.21	-1.86	1.66	-0.09	-0.25	0.26	11.5	15.5	0.1	0.7	0.8	0.37	0.30	0.00	0.01	0.01
CUMULATED CONTRIBUTION = 12.8 17.2 0.1 0.7 0.9																
8 . Feb_97																
AH_1 - C9=0	8.53 0.17	0.29	0.04	0.00	-0.11	-0.21	2.4	0.1	0.0	1.1	4.6	0.48	0.01	0.00	0.07	0.26
AH_2 - C9=1	1.47 5.81	-1.66	-0.24	-0.02	0.64	1.24	13.9	0.5	0.0	6.6	26.6	0.48	0.01	0.00	0.07	0.26
CUMULATED CONTRIBUTION = 16.3 0.6 0.0 7.8 31.1																
9 . Marz_97																
AI_1 - C10=0	9.51 0.05	0.15	0.08	-0.07	0.06	0.05	0.7	0.4	0.4	0.4	0.3	0.42	0.14	0.09	0.07	0.05
AI_2 - C10=1	0.49 19.43	-2.87	-1.62	1.33	-1.14	-0.99	13.8	7.4	7.6	6.9	5.7	0.42	0.14	0.09	0.07	0.05
CUMULATED CONTRIBUTION = 14.5 7.8 8.0 7.3 6.0																
11 . Jul_97																
AK_1 - C12=0	9.79 0.02	0.11	0.04	-0.05	0.01	0.04	0.4	0.1	0.2	0.0	0.2	0.53	0.06	0.13	0.01	0.06
AK_2 - C12=1	0.21 46.67	-4.98	-1.74	2.42	-0.63	-1.73	17.8	3.6	10.8	0.9	7.4	0.53	0.06	0.13	0.01	0.06
CUMULATED CONTRIBUTION = 18.2 3.7 11.0 0.9 7.6																
12 . Agos_97																
AL_1 - C13=0	9.72 0.03	0.04	-0.06	0.11	-0.03	0.06	0.0	0.2	1.1	0.1	0.4	0.05	0.13	0.45	0.03	0.13
AL_2 - C13=1	0.28 34.75	-1.26	2.09	-3.96	0.95	-2.10	1.5	7.0	38.7	2.8	14.7	0.05	0.13	0.45	0.03	0.13
CUMULATED CONTRIBUTION = 1.6 7.2 39.8 2.9 15.1																
14 . Oct_97																
AM_1 - C15=0	9.51 0.05	0.03	-0.17	-0.02	0.01	0.04	0.0	1.5	0.1	0.0	0.2	0.02	0.54	0.01	0.00	0.03
AM_2 - C15=1	0.49 19.43	-0.64	3.24	0.48	-0.26	-0.75	0.7	29.6	1.0	0.4	3.3	0.02	0.54	0.01	0.00	0.03
CUMULATED CONTRIBUTION = 0.7 31.1 1.0 0.4 3.5																

