



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

AREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

“Apoyo a la recolección y toma de fotografías del Pingüino de Galápagos para entender sus ciclos reproductivos, muda, presencia de juveniles e identificación”

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTORA: Banda Cruz, Aura Gabriela

DIRECTOR: Armijos Ojeda Diego, Ing. M. Sc.

CENTRO UNIVERSITARIO SANTA CRUZ

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. M. Sc.

Diego Armijos Ojeda

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración

El presente trabajo de titulación: “Apoyo a la recolección y toma de fotografías del Pingüino de Galápagos para entender sus ciclos reproductivos, muda, presencia de juveniles e identificación”, realizado por Banda Cruz Aura Gabriela, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, 24 de Agosto de 2017

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, Banda Cruz Aura Gabriela declaro ser autora del presente trabajo de titulación: “Apoyo a la recolección y toma de fotografías del Pingüino de Galápagos para entender sus ciclos reproductivos, muda, presencia de juveniles e identificación”, de la Titulación de Gestión Ambiental, siendo Diego Armijos Ojeda director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

Firmado:.....

Autora: Banda Cruz Aura Gabriela

C.I.: 0502037450

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis abuelos, quienes vinieron a vivir en un Galápagos muy distinto al que tenemos hoy, quienes hace más de setenta años decidieron hacer de estas islas su hogar, y aquí vieron nacer y crecer a sus hijos. Gracias a ellos hoy yo puedo llamar Galápagos mi hogar. A mi abuelo porque con sus metáforas me explicó, en nuestras caminatas de “exploración”, sobre la importancia de la naturaleza. A mi abuela, que con su fuerza me enseñó que todo se puede hacer aunque las condiciones sean difíciles. Y dedico también este trabajo a mi tío Lenin que es la perfecta combinación de los dos, sin su ayuda, cariño, guianza y consejos nada de esto sería posible.

Aura Banda

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a los sistemas de educación a distancia, porque creando esta modalidad nos dan una oportunidad de crecimiento a quienes queremos seguir aprendiendo, aunque estemos lejos por distintos motivos, como en mi caso trabajando en el mar.

Gracias a la Dra. Dee Boersma por motivarme y apoyarme, su conocimiento ha sido una inspiración y su soporte un motor para saber que este trabajo tiene un sentido.

Gracias a mi tutor Diego Armijos por su ayuda mientras le dábamos forma a este proyecto y a Leonardo Ordoñez quien me aconsejó meses atrás ir por los pingüinos.

Gracias a mi familia por su apoyo constante: Tía Adelita por las madrugadas estudiando, tío Lenin y tía Caty por ser mi hogar por tantos años, a mis papás por su amor, a mis hermanos por sus comentarios y bromas cuando necesitaba ayuda. Nuria por ser mi hermana- prima y compartir tu espacio conmigo.

Gracias a mis amigos y colegas que me han ayudado a tomar y recolectar fotos: Greg Aranea, Jeffo Marquez, Fernando Sánchez, David Padilla, Jorge Prigann, Xavier García, Gilda Gonzalez, Israel Mata, Magdalena Terneus, Celso Montalvo, Karina Lopez, Dries Degel, Lynn Fowler, Cindy Manning, Enrique Silva, Hein Angermeyer, Paul Vergara y Walter Perez.

Sobre todo gracias a Nicolai, mi compañero y mi mejor amigo. Gracias por tu paciencia, por tu interés, gracias por tu apoyo y amor incondicional. Gracias por enseñarme que ser pareja es ayudar al otro a crecer.

Y Gracias Galápagos, por ser este paraíso que inspira a ser protegido y a su naturaleza por enamorarme cada día más!

Aura Banda

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
CARÁTULA	I
CERTIFICACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE CONTENIDOS, TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS	IX
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Objetivos.....	5
▪ Objetivo General.....	5
▪ Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO I	6
MARCO TEORICO	6
1.1 Pingüinos.....	7
1.2 El Pingüino de Galápagos.....	7
1.3 Estado de Conservación del Pingüino de Galápagos	8
1.4 Identificación de ciclos a través de la fotografía.....	8
1.5 Identificación de pingüinos por marcas.....	9
1.6 Ciencia ciudadana.....	9
CAPITULO II	11
MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 Área de estudio.....	12
2.2 Metodología	13
2.2.1 Toma de fotografías durante las visitas.....	13
2.2.2 Materiales para la toma de fotografías.....	13
2.2.3 Parámetro de las fotografías.....	13
2.3 Recopilación, organización y análisis de datos.....	15
2.3.1 Recopilación.....	15
2.3.1.1 Recopilación de fotos.....	15
2.3.1.2 Recopilación de datos de temperatura superficial del agua.....	16
2.3.2 Organización.....	16
2.3.2.1 Organización de fotos.....	16
2.3.2.2 Organización de datos de temperatura superficial del agua.....	16

2.3.2.3 Organización de todos los datos.....	16
2.3.3 Análisis de datos.....	17
2.3.3.1 Datos descriptivos de las fotografías.....	17
2.3.3.2 Datos de información superficial del agua.....	18
2.3.4 Construcción de cuadros.....	18
2.3.5 Análisis para identificación de individuos a través de fotografías.....	19
CAPITULO III	20
RESULTADOS	20
3.1 Identificación parámetros sobre los ciclos del pingüino de Galápagos a través de la fotografía.....	21
3.2 Presencia de juveniles en la población analizada de la Isla Isabela, en el área Oeste.....	24
3.3 Diferencia de la temperatura superficial del agua en el área del Oeste de Isabela entre junio – diciembre 2015 y junio – diciembre 2016.....	25
3.4 Comparación del número de individuos mudados o mudando de la Isla Isabela, en el área Oeste.....	27
3.5 Comparación del número de individuos con o sin plumas alrededor de ojos y pico, de la Isla Isabela, en el área Oeste	28
3.6 Comparación de muda y presencia de plumas en ojos y pico, con temperaturas del agua.....	30
3.7 Identificación de Individuos a través de fotografías	32
3.8 Observaciones Inusuales.....	32
CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS	39
Anexo 1. Equipo usado por la autora en la toma de fotografías. Canon 7D lente 70-200, extensión 2x.	39
Anexo 2. Fotografía original VS Fotografía editada.....	39
Anexo 3. Fotografía de un adulto con dos juveniles, donde se aprecian las diferencias.....	40
Anexo 4. Pingüino mudando VS Pingüino mudado..	40
Anexo 5. Primer Pingüino identificado en tres meses distintos y por tres autores distintos.....	41
Anexo 6. Fotografía de la cicatriz del primer individuo reconocido.....	42
Anexo 7. Pareja identificada en cortejo en dos fechas distintas	43

Anexo 8. Individuo con algas VS individuo en buen estado.....	44
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	PÁGINAS
Tabla 1. Información ingresada en base de datos para el análisis de las fotografías.....	17
Tabla 2. Total de registros que aportaron en la identificación de uno o varios parámetros.....	23
Tabla 3. Comparación de muda 2016 - 2017	28
Tabla 4. Comparación de individuos con o sin plumas alrededor de ojos y pico 2016 – 2017	30

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINAS
Figura 1. Sitios de observación de los pingüinos de Galápagos.....	12
Figura 2. Parámetros de las fotografías.....	14
Figura 3. Parámetros de fotografías para el caso de pingüinos juveniles.....	15
Figura 4. Total de observaciones de pingüinos por isla.....	21
Figura 5. Observaciones de pingüinos por año.....	22
Figura 6. Número de juveniles de pingüinos observados en la población vs adultos. Enero a junio 2016.....	24
Figura 7. Número de juveniles de pingüinos observados en la población vs adultos. Enero a Junio 2017.....	25
Figura 8. Comparación de la temperatura superficial del agua de julio a diciembre 2015 y julio a diciembre 2016.....	26
Figura 9. Número de individuos mudando o mudados 2016.....	27
Figura 10. Número de individuos mudando o mudados 2017.....	27
Figura 11. Número de individuos con o sin plumas alrededor de ojos y pico 2016.....	29
Figura 12. Número de individuos con o sin plumas alrededor de ojos y pico 2017.....	29
Figura 13. Comparación de individuos mudando y con o sin plumas alrededor de ojos y pico, con temperatura promedio del agua por mes, para el periodo enero – junio 2016.....	31
Figura 14. Comparación de individuos mudando y con o sin plumas alrededor de ojos y pico, con temperatura promedio del agua por mes, para el periodo enero – junio 2017.....	31

RESUMEN

El pingüino de Galápagos, *Spheniscus mendiculus*, es endémico de Galápagos, y es considerado como especie en peligro. Para poder sobrevivir tiene varias adaptaciones, por ejemplo, es el único pingüino que es flexible en sus ciclos reproductivos. Cuando las condiciones son buenas se pueden reproducir hasta 3 veces al año, cuando no son buenas, por ejemplo durante el Niño, pocos pingüinos se reproducen. La ausencia de juveniles en una población indica que están en declive. Debido a su fragilidad, es importante monitorear continuamente a la especie, pero por los costos de la logística esto se vuelve difícil. Mediante ciencia ciudadana, a través de fotografías en los viajes de turismo que visitan los sitios de anidación del pingüino, se monitoreó a la especie durante 20 meses. Demostrando que esta metodología puede ser efectiva para conocer el estado de la población, la presencia de juveniles y varios aspectos de la biología de este animal. Además que se verificó que se puede identificar individuos a través de fotografías. Toda esta información contribuye al conocimiento y por ende a la protección y manejo de esta especie.

Palabras clave: Ciencia ciudadana; Fotografía; Galápagos; Identificación; Pingüino

INTRODUCCIÓN

Los pingüinos son un grupo de aves no voladoras que pertenecen al Orden Sphenisciformes, orden que contiene una sola familia: Spheniscidae. Son aves altamente especializadas en ambientes marinos (Perrins, 2003).

Existen 18 especies de pingüinos en el mundo, las cuales están distribuidas en el hemisferio Sur, cuatro de estas anidan en el Continente Antártico y sólo una en el área ecuatorial (De Roy et al., 2013). Se los encuentra específicamente en: Antártica, Nueva Zelanda, al sur de Australia, Sudáfrica, Sur América, Norte del Perú y en las islas Galápagos. Su hábitat es marino, utilizando ecosistemas terrestres solo para los distintos ciclos de reproducción (Perrins, 2003).

Los pingüinos son especies indicadoras, ya que el estado de sus poblaciones refleja el estado de salud de los océanos que habitan (Boersma, 2008). Las condiciones oceánicas están relacionadas al éxito reproductivo del Pingüino de Galápagos (Boersma, 1978). El estudio de los pingüinos y conservación es fundamental, ya que alrededor de dos tercios de las especies de pingüinos están incluidas en la Lista Roja de la UICN de las Especies Amenazadas (García, 2015).

En Ecuador contamos con una especie que representa a la familia Spheniscidae, estando presente solamente en las Islas Galápagos, siendo considerado como especie endémica: *Spheniscus mendiculus* comúnmente llamado Pingüino de Galápagos. (Boersma 1977; Vargas *et al.*, 2007 citado en García, 2015). La lista roja de Especies Amenazadas de UICN indica en su página web www.iucnredlist.org que el Pingüino de Galápagos *Spheniscus mendiculus* se encuentra entre las especies En Peligro, EN (UICN, 2017).

Como se explica en el portal www.igalapagos.org las poblaciones del Pingüino de Galápagos están declinando, tanto por los cambios de las frecuencias de eventos climáticos del Niño y la Niña, como por la desaparición de los sitios de anidación por erosión, colapsos o inundaciones (Penguin Sentinels, 2017).

