

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Tesina de Grado para optar por el título de Bióloga

TÍTULO DE LA TESINA

Estimación de la edad relativa de crías de ballena franca austral
(*Eubalaena australis*) a través de indicadores morfométricos y
morfológicos.

Tesinista: Domig, Natalia L.

Firma:

Directora: Marón, Carina F.

Firma:

Co-director: Sironi, Mariano

Firma:

Lugar de trabajo: Cátedra de Diversidad Biológica IV FCEFN-UNC.

2024

Estimación de la edad relativa de crías de ballena franca austral
(*Eubalaena australis*) a través de indicadores morfométricos y
morfológicos

Alumna: Domig, Natalia L.

Directora: Marón, Carina F.

Co-director: Sironi, Mariano

Tribunal Examinador

.Nombre y Apellido: Francisco Ludueña Almeida Firma:

.Nombre y Apellido: Angelina Roggio Firma:

.Nombre y Apellido: Maria Laura Ballesteros Firma:

.Calificación:

.Fecha: 03/07/2024

ÍNDICE

Glosario	4
Resumen	6
1. Introducción	7
1.1. Objetivo general	13
1.2. Objetivos específicos	13
1.3. Hipótesis y predicciones	13
2. Materiales y métodos	15
2.1. Área de estudio	15
2.2. Obtención de fotografías	15
2.3. Longitud y otras medidas morfométricas de los individuos	16
2.4. Estimación de categorías de edad	17
2.5. Consideraciones generales sobre la selección de fotografías	20
2.6. Análisis de indicadores	21
2.7. Análisis estadísticos	28
3. Resultados	29
3.1. Estimación de categorías etarias	29
3.2. Patrón de callosidades	31
3.3. Ocupación de ciámidos	34
3.4. Condición de la piel	40
3.5. Forma de la aleta caudal	46
3.6. Integración de variables cualitativas y cuantitativas	47
3.7. Descripción de patrones observados en las categorías etarias	50
4. Discusión	54
5. Referencias bibliográficas	65
Anexo	71

GLOSARIO

BFA: *Ballena franca austral*

PV: *Península Valdés*

VANT: *Vehículo aéreo no tripulado*

LM: *Largo total de la madre.* Distancia en metros desde la punta del rostro hasta el final de la muesca de la aleta caudal de la madre.

LC: *Longitud observada de la cría.* Distancia desde la punta del rostro hasta el final de la muesca de la aleta caudal de la cría.

LR: *Largo relativo.* Proporción del largo observado de la cría respecto al largo total de su madre.

%LM: *Porcentaje respecto al largo materno.* Porcentaje del largo total del ballenato en relación al largo total de su madre.

EED: *Edad estimada en días.* Estimación de la edad en días de la cría de acuerdo al largo estimado al nacer y la tasa de crecimiento por día

LEN: *Largo esperado al nacer.* Producto entre la proporción promedio de la cría al nacer (0.3497) y el largo de su madre.

DifL: Diferencia del largo esperado al nacer y el largo observado de la cría.

A: Medidas del ancho de un individuo

A_{ac}: Medida del ancho real de la aleta caudal (distancia entre los extremos de los lóbulos de la aleta caudal), en metros.

A_{25%}: Medida del ancho real correspondiente a la altura de las cejas (cabeza), en metros.

A_{50%}: Medida del ancho real correspondiente a la mitad del cuerpo, en metros.

A_m: Medida del ancho a la altura de la muesca de la aleta caudal, en metros.

V-ND: Vacío, no definido. No hay presencia de ciámidos en el tejido calloso.

P-ND: Poco, no definido. Los ciámidos se encuentran en parte del tejido calloso, en otras partes no hay presencia de ciámidos.

E-ND: Exceso, no definido. Abundantes ciámidos sobre y alrededor de la callosidad.

R-DEF: Restringido, definido. Los ciámidos se encuentran únicamente sobre el tejido de la callosidad, y no sobre el tejido circundante.