LOADINGS AND TEST-VALUES OF CATEGORIES
AXES 1 TO 5

CATEGORIES			TEST-VALUES					LOADINGS					DISTO.
IDEN - LABEL	COUNT	ABS. WT.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	DISTO.
1 . Jun_96													
AA_1 - C2=0	141	141.00	0.9	0.6	-0.8	1.7	2.1	0.01	0.01	-0.01	0.02	0.02	0.01
AA_2 - C2=1	2	2.00	-0.9	-0.6	0.8	-1.7	-2.1	-0.61	-0.41	0.57	-1.20	-1.49	70.50
2 . Jul_96													
AB_1 - C3=0	134	134.00	6.9	3.4	3.7	0.7	4.5	0.15	0.07	0.08	0.01	0.10	0.07
AB_2 - C3=1	9	9.00	-6.9	-3.4	-3.7	-0.7	-4.5	-2.23	-1.11	-1.19	-0.21	-1.44	14.89
3 . ago_96													
AC_1 - C4=0	135	135.00	7.8	-0.6	-0.6	-7.5	-0.7	0.16	-0.01	-0.01	-0.15	-0.01	0.06
AC_2 - C4=1	8	8.00	-7.8	0.6	0.6	7.5	0.7	-2.70	0.22	0.21	2.58	0.24	16.88
4 . Oct_96													
AD_1 - C5=0	142	142.00	4.7	0.4	-2.3	4.8	-0.9	0.03	0.00	-0.02	0.03	-0.01	0.01
AD_2 - C5=1	1	1.00	-4.7	-0.4	2.3	-4.8	0.9	-4.67	-0.40	2.30	-4.83	0.95	142.00
5 . Nov_96													
AE_1 - C6=0	128	128.00	3.1	-8.1	-3.7	3.2	-0.9	0.09	-0.23	-0.11	0.09	-0.03	0.12
AE_2 - C6=1	15	15.00	-3.1	8.1	3.7	-3.2	0.9	-0.75	1.98	0.92	-0.78	0.23	8.53
6 . Dic_96													
AF_1 - C7=0	135	135.00	5.6	1.7	6.1	6.1	-4.7	0.11	0.03	0.12	0.12	-0.10	0.06
AF_2 - C7=1	8	8.00	-5.6	-1.7	-6.1	-6.1	4.7	-1.92	-0.57	-2.09	-2.10	1.61	16.88
7 . Ene_97													
AG_1 - C8=0	129	129.00	7.3	-6.5	0.4	1.0	-1.0	0.20	-0.18	0.01	0.03	-0.03	0.11
AG_2 - C8=1	14	14.00	-7.3	6.5	-0.4	-1.0	1.0	-1.86	1.66	-0.09	-0.25	0.26	9.21
8 . Feb_97													
AM_1 - C15=0	136	136.00	1.7	-8.8	-1.3	0.7	2.0	0.03	-0.17	-0.02	0.01	-0.04	0.05
AM_2 - C15=1	7	7.00	-1.7	8.8	1.3	-0.7	-2.0	-0.64	3.24	0.48	-0.26	-0.75	19.43
9 . Marz_97													
AI_1 - C10=0	136	136.00	7.8	4.4	-3.6	3.1	2.7	0.15	0.08	-0.07	0.06	0.05	0.05