Por este motivo la organización *Center for Penguins as Ocean Sentinels* construyó en el año 2010, 120 nidos, para ayudar a la recuperación de las poblaciones, pero por los costos de la logística para monitorear los pingüinos, solo los pueden visitar dos veces al año (Penguin

Sentinels, 2017). La organización ha creado un sitio web EcosystemSentinels.org para recolectar fotos de visitantes y guías naturalistas, pero no ha logrado tener una respuesta constante para tener información suficiente.

Considerando que la ciencia ciudadana viene de observaciones o acciones de gente local, con la supervisión de científicos, para generar información valiosa para las especies (Citizen Science Association, 2017). Se consideró este trabajo una oportunidad para poner esta metodología en práctica, ya que muchos de los sitios de anidación del Pingüino de Galápagos son accesibles para botes de turismo navegable, que lo visitan continuamente durante el año cada 15 días. Estando los pingüinos entre las especies que generan interés en el turismo, se producen varias imágenes semana a semana de esta especie.

Existen características físicas apreciables en fotografías que pueden ayudar a conocer más sobre el estado de los pingüinos. (Penguin Sentinels, 2017). Por lo que se considera conveniente el realizar este estudio técnico, que tiene por objetivo analizar los ciclos de reproducción, presencia de juveniles, muda e identificación de individuos del Pingüino de Galápagos, a través de ciencia ciudadana, mediante la producción y recolección de fotografías de la especie.

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar los ciclos de reproducción, presencia de juveniles, muda e identificación de individuos del Pingüino de Galápagos, a través de ciencia ciudadana, mediante la producción y recolección de fotografías de la especie.

Objetivos Específicos

- Producir un banco de imágenes del pingüino de Galápagos, de 20 meses seguidos noviembre 2015- junio 2017, para identificar los patrones físicos visibles en fotografías que ayuden a reconocer ciclos de reproducción de la especie.
- Analizar si existe una tendencia en la población de pingüinos de Galápagos, comparando la temperatura promedio del agua con el apareamiento de individuos juveniles, el número de pingüinos observados en muda o mudados y el número de pingüinos observados con o sin plumas alrededor del pico y ojos, para los periodos enero- junio 2016 y enero – junio 2017
- Comparar el patrón de manchas de los distintos individuos, en las imágenes recolectadas, para ver si el patrón de manchas individual se repite, y determinar si es posible identificar individuos por fotografías, por medio de ciencia ciudadana, durante observaciones en actividades de turismo.

CAPÍTULO I
MARCO TEORICO

1.1 Pingüinos

Los pingüinos son aves marinas no voladoras con un linaje antiguo, especies primitivas aparecen en el registro fósil más de 60 millones de años atrás. Sin embargo fósiles de pingüinos modernos datan de 11 a 13 millones de años atrás. La especie conocida más antigua *Waimanu manneringi* de Nueva Zelanda data de 61 millones de años atrás, en el Paleoceno (Ksepka, 2013).

Cuentan con adaptaciones únicas que los hacen distintos a otras aves:

- Son aves no voladoras. Sus alas han evolucionado a la forma de aletas lo que les permite moverse debajo del agua. Sirviendo en tierra solo para balance (De Roy et al., 2013).
- Su plumaje es el más denso de cualquier grupo de aves (De Roy et al., 2013).
- Tienen huesos pesados lo que les ayuda a sus actividades de buceo en busca de comida (McMullan & Navarrete, 2017).

1.2 El Pingüino de Galápagos

Descrito por primera vez por Sundevall (1871). Considerado como el pingüino más raro del mundo por su pool genético restringido a una población pequeña. Su nombre *mendiculus* viene del latín "*mendicus*" que significa miserable, lo cual hace referencia al tamaño de su población (De Roy et al., 2013).

Es el pingüino más pequeño del género *Spheniscus*, y el que se encuentra más al norte, siendo endémico de Galápagos. Se reproduce en las Islas de Isabela, Fernandina, Bartolomé, Santiago y Floreana, siendo más amplia su distribución en Isabela y Fernandina (Boersma, 1977; Vargas et al. 2007 citado en García, 2015).

Su ciclo de reproducción se basa en el clima, por lo que es difícil saber cuándo se reproduce. (Penguin Sentinels, 2016). Anida en formaciones volcánicas costeras con sombra (Boersma, 1975; 1977; Steinfurth, 2007 citado en García, 2015).

Se alimenta de peces y crustáceos, en aguas de poca profundidad cerca de la costa. Su alimento principal son peces de cardumen típicos de sistemas de levantamiento de aguas

“*upwelling*” (Boersma 1977; Mills 1998; Vargas *et al.* 2006; Steinfurth 2007; Steinfurth *et al.* 2008 citado en García, 2015).

1.3 Estado de Conservación del Pingüino de Galápagos

El pingüino de Galápagos consta como especie en peligro (EN). Esto se justifica ya que tienen una población pequeña, la misma que está restringida a un área también pequeña (UICN, 2016).

Una amenaza mayor puede estar indirectamente relacionada al Cambio Climático, ya que eventos como El Niño parecen presentarse más frecuentemente y por tiempos más prolongados. Se estima que en los eventos del Niño 1982-1983 y 1997-1998 la población de pingüinos decayó en un 77% (Valle *et al.* 1987, Boersma 1998, Vargas *et al.* 2006, Vargas *et al.* 2007 citado en Vargas, 2013).

La Dra. Boersma afirma que es muy posible que los pingüinos no se reproduzcan cuando la temperatura superficial del mar es mayor a 23 grados centígrados (D. Boersma, com.pers.). Otras amenazas son los animales introducidos como gatos y perros salvajes que pueden atacar adultos, ratas que se pueden alimentar de pichones o huevos, y enfermedades transmitidas por patógenos o parásitos que pueden ser introducidas por actividades humanas (De Roy *et al.*, 2013).

1.4 Identificación de ciclos a través de la fotografía

Existen características físicas apreciables en fotografías que pueden ayudar a conocer más sobre los ciclos de anidación, muda y la presencia de juveniles e identificación de individuos (Penguin Sentinels, 2017).

Para termo regularizarse el pingüino de Galápagos pierde las plumas alrededor de ojos y pico, se puede observar la piel del área durante esa época que normalmente es en la reproducción. (Boersma, 1975 citado en García, 2015).

Antes de mudar los pingüinos dejan de poner aceite en sus plumas, por lo que estas se vuelven de color café, después de mudar las plumas de los pingüinos se vuelven negras-gris (Boersma, obs. Pers. citado en García, 2015).

Las patas de los juveniles son claras y moteadas, las de los adultos son oscuras con un poco de áreas claras entre las membranas interdigitales (García, 2015).

El adulto tiene una línea oscura de plumas a los dos lados de la cabeza, y una banda oscura que va pecho a las patas, el juvenil no (García, 2015). Tanto adulto como juvenil tienen manchas en el pecho que son distintas para cada individuo (García, 2015).

La especie tiene alta fidelidad a sus sitios, durante 16 meses se anillaron varios pingüinos, menos del 10% fueron encontrados en sitios distintos a los que fueron anillados. (García, 2015). Por lo que se aumentan las posibilidades de fotografiar a los mismos individuos.

1.5 Identificación de pingüinos por marcas

Entre el año 2006 y 2009 se realizó un proyecto de identificación de Pingüinos africanos, *Spheniscus demersus*, llamado “*Spot the Penguin*” (Localice el pingüino) el cual permitió identificar pingüinos individualmente, en una colonia de 15000 individuos (Burghardt, 2015). El proyecto se llevó a cabo con la Universidad de Bristol, Universidad de Cape Town y Briston Zoo Gardens. Se realizó con una cámara automática y un sistema de computadoras. Se mencionan entre las ventajas del sistema que no es un sistema invasivo y que no se necesita capturar el animal, ni marcarlo, ya que toda la información puede ser obtenida en tiempo presente y a control remoto. El proyecto demostró que se puede obtener información sobre niveles poblacionales, socialización y si algunos individuos tienden a asociarse. Cuando se obtuvieron imágenes claras de los pingüinos, demostraron hasta un 98% de exactitud en su identificación (The Royal Society, 2008).

1.6 Ciencia ciudadana

La ciencia ciudadana está definida en el diccionario Inglés Oxford como el trabajo científico realizado por miembros del público general, usualmente en colaboración o bajo la dirección de profesionales científicos o instituciones científicas (Citizen Science Association, 2017).

Existen miles de proyectos de ciencia ciudadana en el mundo, los mismos que están involucrando a millones de individuos, sin necesariamente tener entrenamiento en ciencias; para coleccionar, transcribir u organizar información científica. Existen ejemplos como, al Noroeste de México, el grupo “Tortuguero” donde se ha hecho monitoreo de tortugas para investigación de dieta, distribución y enfermedades, en una colaboración con la comunidad, agencias y biólogos. En el Congo, científicos de University College London, están procesando

data colectada por locales a través de sus teléfonos inteligentes para documentar procesos de impacto ambiental como la cacería y tala ilegal (Bonney et al., 2014).

Datos de un grupo de buzos recolectados por 21 años, en una de las áreas marinas más antiguas en el mundo, en Islas Cocos, Costa Rica, han sido utilizados para evaluar la efectividad de la protección del área sobre el riesgo de extinción de especies de tiburones y rayas. En este estudio guías de buceo de la agencia privada Undersea Hunter, recogieron durante todas sus inmersiones, datos como visibilidad, temperatura, fuerza de las corrientes, y especies de escualos observadas (White et al., 2015).

En Galápagos la identificación por imágenes se ha utilizado ya en otras especies, por ejemplo se ha realizado foto identificación para estudios del uso de hábitat y residencia de la tortuga verde (Carrasco, 2011), y para determinar la abundancia relativa y distribución de Cetáceos en el Canal Bolívar (Alarcón, 2012).

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El presente trabajo se realizó dentro de la Reserva Marina de Galápagos. Las islas Galápagos están ubicadas a 925 km de Ecuador (McMullan & Navarrete, 2017). La reserva marina tiene un área de 133.000 km², fue creada en 1998 y pertenece a la Provincia de Galápagos (Ministerio del Ambiente, 2015). Para el estudio se tomó en cuenta los sitios de anidación y observación comunes del Pingüino de Galápagos que son visitadas por cruceros navegables:

- En Isla Isabela: Punta Vicente Roca, Caleta Tagus, Bahía Urbina, Bahía Elizabeth
- En Fernandina: Punta Espinoza
- En Bartolomé: Pináculo
- En Santiago: Sombrero Chino, Bahía Sullivan
- En Floreana: Punta Cormorán, Mirador de la Baronesa
- Además se registraron observaciones inusuales en Isla Rábida e Islote Edén