RESUMEN

Las técnicas o métodos conocidos para estimar la edad en ballenas vivas se basan principalmente en la evaluación de proporciones corporales, en particular el largo y el ancho. En el presente trabajo se evaluaron potenciales indicadores morfológicos y morfométricos para caracterizar y estimar la edad relativa de las crías de ballena franca austral (*Eubalaena australis*) en Península Valdés, Argentina. Las cuatro categorías etarias se determinaron a partir de la proporción del largo relativo de la cría respecto al largo de su madre (LR) las cuales se asociaron a un rango de edad estimada en días (EED). Se analizaron indicadores cualitativos como la definición del patrón de callosidades, su coloración, la ocurrencia de ciámidos, la apariencia y coloración del lomo. Asimismo, se evaluaron variables cuantitativas en relación al área que ocupan los ciámidos en la cabeza, el área con ecdisis en el lomo, y las proporciones entre anchos corporales y el ancho de la aleta caudal. Los resultados mostraron que en las categorías etarias 1 y 2 las callosidades son grisáceas, con escasa cantidad de ciámidos, en tanto que en las categorías 3 y 4, son más bien blancas por la presencia de ciámidos. La distribución de estos organismos varía con la edad del ballenato, y mientras que en la categoría 1 se presentan en abundancia sobre la zona de los labios (5% del total del área de la cabeza), en las categorías 2 y 3 se encuentran ciámidos en las mejillas (4.9% y 5.2%; particularmente naranjas, *C. erraticus*) y en el rostro (7.8% y 10.6%), que disminuyen levemente en la cuarta categoría (4.1% en mejilla y 10.2% en rostro). Por otro lado, el proceso de ecdisis es característico de las dos primeras categorías (13.2% y 9.2% del total del área del lomo, respectivamente), que presentan una espalda de aspecto áspero y coloración oscura o gris opaco, mientras que en las categorías 3 y 4 está prácticamente ausente (0.9% y 0%) y el aspecto de su piel es más bien variado o suave con coloración negra. Por último, se observó que tanto el ancho de la mitad del cuerpo ($A_{50\%}$) como el ancho de la cabeza ($A_{25\%}$) respecto al ancho de la aleta caudal (A_{ac}) presentan una proporción que aumenta con el crecimiento, siendo de 1.7 en la categoría 1, y de 2 en la categoría 4. La mayoría de las características estudiadas, al utilizarlas de manera integrada mostraron ser buenas indicadores, para diferenciar las categorías etarias. La determinación y la caracterización de categorías etarias resulta compleja en grandes cetáceos, por lo que su uso como herramienta para identificar individuos a campo o a través de fotografías es relevante en diversas investigaciones, como

el estudio de la estructura y dinámica poblacional. El presente estudio contribuye al conocimiento sobre la ontogenia de las crías de ballena franca austral, aportando indicadores que pueden utilizarse para describir las distintas etapas del desarrollo durante sus primeros meses de vida.

Palabras clave: cetáceos, crecimiento, ontogenia, patrón de callosidades, ciámidos, ecdisis, aleta caudal, morfometría.

1. INTRODUCCIÓN

La edad cronológica de un individuo se define como el tiempo transcurrido desde su nacimiento hasta un momento determinado de su vida (Rodríguez et al., 2020). La edad se ve reflejada a través de cambios que ocurren en el organismo los cuales evidencian diferentes etapas de su desarrollo. Dichos cambios pueden analizarse cuali- o cuantitativamente y utilizarse como indicadores o estimadores de la edad relativa o aproximada que tiene ese organismo, cuando no se conoce el momento preciso de su nacimiento. En los vertebrados, algunas de las técnicas utilizadas con mayor frecuencia incluyen la esqueletocronología, que realiza conteos de las capas calcificadas que se forman en los huesos de anfibios y reptiles (Leclair y Castanet, 1987; Valdecantos et al., 2007), el conteo de bandas claras (verano) y oscuras (invierno) de cemento en la raíz de los dientes de algunas especies de mamíferos (Maffei y Becerra, 2000), y el análisis del tipo y coloración de las plumas de las aves (Wolfe et al., 2010).