AI_2 - C10=1	7	7.00	-7.8	-4.4	3.6	-3.1	-2.7	-2.87	-1.62	1.33	-1.14	-0.99	19.43				
10 . May_97																	
AJ_1 - C11=0	142	142.00	0.2	0.4	0.0	-0.9	-1.6	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.01				
AJ_2 - C11=1	1	1.00	-0.2	-0.4	0.0	0.9	1.6	-0.21	-0.38	0.03	0.88	1.60	142.00				
11 . Jul_97																	
AK_1 - C12=0	140	140.00	8.7	3.0	-4.2	1.1	3.0	0.11	0.04	-0.05	0.01	0.04	0.02				
AK_2 - C12=1	3	3.00	-8.7	-3.0	4.2	-1.1	-3.0	-4.98	-1.74	2.42	-0.63	-1.73	46.67				
12 . Agos_97																	
AL_1 - C13=0	139	139.00	2.6	-4.2	8.0	-1.9	4.3	0.04	-0.06	0.11	-0.03	0.06	0.03				
AL_2 - C13=1	4	4.00	-2.6	4.2	-8.0	1.9	-4.3	-1.26	2.09	-3.96	0.95	-2.10	34.75				
14 . Oct_97																	
C150 - C15=0	2.64	0.05	0.06	-0.04	-0.11	-0.05	-0.03	0.1	0.0	0.5	0.1	0.0	0.07 0.03 0.25 0.04 0.02				
C151 - C15=1	0.14	19.43	-1.16	0.70	2.22	0.93	0.58	1.6	0.8	10.1	2.3	0.9	0.07 0.03 0.25 0.04 0.02				
CONTRIBUTION CUMULEE = 1.7 0.9 10.6 2.4 1.0																	
15 . Nov_97																	
C160 - C16=0	2.51	0.11	0.11	-0.04	0.03	0.04	0.11	0.3	0.1	0.0	0.1	0.7	0.11 0.02 0.01 0.02 0.12				
C161 - C16=1	0.27	9.21	-1.00	0.38	-0.25	-0.38	-1.03	2.4	0.5	0.3	0.8	6.1	0.11 0.02 0.01 0.02 0.12				
CONTRIBUTION CUMULEE = 2.7 0.5 0.3 0.8 6.7																	
16 . Dic_97																	
C170 - C17=0	2.51	0.11	0.13	-0.01	0.11	0.04	-0.07	0.4	0.0	0.4	0.1	0.2	0.15 0.00 0.10 0.01 0.04				
C171 - C17=1	0.27	9.21	-1.18	0.13	-0.98	-0.33	0.63	3.4	0.1	3.9	0.6	2.3	0.15 0.00 0.10 0.01 0.04				
CONTRIBUTION CUMULEE = 3.7 0.1 4.4 0.6 2.5																	
18 . Feb_98																	
C190 - C19=0	2.72	0.02	0.05	-0.01	-0.07	-0.03	0.06	0.1	0.0	0.2	0.0	0.2	0.12 0.00 0.25 0.03 0.18				
C191 - C19=1	0.06	46.67	-2.33	0.48	3.42	1.18	-2.88	2.8	0.2	10.3	1.6	10.1	0.12 0.00 0.25 0.03 0.18				
CONTRIBUTION CUMULEE = 2.9 0.2 10.5 1.6 10.3																	
19 . Marz_98																	
C200 - C20=0	2.68	0.04	0.08	0.01	0.02	0.01	-0.05	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.19 0.00 0.01 0.00 0.08				
C201 - C20=1	0.10	27.60	-2.31	-0.27	-0.56	-0.32	1.47	4.6	0.1	0.5	0.2	4.4	0.19 0.00 0.01 0.00 0.08				
CONTRIBUTION CUMULEE = 4.8 0.1 0.5 0.2 4.5																	
21 . May_98																	
C220 - C22=0	2.60	0.07	0.12	0.08	-0.13	-0.02	-0.10	0.3	0.2	0.7	0.0	0.5	0.21 0.10 0.27 0.00 0.15				
C221 - C22=1	0.17	14.89	-1.75	-1.22	1.99	0.27	1.49	4.8	3.2	10.4	0.2	8.1	0.21 0.10 0.27 0.00 0.15				
CONTRIBUTION CUMULEE = 5.1 3.4 11.1 0.3 8.7																	
22 . Jun_98																	
C230 - C23=0	2.60	0.07	0.09	0.10	-0.09	0.01	-0.09	0.2	0.3	0.3	0.0	0.4	0.12 0.14 0.11 0.00 0.11				
C231 - C23=1	0.17	14.89	-1.36	-1.47	1.27	-0.12	1.29	2.9	4.7	4.3	0.0	6.1	0.12 0.14 0.11 0.00 0.11				
CONTRIBUTION CUMULEE = 3.1 5.0 4.6 0.1 6.5																	
23 . Jul_98																	
C240 - C24=0	2.56	0.08	0.13	0.01	-0.01	0.00	-0.12	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8	0.19 0.00 0.00 0.00 0.19				
C241 - C24=1	0.21	12.00	-1.50	-0.13	0.09	-0.04	1.50	4.3	0.0	0.0	0.0	10.0	0.19 0.00 0.00 0.00 0.19				
CONTRIBUTION CUMULEE = 4.7 0.0 0.0 0.0 10.8																	
26 . Feb_00																	
C270 - C27=0	2.33	0.19	0.12	0.10	0.06	0.13	-0.01	0.3	0.3	0.1	0.7	0.0	0.07 0.05 0.02 0.08 0.00				
C271 - C27=1	0.45	5.22	-0.62	-0.51	-0.33	-0.66	0.04	1.6	1.4	0.7	3.8	0.0	0.07 0.05 0.02 0.08 0.00				
CONTRIBUTION CUMULEE = 1.8 1.7 0.9 4.5 0.0																	
MODALITES																	
COORDONNEES																	
CONTRIBUTIONS																	
COSINUS CARRES																	
IDEN - LIBELLE	P.REL	DISTO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
27 . Feb_2001																	
C280 - C28=0	2.37	0.17	0.07	0.11	-0.13	0.13	0.05	0.1	0.4	0.6	0.7	0.1	0.03 0.07 0.09 0.09 0.01				
C281 - C28=1	0.41	5.81	-0.38	-0.65	0.73	-0.73	-0.28	0.5	2.1	3.3	4.2	0.6	0.03 0.07 0.09 0.09 0.01				
CONTRIBUTION CUMULEE = 0.6 2.5 3.9 5.0 0.8																	