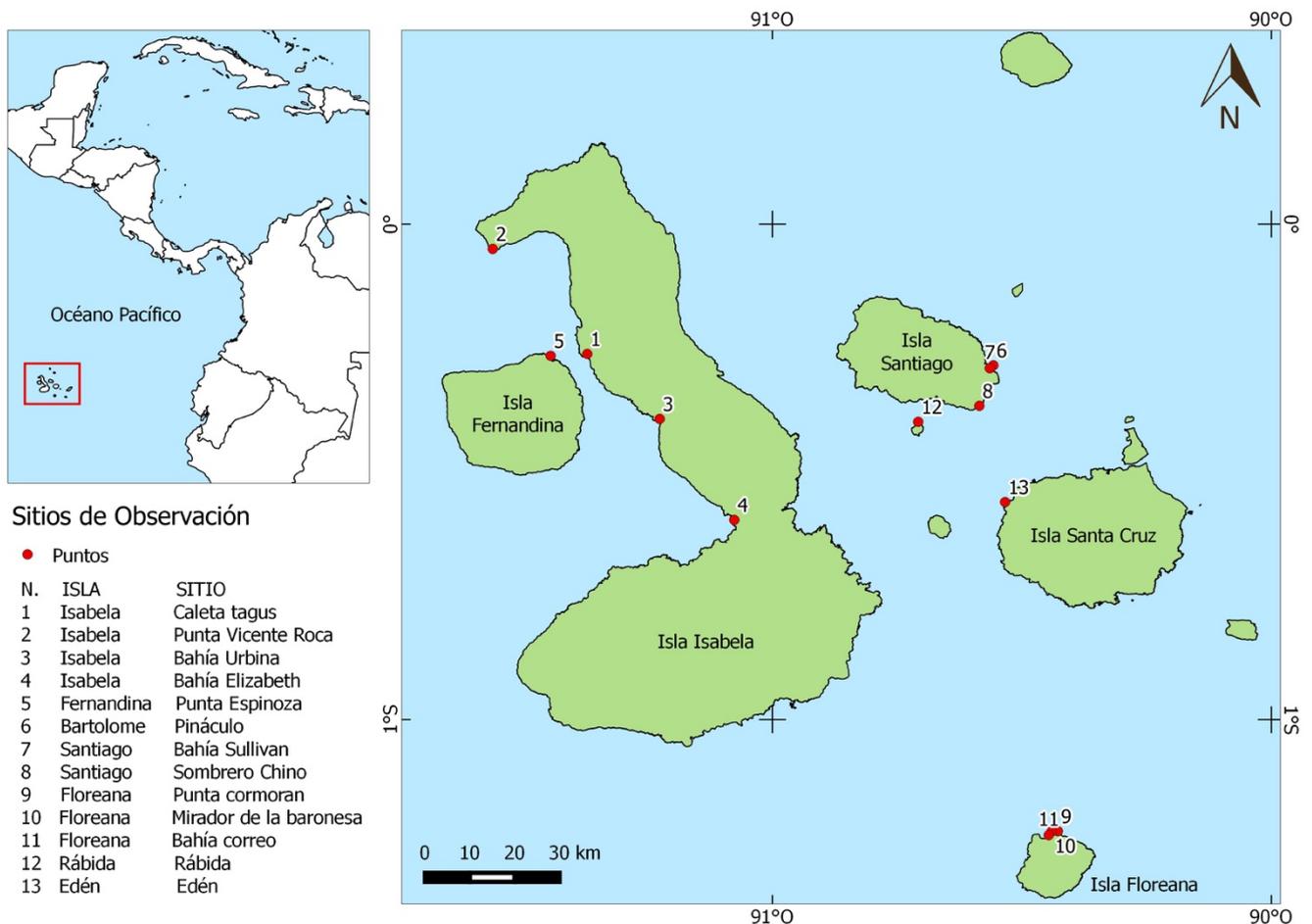


Figura 1. Sitios de observación de los pingüinos de Galápagos

2.2 Metodología

2.2.1 Toma de fotografías durante las visitas.

Para conseguir un banco de datos mensuales de fotografías de pingüinos, por 20 meses seguidos, se obtuvieron imágenes durante todas las visitas en la que la autora estuvo a bordo de embarcaciones turísticas, desde noviembre 2015 hasta junio 2017. Además para completar los meses que la autora no estuvo a bordo, se pidió ayuda a otros guías o fotógrafos de las embarcaciones para tomar las imágenes con la misma metodología, las mismas que fueron enviadas posteriormente para completar el banco de fotos.

Las imágenes fueron tomadas en los sitios de visita indicados, todos dentro del itinerario asignado por el Parque Nacional Galápagos (PNG), durante paseos en *zodiacs* (botes inflables rígidos motorizados) de una duración de 45 minutos a una hora con pasajeros, durante el periodo noviembre 2015 - junio 2016.

2.2.2 Materiales para la toma de fotografías.

Al ser este un proyecto de ciencia ciudadana, fue importante tomar en cuenta que durante la captura de fotografías no se disturbe a los animales y además, que se respeten las reglas del Parque Nacional Galápagos de mantener una distancia mínima de 2 metros con los animales, siendo prohibido el uso de flash o luces externas, por lo que el equipo utilizado por los guías y fotógrafos fue:

- Cámaras SDLR (cámaras digitales de tipo réflex de único objetivo) de alta resolución
- Lentes teleobjetivos en un rango de 200 a 400 mm. (ver Anexo1).

2.2.3 Parámetros de las fotografías.

Para el análisis de las imágenes se necesitó alcanzar ciertos parámetros para las fotografías, las mismas reconocibles en la Figura 2:

- a. Para la identificación de los individuos fue importante tener la toma de la parte ventral del animal, donde se aprecien las marcas.
- b. Para ver si los individuos habían sido marcados o no, se necesitó tomar de la pata izquierda donde usualmente es puesto el Tag (Marca).
- c. Para poder ver el proceso de muda fue necesario tener fotos sobre todo del área donde están las plumas negras para poder comparar el color negro vs café.

- d. Para ver si los pingüinos acababan de mudar o ya habían perdido plumas alrededor de ojos y pico, fueron necesarias fotografías de la cara del pingüino donde se puede hacer acercamientos para comparar.
- e. Para poder ver el estadio de los juveniles se necesitaron fotos que muestren las mejillas y las patas, al ser las mismas más claras mientras más joven sea el individuo, como se puede observar en la Figura 3.

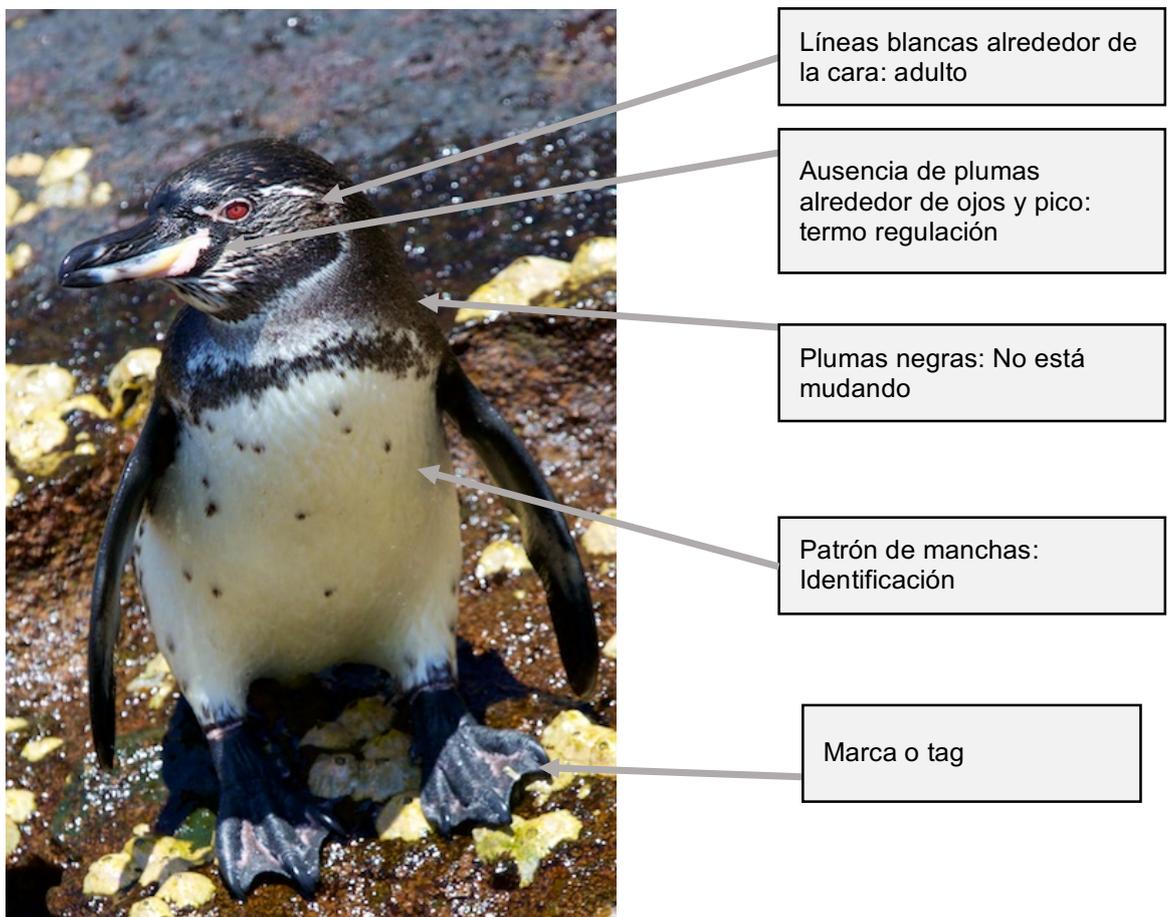


Figura 2. Parámetros de las fotografías.



No hay línea blanca
alrededor de los ojos:
Juvenil

Patrón de manchas:
Identificación

Patas pálidas moteadas:
Juvenil estado temprano

Figura 3. Parámetros de las fotografías para el caso de pingüinos juveniles.

2.3 Recopilación, organización y análisis de datos

2.3.1 Recopilación

2.3.1.1 Recopilación de fotos.

Todas las fotografías, de los 20 meses, fueron recopiladas en formato digital JPG, y luego procesadas en el programa de edición *Aperture* + para poder realizar los ajustes necesarios para alcanzar imágenes óptimas para el análisis: acercamientos necesarios por medio de recortes (*cropping*), ajustes de contraste, exposición y saturación. (ver Anexo 2).

En caso de imágenes sobre expuestas en la parte ventral del pingüino (imágenes que pierden los detalles negros por mayoría de espacios blancos) se procedió a dar mayor exposición solo a esa área para recuperar detalle de las manchas de los pingüinos, mediante un método conocido como “quemar” la imagen.

2.3.1.2 Recopilación de datos de temperatura superficial del agua.

Para obtener datos de la temperatura superficial de agua (TSM), se procedió a hacer una búsqueda de TSM promedio para las fechas necesitadas. Se obtuvo la información desde julio 2015 hasta junio 2017, para poder durante el análisis incluir la temperatura seis meses antes de cada inicio de año: enero 2016 y enero 2017.

La información se obtuvo de la base de datos del Instituto Oceanográfico de la Armada, que tiene un archivo de temperatura promedio semanal desde el año 2010. INOCAR obtiene los datos del Servicio Meteorológico del Reino Unido (UKMO) por el Sistema de Análisis de Temperatura Superficial del Mar y Hielo Marino (OSTIA). Este sistema hace uso de los datos proporcionados por satélites infrarrojos y microondas, además datos in-situ. El INOCAR procesa estos datos a diario y genera cartas de TSM promediadas de 7 días (INOCAR, 2016).

2.3.2 Organización

2.3.2.1 Organización de fotos.

Una vez editadas, y seleccionadas, las fotografías fueron ordenadas en carpetas por mes bajo el código año/mes. Por ejemplo: 2017 01 (enero 2017).

Cada una de las imágenes fue archivada bajo un código que indica: año, mes, día, sitio de visita, número de fotografía de esa fecha y autor.

Ejemplo: 20160615CT(2)©AuraBanda.jpg

Año: 2016. Mes: junio. Día:15. Sitio de Visita: Caleta Tagus. Número de fotografía de esa fecha: 2. Autor de la fotografía: Aura Banda

2.3.2.2 Organización de datos de temperatura del agua.

Se ingresó los datos obtenidos de temperatura de agua a un cuadro *Excel* donde se indicó el número de semana, fechas y el año.

2.3.2.3 Organización de todos los datos.

Para poder organizar y unificar todos los datos obtenidos de las fotografías y temperatura, se construyó un cuadro en *Excel* donde se organizaron los parámetros requeridos por observación. Para cada una de las observaciones que fueron seleccionadas se ingresó:

Tabla 1. Información ingresada en base de datos para el análisis de las fotografías.