Los cetáceos son un grupo de mamíferos adaptados a la vida acuática que poseen una gran variedad de tamaños, hábitos de vida, distribución y comportamientos. Dentro de este grupo, los misticetos o ballenas barbadas, por su tamaño corporal y sus amplios movimientos migratorios desafían a los métodos clásicos realizados en otros vertebrados por lo que deben buscarse alternativas para investigar su biología. Las técnicas utilizadas para estimar la edad relativa en cetáceos varían según si se estudian animales muertos o animales vivos. En el primer caso, se pueden realizar conteos de las capas de crecimiento tanto en el tapón auditivo (Purves, 1955; Lockyer et al. 1984) como en las placas de las barbas (Ruud, 1940; Klevezal, 2017), o contar el número de cuerpos lúteos y albicans en el útero de las hembras adultas (Jonsgard, 1969; George et al., 2004). Del mismo modo, se pueden tomar medidas morfométricas como el largo de la cabeza en proporción al largo del

cuerpo, o estimar la edad relativa a partir de la longitud y el peso del cadáver (Moore et al., 2004; McAloose et al., 2016). En el caso de los animales vivos, el análisis de la composición de ácidos grasos en biopsias de grasa ha permitido estimar la edad aproximada de la ballena jorobada, *Megaptera novaengliae* (Herman et al., 2009). Por otra parte, la fotogrametría es una técnica muy efectiva y ampliamente empleada, que permite estudiar a individuos vivos en su hábitat con mínima perturbación y obtener las dimensiones del animal (ancho, largo y volumen) principalmente a través de medidas obtenidas desde fotografías aéreas (Christiansen et al., 2016, 2020 y 2021; Arcos Díaz, 2021). Por ejemplo, algunos estudios han evaluado la edad relativa de las ballenas francas del Atlántico Norte (*Eubalaena glacialis*) a través de medidas alométricas de la cabeza tomadas a partir de fotografías laterales (Sironi et al., 2005) o el tamaño de las crías al nacer a través del análisis de fotografías aéreas (Christiansen et al., 2018, 2019 y 2022).

Las aguas protegidas de Península Valdés (PV), Argentina (punto de referencia Puerto Pirámides, 42°23'S, 64°03'O) constituyen una de las principales áreas de cría de la ballena franca austral (BFA, *Eubalaena australis*) durante el invierno y la primavera australes (Taber y Thomas, 1982; Payne, 1986; Rowntree et al., 2001). Las hembras de BFA comienzan a reproducirse en promedio a los nueve años de edad y paren una cría cada tres años (Cooke et al., 2003) invirtiendo el primer año en la gestación del ballenato (Best, 1994), el segundo año en la lactancia (Thomas y Taber, 1984) y el tercer año recuperando reservas de grasa antes de la concepción al año siguiente. El nacimiento de la mayoría de las crías ocurre desde finales de junio hasta mediados de septiembre, con el pico de nacimientos en agosto (Whitehead y Payne, 1981). Las crías son especialmente dependientes de sus madres durante su primer mes de vida. Asimismo, las crías lactantes permanecen con sus madres al menos durante los tres meses que se encuentran en PV antes de comenzar la migración a aguas abiertas (Taber y Thomas, 1982).

Los estudios para estimar la edad relativa que se realizan en crías muertas de BFA, utilizan al menos dos tipos de indicadores: los cuantitativos, como la longitud total del cuerpo (desde el hocico a la muesca de la aleta caudal), o porcentajes de la longitud del cuerpo (como por ejemplo, la longitud desde el hocico hasta el espiráculo, respecto a la longitud total); y los cualitativos, como la apariencia del ombligo (abierto, cicatrizado parcial o totalmente), la apariencia del espiráculo (redondeado y alto, o aplanado y bajo), y

la presencia, color y ubicación de los ciámidos (“piojos de las ballenas”, Crustácea: Amphipoda: Cyamidae) en el rostro de las crías, los cuales establecen una sucesión temporal (Rowntree, 1996). Estos estudios han establecido siete clases etarias para la categorización etaria de las crías muertas, dentro de las que se incluyen al recién nacido (1 día de edad, menos de 5 metros de longitud), neonato (hasta 15 días de edad y menos de 5 metros de longitud), cría joven (de 1 a 2 meses de edad, y entre 5 y 7 metros de longitud) y cría mayor (de 4 a 6 meses de edad, y desde 7 a 9 metros de longitud; McAloose et al., 2016).