29 . Abr_01																	
C300 - C30=0	2.70	0.03	-0.01	0.09	-0.02	0.03	0.00	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.00 0.28 0.02 0.02 0.00				
C301 - C30=1	0.08	34.75	0.33	-3.11	0.77	-0.90	-0.01	0.1	9.3	0.7	1.2	0.0	0.00 0.28 0.02 0.02 0.00				
CONTRIBUTION CUMULEE = 0.1 9.6 0.7 1.3 0.0																	
31 . Jun_01																	
C320 - C32=0	2.68	0.04	-0.02	0.01	-0.01	0.08	0.03	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.01 0.00 0.00 0.16 0.02				
C321 - C32=1	0.10	27.60	0.44	-0.27	0.17	-2.10	-0.81	0.2	0.1	0.0	8.4	1.3	0.01 0.00 0.00 0.16 0.02				
CONTRIBUTION CUMULEE = 0.2 0.1 0.0 8.7 1.4																	
32 . Jul_01																	
C330 - C33=0	2.68	0.04	-0.02	0.10	-0.01	-0.01	0.02	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.01 0.26 0.01 0.00 0.01				
C331 - C33=1	0.10	27.60	0.58	-2.68	0.38	0.16	-0.61	0.3	8.7	0.2	0.0	0.7	0.01 0.26 0.01 0.00 0.01				
CONTRIBUTION CUMULEE = 0.3 9.0 0.2 0.0 0.8																	
33 . Ago_01																	
C340 - C34=0	2.66	0.04	-0.01	0.08	-0.02	0.08	0.02	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.00 0.15 0.01 0.14 0.01				
C341 - C34=1	0.12	22.83	0.31	-1.87	0.56	-1.76	-0.45	0.1	5.1	0.6	7.1	0.5	0.00 0.15 0.01 0.14 0.01				
CONTRIBUTION CUMULEE = 0.1 5.3 0.6 7.4 0.5																	
34 . Oct_01																	
C350 - C35=0	2.70	0.03	-0.02	0.03	0.01	-0.02	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.02 0.03 0.00 0.02 0.04				
C351 - C35=1	0.08	34.75	0.85	-1.00	-0.33	0.73	-1.14	0.5	1.0	0.1	0.8	2.1	0.02 0.03 0.00 0.02 0.04				
CONTRIBUTION CUMULEE = 0.5 1.0 0.1 0.8 2.2																	
37 . Ene_03																	
C380 - C38=0	2.49	0.12	-0.04	0.14	0.03	-0.06	0.05	0.0	0.6	0.0	0.2	0.1	0.02 0.17 0.01 0.03 0.02				
C381 - C38=1	0.29	8.53	0.37	-1.21	-0.29	0.48	-0.42	0.4	5.3	0.4	1.3	1.1	0.02 0.17 0.01 0.03 0.02				
CONTRIBUTION CUMULEE = 0.4 5.9 0.4 1.5 1.2																	
38 . Abr_03																	
C390 - C39=0	2.60	0.07	0.00	0.12	-0.03	0.08	-0.03	0.0	0.5	0.0	0.3	0.1	0.00 0.22 0.01 0.10 0.02				
C391 - C39=1	0.17	14.89	-0.01	-1.82	0.42	-1.22	0.51	0.0	7.2	0.5	5.1	1.0	0.00 0.22 0.01 0.10 0.02				
CONTRIBUTION CUMULEE = 0.0 7.6 0.5 5.5 1.0																	
39 . Ago_03																	
C400 - C40=0	2.45	0.13	-0.02	0.07	0.05	0.02	0.03	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.00 0.04 0.02 0.00 0.01				
C401 - C40=1	0.33	7.41	0.15	-0.53	-0.36	-0.15	-0.19	0.1	1.1	0.7	0.1	0.3	0.00 0.04 0.02 0.00 0.01				
CONTRIBUTION CUMULEE = 0.1 1.3 0.7 0.2 0.3																	
41 . Marz_06																	
C420 - C42=0	2.51	0.11	-0.08	0.12	-0.03	-0.02	0.06	0.2	0.4	0.0	0.0	0.2	0.07 0.12 0.01 0.00 0.03				
C421 - C42=1	0.27	9.21	0.78	-1.07	0.24	0.20	-0.55	1.5	3.8	0.2	0.2	1.7	0.07 0.12 0.01 0.00 0.03				
CONTRIBUTION CUMULEE = 1.6 4.2 0.3 0.2 1.9																	
42 . Jun_06																	
C430 - C43=0	2.70	0.03	-0.03	0.01	0.00	-0.03	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03 0.00 0.00 0.03 0.03				
C431 - C43=1	0.08	34.75	1.03	-0.31	0.04	0.99	-0.96	0.7	0.1	0.0	1.5	1.5	0.03 0.00 0.00 0.03 0.03				
CONTRIBUTION CUMULEE = 0.8 0.1 0.0 1.5 1.6																	
43 . Ago_06																	
C440 - C44=0	2.64	0.05	-0.05	0.04	0.01	-0.08	0.05	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1	0.05 0.03 0.00 0.13 0.05				
C441 - C44=1	0.14	19.43	0.94	-0.78	-0.20	1.58	-0.94	1.1	1.0	0.1	6.7	2.5	0.05 0.03 0.00 0.13 0.05				
CONTRIBUTION CUMULEE = 1.1 1.1 0.1 7.0 2.6																	
44 . Ene_07																	
C450 - C45=0	2.39	0.16	-0.11	0.12	0.04	-0.18	-0.11	0.3	0.4	0.1	1.4	0.6	0.07 0.08 0.01 0.19 0.07				
C451 - C45=1	0.39	6.15	0.67	-0.71	-0.24	1.08	0.66	1.6	2.4	0.3	8.9	3.6	0.07 0.08 0.01 0.19 0.07				
CONTRIBUTION CUMULEE = 1.8 2.8 0.4 10.4 4.2																	
45 . Feb_07																	
C460 - C46=0	2.45	0.13	-0.12	0.10	0.02	-0.18	-0.07	0.3	0.3	0.0	1.6	0.2	0.10 0.07 0.00 0.24 0.03				
C461 -																	