PARÁMETRO	DATOS
NÚMERO	Número de registro
CÓDIGO	año/mes/día/sitiodevisita/númerodefotografiadeesafecha/autor
AÑO	2015/2016/2017
ISLA	ISA: Isabela, FER: Fernandina, FLO: Floreana, SAN: Santiago, BAR: Bartolomé, RA: Rábida, ED: Islote Edén
SITIO	CT: Caleta Tagus, PVR: Punta Vicente Roca, BE: Bahía Elizabeth, BU: Bahía Urbina, PE: Punta Espinoza, BC: Bahía Correo, PC: Punta Cormorán, MB: Mirador Baronesa, SCH: Sombrero Chino, BS: Bahía Sullivan, PI: Pináculo, RA: Rábida, ED: Islote Edén
NOMBRE	Nombre asignado a individuos reconocidos
FECHA	año/mes/día
HORA	AM/PM
TEMPERATURA	Temperatura promedio superficial del agua en grados centígrados, fuente Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR, 2016)
SEXO	M: Macho, H: Hembra, N/I: No identificado, N/A: Juveniles.
EDAD	A: Adulto, J: Juvenil
MUDA	SÍ: si presenta color café, plumas erectas o se observa que está cambiando plumas; NO: Sí esta negro, es decir recién mudado.
PLUMAJE ALREDEDOR DE LOS OJOS Y PICO	SÍ: Si tiene todas las plumas, NO: Si ha perdido plumas alrededor de ojos y pico. N/A: Si es un juvenil
REVISADO WU	Si la fotografía ha sido enviada a la Universidad de Washington para su análisis. No: Si no ha sido revisada
TAG	SÍ: el pingüino está marcado con una etiqueta en la pata, NO: Si no hay marca, N/A: Si la fotografía no permite ver las patas.
OBSERVACIONES	Lectura de la fotografía, cualquier comentario importante sobre las observaciones.

2.3.3 Análisis de datos:

2.2.3.1 Datos descriptivos de las fotografías.

Se procedió a enviar un conjunto de 100 fotografías desde noviembre 2015 hasta junio 2016, sólo del área del Oeste (Fernandina e Isabela) a la Universidad de Washington al departamento: Center for Ecosystem Sentinels, que la Dra. Boersma dirige.

Katrina Ferguson, asistente de la Dra. Boersma, envió de regreso las observaciones de cada una de las 100 fotografías, indicando si se podía observar el sexo del individuo, su estado corporal, si tenía o no marca (Tag), si estaba mudando o no, si es un adulto o un juvenil, si ha perdido las plumas alrededor de los ojos y pico, y cualquier observación importante extra.

Una vez revisados esos datos y comparados a las fotografías originales, se reconoció los elementos que se pueden leer en las fotografías y entonces se pudo realizar el mismo proceso para el análisis de todas las imágenes. Haciendo un análisis descriptivo de los datos para cada una de las observaciones.

En cada una de las imágenes se analizó:

1. Si el individuo se podía diferenciar entre adulto o juvenil (ver Anexo 3).
2. Si el individuo se podía diferenciar entre macho y hembra.
3. Si el individuo presentaba plumas cafés por estar en proceso de muda o negras si no estaba mudando (ver Anexo 4).
4. Si el individuo tenía plumas alrededor de los ojos y pico, si acababa de mudar, o si había perdido las plumas alrededor de los ojos y pico para la termorregulación.
5. Si el individuo tenía una marca en la pata izquierda, no, o no se podía observar.
6. Se añadió si la información fue confirmada por la Universidad de Washington.
7. Si el patrón de manchas se había visto antes.

2.3.3.2 Datos de información superficial del agua.

Para analizar las temperaturas del agua antes del inicio de cada año se sacó un promedio de la temperatura del agua de los seis meses previos al inicio de cada año, es decir desde julio a diciembre 2015 y desde julio a diciembre 2016, se compararon las semanas de cada año para ver las diferencias en la temperatura.

2.3.4 Construcción de cuadros

Con la base de datos completa, se procedió a la construcción de cuadros mediante el programa *Excel* por medio de filtros para analizar:

- Información relevante
- Número de adultos VS juveniles observados.
- Número de individuos mudados o mudando.

- Número de individuos con o sin plumas alrededor de los ojos y pico.
- Comparación de temperatura superficial del mar

2.3.5 Análisis para identificación de Individuos a través de fotografías

Para la identificación de individuos por las manchas ventrales, se buscó entre todas las imágenes un individuo que tuviese una marca o cicatriz que lo diferenciase del resto, aparte de las marcas abdominales, para poder tener certitud de estar observando al mismo individuo.

Una vez obtenido un individuo con una cicatriz, se necesitó encontrar más imágenes del mismo, en distintos periodos del año y de cualquier fotógrafo.

CAPITULO III
RESULTADOS

3.1 Identificación de parámetros sobre los ciclos del pingüino de Galápagos a través de la fotografía

De las 352 imágenes recogidas, 274 fueron seleccionadas como óptimas para alguno de los análisis, sin repetirse en esas 274 fotos el mismo individuo por fecha. Es decir el 77.84% de los registros fueron usados.

De tablas construidas en base a estos registros, se encontró los porcentajes de la información relevante por isla. Como se puede observar en la Figura 4 del total de observaciones por isla, Isabela fue la isla con más información relevante (66% de los datos). Además en Isabela se contó con registros mensuales ininterrumpidos por 20 meses.

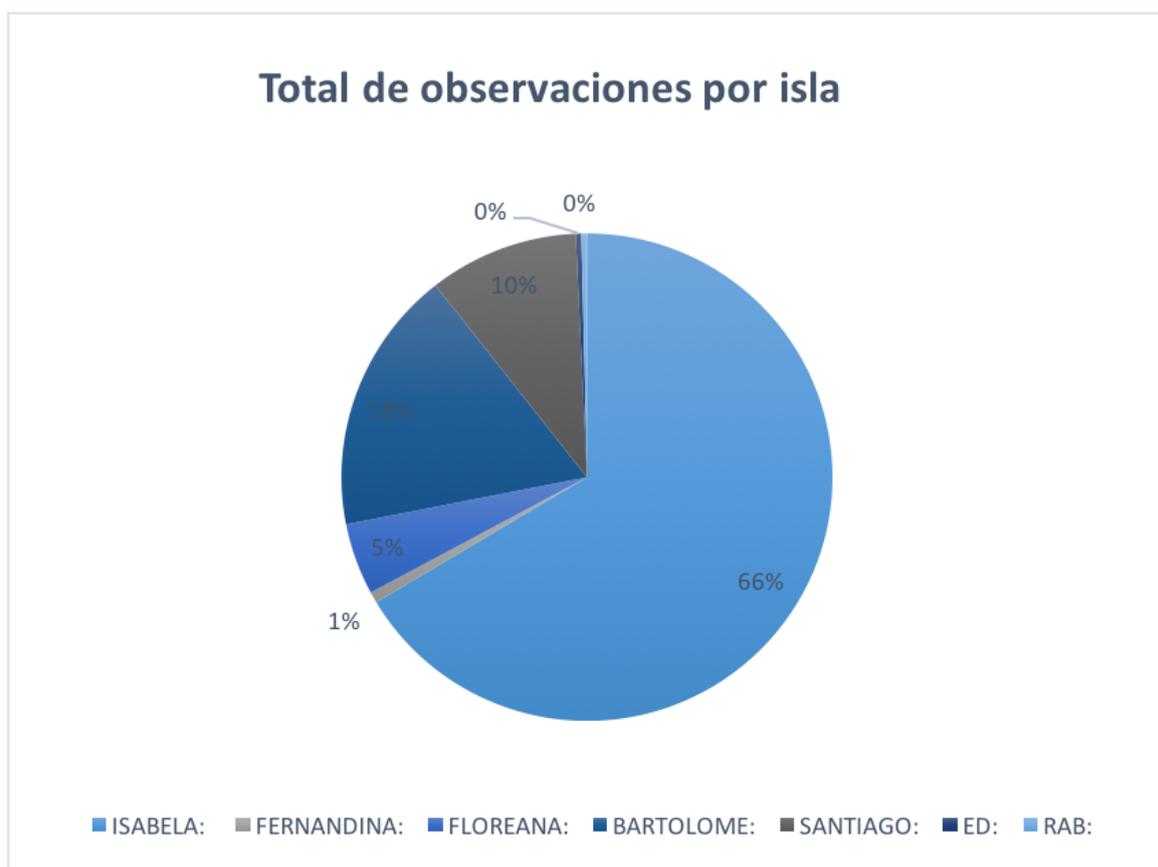


Figura 4. Total de observaciones de pingüinos por isla

Esto se puede deber a que las poblaciones más grandes de pingüinos se encuentran al Oeste del archipiélago y a que las embarcaciones tienen varios sitios de visita en Isabela, lo que aumenta la posibilidad de ver a los pingüinos.

También se calculó los porcentajes de observación de pingüinos por año. En la figura 5 se puede ver que 59% de los datos son del año 2016, siendo además el único completo con datos mensuales.



Figura 5. Observaciones de pingüinos por año

Sin embargo, considerando que el estudio termina en junio 2017, se utilizó también la información del 2017 ya que representa el 37% de los datos con solo seis meses de monitoreo. Además estos seis meses permitieron la comparación de los dos ciclos que cuentan con información: enero-junio 2016 y enero- junio 2017.

En base a esta información se logró analizar los distintos parámetros, de acuerdo al siguiente número de registros indicados en la Tabla 2:

Tabla 2. Total de registros que aportaron en la identificación de uno o varios parámetros

PARÁMETRO ANALIZADO	# REGISTROS
Total de individuos adultos machos	59
Total de individuos adultas hembras	38
Total de individuos adultos que no se pudo reconocer como macho o hembra	120
Total de individuos que no aplican por no mostrar el pico o ser juveniles	56
Total de juveniles	38
Total de adultos	235
Individuos identificados y reconocidos en distintas fechas o distintos lugares	6
Número de registros para individuos identificados y reconocidos	14
Meses seguidos de monitoreo en la misma isla	20
Observaciones por 20 meses sin repetirse el individuo por fecha, en el Oeste de la Isla Isabela	182
Individuos en proceso de muda en el ciclo Enero-Junio 2016, en el Oeste de la Isla Isabela	14
Individuos que no están mudando en el ciclo Enero-Junio 2016, en el Oeste de la Isla Isabela	26
Individuos en proceso de muda en el ciclo Enero-Junio 2017, en el Oeste de la Isla Isabela	4
Individuos que no están mudando en el ciclo Enero-Junio 2017, en el Oeste de la Isla Isabela	26
Individuos que no tienen plumas alrededor de pico y ojos en el ciclo Enero-Junio 2016, en el Oeste de la Isla Isabela	25
Individuos que sí tienen plumas alrededor de pico y ojos en el ciclo Enero-Junio 2016, en el Oeste de la Isla Isabela	11
Individuos que no tienen plumas alrededor de pico y ojos en el ciclo Enero-Junio 2017, en el Oeste de la Isla Isabela	24
Individuos que sí tienen plumas alrededor de pico y ojos en el ciclo Enero-Junio 2017, en el Oeste de la Isla Isabela	8

De estos datos podemos ver que para identificar las diferencias entre macho y hembra, solo se pudo reconocer el 55.29% de los registros, siendo difícil hacerlo si no existe un patrón de comparación. De esa parte el 61% fueron machos y el 39% hembras. Se pudo hacer la diferencia cuando los pingüinos fueron encontrados en parejas, pero de otra manera fue bastante complejo identificar, si por el ancho del pico, el individuo era hembra o macho.

En caso de identificar los adultos versus los juveniles se obtuvo un 100% de éxito en el total de los registros.