Las técnicas para estimar la edad relativa en crías vivas se basan en características morfométricas, que son indicadores de su crecimiento. La longitud de la cría en relación con la de su madre, es frecuentemente utilizada para establecer rangos etarios de las crías de BFA (Taber y Thomas, 1982; Thomas y Taber, 1984; Best et al. 2015). Las crías nacen con un largo total equivalente a aproximadamente el 35% del largo total de su madre y crecen a una tasa de 3.2 cm por día durante los tres o cuatro meses que transcurren en PV (Whitehead y Payne, 1981; Christiansen et al., 2018). De esta forma, las crías de al menos tres meses de edad superan el 50% del largo total de su madre sin alcanzar el 75% que es observado en crías de aproximadamente 12 meses (Thomas y Taber, 1984). Por el contrario, la longitud total *per se* de los ballenatos no se utiliza para establecer categorías de edad, ya que se conoce que el largo de las crías al nacer está positivamente relacionado al tamaño de la madre (Christiansen et al., 2022). Es decir, que una cría de cinco metros de longitud puede haber nacido recientemente o tener varias semanas de vida dependiendo del tamaño de su madre.

Existen otras características morfológicas que cambian durante el crecimiento de las crías y que podrían constituir posibles indicadores de su edad relativa. Las callosidades son zonas de piel gruesa y rugosa en las cabezas de las ballenas francas, que se elevan sobre la superficie de la piel circundante, son de color gris oscuro o negro aunque aparentan ser claras porque están cubiertas de ciámidos que poseen una coloración blanquecina. Están presentes en las cabezas de estos cetáceos aproximadamente en los mismos lugares donde los humanos tienen vello facial (Fig. 1a). El patrón que forman las callosidades es único en cada individuo y se mantiene casi constante a la largo de su vida, por lo que, al igual que una huella dactilar en humanos, sirve para identificarlo (Payne et

al., 1983). El tejido de la callosidad (Fig. 1b) suele ser suave al nacer, pero se vuelve áspero y se agrieta con el crecimiento de la cría (Rowntree, 2018). La definición del patrón de callosidades cambia durante el desarrollo, y la magnitud del cambio es diferente en cada etapa del ciclo de vida de los individuos: mientras que en las crías más pequeñas es muy críptico por la escasa (etapa temprana) o elevada (etapa intermedia) cantidad de ciámidos que cubren las callosidades y su piel circundante, en las crías mayores y juveniles se vuelve más visible y definido, y en los juveniles más grandes y adultos está completamente definido. Por la gran relevancia que posee esta característica en estudios basados en la identificación de individuos, es de importancia describir los cambios que sufre el patrón de callosidades en las primeras etapas de desarrollo (Fig. 1b).