ANEXO 2

Histograma a partir del cual se decide cuantos ejes debe tener el plano factorial a graficar sin tener perdida de información, en este caso se tienen en cuenta los dos primeros.

```

HISTOGRAM OF THE FIRST 10 EIGENVALUES
-----
+
| NUMBER | EIGENVALUE | PERCENTAGE | CUMULATED |
|         |             |            |            |
|         |             |            |            |
|         |             |            |            |
-----
+
| NUM. FIRST LAST COUNT WEIGHT INDEX HISTOGRAM OF LEVEL INDEXES
| 15 4 13 2 2.00 0.00088 *
| 16 15 10 3 3.00 0.00143 *
| 17 11 16 4 4.00 0.00648 ***
| 18 17 1 5 5.00 0.01834 *****
| 19 9 18 6 6.00 0.04943 *****
| 20 12 19 7 7.00 0.05483 *****
| 21 3 20 8 8.00 0.06610 *****
| 22 2 6 2 2.00 0.08023 *****
| 23 7 14 2 2.00 0.08055 *****
| 24 22 21 10 10.00 0.08862 *****
| 25 23 24 12 12.00 0.12144 *****
| 26 5 25 13 13.00 0.18892 *****
| 27 8 26 14 14.00 0.22518 *****
| SUM OF LEVEL INDEXES = 0.98244
-----
+

```

ANEXO 3

Hoja de resultados del año 1996 del Programa MARK.

```

Mark-recapture population and density estimation program          Page  1
Input and Errors Listing          Program version of 16 May 1995  28-Aug-2007
Input---title='1996 listo'
Input---task read captures x matrix occasions=7 captures=7
Input---data='Group 1'
Input---format='(a6,7f1.0)'
Input---read input data
      Summary of captures read
      Number of trapping occasions          7
      Number of animals captured           30
      Maximum x grid coordinate            1.0
      Maximum y grid coordinate            1.0
Input---task population estimate mth-chao
#Mark-recapture population and density estimation program          Page  2
1996 listo          Program version of 16 May 1995  28-Aug-2007
Population estimate under time variation and
individual heterogeneity in capture probabilities.
See model M(th) of Chao et al. (1992).
Group 1
Number of trapping occasions was          7
Number of animals captured, M(t+1), was  30
Total number of captures, n., was        44
Frequencies of capture, f(i)
i=  1  2  3  4  5  6  7
f(i)= 19  9  1  1  0  0  0

