

Estudio de la viabilidad de la  
fotoidentificación en recién nacidos de  
tortuga boba (*Caretta caretta*) y de la  
variación de las escamas a lo largo de  
los primeros seis meses de vida

---



**Trabajo de Fin de Grado**

**Marina Perceval Camps**

**Curso académico 2017-2018**

**Tutora: Margarida Casadevall**

## RESUM

Aquest treball es centra en la identificació mitjançant reconeixement facial en nounats de tortuga careta (*Caretta caretta*). La fotoidentificació (FI) obre noves possibilitats a molts estudis sobre dinàmica de població, proporció de sexes o migració.

El treball de conservació depèn molt del coneixement que es tingui de la població, i per això es necessita identificar als individus. En tortugues marines el problema apareix a l'hora d'identificar als nounats que, degut a la seva mida, no es poden marcar amb anella, amb PIT o altres mètodes, com es marca en adults. En adults també s'utilitza la tècnica de FI mitjançant imatges del patró d'escates del perfil facial.

Aquest estudi té com objectiu validar la FI com a eina per identificar tortugues fotografiades al néixer, durant la resta de la seva vida. Per a això es va estudiar la viabilitat del software de P.I.T.MAR. (programa de identificació facial de tortugues) per a la identificació, mitjançant imatges, d'individus de tortuga careta obtingudes durant els primers sis mesos de vida. Es va analitzar l'estabilitat del patró d'escates facials al llarg d'aquests primers mesos, per observar els canvis en aquest patró i comprovar si el software és sensible a aquests canvis. Comprendre els patrons de variació potencial de les escates en nounats podria permetre fer correccions en els criteris de identificació individual de les tortugues millorant la seva eficàcia.

Els resultats mostren que hi ha canvis en el patró d'escates del perfil facial durant el primer any de vida dels individus. Aquest canvis es deuen principalment al creixement i pigmentació. El software es sensible a aquests canvis ja que la capacitat d'identificació disminueix l'augmentar el període de temps entre imatges del mateix individu.

La FI és una tècnica prometedora per la identificació individual. Són necessaris més estudis en aquest camp, augmentant la mostra i desenvolupant el software per adaptar-lo al reconeixement d'individus de tortuga en etapes primerenques.

## RESUMEN

Este trabajo se centra en la identificación mediante reconocimiento facial en recién nacidos de tortuga boba (*Caretta caretta*). La fotoidentificación (FI) abre nuevas posibilidades a muchos estudios sobre dinámica de población, proporción de sexos o migración.

El trabajo de conservación depende mucho del conocimiento que se tenga de la población, y para eso se necesita identificar a los individuos. En tortugas marinas el problema viene a la hora de identificar a los recién nacidos que, debido a su tamaño, no se pueden marcar con anilla, con PIT u otros métodos, como se marca en adultos. En adultos también se utiliza la técnica de FI mediante imágenes del patrón de escamas del perfil facial.

Este estudio tiene como objetivo validar la FI como herramienta para identificar tortugas fotografiadas al nacer, durante el resto de su vida. Para eso se estudió la viabilidad del software de P.I.T.MAR. (programa de identificación facial de tortugas) para la identificación, mediante imágenes, de individuos de tortuga boba obtenidas durante los primeros seis meses de vida. Se analizó la estabilidad del patrón de las escamas faciales a lo largo de estos primeros, para observar los cambios en este patrón y comprobar si el software es sensible a estos cambios. Comprender los patrones de variación potencial de las escamas en neonatos podría permitir hacer correcciones en los criterios de identificación individual de las tortugas mejorando su eficacia.

Los resultados muestran que hay cambios en el patrón de escamas del perfil facial durante el primer año de vida de los individuos. Estos cambios se deben principalmente al crecimiento y a la pigmentación. El software es sensible a estos cambios pues la capacidad de identificación disminuye al aumentar el periodo de tiempo entre imágenes del mismo individuo.

La FI es una técnica prometedora para la identificación individual. Son necesarios más estudios en este campo, aumentando la muestra y desarrollando el software para adaptarlo al reconocimiento de individuos de tortuga en etapas tempranas.

## ABSTRACT

This work focuses on the identification by facial recognition in newborns of loggerhead turtle (*Caretta caretta*). The photo-identification (photo-ID) opens new possibilities to many studies on population dynamics, sex ratio or migration.

Conservation work depends on our knowledge of the population, and for that individuals must be identified. In marine turtles the problem arises when it comes to identifying newborns that, due to their size, cannot be marked with rings, with PIT or other methods, as adults are marked. In adults, the technique of photo-ID utilizing the scale pattern of the facial profile, is also used.

The objective of this study is to validate photo-ID as a tool for the identification of turtles which have been photographed at birth, for the rest of their lives. To this end, we studied the viability of the software of P.I.T.MAR. (turtle facial identification program) for the identification, by means of images, of loggerhead turtle individuals obtained during the first six months of life. The stability of the facial scale pattern throughout these first months will be studied. To analyze the changes in this pattern and to check if the software is sensitive to these changes. Understanding the patterns of potential variation of the scales in turtle newborns could allow corrections in the criteria of individual identification of the turtles improving its effectiveness.

Our results show that there are changes in the scale pattern of the facial profile during the first year of life of the individuals, these changes are mainly due to growth and pigmentation. The software is sensitive to these changes because the identification capacity decreases with the increasing period between images of the same individual.

The IF is a promising technique for individual identification. More studies are needed in this field, increasing the sample and developing the software to adapt it to the recognition of turtle individuals in early stages

## Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	1
INTRODUCCION.....	2
OBJECTIVES.....	4
MATERIAL Y METODOS .....	5
1. Fuente de datos.....	5
1.1 Imágenes .....	5
1.2 Software de P.I.T.MAR. ....	5
2. Introducción imágenes en el software .....	6
3. Análisis Estadístico .....	7
RESULTADOS.....	9
DISCUSION.....	20
CONCLUSION .....	21
ETICA Y SOSTENIBILIDAD .....	22
WEBGRAFIA.....	22
BIBLIOGRAFIA.....	22

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible, en primer lugar, gracias a Adolfo Marco, junto quien surgió la idea de este estudio. Le estoy eternamente agradecida por todos los conocimientos transmitidos durante las tres temporadas de desove pasadas en el campamento de Boa Vista (Cabo Verde) y por proporcionarme las imágenes. En segundo lugar, gracias a Jaime de Urioste, por enseñarme el uso del software y recibirme en el centro de la Fundación Neotrópico como una más en el equipo. Y sin olvidar, a mi tutora Margarida Casadevall por su dedicación, sus acertadas aportaciones y su paciencia ante mis múltiples preguntas. Ha sido una constante guía en mi trabajo. Muchas gracias a Xavier Jordana por la revisión estadística.

A todos los voluntarios de Cabo Verde con los que he compartido cientos de noches trabajando y aprendiendo a amar a estos animales prehistóricos que son las tortugas: muchas gracias. Esas noches fueron la chispa que encendió la llama que sería mi futuro. A todos los compañeros con los que he compartido estos duros pero provechosos años de estudio, agradecerles todo el compañerismo compartido . A mi familia le tengo que agradecer TODO pero me centro en el tiempo que han estado oyéndome gritar, llorar y maldecir. Y, por último, agradecer a mis amigos que me han proporcionado los momentos de respiro que tanto necesitaba.

## INTRODUCCION

El estudio de la abundancia de las poblaciones de animales es fundamental para el conocimiento y la interacción con nuestro entorno y estas poblaciones, tanto si es para disminuirlas en caso de plagas o aumentarlas como podría ser el caso de especies protegidas. Para poder controlar las poblaciones es importante estudiar la dinámica y la demografía de estas. Sin embargo, los buenos datos demográficos necesarios para la gestión y planificación de la conservación a menudo no son fáciles de recopilar. Para comprender la dinámica de la población de los animales, es fundamental marcarlos para que puedan identificarse posteriormente (McMahon et al., 2007). En palabras de este autor las marcas duraderas a largo plazo son el componente más fundamental de esta necesidad porque proporcionan estimaciones de la estructura de edad, la supervivencia, la longevidad, la dispersión, la fecundidad y la abundancia en las poblaciones de animales silvestres y domesticados (McMahon, op. cit)

Según la lista roja de la UICN, seis de las siete especies de tortugas marinas están amenazadas (UICN, 2018). Según Bugoni (2014) antes de que los humanos redujeran considerablemente las poblaciones de tortugas marinas, el número de éstas alcanzaba cifras difíciles de imaginar ahora (King, 1982; Ross, 1982; Jackson, 1997; Jackson et al., 2001). En estos altos niveles de población las tortugas tienen efectos sustanciales en el sistema marino que habitan como consumidores, presas y competidores; como huéspedes de parásitos y patógenos; como substrato para epibiontes; como transportadoras de nutrientes; como modificadoras del paisaje (Bugoni, op. cit.)

El estudio y conocimiento de las poblaciones de tortuga se ve dificultado por el comportamiento de estos animales, sus migraciones, la dificultad de acceder a los machos y sobretodo la imposibilidad de identificar las crías recién nacidas. Debido a que las tortugas marinas recién nacidas desaparecen en hábitats pelágicos y no se las ve regularmente hasta que vuelven a entrar en los hábitats costeros como juveniles, las curvas de crecimiento se basan casi exclusivamente en investigaciones de marcado y recaptura con juveniles y subadultos (Mrosovsky & Godfrey, 2003). Por esto se pierde mucha información de tamaño de población, de proporción de sexos, supervivencia, migración, etc. Al abandonar las playas de anidación como crías, las tortugas verdes, caguamas y carey inician una fase pelágica (en el mar abierto) que se piensa dura por lo menos varios años (Meylan & Meylan, 2000). Según la autora con frecuencia se les encuentra en el mar asociadas a mantos de sargaso o líneas de marea que se forman cerca de los frentes de las principales corrientes. Todo esto hace que la información que se tiene de las poblaciones de tortugas esté muy sesgada.