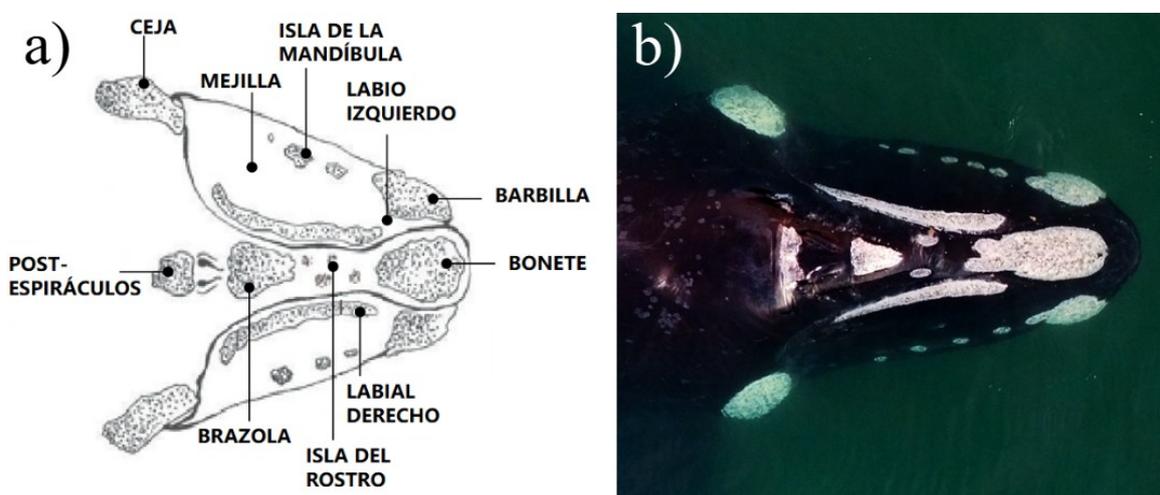


Figura 1: Patrón de callosidades de la ballena franca austral. a) Esquema de un patrón de callosidades hipotético. b) Patrón de callosidades en un adulto. Las callosidades del *rostro* están integradas por la brazola, las islas del rostro y el bonete. Los post-espíráculos se encuentran a posterior, y los labiales hacia los laterales, sobre ambos labios. En la mandíbula se encuentran las callosidades de la barbilla y las islas de la mandíbula. La mejilla es una zona de piel sin callosidades. Las cejas son callosidades por encima de los ojos pero no se utilizan para identificación. Créditos: 1a) Suárez et al. 2017; 1b) Christiansen et al. 2018.

Los ciámidos son crustáceos que viven y se alimentan de la epidermis de los cetáceos. Las especies que parasitan a las BFA se identifican como *Cyamus ovalis*, *C. gracilis* y *C. erraticus* (Roussel de Vauzème, 1834), y ocupan diferentes partes del cuerpo de la ballena que corresponden a distintos nichos ecológicos. En la ballena adulta, *C. ovalis* y *C. gracilis* se localizan en las callosidades, el primero ocupando las zonas elevadas y el segundo en fosas y surcos de las callosidades, mientras que *C. erraticus* ocupa heridas y pliegues de la piel, como la hendidura genital, que poseen un tejido más suave y protegido (Rowntree, 1996; Kaliszewska et al., 2005; Fig. 2). Durante los primeros meses

de vida, la distribución de las distintas especies de ciámidos en las callosidades cambia a medida que las crías crecen y estos cambios pueden observarse como una variación en el color, la ubicación y el tamaño de los parches (áreas ocupadas por ciámidos). Se ha observado que las colonizaciones o infestaciones más notables en una cría corresponden a grandes manchas de color naranja de *C. erraticus*, particularmente en áreas de piel suave de la cabeza donde no hay tejido calloso (como las mejillas) y ciertas zonas de la aleta caudal (Zani et al., 2008). Los ciámidos naranjas probablemente se transfieren de la hendidura genital de la madre a la cría cuando nacen o están amamantando, ya que las glándulas mamarias se ubican a los laterales de la hendidura genital (Pfeiffer, 2009) y los blancos a través del contacto con la cabeza de la madre. A medida que las crías crecen, los ciámidos naranjas van disminuyendo y los blancos (*C. gracilis* y principalmente *C.*