3.2 Presencia de juveniles en la población analizada de la Isla Isabela, en el área Oeste:

Para poder comparar la presencia - ausencia de juveniles en dos años consecutivos, se tomó en cuenta el periodo enero 2016 – junio 2016 en la Figura 6, y el periodo enero 2017 – junio 2017 en la Figura 7, ya que en los dos años eran los únicos meses seguidos con información, lo cual era necesario para poder hacer la comparación.

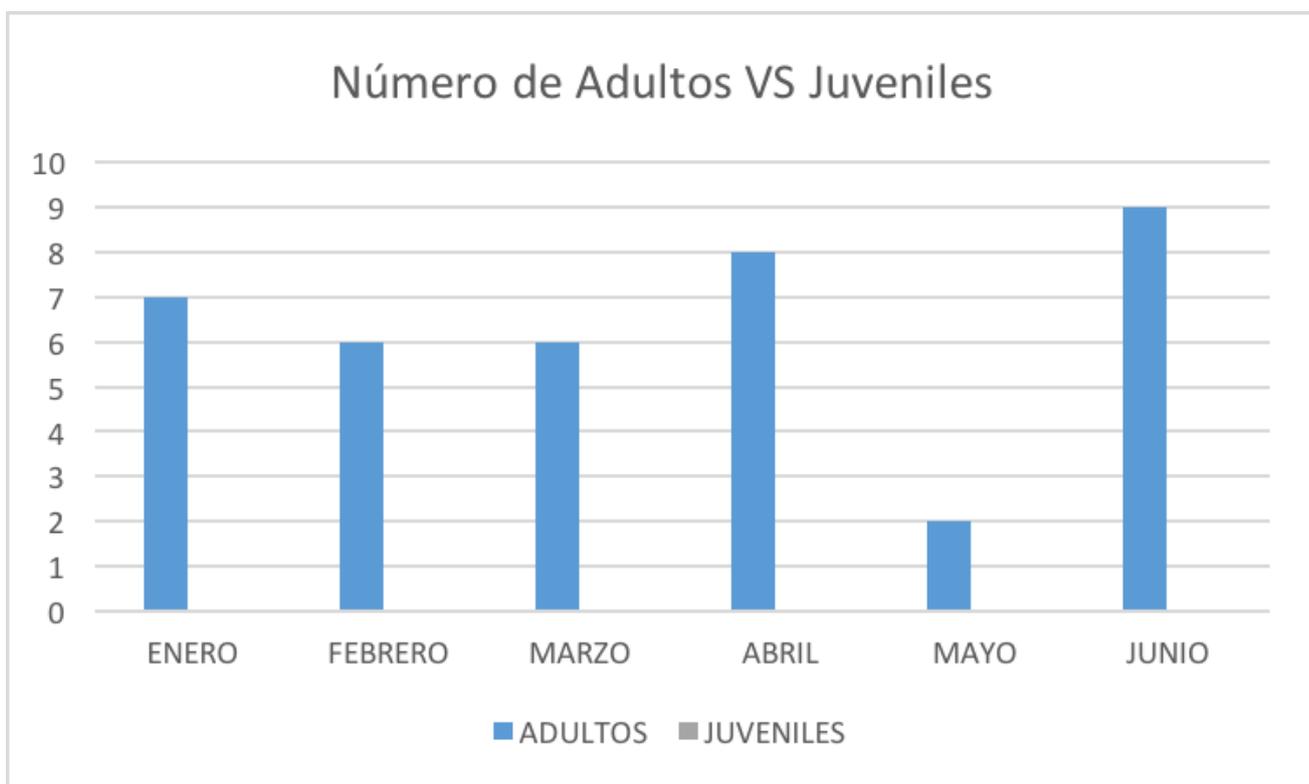


Figura 6. Número de Juveniles de pingüinos observados en la población vs adultos. Enero a junio 2016

Para el periodo enero 2016 – junio 2016 no se registraron individuos juveniles. Estos datos concuerdan con el reporte de la Dra. Boersma que en su visita a Galápagos en febrero 2016, no pudo encontrar individuos juveniles y en su visita en julio 2016, solo encontró uno (D. Boersma, com. pers.).

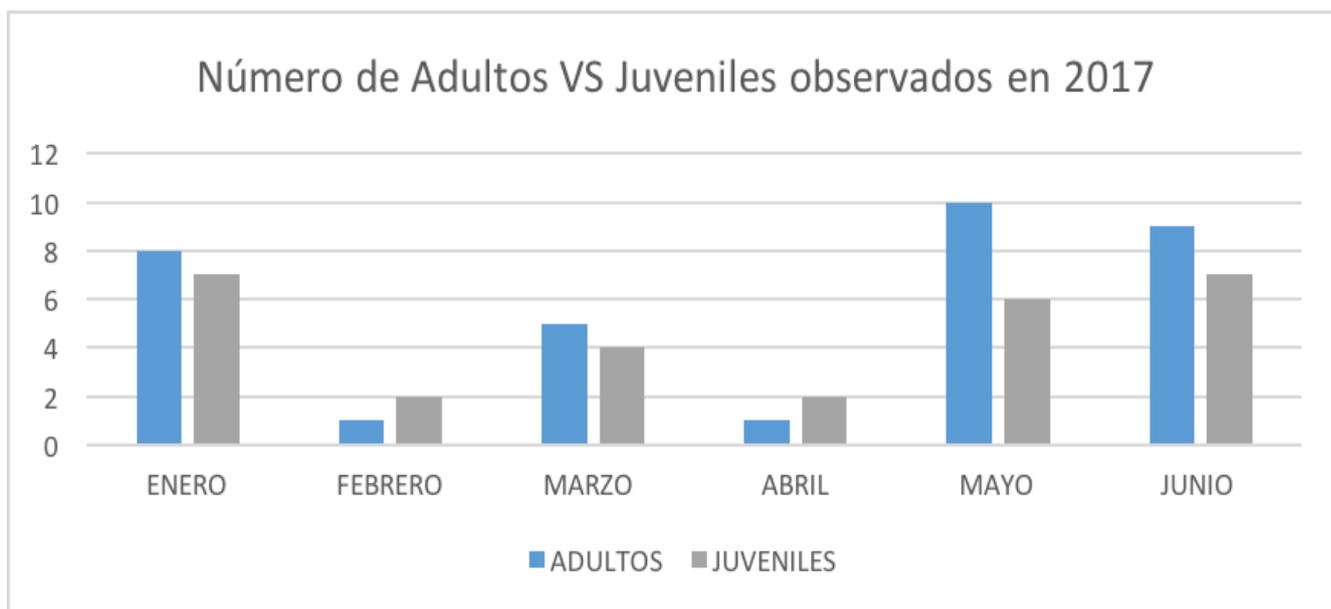


Figura 7. Número de Juveniles de pingüinos observados en la población vs adultos enero a junio 2017

En el periodo enero 2017 – junio 2017 el 45.16% de los registros fueron juveniles. En su última visita en julio 2017, la Dra. Boersma reportó que en el Oeste de Isabela la población de juveniles está sobre el 42% (D. Boersma, com. pers.).

3.3 Diferencia de la temperatura superficial del agua en el área del Oeste de Isabela entre julio 2015 – diciembre 2015 y julio 2016 – diciembre 2016

Para observar si hubo una diferencia en la temperatura superficial del agua antes de empezar los periodos analizados para presencia o ausencia de juveniles: enero – junio 2016 y enero – junio 2017; se construyó un cuadro de comparación con la temperatura promedio de los seis meses anteriores a los dos periodos (Figura 8).

La Dra. Boersma menciona que la mayoría de pingüinos de Galápagos se reproducen durante la época fría, que empieza en junio y termina en diciembre (Boersma, 1978). Por esta razón se tomó en cuenta los seis meses anteriores al inicio del estudio ya que coinciden con la época fría.

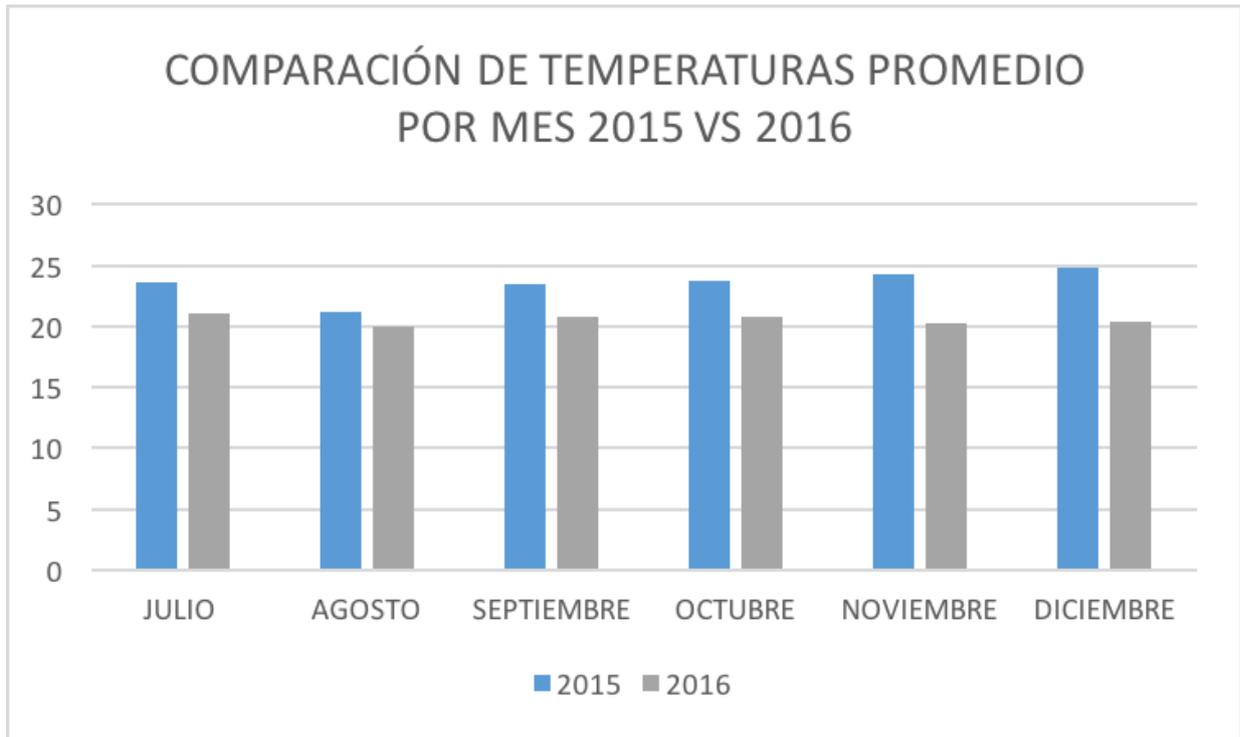


Figura 8. Comparación de la temperatura superficial del agua de julio a diciembre 2015 y julio a diciembre 2016

Se registró una diferencia promedio en la temperatura superficial del agua entre los dos periodos. La temperatura promedio del periodo julio 2015 – diciembre 2015 fue 23,55°C. Mientras que la del periodo julio 2016 – diciembre 2016 fue de 20,59°C. Por tanto una diferencia de 2,96°C de temperatura promedio.

La diferencia de temperatura en el 2015, 2,96°C, más alto que en el 2016, podría ser un indicador del motivo de la ausencia de pingüinos juveniles en enero – junio del 2016 y una confirmación a lo manifestado por la Dra. Boersma, quien indica que los pingüinos no se reproducen si las condiciones no son las indicadas (Boersma, 1978).

3.4 Comparación del número de individuos mudados o mudando de la Isla Isabela, en el área Oeste:

Con la información obtenida se construyó cuadros con el número de individuos mudando o mudados para los dos periodos: enero – junio 2016 (Figura 9) y enero – julio 2017 (Figura 10).