Pero el marcaje sigue siendo la mejor técnica para el conocimiento de la población. Estos métodos de identificación individual han mejorado mucho nuestra comprensión de movimientos de tortugas marinas, biología reproductiva, varamientos, tasas de crecimiento y residencia (Work & Balazs, 1999). Para monitorear las poblaciones de tortugas marina se han utilizado muchas técnicas diferentes como la identificación mediante tatuaje (Balazs, 1978), trasplantes de tejido o otras marcas externas (Cagle, 1939) pero las más utilizadas son las anillas de plástico o metal y el PIT (*Passive Integrated Transponder*) (Balazs, 2000). Las anillas tienen un gran riesgo de pérdida como demuestran varios estudios (Bjorndal et al., 1996; Reisser et al., 2008).

Además, la etiqueta óptima no debería deteriorarse ni corroerse cuando se sumerge en el mar durante el período del estudio. Aunque las etiquetas de metal han demostrado ser útiles para proporcionar muchas recuperaciones de etiquetas a corto plazo, no son confiables para estudios a largo plazo; En los estudios de la dinámica poblacional de las tortugas marinas, el período considerado debe ser de décadas (Limpus, 1992). Este problema no es grave con el PIT, pero este es muy costoso económicamente y se precisa de un lector.

El gran problema sigue estando en la identificación individual de las crías. Y es especialmente importante para poder estudiar directamente la filopatría natal, que les lleva a retornar a reproducirse en las playas de nacimientos, después de haber navegado miles de kilómetros a largas distancias de dichas playas (Monzón-Argüello et al., 2010). Las marcas convencionales en las crías son ineficaces porque o se corroen, o se desprenden, o se incorporan a medida que el animal crece desde una longitud de caparazón de unos pocos cm hasta más de 100 cm en el caso de las tortugas verdes, según Mrosovsky (2003). El autor continúa comentando que las etiquetas internas del transpondedor migran desde el sitio de la inyección, lo que hace que sea difícil recogerlas años después con un escáner. Teniendo en cuenta que la supervivencia de las tortugas marinas está estimada en una de cada mil (Frazer, 1986), y el elevado número de individuos que nacen por nido (Broderick et al., 2001), no sería nada práctico ni económico poner un PIT a cada una de las recién nacidas. La alta mortalidad relacionada con los primeros años de vida (Crouse et al., 1987) hace que la técnica de marcaje en neonatos sea ineficaz. Los emisores satelitales empiezan ya a poder instalarse en animales pequeños, pero todavía hay limitaciones técnicas para implementarse en recién nacidos, y el coste económico para animales de 3-4 años es todavía muy elevado (Godley et al., 2008).

Las marcas naturales también pueden servir para identificar a los individuos. En muchos animales se han encontrado marcas únicas y estables que se han usado para la identificación a nivel de individuo. Con el avance de las tecnologías y de la fotografía se pudo almacenar la información de estas marcas para compararlas posteriormente con facilidad. Este método es la fotoidentificación (FI). La FI parte de dos supuestos principales: que hay una característica distintiva en el individuo diferente de los demás individuos y que esa característica es estable a lo largo del tiempo. Es un método que ya se usa en muchas especies de animales, cada uno con sus marcas distintivas y estables, y con el avance de la fotografía acuática se ha podido aplicar a animales marinos como en ballenas (Beekmans et al., 2005), en focas (Hiby et al., 2007) o en pulpos (Huffard et al., 2008). Para las tortugas esta marca única y natural se encuentra en la cabeza (Chew et al., 2015). En tortugas marinas se ha utilizado la mancha pineal en Dermocheliidae (Buonantony, 2008; Zeeuw et al., 2010) y en Cheloniidae se usan las escamas del perfil facial, de la región temporal. Para la FI en quelonios se pueden usar los dos perfiles para el reconocimiento de los individuos (Reisser et al., 2008; Schofield et al., 2008) y la parte frontal de la cabeza (Lloyd et al., 2012).

Esta técnica ha sido probada en *Eretmochelys imbricata* (Dunbar et al., 2014), *Chelonia mydas* (Carpentier et al., 2016) y en *Caretta caretta* (Schofield et al., 2008) y sigue necesitando desarrollo aunque los resultados obtenidos en los estudios de este campo se muestran favorables.

Las tortugas marinas de caparazón duro tienen escamas queratinosas en la cabeza dorsal y lateral que se utilizan para identificar especies. Otras escamas de la cabeza (supraocular, frontal postocular, frontoparietal, parietal, interparietal, temporal y timpánica) pueden variar levemente en su forma pero no en su posición relativa. En algunos casos, las variaciones individuales en las escamas de la cabeza se pueden utilizar para identificar a las tortugas individuales (Wyneken, 2004). Hay varios estudios sobre la variación de las escamas en tortugas, que validan el valor de este patrón de escamas como una marca natural para reconocimiento continuo a largo plazo (Carpentier et al., 2016). Diferentes estudios han intentado demostrar esta estabilidad con diferentes periodos; 1 año (Hall & McNeill, 2013), 4 años (Chew et al., 2015), 11 años (Carpentier et al., 2016). En su artículo, Chaloupka (1988) nos muestra una imagen de tortuga antes y después de 9 años, en la foto se aprecia que el patrón de escamas no ha variado. También tuvimos constancia de un periodo de 9 años sin cambios en el patrón gracias a unas fotos proporcionadas por el CRAM de Barcelona (Web del CRAM).

En tortugas recién nacidas los trabajos en este campo son escasos. Chew (2015) afirma que no hay cambios en el patrón de escamas durante el primer año de vida de una tortuga. En neonatos es evidente que las escamas aumentan de tamaño pero no hay evidencias claras de cambios en el número o disposición de las escamas. Trabajando con FI en juveniles (Carpentier et al., 2016) se encontró que la pigmentación puede ser un factor que influya en la identificación.

La problemática de la FI está en la comparación de las imágenes cuando la población es muy grande. Para eso se crean programas que manejan la base de datos y comparan las fotografías mediante nubes de puntos, códigos, u otras técnicas de morfometría geométrica. Hay varios tipos de software para tortugas como I3S (Dunbar et al., 2014), Mydas (Carter et al., 2014), TORSOOI (Chassagneux et al., 2013) y el utilizado en este trabajo, P.I.T.MAR. (Web de P.I.T.MAR.).

El software de P.I.T.MAR. identifica tortugas a nivel individual. Trabaja con nubes de puntos determinadas a partir de imágenes del patrón de escamas del perfil. Contiene una base de datos y trabaja con varias especies de tortuga marina. Los individuos de la base de datos son adultos o juveniles. La base de datos contiene 558 individuos de *Caretta caretta*, 328 de *Chelonia mydas*, 78 *Eretmochelys imbricata* y ha analizado hasta el día de hoy (Mayo, 2018), 4000 perfiles.

## OBJECTIVES

The objective of this study is to validate photo-ID as a tool for the identification of turtles which have been photographed at birth, for the rest of their lives. To this end, we studied the viability of the software of P.I.T.MAR. for the identification, by means of images, of loggerhead turtle individuals obtained during the first six months of life. One objective is to validate first the reliability of this technique in identifying adult/juvenile individuals. It will be checked if quality of the image influences the identification. The stability of the facial scale pattern throughout these first months will be studied. To

analyze the changes in this pattern and to check if the software is sensitive to these changes. Understanding the patterns of potential variation of the scales in turtle newborns could allow corrections in the criteria of individual identification of the turtles improving its effectiveness.

## MATERIAL Y METODOS

### 1. Fuente de datos

#### 1.1 Imágenes

El material principal utilizado en este trabajo son 130 imágenes correspondientes a 26 individuos de tortuga marina *Caretta caretta* de tres nidos distintos recogidos en la playa de Cabo de Gata (Almería). Estas tortugas fueron mantenidas en cautividad durante su primer año de vida para un programa de *headstarting* en un proyecto científico autorizado por la Consejería de Medio Ambiente de Andalucía y el Ministerio de Medio Ambiente. La técnica de *headstarting* tiene como objetivo aumentar la supervivencia mediante la cría en cautividad durante el primer año de vida, periodo con más mortalidad (Abalo-Morla et al., 2018). Todas las tortugas fueron fotografiadas al nacer (septiembre) y posteriormente en 4 diferentes momentos en su primer año de vida (noviembre, diciembre, febrero y mayo). Se fotografió el caparazón entero, los dos lados de la cabeza (derecho e izquierdo) y la zona superior de la cabeza y el cuello. En este estudio se ha usado el lateral derecho del individuo para la identificación. debido a que el software de PITMAR trabaja con perfiles (aunque se está estudiando trabajar con la parte frontal) y a que no estaban disponibles imágenes del perfil izquierdo en todos los individuos. Por tanto, nuestra muestra se compone de 130 imágenes del perfil facial derecho obtenidas en diferentes meses del primer año de vida de 26 tortugas *Caretta caretta*. Cada individuo diferente estaba identificado con una T y un número. Para el estudio se creó una carpeta individual con cinco carpetas en cada una, una por cada mes. Dentro de cada carpeta encontramos la foto del perfil derecho de ese mes y ese individuo. Con el método manual-visual las imágenes fueron comparadas una a una, verificando que se podía reconocer a los individuos en cada etapa diferente y distinguirlos de los demás gracias al patrón único de escamas de cada uno.