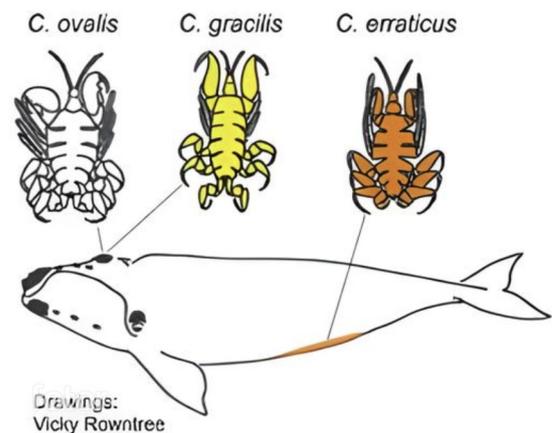


Figura 2: Esquema de las especies de ciámidos presentes en el cuerpo de un adulto de BFA. Nótese que *C. erraticus* también puede presentarse en la aleta caudal de las crías. Créditos: Kaliszewska et al., 2005

ovalis) colonizan las callosidades (Rowntree, 1996). La desaparición de *C. erraticus* de las mejillas de las crías podría producirse en el momento en que se ralentiza el crecimiento, al alcanzar el 55% del largo de la madre (Whitehead y Payne, 1981; Rowntree, 1996).

Otro posible indicador de la edad relativa de las crías es el cambio en la condición de su piel. Payne et al. (1983), notaron que "cuando los pequeños recién nacidos son vistos por primera vez, son de color gris más claro que sus madres, y se vuelven más oscuros con la edad". De la misma manera, en la población de BFA de las costas de Sudáfrica se produce un proceso de pérdida rápida de múltiples capas de epidermis o ecdisis donde las concentraciones más bajas de melanina se encuentran en crías preecdisales (más claras) en comparación a las postecdisales (Reeb et al., 2005). Además, por observaciones a campo en PV, se han notado cambios en el aspecto de la piel (suave a rugosa) de los ballenatos con el desarrollo.

Relacionado a los cambios en la piel, en las crías de muy corta edad se observan bandas de color claro y surcos verticales poco profundos, llamados "pliegues fetales", a lo

largo de la piel de la zona media y posterior lateral que se producen durante el desarrollo intrauterino debido a que el feto a medida que crece se va curvando lateralmente para caber en la cavidad uterina. Los pliegues indican el lado cóncavo de la curvatura (Reidenberg y Laitman, 2009). En algunos estudios, se utilizó para estimar la edad relativa de las crías muertas en varias especies de cetáceos, y fue una característica observada solo en los recién nacidos (Puig et al., 2018). En otras especies de cetáceos, como los delfines de Héctor (*Cephalorhynchus hectori*) los pliegues fetales son claramente visibles desde el nacimiento hasta los seis meses de edad (Slooten, 1991).

Un último indicador potencial de edad relativa es el cambio en la forma de la aleta caudal en las crías. Por observaciones a campo, se conoce que los ballenatos presentan su aleta caudal en forma de “media luna”, y que con el tiempo, los lóbulos de la aleta caudal se van distanciando más, alcanzando la forma triangular de lados rectos que presentan los juveniles o adultos. A medida que el feto se acerca a las últimas etapas del desarrollo intrauterino, los lóbulos de la aleta caudal se curvan ventralmente en sus puntas para que se dirijan rostro-medialmente. Este “enrollamiento” de la aleta hace que sea más compacta y más fácil de pasar a través del conducto vaginal durante el parto (Reidenberg y Laitman, 2009).

El presente estudio propone evaluar el desarrollo del patrón de callosidades, la presencia y distribución de ciámidos, los cambios en la condición de la piel y en la forma de la aleta caudal como posibles indicadores de la edad relativa de las crías de ballena franca austral. Estimar la edad relativa de los individuos es esencial para conocer su desarrollo y estructura poblacional, y contribuir a su protección y conservación. Ya que la mayoría de los indicadores conocidos en crías de BFA son aplicados principalmente en individuos muertos y utilizando técnicas basadas en datos morfométricos o en muestras de tejidos, es fundamental desarrollar alternativas o indicadores complementarios a los ya usados para poder estimar la edad relativa de animales vivos en su hábitat y sin perturbarlos. Este estudio aporta al conocimiento sobre la ontogenia de los cetáceos, su morfología, métodos de identificación individual y las técnicas no invasivas para estimar edad relativa en animales vivos en sus primeros meses de vida.