```

Estimator	Gamma	N-hat	se(N-hat)
1	0.2605	61.51	17.64
2	0.1254	50.89	14.21
3	0.1335	51.50	14.50

```

p-hat(j) =  0.04 0.18 0.16 0.02 0.04 0.29 0.14

Bias-corrected population estimate is          51 with standard error  14.4962
Approximate 95 percent confidence interval      37 to          101
#Mark-recapture population and density estimation program          Page  3
1996 listo          Program version of 16 May 1995  28-Aug-2007

S u c c e s s f u l   E x e c u t i o n

```

ANEXO 4

Hoja de resultados del año 1997 del Programa MARK.

```

Mark-recapture population and density estimation program          Page  1
                        Program version of 16 May 1995          28-Aug-2007
Input and Errors Listing
Input---title='1997 listo'
Input---task read captures x matrix occasions=14 captures=14
Input---data='Group 1'
Input---format='(a6,14f1.0)'
Input---read input data

      Summary of captures read
            Number of trapping occasions          14
            Number of animals captured           46
            Maximum x grid coordinate            1.0
            Maximum y grid coordinate            1.0

Input---task population estimate mth-chao

#Mark-recapture population and density estimation program          Page  2
                        Program version of 16 May 1995          28-Aug-2007
1997 listo
Population estimate under time variation and
individual heterogeneity in capture probabilities.
See model M(th) of Chao et al. (1992).
Group 1

Number of trapping occasions was          14
Number of animals captured, M(t+1), was   46
Total number of captures, n., was         87

Frequencies of capture, f(i)
  i=  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14
f(i)= 24 13  4  2  2  0  1  0  0  0  0  0  0  0

      Estimator      Gamma      N-hat      se(N-hat)
-----
        1          0.5331      81.19      15.62
        2          0.4859      77.18      14.65
        3          0.4894      77.47      14.72

p-hat(j) =  0.01 0.18 0.27 0.09 0.01 0.01 0.04 0.05 0.00 0.09
            0.18 0.01 0.01 0.16

Bias-corrected population estimate is      77 with standard error  14.7174
Approximate 95 percent confidence interval      60 to      121

#Mark-recapture population and density estimation program          Page  3
                        Program version of 16 May 1995          28-Aug-2007
1997 listo

s u c c e s s f u l   E x e c u t i o n

```

ANEXO 5

Hoja de resultados del año 1998 del Programa MARK.

```

Mark-recapture population and density estimation program          Page 1
Input and Errors Listing          Program version of 16 May 1995  28-Aug-2007
Input---title='1998 listo'
Input---task read captures x matrix ocasiones=13 captures=13
Input---data='Group 1'
Input---format='(a6,13f1.0)'
Input---read input data
      Summary of captures read
      Number of trapping occasions          13
      Number of animals captured           21
      Maximum x grid coordinate            1.0
      Maximum y grid coordinate            1.0
Input---task population estimate mth-chao
#Mark-recapture population and density estimation program          Page 2
      Program version of 16 May 1995  28-Aug-2007
1998 listo
Population estimate under time variation and
individual heterogeneity in capture probabilities.
See model M(th) of Chao et al. (1992).
Group 1
Number of trapping occasions was          13
Number of animals captured, M(t+1), was  21
Total number of captures, n., was        40
Frequencies of capture, f(i)
i=  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13
f(i)= 8  8  4  1  0  0  0  0  0  0  0  0  0
      Estimator      Gamma      N-hat      se(N-hat)
-----
      1              0.0581      26.83      4.51
      2              0.0158      25.35      4.03
      3              0.0214      25.54      4.10
p-hat(j) =  0.04 0.08 0.04 0.04 0.15 0.08 0.00 0.00 0.00 0.35
            0.35 0.42 0.00
Bias-corrected population estimate is      26 with standard error  4.1002
Approximate 95 percent confidence interval      23 to          41
#Mark-recapture population and density estimation program          Page 3
      Program version of 16 May 1995  28-Aug-2007
1998 listo
S u c c e s s f u l   E x e c u t i o n