#### 1.2 Software de P.I.T.MAR.

El software de FI elegido ha sido el de P.I.T.MAR. creado por la Fundación Neotrópico con la colaboración del Cabildo de Tenerife. Este software usa los nodos entre las escamas faciales delimitando con puntos los polígonos que forman cada una de ellas (Fig. 1). El resultado es una nube de puntos o nodos con una disposición similar a una constelación. Con una serie de factores de corrección el algoritmo homogeniza todos los patrones compensando las variaciones del paso del tiempo y corrigiendo parcialmente los desfases originados por la orientación en el momento de tomar las fotografías. Una vez comparadas las nubes de puntos el programa escoge las 15 que presentan mayor número de coincidencias en orden de más a menos similitud y las presenta al operador para que seleccione las identificaciones positivas. Si se trata de

un patrón nuevo, es un ejemplar no registrado y el programa permite crear una nueva ficha con la información disponible. Si se localiza un patrón registrado, se trata de una recaptura y se almacenan los datos en el historial de avistamientos del ejemplar. (Web P.I.T.MAR.)

Los individuos se identifican con códigos compuestos por un número asignado por el software, la especie y el año del registro. (nº-Carcar-Año). En la ficha de cada individuo podemos consultar las imágenes, otros identificadores, localización del avistamiento/captura, historial, etc.

## 2. Introducción imágenes en el software

Para poder introducir las imágenes estas deben pasar por un proceso previo de procesado. *“El procesado consiste en cortar la imagen, de modo que quede solo la parte de dónde sacará el programa la información. En el siguiente paso, hay que recortar la fotografía para que quede un tamaño de ancho de 800 píxeles. La imagen final no debe ser mayor de 1 Megabytes. Es recomendable también rotar la fotografía para que quede con el ángulo correcto, y usar herramientas de brillo y contraste. para que los nodos de entre las escamas queden lo más visibles posible”* (Web de P.I.T.MAR)

El siguiente paso consiste en entrar en la base de datos del software nuestros 26 individuos. Para ello se debe crear una ficha para cada uno con la imagen, ya procesada. Esta imagen que constará en la ficha es la de septiembre, mes de nacimiento y es la que se usará para comparar con las búsquedas de etapas posteriores de ese individuo. Esto tiene como objetivo que el diseño experimental sea lo más parecido a la práctica, es decir, al momento en que se va a tomar las imágenes de las crías en playa o en un vivero para poder identificarlas posteriormente. Para crear las fichas de los individuos debemos editar los nodos en la imagen. En primer lugar se añaden las dos marcas como podemos ver en la imagen, en la intersección entre las escamas supraoculares centrales y en el arco superior de la narina (puntos verdes). Estas marcas sirven para corregir el ángulo de la imagen. Luego se añaden los nodos, en las intersecciones de las escamas postoculares, temporales, subtemporales, timpánicas y centrales (puntos azules), marcando los más posibles para que el programa pueda apreciar la forma de las escamas (Fig. 1).



Figura 1: Muestra de la colocación de los nodos (puntos azules) y las marcas (puntos verdes) en la imagen de una tortuga *Caretta caretta*.

Al editar los nodos, se definió la calidad de cada imagen según la facilidad de identificar los nodos:

- Calidad alta; todos los nodos del patrón de escamas del perfil son claramente reconocibles en la imagen.

- Calidad normal; algún nodo no se ve claramente pero se puede intuir.
- Calidad baja; hay nodos que no son reconocibles.

Al tener editados los nodos se realiza la búsqueda en la base de datos. El programa nos muestra los 15 ejemplares que presentan un mayor coeficiente de coincidencia, siempre que pasen de un cierto valor mínimo, por debajo del cual se interpreta que las coincidencias han sido puramente aleatorias. Nos los presenta en orden de similitud. Se contará como resultado **Positivo** si el software nos proporciona en el primer lugar de los 15 resultados a nuestra tortuga buscada. Es decir si se hace una búsqueda con la imagen de febrero de la Tortuga10 y en el primer resultado de la lista de 15 posibles se encuentra el individuo identificado como Tortuga10 entonces se contará esa búsqueda como Positiva. Si el individuo no está entre ninguno de los 15 resultados, la búsqueda se considerará **Negativa**. En el caso que el individuo se encuentre entre los 15 resultados pero no en primera posición, se considera **Positivo secundario**.

Se procede a entrar todos los individuos con la imagen de septiembre. Esta es la que se va a usar para comparar con el resto de meses (noviembre, diciembre, febrero y mayo). La razón principal es que en la realidad, en las playas de anidación es muy fácil fotografiar individuos recién nacidos, pero todos suelen ser liberados al mar inmediatamente. Es el momento de hacer la identificación. Si estos neonatos no pueden identificarse con imágenes en los meses siguientes, difícilmente podrán serlo tras varios años de vida como juveniles en el mar o como adultos en el mar o al retornar a las playas de nacimiento.

De septiembre no obtenemos ningún resultado ya que es la imagen que usa el software para la identificación. Al hacer la búsqueda con septiembre, el software nos proporciona igualmente 15 resultados, pero al ser individuos nuevos en la base de datos no los encontraremos en los resultados. Por lo tanto, de cada tortuga obtendremos 4 resultados consecuencia de la comparación de cada mes con septiembre. En total se realizan 104 búsquedas.

Inicialmente, se hizo este mismo proceso pero comparando las imágenes de mayo y febrero, para validar la fiabilidad del software con individuos de más edad. Elegimos las imágenes de mayo y febrero ya que son las que tienen una fisonomía más parecida al adulto de tortuga.

### 3. Análisis Estadístico

Con el programa Past3 se analizaron los resultados obtenidos de las 104 búsquedas. Se valoraron los Positivos y Negativos pertenecientes a cada tortuga en cada mes (Tabla 1) para calcular los porcentajes y determinar que fiabilidad tenía el software para identificar individuos. Se estudió las tortugas que dieron positivo o negativo en todas sus etapas para observar si el ángulo o alguna característica del patrón de escamas influía en los resultados y se estudió también la calidad para cada una de las imágenes para ver si había influido en los resultados.

Las imágenes de la base de datos del software son de individuos adultos o juveniles con diferentes características de la imagen. Las imágenes de nuestra muestra son de individuos más jóvenes y las condiciones de las imágenes son muy parecidas, se

fotografiaron en el mismo momento cada vez. Para descartar que el software no se deja influenciar por este factor, se calculó la cantidad de imágenes que el software aportaba de la propia base de datos en los 15 resultados de cada búsqueda. En el cálculo de la proporción media de imágenes aportadas por el software para cada tortuga según cada mes no añadimos las imágenes aportadas en septiembre ya que estas varían disminuyendo según se van introduciendo las 26 imágenes de septiembre y el software va ampliando la base de datos con nuestras imágenes.

Para estudiar la influencia de los cambios observados en el patrón mediante el método visual-manual en la identificación del software, se analizó si existían diferencias significativas entre el número de Positivos (Primera posición únicamente) y Negativos de cada mes mediante un Test chi-cuadrado con todos los meses (nivel de significancia  $\alpha=0,05$ ). Se comparó también noviembre (primer mes con resultados) con cada uno de los otros meses para identificar donde estaban las diferencias. En este segundo caso se consideró un nivel de significancia de  $\alpha=0,016$  después de la corrección de Bonferroni. Repetimos el análisis incluyendo en Positivos los Positivos secundarios

Hasta ahora se han analizado los resultados de manera cualitativa, valorando solo la presencia o ausencia del individuo en los 15 resultados de búsqueda, sin tener en cuenta la posición individual de cada tortuga en cada mes. Se hizo también un análisis cuantitativo para ver si había diferencias valorando la posición de cada tortuga en cada búsqueda. Para eso las variables Positivo y Positivos Secundarios pasan a ser una variable ordinal usando la posición del 1 al 15. Un Negativo sería el caso en que la imagen de septiembre de la tortuga buscada no aparece en la lista de las 15 más parecidas y entonces se considera posición 16. Se realizó un test de comparación de medias para medidas repetidas, comparando el resultado del software en cada mes para la misma tortuga. Gráficamente se puede ver donde se encuentran las diferencias entre los resultados de los diferentes meses. Previamente se hizo un test de normalidad para decidir si se utilizaba un test paramétrico (ANOVA) o no paramétrico (Wilcoxon). También se realizaron las comparaciones múltiples Post-hoc para ver si había diferencias entre par de meses. Se hizo la comparación dos a dos con cada par de meses correspondiente según el test ANOVA realizado.

Para descartar que los resultados no se vean afectados por la calidad de las imágenes se hizo un Test chi-cuadrado comparando la cantidad de imágenes de cada tipo de calidad en cada mes. Se comprobó si había diferencias de calidad entre los meses y si coincidían con los mismos meses donde encontramos diferencias en los resultados. Gráficamente se puede ver a que se deben esas diferencias entre meses, si se refieren a una mayor o peor calidad.

No se añadió la calidad de septiembre en esta comparación ya que se comparaban los resultados de los meses de noviembre, diciembre, febrero y mayo y se trataba de ver si las diferencias entre esta comparación eran debidas a la calidad. Como se debía valorar la calidad de septiembre se estudiaron los resultados de los individuos con una imagen de mala calidad en septiembre para comprobar si tenía influencia sobre el resultado obtenido. Al ser la imagen usada para la comparación con todos los demás meses, había que descartar que los resultados dependieran de la calidad. Se analizó también la calidad de las imágenes en los individuos donde los resultados eran

Negativos para todos los meses, para descartar una relación entre la calidad y los resultados.

Para identificar los fallos en las búsquedas del software se estudió las nubes de puntos creadas para el individuo con mejores resultados y se comparó con un individuo con todo negativo.