1. 1. OBJETIVO GENERAL

Estimar la edad relativa de las crías de ballena franca austral (*E. australis*) en Península Valdés mediante indicadores morfométricos y morfológicos durante los primeros meses de vida.

Objetivos específicos:

1. Determinar categorías de edad relativa de las crías utilizando su longitud proporcional al largo total de sus madres, y relacionar las categorías a la edad en días obtenida en base al promedio de la tasa de crecimiento estimada para las crías de ballena franca austral.
2. Caracterizar cambios en la definición del patrón de callosidades, su coloración, aspecto y el área proporcional que ocupa en la cabeza de las crías.
3. Caracterizar la colonización de los ciámidos en las callosidades de las crías, de acuerdo a su presencia, disposición y área que ocupan en la cabeza; y la presencia de ciámidos en la aleta caudal.
4. Describir los cambios en la condición de la piel de las crías a través de la presencia y el área afectada por ecdisis, la textura y coloración de la piel, y la presencia de pliegues fetales en categorías tempranas.
5. Describir cambios en la forma de la aleta caudal a partir de la proporción entre distintas medidas de anchos corporales y el ancho del extremo más distal de la aleta caudal.
6. Caracterizar y estimar la edad relativa de las crías combinando los resultados de los indicadores anteriores.

1. 2. HIPÓTESIS GENERAL

La definición del patrón de callosidades, la ocupación de ciámidos, la condición de la piel y la forma de la aleta caudal cambian durante el crecimiento de la cría, y estos cambios permiten caracterizar rangos etarios durante los primeros meses de vida de las ballenas francas australes.

Predicción general: Las crías de un mes de edad cuyo largo total representa el 35 - 40% del largo de su madre poseen poca definición del patrón de callosidades, escasa cantidad de ciámidos en la cabeza y presencia de *C. erraticus* en sus mejillas y su aleta

caudal, piel de aspecto rugoso y con marcas de ecdisis; y la aleta caudal con los lóbulos curvados hacia la línea media (menor ancho entre los extremos de los lóbulos de la aleta caudal). Crías de dos meses de edad que representen el 41 - 50% del largo de su madre poseen poca definición del patrón de callosidades; abundancia de ciámidos en la cabeza y presencia de *C. erraticus* en sus mejillas y aleta caudal; piel de aspecto suave y claro (gris) y sin marcas de ecdisis; y la aleta caudal menos curvada (mayor ancho entre los lóbulos). Mientras que crías de tres meses de edad y que representen más del 50% del largo de su madre tienen un patrón de callosidades definido por la presencia de ciámidos (predominantemente *C. ovalis* y *C. gracilis*) en las callosidades pero no en la piel circundante, ausencia de *C. erraticus* en sus mejillas y su aleta caudal; piel con textura suave y color oscuro (negro), sin marcas de ecdisis; y la aleta caudal similar a la de un adulto, con forma triangular.

Hipótesis específicas:

- (a) El patrón de callosidades varía en su definición, color, aspecto y área proporcional que ocupa en la cabeza durante los primeros meses de vida de las crías, permitiendo caracterizar los cambios durante las primeras etapas de desarrollo de la BFA.
 - ▷ *Predicción:* El patrón de callosidades se vuelve más definido con el tiempo, las callosidades cambian su aspecto, de suave a rugoso, y color (de negro a gris y luego a blanco), y se incrementa el área proporcional que ocupan en la cabeza durante los primeros meses de vida de las crías de BFA.
- (b) Las distintas especies de ciámidos presentes, su distribución y áreas del cuerpo que colonizan, cambian durante el desarrollo de las crías.
 - ▷ *Predicción:* La colonización de los ciámidos comienza con la presencia de abundantes ciámidos naranjas (*C. erraticus*) en las mejillas y el rostro, posteriormente aparecen los ciámidos blancos (*C. ovalis* y *C. gracilis*) ocupando gran proporción de la cabeza, para concluir con ciámidos blancos ocupando solo las callosidades. Los ciámidos naranjas invaden la aleta caudal pero solo en las primeras etapas del desarrollo de las crías.
- (c) La condición de la piel durante los primeros meses de vida de las crías cambia en su textura y coloración debido al proceso de ecdisis, y los pliegues fetales también experimentan cambios.