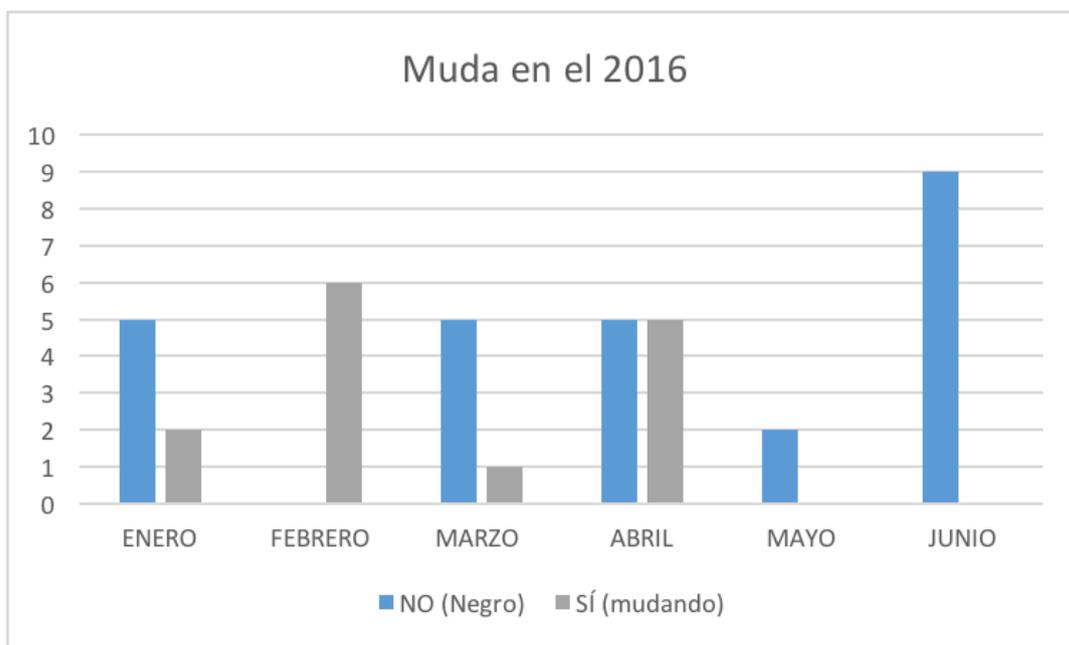


Figura 9. Número de individuos mudando o mudados 2016

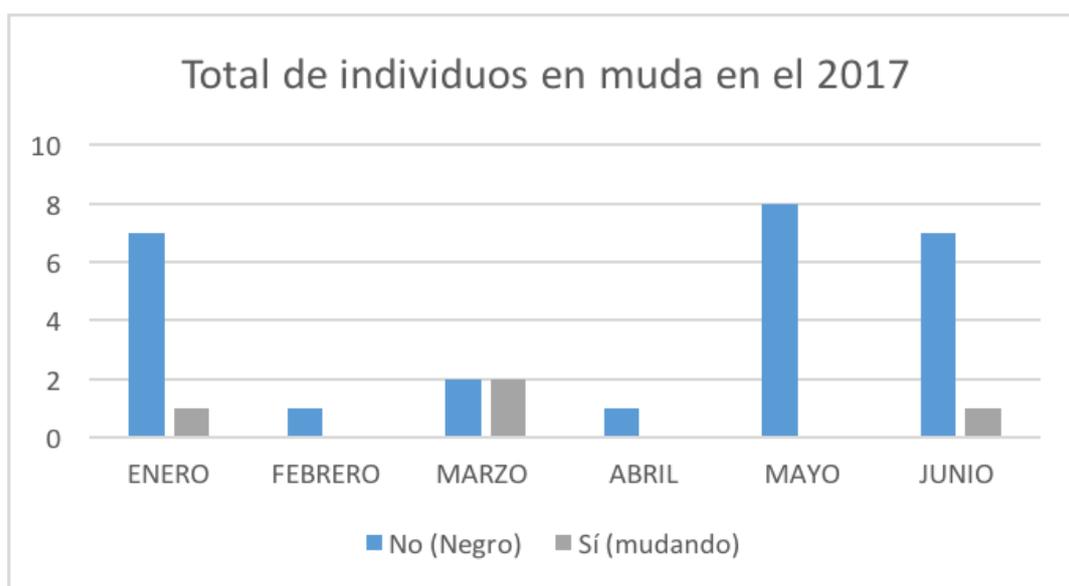


Figura 10. Número de individuos mudando o mudados 2017

No se encontró un patrón en la muda para los dos cuadros, pero en base a estos, se construyó luego una tabla solo con la presencia o ausencia de individuos en muda o mudados para los dos periodos (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de muda 2016 – 2017

MES:	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
MUDA:	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
Periodo 2016	x		x		x		x			x		x
Periodo 2017	x			x	x			x		x	x	

Al comparar la actividad de muda para cada mitad de año del 2016 y el 2017 en la tabla 3, el único mes en el que no se registra presencia de individuos mudando, que se repite en los dos años, es mayo. Además de mayo, en el 2016 no se registraron individuos mudando en junio y en el 2017 en febrero y abril.

Sin embargo se ve actividad de muda en casi todos los meses. Lo que dificultó encontrar un patrón significativo, pero lo que concuerda con la flexibilidad para la muda mencionada por la Dra. Boersma, al ser el pingüino de Galápagos el único que muda dos veces al año para sobrevivir en el clima ecuatorial (Boersma, 1978).

3.5 Comparación del número de individuos con o sin plumas alrededor de ojos y pico, de la Isla Isabela, en el área Oeste:

Con la información obtenida se analizó con el número de individuos con o sin plumas alrededor de ojos y pico, para los dos periodos. enero – junio 2016 (Figura 11) y enero – julio 2017 (Figura 12).

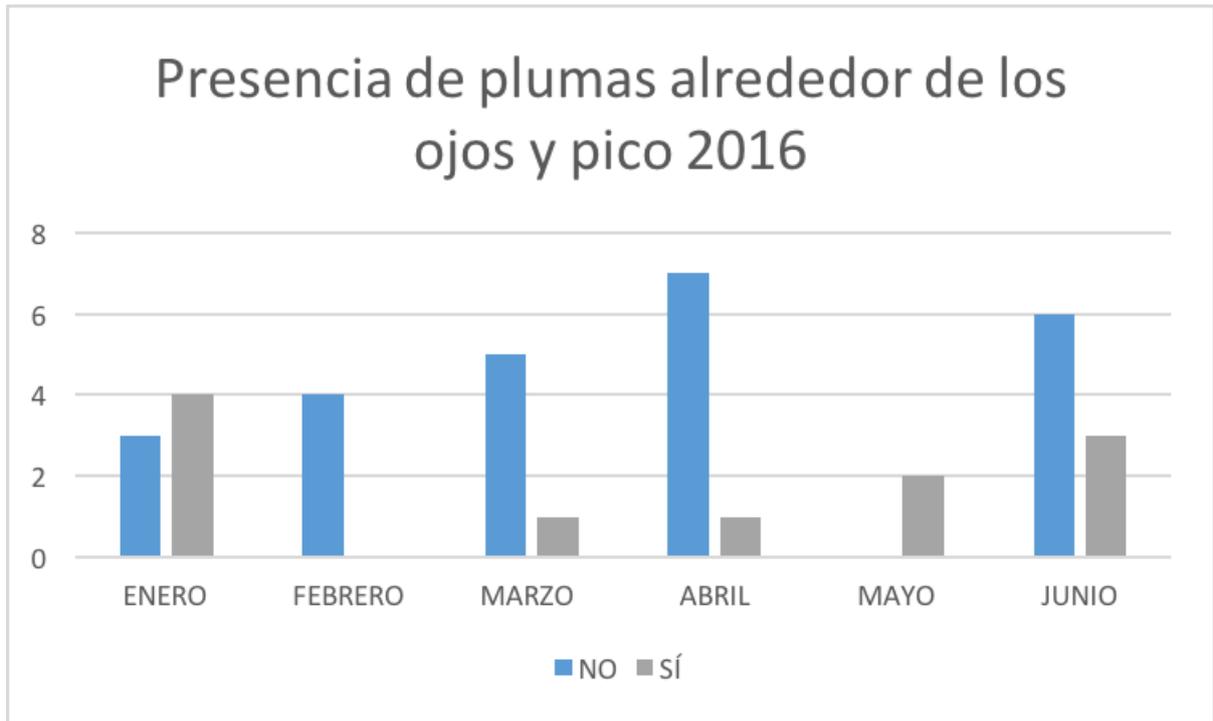


Figura 11. Número de individuos con o sin plumas alrededor de ojos y pico 2016

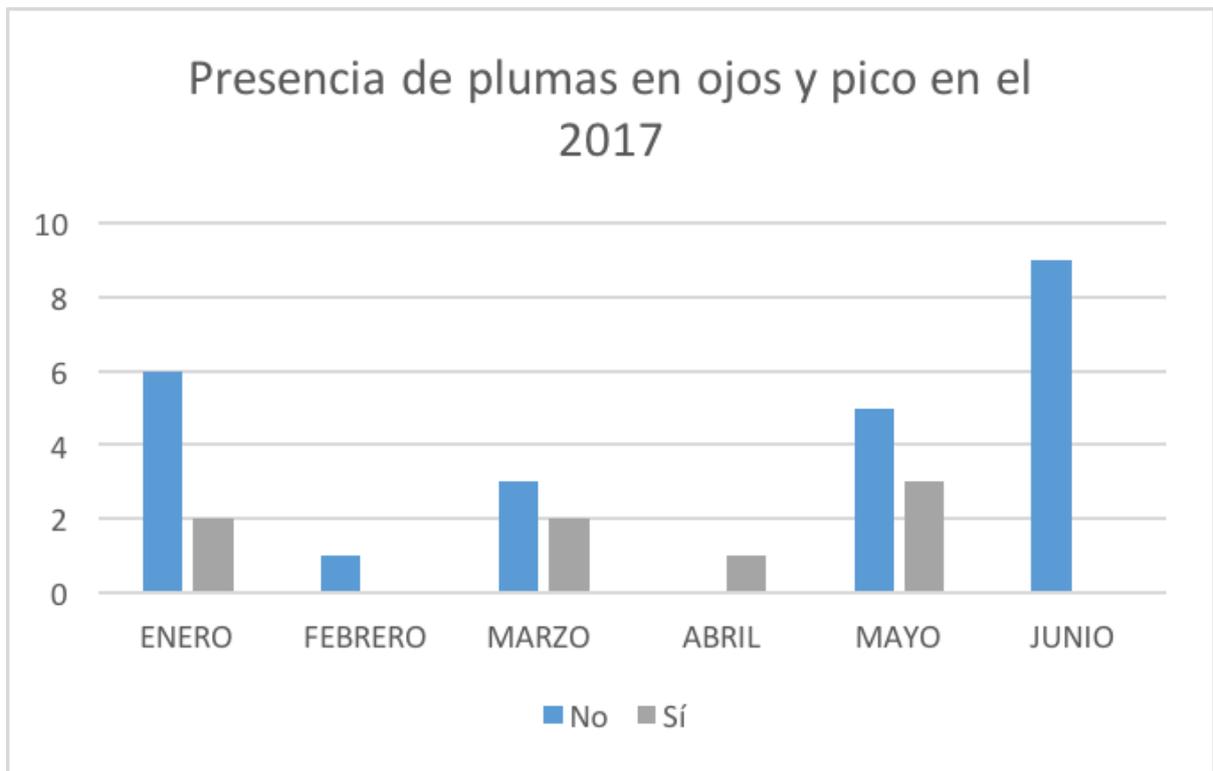


Figura 12. Número de individuos con o sin plumas alrededor de ojos y pico 2017

No se encontró realmente un patrón en la ausencia o presencia de plumas alrededor de ojos y pico para los dos años, pero en base a estos, se construyó una tabla solo con la presencia o ausencia de plumas alrededor de ojos y pico, para los dos periodos (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de individuos con o sin plumas alrededor de ojos y pico 2016 – 2017

MES:	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
PLUMAS:	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
Periodo 2016	x		x		x		x			x	x	
Periodo 2017	x		x		x			x	x			x

Al comparar la presencia o no de plumas alrededor de los ojos y picos del pingüino se encontró que en el 2016, solo en Mayo todos los individuos observados estaban con plumas alrededor de ojos y pico y no se fotografía a ninguno sin plumas. En el 2017, solo en Abril los individuos estaban todos con plumas alrededor de ojos y pico y no se fotografía a ninguno sin plumas.