## RESULTADOS

La coincidencia visual mediante el método visual-manual muestra fue exitosa para el 100% de las imágenes de la muestra. Los patrones de escamas son fácilmente reconocibles a nivel individual, y se puede reconocer al mismo individuo en las diferentes etapas. Se observa un cambio debido al crecimiento de las escamas que no dificulta el reconocimiento como se puede comprobar en la Figura 2. También se observa un cambio en la pigmentación; el patrón sufre un cambio en la pigmentación de un tono gris en Septiembre a tonos más negros en noviembre y diciembre hasta tornarse anaranjada parduzca en febrero y marzo.

En la evaluación inicial de la fiabilidad del software con individuos adultos/juveniles, usando las imágenes de mayo y febrero, de las 27 búsquedas ninguna es negativa. Hay 23 positivos y 4 Positivos Secundarios (los 4 entre las 5 primeras posiciones de las 15 ofrecidas). Todos los individuos son reconocidos por el software.

En Tabla 1 se ve el resultado, Positivo o Negativo, de la búsqueda con la imagen de noviembre, diciembre, febrero y mayo comparando con la imagen de Septiembre para cada individuo. Se incluyen en Positivos todos los resultados que aparecen entre los 15 ofrecidos por el software.

Tabla 1: Registro de los resultados para cada tortuga (n=26) en cada mes (noviembre, diciembre, febrero y mayo), incluyendo en Positivos los Positivos Secundarios. Los individuos con todos los resultados Negativos están subrayados en rojo. Los individuos

	Nov	Dic	Feb	May
T94(2018-Carcar-15)	P	N	N	N
T91(2018-Carcar-16)	P	N	P	P
T89(2018-Carcar-17)	N	P	N	N
T87(2018-Carcar-18)	P	P	P	N
T86 (2018-Carcar-19)	N	N	P	N
T84(2018-Carcar-20)	N	P	P	P
T83(2018-Carcar-21)	N	N	P	P
T80(2018-Carcar-22)	P	P	P	N
T77(2018-Carcar-23)	P	P	N	P
T75(2018-Carcar-24)	P	N	N	N
T64(2018-Carcar-25)	P	P	P	N
T62(2018-Carcar-26)	P	P	N	N
T61(2018-Carcar-27)	P	N	N	N
T60(2018-Carcar-28)	P	P	P	N
T52(2018-Carcar-29)	P	P	N	N
T50(2018-Carcar-30)	P	P	N	N
T48(2018-Carcar-31)	N	N	N	N
T47(2018-Carcar-32)	P	P	P	P
T42(2018-Carcar-33)	N	P	N	N
T38(2018-Carcar-34)	P	P	P	N
T36(2018-Carcar-35)	N	N	N	N
T29(2018-Carcar-36)	N	P	N	P
T28(2018-Carcar-37)	P	P	N	N
T22(2018-Carcar-38)	N	N	N	N
T6(2018-Carcar-39)	P	P	P	P
T5(2018-Carcar-40)	P	N	P	P

De las 26 tortugas tres han obtenido resultados negativos en las búsquedas de todos los meses; son T22, T36 y T48 (Fig. 2) y 2 han obtenido todas las búsquedas positivas, incluyendo los positivos secundarios. Solo T6 obtuvo primera posición en las 4 búsquedas (Fig. 2). Seis individuos obtuvieron 3 N y 1 P. Nueve individuos obtuvieron 3 P y 1 N. Y seis individuos obtuvieron 2 P y 2 N.

La Tabla 2 muestra el número de positivos para cada mes y su porcentaje. En total los resultados son de un 59% de positivos del total de todas las búsquedas. Pero hay diferencias dentro de cada mes, siendo en noviembre 65% y bajando a 61% en diciembre, 46% en febrero y en mayo disminuye a 30%, menos de la mitad del resultado de noviembre.

Tabla 2: Total de Positivos por cada mes (Noviembre, Diciembre, Febrero y Mayo) y porcentaje de fiabilidad correspondiente. La fiabilidad total es de casi el 60%

	Noviembre	Diciembre	Febrero	Mayo	TOTAL
<b>Nº Positivos</b>	17	16	12	8	53
<b>Porcentaje Positivos</b>	65%	61%	46%	30%	59,9%

Observando las imágenes de los individuos que solo han obtenido negativos en las búsquedas no se percibe ninguna diferencia con las que han dado positivo, todas son reconocibles a nivel visual. Se puede observar el crecimiento en las escamas del patrón que no impiden el reconocimiento al comparar con la imagen de otro individuo. No aparecen nuevas escamas en el patrón y, las que ya había, conservan el número de lados y intersecciones. Si se observa la calidad determinada para estas imágenes (Tabla 6) se comprueba que no influencia los resultados.

La introducción de las marcas en la intersección entre las escamas supraoculares centrales se dificulta a medida que las imágenes se acercan al mes de nacimiento. En mayo y febrero se determina fácilmente. Es en diciembre donde empieza a ser complicado ubicar la marca. En noviembre y septiembre hay pocas imágenes donde es posible ubicarla con seguridad.

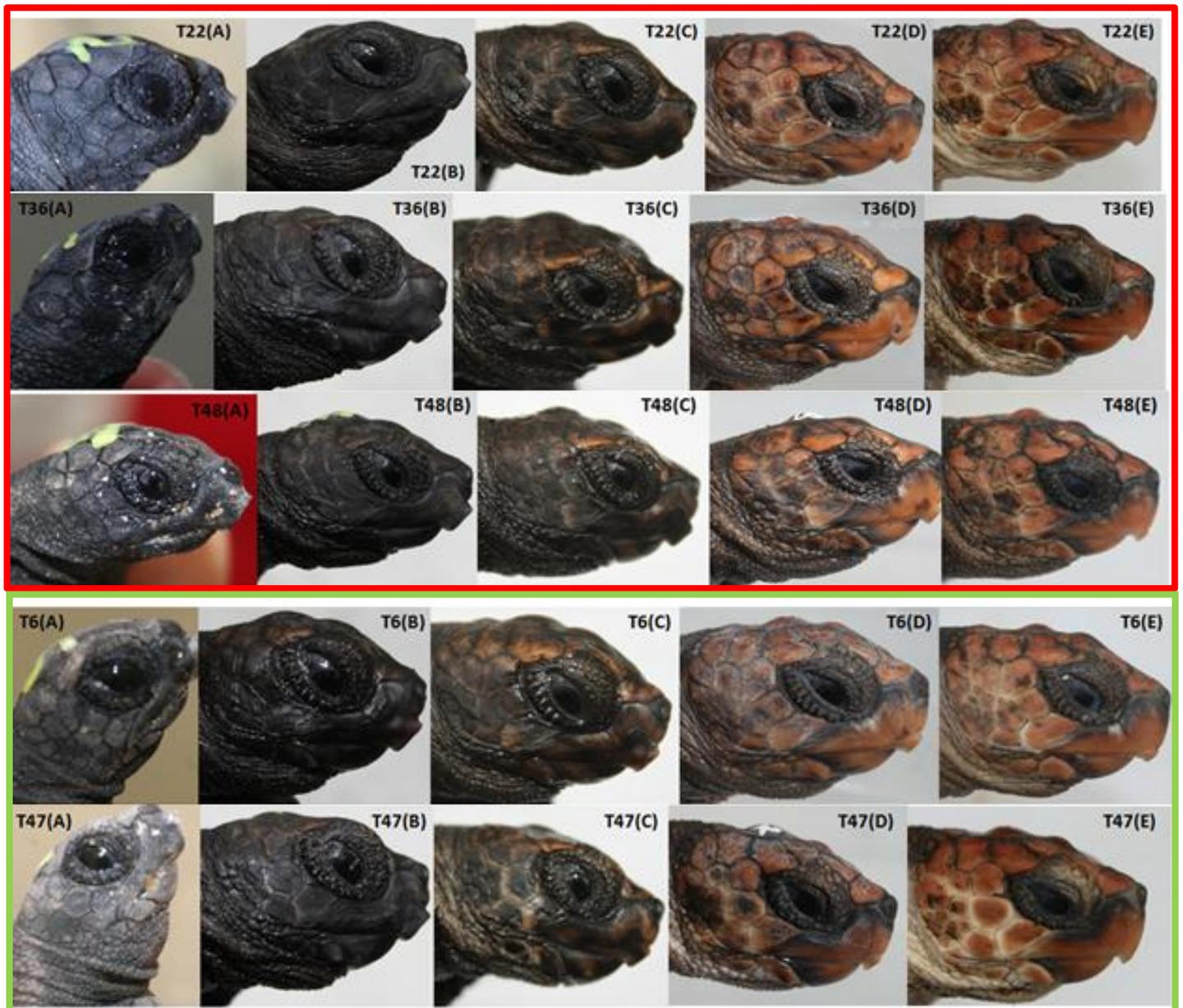


Figura 2: Imágenes de los individuos con más número de Negativos (T22, T36, T48) y más número de Positivos (T6, T47) en cada mes. Se puede observar el crecimiento del patrón de escamas a lo largo de los meses, que no llega a entorpecer la identificación visual. Se puede ver el cambio en la pigmentación en cada mes.

Tabla 3: Cantidad de imágenes aportadas por la propia base de datos del software para cada mes, incluyendo la proporción en cada tortuga y, en amarillo, la proporción total de cada individuo y la suma de cada mes. Se puede ver que la proporción total de fotos aportadas por el software en todas las búsquedas es de 0,47, es decir, casi la mitad de las imágenes ofrecidas por el software han sido de su propia base de datos. Se observan diferencias entre los meses; va aumentando la cantidad de imágenes que aporta el software de su base de datos a medida que pasan los meses.