```

ANEXO 6

Hoja de resultados del año 2000 del Programa MARK.

```

Mark-recapture population and density estimation program          Page  1
      Program version of 16 May 1995                          28-Aug-2007
Input and Errors Listing
Input---title='2000 listo'
Input---task read captures x matrix occasions=3 captures=3
Input---data='Group 1'
Input---format='(a6,3f1.0)'
Input---read input data
      Summary of captures read
      Number of trapping occasions          3
      Number of animals captured           22
      Maximum x grid coordinate             1.0
      Maximum y grid coordinate             1.0
Input---task population estimate mth-chao

#Mark-recapture population and density estimation program          Page  2
      Program version of 16 May 1995                          28-Aug-2007
2000 listo
Population estimate under time variation and
individual heterogeneity in capture probabilities.
See model M(th) of Chao et al. (1992).
Group 1
Number of trapping occasions was          3
Number of animals captured, M(t+1), was  22
Total number of captures, n., was        27

Frequencies of capture, f(i)
  i=  1  2  3
f(i)= 18  3  1

      Estimator      Gamma      N-hat      se(N-hat)
-----
      1             1.9552      28.58      12.36
      2             1.2164      28.76      13.80
      3             1.9552      27.88      12.59

p-hat(j) =  0.01 0.02 0.12

Bias-corrected population estimate is      28 with standard error 12.1065
Approximate 95 percent confidence interval      21 to      54

#Mark-recapture population and density estimation program          Page  3
      Program version of 16 May 1995                          28-Aug-2007
2000 listo

      S u c c e s s f u l   E x e c u t i o n

```

ANEXO 7

Hoja de resultados del año 2001 del Programa MARK.

```

Mark-recapture population and density estimation program          Page  1
Input and Errors Listing          Program version of 16 May 1995  28-Aug-2007
Input---title='2001 listo'
Input---task read captures x matrix occasions=8 captures=8
Input---data='Group 1'
Input---format='(a6,8f1.0)'
Input---read input data
      Summary of captures read
      Number of trapping occasions          8
      Number of animals captured          35
      Maximum x grid coordinate          1.0
      Maximum y grid coordinate          1.0
Input---task population estimate mth-chao
#Mark-recapture population and density estimation program          Page  2
          Program version of 16 May 1995  28-Aug-2007
2001 listo
Population estimate under time variation and
individual heterogeneity in capture probabilities.
See model M(th) of Chao et al. (1992).
Group 1
Number of trapping occasions was          8
Number of animals captured, M(t+1), was  35
Total number of captures, n., was        46
Frequencies of capture, f(i)
  i=  1  2  3  4  5  6  7  8
f(i)= 28  4  2  1  0  0  0  0

```

Estimator	Gamma	N-hat	se(N-hat)
1	0.7956	61.68	13.03
2	0.6884	62.42	14.48
3	0.7140	63.15	14.32

```

p-hat(j) =  0.15  0.01  0.03  0.00  0.04  0.04  0.04  0.03
Bias-corrected population estimate is      62 with standard error  14.1134
Approximate 95 percent confidence interval      50 to      85
#Mark-recapture population and density estimation program          Page  3
          Program version of 16 May 1995  28-Aug-2007
2001 listo