No se encontró realmente un patrón significativo, ya que se registró individuos con y sin plumas alrededor de ojos y pico en distintos meses.

3.6 Comparación de muda y presencia de plumas en ojos y pico, con temperaturas del agua.

Finalmente se construyeron cuadros para comparar los parámetros anteriores, muda y presencia o ausencia de plumas alrededor de ojos y pico, con la temperatura del mar para los dos periodos enero- junio 2016 en la Figura 14, y enero – junio 2017 en la Figura 15.

En los dos años la temperatura más alta fue en marzo y la más baja en junio. Que coincide con las épocas Caliente y Fría, siendo mayo- junio el inicio de la época fría.

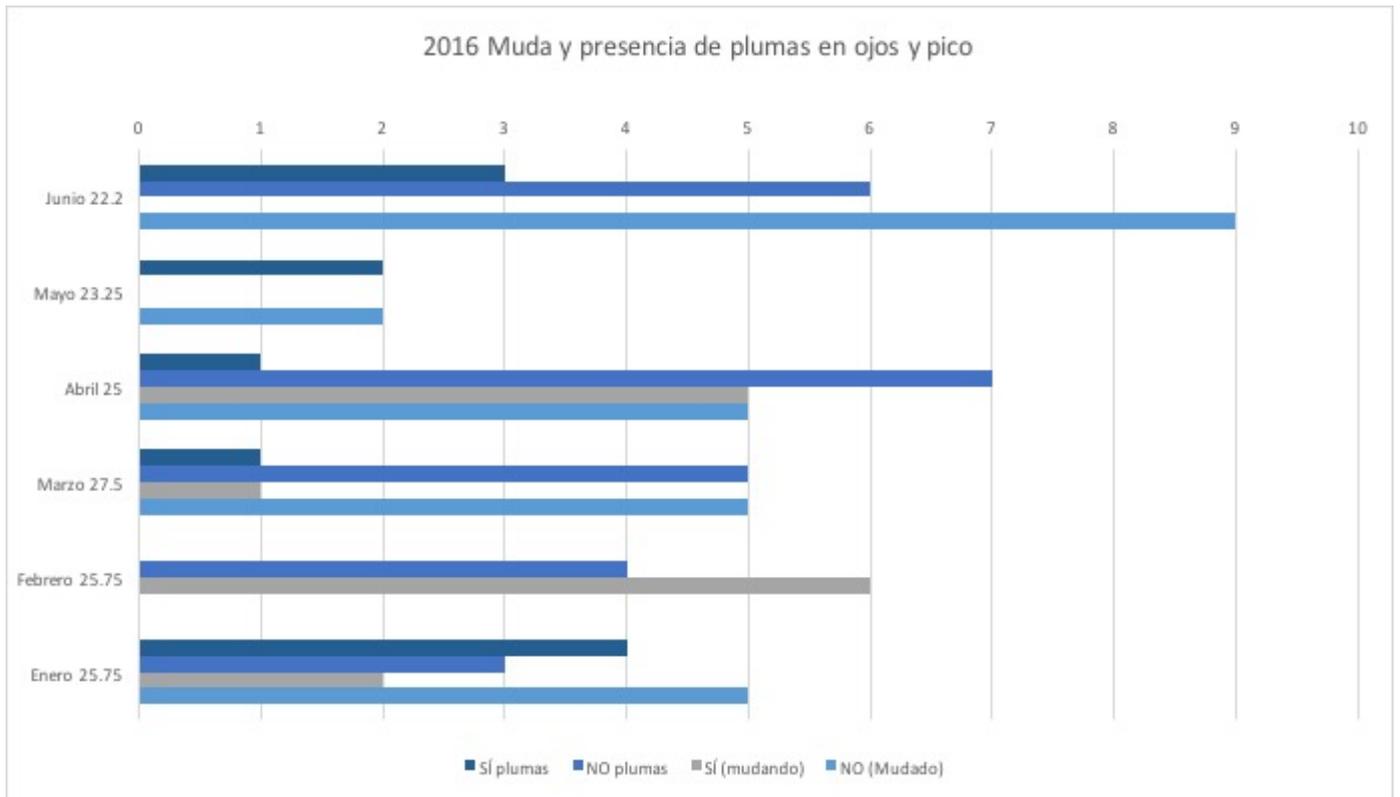


Figura 13. Comparación de individuos mudando y con o sin plumas alrededor de ojos y pico, con temperatura promedio del agua por mes, para el periodo enero- junio 2016

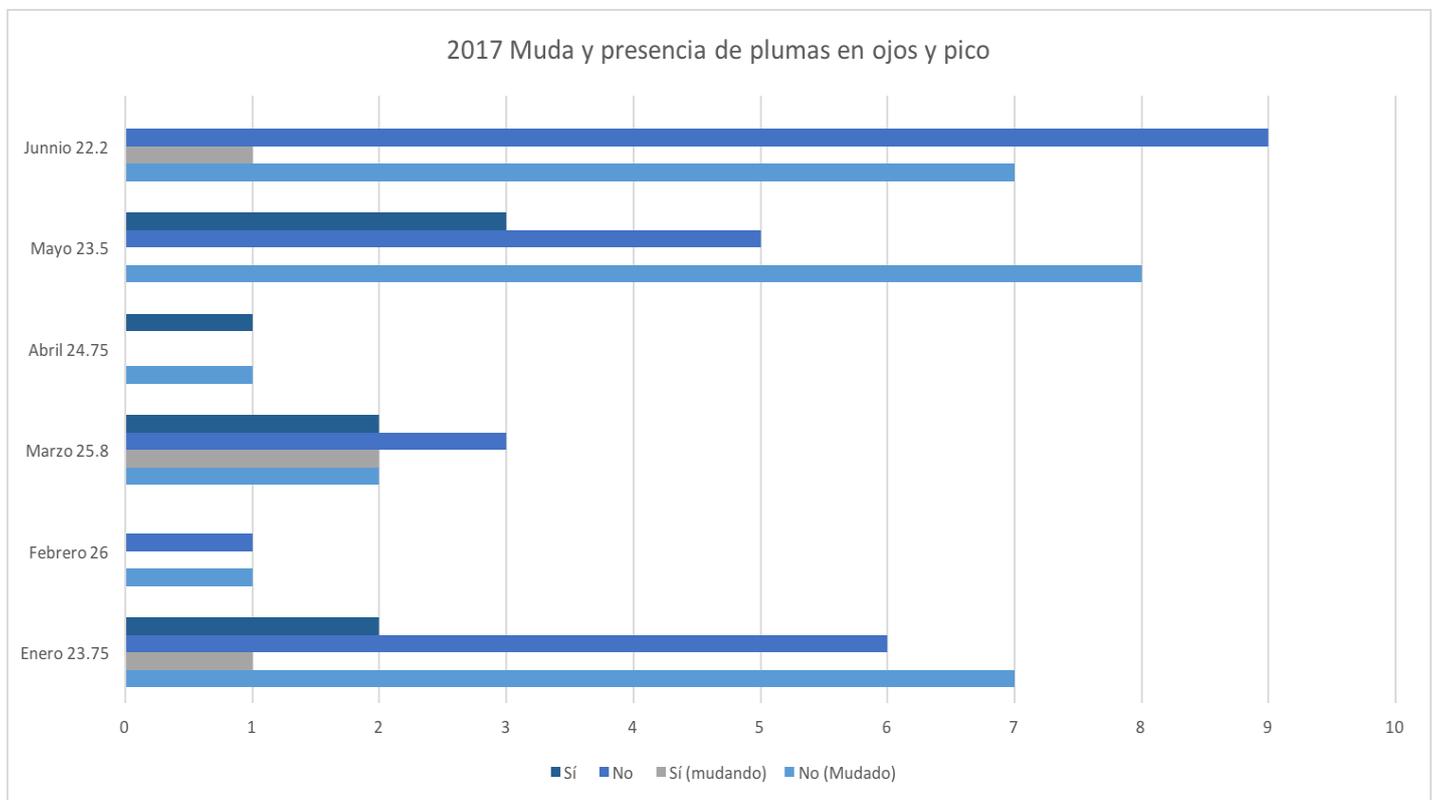


Figura 14. Comparación de individuos mudando y con o sin plumas alrededor de ojos y pico, con temperatura promedio del agua por mes, para el periodo Enero- Junio 2015

En mayo de ambos años no se observaron individuos mudando, y si esto se compara con la temperatura, que llega a su registro más frío en junio, observamos una tendencia, la mayoría de pingüinos se prepara para la reproducción, recién mudados y con las plumas completas, antes de empezar la época fría. Es decir que, aunque se reproducen en distintos meses, uno de los picos en la reproducción se da en junio – julio, con la época fría empezando. En el año 2016 se observó y fotografió individuos copulando en junio, y en el 2017 en julio.

Esto más los cuadros anteriores podrían confirmar las afirmaciones de la Dra. Boersma de que, aunque existe reproducción en todos los meses del año, la mayoría de pingüinos se reproduce en la época fría. (Boersma, 1978)

Además se ve, una vez más la flexibilidad de la muda, al observarse individuos mudando y mudados, en distintos meses con distintas temperaturas en el agua. (Boersma, 1978)

3.7 Identificación de Individuos a través de fotografías

Se encontró un individuo juvenil con una cicatriz, el mismo que pudo ser fotografiado en distintas ocasiones. Al contar con tres tomas distintas de este individuo (A,B,C), de tres fotógrafos distintos y tres meses distintos, se procedió a aislar, por medio del programa *Photoshop* CC 2015, en una capa transparente, solo las manchas del pingüino en la imagen A, y sobreponer esta capa transparente en la imagen B y C, tomando en cuenta la posición del cuerpo, para poder compararlas y saber si se puede o no identificar individuos a través de la fotografía (Anexo 5).

Luego se repitió el proceso con otros 5 individuos, que no tuvieran cicatrices u otro tipo de marcas, para comparar las manchas.

Durante el estudio se reconoció a 6 individuos. Aunque el número es bajo, los registros analizados demostraron que si bien es difícil, sí es posible identificar individuos por las manchas a través de la fotografía, por medio de ciencia ciudadana.

3.8 Observaciones inusuales

Al contar con una base de datos de 20 meses, se encontraron algunas observaciones inusuales, por ejemplo, se encontró un individuo juvenil en Islote Edén y otro adulto en

Rábida, sitios que no son lugares de anidación, ni son sitios comunes para observar pingüinos.

Se reconoció como un ataque de tiburón a la cicatriz del individuo que se utilizó para la primera identificación por marcas (Anexo 6).

Se logró reconocer dos individuos en comportamiento de cortejo en dos ocasiones distintas, con una diferencia de 8 días (Anexo 7).

Se registró varios individuos cubiertos de algas a inicios del 2016, lo que es un indicador de que los pingüinos han pasado largos periodos en el mar buscando alimento, es decir que la comida es escasa. (D. Boersma, com. pers.). Esto no se encontró en los mismos meses del 2017, los individuos no tenían algas lo que probablemente indique que tienen mayor acceso a comida (Anexo 8).