	Noviembre	Diciembre	Febrero	Mayo	TOTAL	Proporción
T94(2018-Carcar-15)	2	5	11	14	32	0,5
T91(2018-Carcar-16)	3	7	7	10	27	0,45
T89(2018-Carcar-17)	5	4	15	8	32	0,5
T87(2018-Carcar-18)	4	2	8	11	25	0,41
T86 (2018-Carcar-19)	2	3	6	13	24	0,4
T84(2018-Carcar-20)	2	4	8	12	26	0,43
T83(2018-Carcar-21)	2	4	5	7	18	0,3
T80(2018-Carcar-22)	3	6	11	15	35	0,58
T77(2018-Carcar-23)	4	4	12	6	26	0,43
T75(2018-Carcar-24)	3	4	14	15	36	0,6
T64(2018-Carcar-25)	1	1	4	8	14	0,23
T62(2018-Carcar-26)	3	8	5	12	28	0,46
T61(2018-Carcar-27)	4	8	7	15	34	0,56
T60(2018-Carcar-28)	4	6	7	12	29	0,48
T52(2018-Carcar-29)	3	9	10	6	28	0,46
T50(2018-Carcar-30)	5	7	7	12	31	0,51
T48(2018-Carcar-31)	5	9	13	15	42	0,7
T47(2018-Carcar-32)	4	5	9	10	28	0,46
T42(2018-Carcar-33)	3	5	13	12	33	0,55
T38(2018-Carcar-34)	4	5	5	13	27	0,45
T36(2018-Carcar-35)	3	6	6	5	20	0,33
T29(2018-Carcar-36)	4	4	10	7	25	0,41
T28(2018-Carcar-37)	3	5	7	11	26	0,43
T22(2018-Carcar-38)	4	4	14	12	34	0,56
T6(2018-Carcar-39)	3	3	12	12	30	0,5
T5(2018-Carcar-40)	3	5	9	12	29	0,48
<b>TOTAL</b>	<b>86</b>	<b>133</b>	<b>235</b>	<b>285</b>		<b>0,47</b>

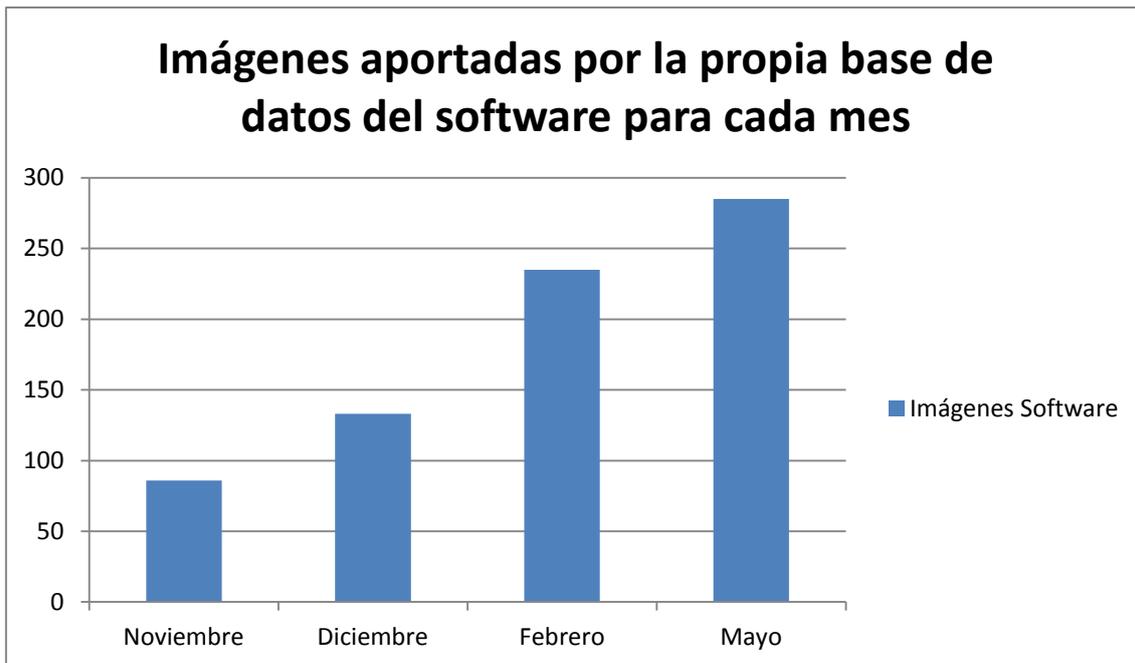


Figura 3: Representación gráfica de las imágenes aportadas por la propia base de datos del software para cada mes. En noviembre el software aportó de su base de datos menos de cien imágenes mientras que en mayo aportó más de doscientas cincuenta.

En la Tabla 3 se puede ver que la proporción media de imágenes aportadas por el software en cada tortuga para todos los meses es de 0,47, es decir casi la mitad de fotos aportadas en los resultados son de la base de datos del software y nada tienen que ver con la muestra. No se añaden las imágenes aportadas en septiembre en la proporción ya que estas varían disminuyendo según se van introduciendo las 26 imágenes de septiembre, ya que el software las adquiere en su base de datos y entonces las puede ofrecer entre los resultados de las siguientes. En la Figura 3 quedan reflejadas las diferencias entre los diferentes meses. Siendo noviembre el mes en el que el software aporta menos imágenes de su base de datos, seguido por diciembre. En febrero la cantidad de imágenes aportadas es mayor y en mayo la cifra es la más alta.

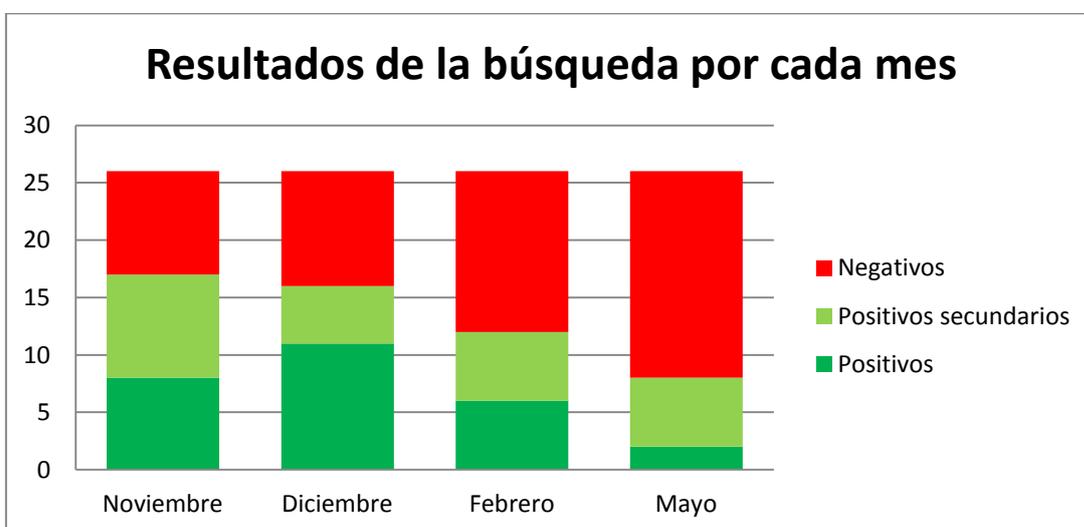


Figura 4: Cantidad de Negativos, Positivos o Positivos secundarios en los resultados de cada mes. Se puede ver como la cantidad de Negativos aumenta de una tercera parte en noviembre a unos dos tercios en mayo.

La Figura 4 muestra los resultados obtenidos al introducir todas las búsquedas con la imagen de noviembre, diciembre, febrero y mayo de las 26 tortugas. En cada barra se puede ver en **verde oscuro** el número de Positivos, es decir, individuos que han salido en primera posición en los resultados, en **verde claro** el número de los que el software ha reconocido entre los resultados pero, no en primera posición (Positivos secundarios) y en **rojo** los Negativos, cuando el individuo no se encuentra entre los 15 resultados obtenidos del software. Se ve como en noviembre y diciembre el número de resultados negativos es similar, una tercera parte, mientras que en febrero y mayo aumentan progresivamente hasta que en mayo quedan en más de dos tercios.

Tabla 4: Número de Positivos y Negativos para cada mes sin contar los Positivos secundarios. En noviembre y diciembre hay un número similar de Positivos y Negativos, es en febrero y mayo donde esa diferencia aumenta, al tener más Negativos que Positivos en los dos casos, más marcadamente en mayo con solo 2 Positivos y 18 Negativos.

	Positivo	Negativo
<b>Noviembre</b>	8	9
<b>Diciembre</b>	11	10
<b>Febrero</b>	6	14
<b>Mayo</b>	2	18

Mirando la Tabla 4 con el total de positivos y negativos en cada mes se puede afirmar que el software tiene una fiabilidad para la identificación de crías de tortuga de entre un 20-40% excepto si se observa mayo, donde baja a un 7%.

El test chi-cuadrado que compara los Positivos y Negativos de los cuatro meses (Tabla 4) nos muestra que hay diferencias significativas entre los resultados de los diferentes meses ( $p < 0,05$ ). Al comparar entre los diferentes meses se ve que en la comparación noviembre-diciembre y noviembre-febrero no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Es en la comparación noviembre-mayo donde se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,01$ ). Después de hacer la corrección de Bonferroni queda una  $\alpha = 0,016$ , la diferencia en los resultados sigue siendo significativa en noviembre-mayo pero en el límite.