```

S u c c e s s f u l E x e c u t i o n

ANEXO 8

Hoja de resultados del año 2003 del Programa MARK.

```

Mark-recapture population and density estimation program          Page  1
Program version of 16 May 1995                                28-Aug-2007
Input and Errors Listing
Input---title='2003 listo'
Input---task read captures x matrix occasions=3 captures=3
Input---data='Group 1'
Input---format='(a6,3f1.0)'
Input---read input data
      Summary of captures read
      Number of trapping occasions          3
      Number of animals captured           36
      Maximum x grid coordinate             1.0
      Maximum y grid coordinate             1.0
Input---task population estimate mth-chao

#Mark-recapture population and density estimation program          Page  2
Program version of 16 May 1995                                28-Aug-2007
2003 listo
Population estimate under time variation and
individual heterogeneity in capture probabilities.
See model M(th) of Chao et al. (1992).
Group 1
Number of trapping occasions was          3
Number of animals captured, M(t+1), was  36
Total number of captures, n., was        40
Frequencies of capture, f(i)
  i=  1  2  3
f(i)= 33  2  1

      Estimator      Gamma      N-hat      se(N-hat)
-----
      1             1.0129      63.71      14.81
      2             0.5656      64.95      14.68
      3             1.3483      63.63      13.89

p-hat(j) =  0.03 0.01 0.03

Bias-corrected population estimate is      64 with standard error  14.4398
Approximate 95 percent confidence interval      56 to      73

#Mark-recapture population and density estimation program          Page  3
Program version of 16 May 1995                                28-Aug-2007
2003 listo

S u c c e s s f u l   E x e c u t i o n

```

ANEXO 9

Hoja de resultados del año 2006 del Programa MARK.

```

Mark-recapture population and density estimation program          Page  1
Program version of 16 May 1995                                28-Aug-2007
Input and Errors Listing
Input---title='2006 listo'
Input---task read captures x matrix occasions=3 captures=3
Input---data='Group 1'
Input---format='(a6,3f1.0)'
Input---read input data
      Summary of captures read
      Number of trapping occasions          3
      Number of animals captured           19
      Maximum x grid coordinate             1.0
      Maximum y grid coordinate             1.0
Input---task population estimate mth-chao
#Mark-recapture population and density estimation program          Page  2
Program version of 16 May 1995                                28-Aug-2007
2006 listo
Population estimate under time variation and
individual heterogeneity in capture probabilities.
See model M(th) of Chao et al. (1992).
Group 1
Number of trapping occasions was          3
Number of animals captured, M(t+1), was  19
Total number of captures, n., was        24
Frequencies of capture, f(i)
  i=  1  2  3
f(i)= 15  3  1

```

Estimator	Gamma	N-hat	se(N-hat)
1	0.8537	20.81	9.00
2	0.3902	21.71	8.75
3	0.8537	23.81	9.25

```

p-hat(j) = 0.16 0.05 0.07

Bias-corrected population estimate is      21 with standard error  9.8125
Approximate 95 percent confidence interval  19 to          45
#Mark-recapture population and density estimation program          Page  3
Program version of 16 May 1995                                28-Aug-2007
2006 listo

S u c c e s s f u l   E x e c u t i o n

```

ANEXO 10

Hoja de resultados de laño 2007 del Programa MARK.

```

Mark-recapture population and density estimation program          Page 1
Program version of 16 May 1995                                28-Aug-2007
Input and Errors Listing
Input---title='2007 listo'
Input---task read captures x matrix ocasiones=6 captures=6
Input---data='Group 1'
Input---format='(a6,6f1.0)'
Input---read input data
      Summary of captures read
      Number of trapping occasions          6
      Number of animals captured           35
      Maximum x grid coordinate            1.0
      Maximum y grid coordinate            1.0
Input---task population estimate mth-chao
Mark-recapture population and density estimation program          Page 2
Program version of 16 May 1995                                28-Aug-2007
2007 listo
Population estimate under time variation and
individual heterogeneity in capture probabilities.
See model M(th) of Chao et al. (1992).
Group 1
Number of trapping occasions was          6
Number of animals captured, M(t+1), was  35
Total number of captures, n., was        59
Frequencies of capture, f(i)
  i=  1  2  3  4  5  6
f(i)= 18 11  5  1  0  0
Estimator      Gamma      N-hat      se(N-hat)
-----
  1             0.1895     65.27     10.28
  2             0.0742     67.22      8.19
  3             0.1109     66.72      9.07
p-hat(j) =  0.36 0.10 0.34 0.18 0.08 0.12
Bias-corrected population estimate is      65 with standard error  9.0703
Approximate 95 percent confidence interval  40 to 79
Mark-recapture population and density estimation program          Page 3
Program version of 16 May 1995                                28-Aug-2007
2007 listo
S u c c e s s f u l   E x e c u t i o n

```