Estas observaciones demuestran la importancia de la ciencia ciudadana para reportar observaciones inusuales, que pueden ayudar al mejor entendimiento de la especie en términos de migración, depredación, emparejamiento y estado de la población.

CONCLUSIONES

En base a este proyecto técnico se llegó a las siguientes conclusiones:

- De las fotos obtenidas con la metodología indicada y bajo los parámetros señalados, una gran mayoría nos permitió realizar algún tipo de análisis, lo que indica que la ciencia ciudadana bajo la supervisión de expertos, puede dar información significativa que se puede usar para conocer más sobre una especie dada.
- Organizando a guías y fotógrafos, además teniendo a una persona encargada de recoger las fotografías, se logró generar información por 20 meses seguidos en el área oeste de Isabela, lo que indica es viable realizar monitoreos continuos con esta metodología. Al momento los monitoreos continuos no son posibles por el costo de la logística que involucra tener científicos de manera permanente en los distintos sitios de observación del pingüino de Galápagos.
- El éxito obtenido en la identificación de pingüinos adultos versus juveniles, ayudó a tener información importante sobre la presencia o ausencia de juveniles, lo cual indica además, si existe reclutamiento en la población.
- La ausencia de juveniles en el periodo enero – junio 2016, relacionada a la temperatura promedio del agua del periodo julio – diciembre 2015, podría confirmar que los pingüinos no se reproducen si las condiciones no son buenas. Por lo que constituyen especies indicadoras de cambios en la temperatura del mar y al ser especies indicadoras su monitoreo es aún más importante.
- Resultó difícil reconocer un patrón en el ciclo de muda. Aun cuando se analizó solo el área del Oeste de Isabela, debido a que la muestra para este análisis no fue representativa, pues se obtuvo alrededor de 40 registros en 6 meses.
- De igual manera con los ciclos de pérdida de plumas alrededor de pico y ojos. No se encontró un patrón en los ciclos estudiados. Sin embargo se puede que confirmar que cuando los individuos no se encuentran en ningún proceso de muda, tienen todas las plumas en ojos y pico. Además comparado a la temperatura del mar se puede ver que la mayoría de pingüinos están mudados ya al empezar la época fría, lo que podría indicar una tendencia.
- Las observaciones inusuales indican el uso de la ciencia ciudadana para entender más sobre la especie.

RECOMENDACIONES

En base a este trabajo, se plantean las siguientes recomendaciones:

- La metodología para recolectar fotos se podría ampliar y sistematizar con la ayuda de instituciones encargadas del manejo, en este caso el Parque Nacional Galápagos. Pidiendo reportes semanales a distintas embarcaciones que se encuentran visitando las áreas de anidación del Pingüino de Galápagos, para obtener datos mensuales constantes, de todas las áreas del archipiélago que son visitadas por barcos de turismo.
- Si bien no se puede usar esta información para censos, sí se puede utilizar para analizar el estado de la población, bajo supervisión de científicos, añadiendo parámetros de búsqueda de datos descriptivos, como qué porcentaje de los pingüinos fotografiados presentan algas para conocer algo general sobre el estado de la población. Se puede hacer mediciones de temperatura superficial del agua el momento de la información para tener datos más exactos por día y sitio. Además incrementando los registros se puede obtener información continua sobre: los movimientos entre las islas de los pingüinos, los emparejamientos, tiempo de muda, apareamiento de juveniles en la población por año, ataques de depredadores y mortalidad.
- Debido al alto costo de la logística, solo se puede monitorear a los pingüinos dos veces al año. La información puede ser completada, si se añaden los análisis que esta metodología de ciencia ciudadana a través de la fotografía produce. Gracias a que la información que genera es continua todos los meses del año. Continuidad que en la actualidad no puede ser producida por ningún otro método.
- Si bien solo se identificaron 6 pingüinos, se demostró que se puede identificar individuos por medio de la fotografía. Se recomienda futuros estudios para añadir un sistema biométrico de identificación, para tener marcado a cada uno de los registros actuales y futuros, para que en el momento en que se ingrese una foto que ya ha sido grabada en estos registros, se genere una identificación automática.
- Una vez establecido un registro de pingüinos identificados, con un sistema de reconocimiento biométrico, se puede saber cuántos individuos son los mismos y cuántos son nuevos registros. Además ampliando el sistema a más embarcaciones, se puede generar un monitoreo continuo con mayor número de registros, y con la temperatura superficial del agua exacta al sitio y al día. Esta información podría

permitir hacer análisis más exactos que incluyan análisis de varianza en la temperatura del agua o análisis estadísticos para buscar correlaciones entre la temperatura del agua y el número de individuos observados.

- Se puede buscar más especies en Galápagos a las que se pueda seguir a través de esta metodología de ciencia ciudadana, por medio de Instituciones de ciencia y guías naturalistas o fotógrafos, que naveguen regularmente la Reserva marina de Galápagos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, D. E., 2012. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4709>. [En línea] Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4709>
- Boersma, D., 1978. Breeding patters of Galapagos Penguins as an Indicator of Oceanographic Conditions. *Science*, 200(4349), pp. 1481-1483.
- Boersma, D., 2008. *BioScience*. [En línea] Disponible en: <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/58/7/597.full>
- Boersma, D., 2017. *Conversación personal* [Entrevista] (03 07 2017).
- Bonney, R. y otros, 2014. Next Steps for Citizen Science. *Science*, pp. 1436-1437.
- Burghardt, T. C. N. B. P. S. R., 2015. vilab.blogs.ilt.org. [En línea] Disponible en: <https://vilab.blogs.ilt.org/?p=1262> [Último acceso: 01 08 2017].
- Carrasco, C., 2011. repositorio.usfq.edu.ec. [En línea] Available at: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1883/1/105017.pdf>
- Citizen Science Association, 2017. <http://citizenscience.org/>. [En línea] Disponible en: <http://citizenscience.org/about/>
- De Roy, T., Jones, M. & Cornthwaite, J., 2013. *Penguins Their world, their ways*. Auckland(Albany): David Bateman Ltd.
- García, P., 2015. *Pingüinos Historia Natural y Conservación*. Buenos Aires: Vazquez Mazzini.
- INOCAR, 2016. [inocar.mil.ec](http://www.inocar.mil.ec). [En línea] Disponible en: <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/temperatura-superficial-del-mar> [Último acceso: 30 06 2017].
- Ksepka, D., 2013. March of the Fossil Penguins: An ancient lineage. En: *Penguins Their World, their ways*. Auckland (Albany): David Bateman, pp. 158-159.
- McMullan, M. & Navarrete, L., 2017. *Fieldbook of the Birds of Ecuador including the Galapagos Islands and common mammals*. Ecuador: Ratty Ediciones.
- Ministerio del Ambiente, 2015. areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es. [En línea] Disponible en: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-marina-gal%C3%A1pagos> [Último acceso: 20 07 2017].

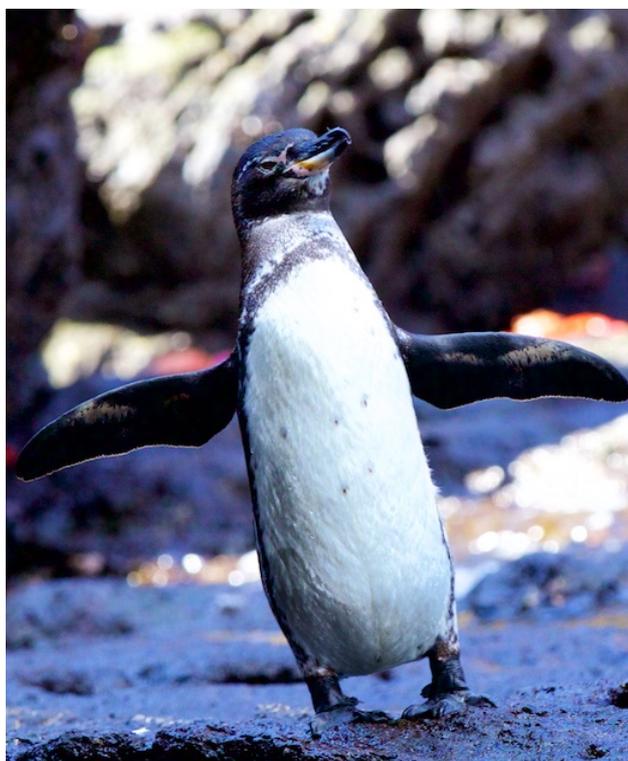
- Penguin Sentinels, 2016. *www.igalapagos.org/the-project/*. [En línea]
Disponible en: <http://www.igalapagos.org/the-project/>
- Penguin Sentinels, 2017. *www.igalapagos.org/the-project/*. [En línea]
Disponible en: <http://www.igalapagos.org/the-project/>
- Perrins, C. M., 2003. *Firefly Encyclopedia of Birds*. Buffalo (New York): Firefly Books Ltd.
- The Royal Society, 2008. *royalsociety.org*. [En línea]
Disponible en: <https://royalsociety.org/science-events-and-lectures/2008/summer-science/spot-the-penguin/>
[Último acceso: 28 07 2017].
- UICN, 2016. *www.iucnredlist.org/search*. [En línea]
Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/search>
- UICN, 2017. *www.iucnredlist.org/search*. [En línea]
Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/details/22697825/0>
- White, E. R., Myers, M. C., Mills Flemming, J. & Baum, J. K., 2015. Shifting elasmobranch community assemblage at Cocos Island- an isolated marine protected area. *Conservation Biology*, Volumen 00, pp. 1-5.

ANEXOS

Anexo 1. Equipo usado por la autora en la toma de fotografías. Canon 7D lente 70-200, extensión 2x.



Anexo 2. Fotografía original (izquierda) y fotografía editada (derecha).



Anexo 3. Fotografía de un adulto con dos juveniles, donde se aprecian las diferencias.



Anexo 4. Pingüino mudando VS Pingüino mudado



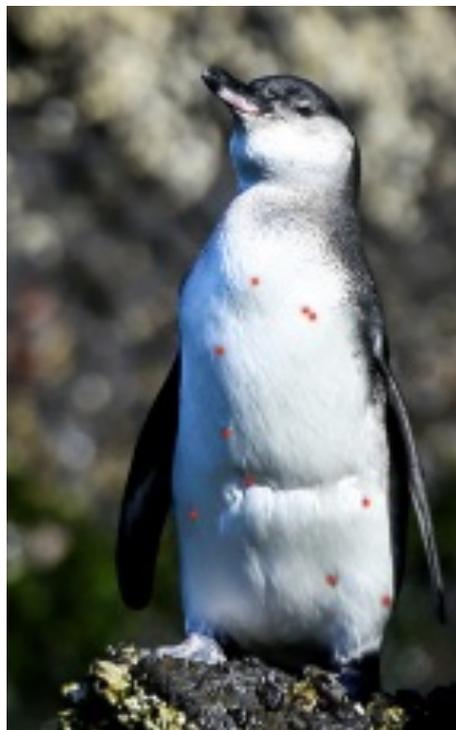
Anexo 5. Primer pingüino identificado como el mismo individuo en tres meses distintos y por tres autores distintos.



Fuente: Greg Aranea. Noviembre, 2016



Diciembre, 2016.



Fuente: George Prigann. Enero, 2017

Anexo 6. Fotografía de la cicatriz del primer individuo reconocido



Fuente: Dee Boersma

Anexo 7. Pareja identificada en cortejo en dos fechas distintas



Fuente: Greg Aranea. 5 de junio, 2017.



Fuente: Xavier García. 13 de Junio, 2017.

Anexo 8. Individuo con algas (izquierda) e individuo en buen estado (derecha).