Tabla 5: Número de Positivos y Negativos para cada mes incluyendo los Positivos secundarios dentro de los Positivos. La diferencia entre Positivos y Negativos aumenta, teniendo más Positivos que Negativos en noviembre y diciembre

	Positivos (Positivos secundarios)	Negativos
<b>Noviembre</b>	17	9
<b>Diciembre</b>	16	10
<b>Febrero</b>	12	14
<b>Mayo</b>	8	18

Se añadieron los Positivos secundarios a los Positivos de la tabla anterior y repetimos el análisis. En la Tabla 5 se ve que, haciendo este cambio, se aumenta la fiabilidad del software a un 30% en mayo y a un 40-60% los otros meses. Al comparar los resultados de los 4 meses con un test chi-cuadrado se encontraron menos diferencias, la  $p$  es casi igual a 0,05.

Tabla 6: Número de imágenes de cada tipo de calidad , Alta, Normal o Baja, para cada mes, noviembre, diciembre, febrero y mayo.

	Calidad Alta	Calidad Normal	Calidad Baja
<b>Noviembre</b>	0	10	16
<b>Diciembre</b>	0	15	11
<b>Febrero</b>	13	13	0
<b>Mayo</b>	13	13	1

La Tabla 6 muestra la cantidad de imágenes de cada tipo de calidad para cada mes. En noviembre y diciembre no se encontró ninguna de calidad alta mientras que en febrero y mayo de baja calidad solo se

encontró una. El número de imágenes de baja calidad en Noviembre es el superior con 16.

En la Tabla 7 se pueden ver los resultados obtenidos de las imágenes con mala calidad en septiembre, con la posición obtenida en los 15 resultados o una X si el resultado fue negativo. Se puede ver que el individuo T6, el único con los resultados de todos los meses positivos está entre los 5 individuos con una imagen de mala calidad en septiembre.

Tabla 7: Resultados obtenidos en las búsquedas para cada mes de los 5 individuos con una imagen de mala calidad en Septiembre. Se puede observar que la T6 obtuvo la primera posición en todos los resultados.

	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	FEBRERO	MAYO
T5	3	X	1	8
<b>T6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
T42	X	2	X	X
T64	6	7	9	X
T94	6	X	X	X

Observando las imágenes que solo han obtenido negativos en las búsquedas (Tabla 8) no se percibe ninguna diferencia con las que han dado positivo. Se puede ver que los individuos con los peores resultados tienen una calidad Normal o Alta en todas las imágenes excepto en dos de calidad baja en la T36.

Tabla 8: Tipo de calidad para la imagen de cada mes de los individuos que obtuvieron todas las búsquedas negativas. Se puede ver que dos imágenes, Noviembre y Diciembre de T36, son de baja calidad. Las demás están en una calidad entre Normal y Alta.

	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	FEBRERO	MAYO
<b>T48</b>	Alta	Normal	Normal	Normal	Alta
<b>T36</b>	Normal	Baja	Baja	Alta	Normal
<b>T22</b>	Alta	Normal	Normal	Alta	Normal

Mediante un test de la chi-cuadrado se vió que la calidad del mes de mayo es significativamente más alta ( $p < 0,01$ ) que los demás meses, como se puede ver en la Figura 5, por tanto, la calidad no explica que mayo sea el mes con menos Positivos entre los resultados.

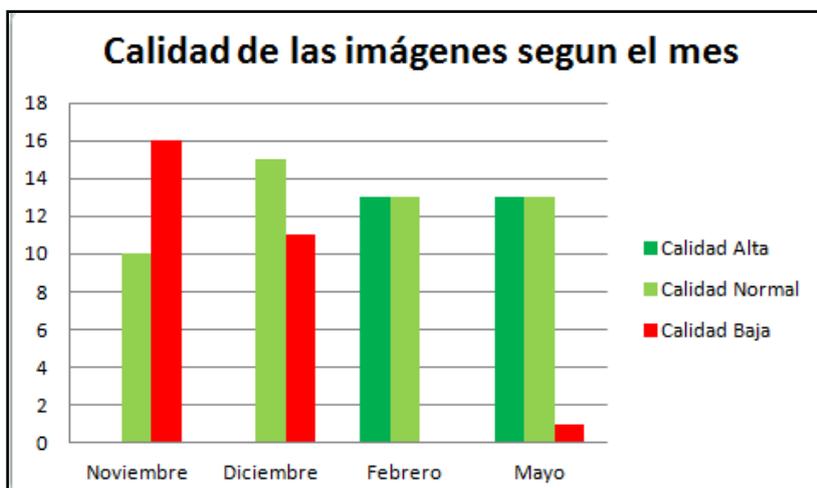


Figura 5: Cantidad de imágenes de cada calidad, Alta, Normal o Baja, para cada mes, Noviembre, Diciembre, Febrero y Mayo. Vemos que Febrero no tiene ninguna imagen de mala calidad. En Febrero y Mayo la calidad es más alta que en Noviembre y Diciembre.

En la Figura 5 se puede ver que las diferencias en la calidad de los diferentes meses se deben a una mayor calidad de las imágenes, tanto en mayo como en febrero, comparada con las imágenes en noviembre y diciembre.

Tabla 9: Posición obtenida en los resultados para cada mes de cada tortuga de la muestra (n=26). Los resultados Negativos se consideran la posición 16.

	Noviembre	Diciembre	Febrero	Mayo
T94(2018-Carcar-15)	6	16	16	16
T91(2018-Carcar-16)	4	16	4	6
T89(2018-Carcar-17)	16	1	16	15
T87(2018-Carcar-18)	3	1	4	16
T86 (2018-Carcar-19)	16	16	2	16
T84(2018-Carcar-20)	16	1	1	7
T83(2018-Carcar-21)	16	16	1	4
T80(2018-Carcar-22)	3	1	8	16
T77(2018-Carcar-23)	1	1	16	15
T75(2018-Carcar-24)	1	16	16	16
T64(2018-Carcar-25)	6	7	9	16
T62(2018-Carcar-26)	1	1	16	16

T61(2018-Carcar-27)	1	16	16	16
T60(2018-Carcar-28)	14	6	1	16
T52(2018-Carcar-29)	1	14	16	16
T50(2018-Carcar-30)	1	1	16	16
T48(2018-Carcar-31)	16	16	16	16
T47(2018-Carcar-32)	2	1	6	1
T42(2018-Carcar-33)	16	2	16	16
T38(2018-Carcar-34)	1	1	1	16
T36(2018-Carcar-35)	16	16	16	16
T29(2018-Carcar-36)	16	9	16	4
T28(2018-Carcar-37)	12	1	16	16
T22(2018-Carcar-38)	16	16	16	16
T6(2018-Carcar-39)	1	1	1	1
T5(2018-Carcar-40)	2	16	1	8

La Tabla 9 muestra los resultados para cada individuo en cada mes, teniendo en cuenta que posición ha obtenido cada búsqueda en los resultados. En la Figura 6 se pueden ver diferencias en las posiciones obtenidas en mayo respecto los demás meses. En febrero ya existen diferencias.

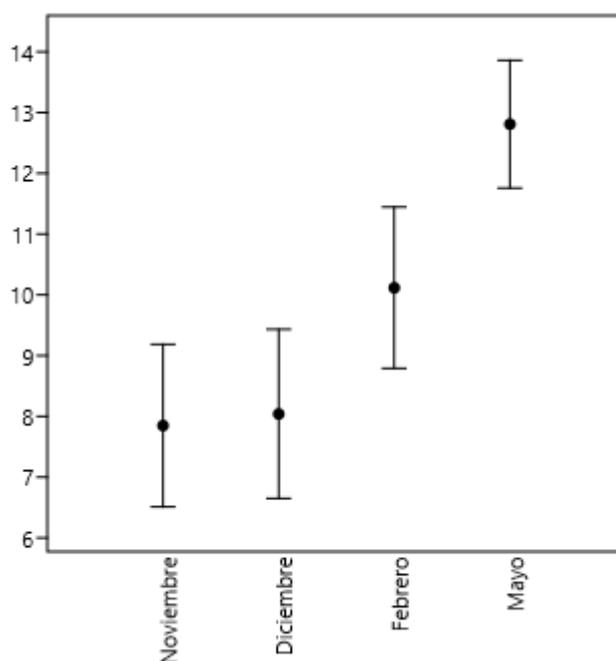


Figura 6: Diferencias entre los resultados ofrecidos por el software en cada mes para cada tortuga. Vemos Como en noviembre y diciembre no se encuentran diferencias, en febrero se empiezan a notar y en mayo se ve que las diferencias en los resultados ya son significativas.

El test de Normalidad para los datos de la Tabla 8 nos indica que nuestros datos no siguen una distribución normal. En el análisis para medidas repetidas se comparan los resultados obtenidos para cada imagen de cada tortuga en cada mes. Se encontraron diferencias significativas entre los resultados ( $p=0,01$ ), se hizo la comparación dos a dos de Wilcoxon (Fig. 7) y se vio que se encuentran diferencias en la comparación de todos los meses con Mayo, confirmando los resultados del anterior test chi-cuadrado en el que se encontraron las diferencias en Mayo.

Repeated-measures ANOVA	Tukey's pairwise	Friedman test	Wilcoxon pairwise	
Raw p values, uncorrected significance				
	Noviembre	Diciembre	Febrero	Mayo
Noviembre		1	0,1434	0,005566
Diciembre	1		0,2211	0,005684
Febrero	0,1434	0,2211		0,0307
Mayo	0,005566	0,005684	0,0307	

Figura 7: Resultado de la comparación dos a dos de Wilcoxon, donde se comparan los resultados obtenidos para cada tortuga entre los diferentes meses.

En la Figura 8 (página siguiente) se aprecia la comparación de las nubes de puntos formadas al editar los nodos. Corresponden al individuo con más resultados Positivos (T6) y a uno de los individuos con más resultados Negativos (T22). Se puede observar la nube de puntos de obtenida de la imagen de septiembre (Puntos azules) comparada con la nube de puntos de cada mes (Puntos naranjas) para cada uno de los individuos. En el caso de la T6 se aprecia una coincidencia entre los nodos mayor que en el caso de la T22. Podemos ver como las nubes de puntos de los meses de la comparación van cambiando su posición quedando en una posición superior a la del mes de septiembre.

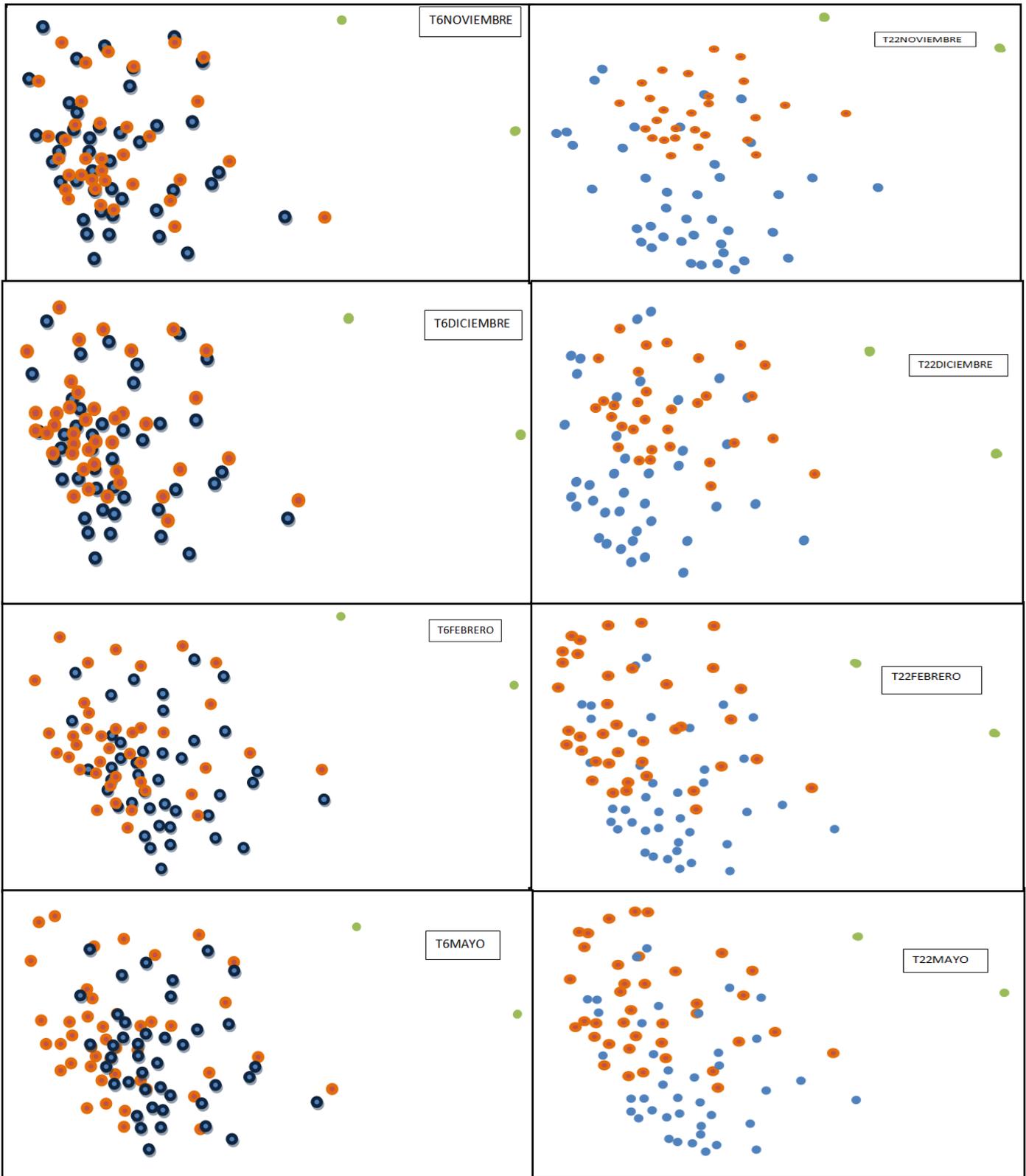


Figura 8: Comparación de la nube de puntos de los cuatro meses estudiados comparada con la nube de puntos septiembre, imagen de comparación, para la tortuga T6, en la que todos los resultados son Positivos y la T22 que obtuvo todo Negativos en sus búsquedas.

## DISCUSION

Nuestros resultados referentes al método visual-manual son comparables a otros estudios (Carpentier et al., 2016; Carter et al., 2014; Dunbar et al., 2014) donde se afirma que la variabilidad de las escamas no es tan grande como para dificultar el reconocimiento a nivel individual.

Automatizar el método informáticamente mediante un software facilita el manejo de los datos. Teniendo en cuenta que el objetivo es identificar recién nacidos, tendremos una cantidad considerable de imágenes a comparar. Es importante corregir el error del crecimiento del patrón de escamas para que el software sea capaz de identificar al individuo, a pesar del cambio. Y así, poder comparar tal cantidad de imágenes de forma automatizada.

Los datos de la validación inicial de la fiabilidad del software para identificar tortugas adultas o subadultas reflejan que el software tiene una fiabilidad en identificación de adultos de tortuga del 100%, incluyendo en el porcentaje los Positivos secundarios. Otros software de identificación fotográfica en tortugas muestran resultados similarmente exitosos como I3S (Dunbar et al., 2014), TORSOOI (Jean et al., 2010) o MYDAS (Carter et al., 2014). Por tanto, partimos de la premisa de que el software de P.I.T.MAR. es válido para la FI de individuos de tortugas adultas.

Para el reconocimiento de tortugas durante los primeros 6 meses se ve una disminución de esa fiabilidad. El porcentaje decrece a medida que la etapa de comparación es más larga. Esta dificultad en el reconocimiento de los individuos a lo largo de los primeros seis meses se puede deber al crecimiento de esta etapa, confirmando los estudios de Chew (2015) y Carpentier (2016). Esto se puede observar en la comparación de las nubes de puntos (Fig. 8) y, por tanto, se debe preparar al software para corregir este error debido al crecimiento.

Otra de las razones de la reducción en la fiabilidad del software para reconocer individuos en estas etapas se puede deber a la dificultad de introducir las marcas en la intersección entre las escamas supraoculares centrales. La fisionomía de la cabeza de las tortugas en una etapa tan temprana puede afectar este método. Al ser más pequeña la cabeza, la marca, perfectamente visible en adultos, queda en la parte superior y difícilmente es captada al fotografiarla por el perfil.

El brillo de las imágenes también puede dificultar la identificación de los nodos. La luz y la humedad de los individuos al tomar la fotografía son factores a considerar, al crear brillos que impiden determinar los nodos.

En los meses de mayo y febrero los individuos ya tienen una fisionomía parecida a los adultos. Eso nos proporciona la razón por la que el software nos ofrece más imágenes de su base de datos en estos dos meses, ya que en su base de datos los individuos son de mayor edad. En noviembre y diciembre, el patrón de escamas es mas similar en individuos de su misma edad.

Al descartar que los resultados estén influenciados por la calidad, la diferencia en el número de Positivos y Negativos en mayo nos confirma que el software es sensible a la variación del patrón, hasta el punto de tener dificultad para el reconocimiento de individuos durante los primeros 6 meses de vida. La capacidad de identificación correcta se reduce con el tiempo en ese primer año de edad. Esta diferencia disminuye si incluimos los Positivos Secundarios. Es decir, que los resultados mejoran si tenemos en cuenta los 15 resultados.

El tamaño de la muestra condiciona los resultados. Es necesario desarrollar más estudios con una muestra mayor, pero la recopilación de datos de tortugas recién nacidas es solo posible en playas de desove donde se haga un control de los nidos. Y aun así, las tortugas son liberadas al mar al nacer, excepto en caso de que se curse un proyecto de *Headstarting* (Bell et al., 2005) o alguna investigación específica. Las tortugas son una especie protegida y está prohibido mantenerlas en cautividad.

En los software de FI de tortugas existentes nos encontramos diferentes características de uso. El de I3S (Dunbar et al., 2014) tiene un uso similar al de P.I.T.MAR., con colocación de marcas y determinación de la zona a comparar manualmente. La pigmentación influye más que en otros software. En el software de TORSOOI (2013) nos encontramos con un método más objetivo que se basa en determinar códigos para cada individuo según número y posición de las escamas, impidiendo que la pigmentación influya. La manipulación de estos datos es más complicada manualmente y requiere un sistema computado para la comparación. El software de Mydas (Carter et al., 2014) consiste en la formación de un conjunto de redes neuronales artificiales para comparar fotos y precisa de conocimientos más técnicos para su aplicación. En el software de P.I.T.MAR. la introducción y manipulación de los datos es sencilla y puede ser usada con poca experiencia. La determinación de los nodos requiere poca práctica.

Además, el software de P.I.T.MAR. cubre la necesidad reflejada por Schofield (2008) de crear fototecas a escala local, nacional y regional, dentro de las cuales historias de vida individuales podrían ser desarrolladas, así como conocimiento de migraciones a pequeña y gran escala de tortugas machos y hembras. Al incluir la localización en el historial de cada individuo se puede mantener una base de datos separada de fotos para cada anidación y área de alimentación reduciendo así el riesgo de confundir a dos tortugas con patrones de escamas distintivos similares, teniendo en cuenta los altos niveles de fidelidad hacia sus zonas de reproducción y alimentación.

## CONCLUSION

Photo-ID is a promising technique for the identification of individuals. The continuous development of new technologies, combined with the advances in aquatic photography, opens a new path of knowledge to face the problem of individual identification to control populations.

This study is a step towards the identification of newborn turtles. Opening the way to other studies necessary for the control of turtle populations, impossible to realize until

now due to the lack of data. Such as studies of mortality at sea during the first years of life, sex ratio or migration. The extension of the sample is an important point when conducting more research in this field.

The software of P.I.T.MAR. allows us to make a comparison between adults but it still has to be developed in newborns. The position of the marks must be taken into account if one wants to include images of individuals in early stages, such as the first six months of life. It is also important to program the software to correct the variation produced in the pattern by the general growth of the individual and particularly the growth of the scales.

## ETICA Y SOSTENIBILIDAD

Para la realización de este estudio se trabajó con imágenes adquiridas de otro proyecto y no se ha manipulado ningún animal.

En el caso de aplicar la FI a playas de desove, se debe evaluar el estrés causado debido al flash (Reisser et al., 2008).

## WEBGRAFIA

- UCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. <<http://www.iucnredlist.org>>. Recuperado el 05 de Diciembre 2017.
- Web de la organización CRAM de Barcelona: <https://cram.org/>
- Web de P.I.T.MAR. de la Fundación Neotrópico <http://www.pitmar.net/index.php/es/>

## BIBLIOGRAFIA

- Abalo-Morla, S., Marco, A., Tomás, J., Revuelta, O., Abella, E., Marco, V., Belda, E. J. (2018). Survival and dispersal routes of head-started loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) post-hatchlings in the Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 165(3), 51. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3306-2>
- Balazs, G. H. (2000). Factores a Considerar en el Mercado de Tortugas Marinas. *Técnicas de Investigación Y Manejo Para La Conservación de Las Tortugas Marinas* (4).116-125
- Beekmans, B. W. P. M., Whitehead, H., Huele, R., Steiner, L., & Steenbeek, A. G. (2005). Comparison of Two Computer-Assisted Photo-Identification Methods

- Applied to Sperm Whales (*Physeter macrocephalus*). *Aquatic Mammals*, 31(2), 243–247. <https://doi.org/10.1578/AM.31.2.2005.243>
- Bell, C. D. L., Parsons, J., Austin, T. J., Broderick, A. C., Ebanks-Petrie, G., & Godley, B. J. (2005). Some of them came home: The Cayman Turtle Farm headstarting project for the green turtle *Chelonia mydas*. *Oryx*, 39(2), 137–148. <https://doi.org/10.1017/S0030605305000372>
- Broderick, A. C., Godley, B. J., & Hays, G. C. (2001). Trophic status drives interannual variability in nesting numbers of marine turtles. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 268(1475), 1481–1487. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1695>
- Bugoni, L. (2014). The Biology of Sea Turtles, volume III. *Marine Biology Research*, 10(1), 94–95. <https://doi.org/10.1080/17451000.2013.826369>
- Buonantony, D. (2008). An analysis of utilizing the Leatherback's pineal spot for photo-identification. *Duke University*, (May), 50. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kft286>
- Cagle, F. R. (1939). A System of Marking Turtles for Future Identification. *Copeia*, 1939(3), 170. <https://doi.org/10.2307/1436818>
- Carpentier, A. S., Jean, C., Barret, M., Chassagneux, A., & Ciccione, S. (2016). Stability of facial scale patterns on green sea turtles *Chelonia mydas* over time: A validation for the use of a photo-identification method. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 476, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.12.003>
- Carter, S. J. B., Bell, I. P., Miller, J. J., & Gash, P. P. (2014). Automated marine turtle photograph identification using artificial neural networks, with application to green turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 452, 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.12.010>
- Chassagneux, Jean, Bourjea, & Ciccione. (2013). Unraveling Behavioral Patterns of Foraging Hawksbill and Green Turtles Using Photo-Identification. *Marine Turtle Newsletter No. 137*, 1–5.
- Chew, V. Y.-C., Liew, H.-C., & Joseph, J. (2015). Photographic identification of green turtles (*Chelonia mydas*) at Redang Island, Malaysia. *Marine Turtle Newsletter*, (146), 1–7.
- Crouse, D. T., Crowder, L. B., Caswell, H., Oct, N., & Crouse, T. (1987). A Stage-Based Population Model for Loggerhead Sea Turtles and Implications for Conservation. *Ecology*, 68(5), 1412–1423. <https://doi.org/10.2307/1939225>
- Dunbar, S. G., Ito, H. E., Bahjri, K., Dehom, S., & Salinas, L. (2014). Recognition of juvenile hawksbills *Eretmochelys imbricata* through face scale digitization and automated searching. *Endangered Species Research*, 26(2), 137–146. <https://doi.org/10.3354/esr00637>
- Frazer, N. B. (1986). Survival from Egg to Adulthood in a Declining Population of Loggerhead Turtles, *Caretta caretta*. *Herpetologica*, 42(1), 47–55. <https://doi.org/10.2307/3892233>
- G. H. Balazs. (1978). MTN 8:3 Tattooing Green Turtles. *Marine Turtle Newsletter*. Retrieved from <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn8/mtn8p3a.shtml>
- Godley, B. J., Blumenthal, J. M., Broderick, A. C., Coyne, M. S., Godfrey, M. H., Hawkes, L. A., & Witt, M. J. (2008). Satellite tracking of sea turtles: Where have we been and where do we go next? *Endangered Species Research*, 4(1–2), 3–22. <https://doi.org/10.3354/esr00060>
- Hall, A. G., & McNeill, J. (2013). Inferring Sea Turtle Recapture Rates Using Photographic Identification. *Herpetological Review*, 44(4)(December 2013), 561–569.
- Hiby, L., Lundberg, T., Karlsson, O., Watkins, J., Jüssi, M., Jüssi, I., & Helander, B.

- (2007). Estimates of the size of the Baltic grey seal population based on photo-identification data. *NAMMCO Scientific Publications*, 6(0), 163–176. <https://doi.org/10.7557/3.2731>
- Huffard, C. L., Caldwell, R. L., DeLoach, N., Gentry, D. W., Humann, P., MacDonald, B., Wong, S. (2008). Individually unique body color patterns in octopus (*Wunderpus photogenicus*) allow for photoidentification. *PLoS ONE*, 3(11), 1–5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003732>
- Jean, C., Ciccione, S., Talma, E., Ballorain, K., & Bourjea, J. (2010). Photo-identification method for green and hawksbill turtles - First results from Reunion. *Indian Ocean Turtle Newsletter*, 11, 8–13.
- Karen A. Bjorndal, Allan B. Bolten, C. J. Lagueux y A. Chaves. (1996). Probability of tag loss in green turtles nesting at Tortuguero, Costa Rica. *Journal of Herpetology* 30:566-571.
- Limpus, C. J. (1992). Estimating of tag loss in marine turtles. *Wildlife Research*, 19(4), 457–470. Retrieved from [http://www.seaturtle.org/pdf/LimpusCJ\\_1992a\\_WildlRes.pdf](http://www.seaturtle.org/pdf/LimpusCJ_1992a_WildlRes.pdf)
- Lloyd, J. R., Maldonado, M. A., & Stafford, R. (2012). Methods of developing user-friendly keys to identify green sea turtles (*Chelonia mydas L.*) from photographs. *International Journal of Zoology*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/317568>
- McMahon, C. R., Bradshaw, C. J. A., & Hays, G. C. (2007). Applying the heat to research techniques for species conservation: Diversity. *Conservation Biology*, 21(1), 271–273. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00566.x>
- Meylan, A., & Meylan, P. (2000). Introducción a la Evolución, Historias de vida y Biología de las Tortugas Marinas. *Técnicas de Investigación Y Manejo Para La Conservación de Las Tortugas Marinas*, 3–5.
- Milani Chaloupka, G. H. B. and T. M. W. (1988). Rise and Fall over 26 Years of a Marine Epizootic in Hawaiian Green Sea Turtles. *Life Sciences*, 7(April 1987), 478–482. <https://doi.org/10.7589/2015-03-076>
- Monzón-Argüello, C., Rico, C., Naro-Maciel, E., Varo-Cruz, N., López, P., Marco, A., & López-Jurado, L. F. (2010). Population structure and conservation implications for the loggerhead sea turtle of the Cape Verde Islands. *Conservation Genetics*, 11(5), 1871–1884. <https://doi.org/10.1007/s10592-010-0079-7>
- Mrosovsky, N., & Godfrey, M. H. (2003). Living Tag, Living Reputation. *Marine Turtle Newsletter*, 99, 3–4. Retrieved from <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn99/mtn99p3.shtml>
- Reisser, J., Proietti, M., Kinas, P., & Sazima, I. (2008). Photographic identification of sea turtles: Method description and validation, with an estimation of tag loss. *Endangered Species Research*, 5(1), 73–82. <https://doi.org/10.3354/esr00113>
- Schofield, G., Katselidis, K. A., Dimopoulos, P., & Pantis, J. D. (2008). Investigating the viability of photo-identification as an objective tool to study endangered sea turtle populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 360(2), 103–108. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.04.005>
- Work, T. M., & Balazs, G. H. (1999). Relating tumor score to hematology in green turtles with fibropapillomatosis in Hawaii. *Journal of Wildlife Diseases*, 35(4), 804–807. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-35.4.804>
- Wyneken, J. (2004). La Anatomía de las Tortugas Marinas. *Fisheries Science*, 172.pp
- Zeeuw, P. M., Pauwels, E. J. (2010). Computer Assisted Photo Identification of *Dermochelys coriacea*. *Proceedings of the 20th International Conference on Pattern Recognition*, 165–172. Retrieved from <http://oai.cwi.nl/oai/asset/17164/17164D.pdf>



Ilustración de portada y contraportada realizadas en la playa Joao Barrosa, en Boa Vista (Cabo Verde) durante la temporada de nacimientos de tortuga boba (*Caretta caretta*).