- ▷ *Predicción*: La textura de la piel cambia de suave a rugosa en crías de un mes a crías de más de tres meses; su color cambia de gris a negro; y el área ocupada por marcas de ecdisis aumenta. Los pliegues fetales solo se encuentran en crías de hasta 2 semanas de edad.
- (d) La forma curva de la aleta caudal en la categoría 1 cambia con el crecimiento durante los primeros meses de vida de las crías de BFA.
 - ▷ *Predicción*: El ancho del extremo distal de la aleta caudal aumenta con respecto a otros anchos corporales durante los primeros meses de vida de las crías de BFA.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2. 1. Área de estudio

Península Valdés es un área natural protegida, ubicada en la provincia de Chubut en la costa argentina (punto de referencia Puerto Pirámides, 42° 35' S, 64° 33'O). Posee categoría IV de protección, lo que implica que es un área bajo la jurisdicción municipal, provincial y nacional. Hacia el norte de la península, se encuentra el Golfo San José, el cual posee una extensión de 44.5 km en sentido E-O, de 18.5 km en sentido N-S, y una profundidad media de 80 m. Hacia el sur, se encuentra el Golfo Nuevo que posee una extensión de 46 km en sentido E-O, de 65 km en sentido N-S y una profundidad media similar al Golfo San José. La mayoría de las ballenas se concentran en la mitad este del Golfo San José y en la mitad norte del Golfo Nuevo.

La temporada de BFA en Península Valdés se extiende por aproximadamente siete meses (junio-diciembre) durante la época de invierno-primavera. La mayoría de las ballenas avistadas son madres y crías de esa temporada, aunque también se observan adultos sin crías y juveniles. En las últimas décadas, la mayor concentración de ballenas se ha encontrado en el Golfo Nuevo (Taber y Thomas, 1982; Payne, 1986; Rowntree et al., 2001).

2. 2. Obtención de fotografías

En el presente estudio, se analizaron 760 fotografías obtenidas por los biólogos Fredrik Christiansen (colaborador externo del Instituto de Conservación de Ballenas) y

Nicolás Lewin (investigador del Instituto de Conservación de Ballenas) en el marco del proyecto de fotogrametría “Midiendo Ballenas”. Se fotografiaron grupos madre-cría en el Golfo Nuevo y Golfo San José durante agosto-noviembre de 2018 y junio-octubre de 2019. Las imágenes del dorso de las ballenas fueron obtenidas con un vehículo aéreo no tripulado (VANT; DJI Inspire 1 Pro; 56 cm de diámetro, 3.4 kg, www.dji.com) equipado con una micro cámara de cuatro tercios DJI Zenmuse X5 (16 megapíxeles) con lente de 25 mm f1.8 (Olympus M. Zuiko) desde una altitud de 20 a 40 m. Los investigadores seleccionaron las fotografías en las que la cabeza y la aleta caudal estaban claramente visibles y el cuerpo de la ballena estaba lo más recto posible para poder tomar las medidas morfométricas.

Las fotografías se obtuvieron bajo los permisos de investigación emitidos por la Dirección de Fauna y Flora Silvestre y la Subsecretaría de Turismo y Áreas Protegidas de Chubut.

2. 3. Longitud y otras medidas morfométricas de los individuos

La mayoría de las medidas morfométricas de los individuos fueron aportadas por Fredrik Christiansen, quien utilizó métodos de fotogrametría aérea para medir la forma del cuerpo de madres y crías (Christiansen et al., 2016, 2018). Se midieron la longitud total observada del cuerpo de la cría (LC, distancia desde la punta del rostro hasta el final de la muesca de la aleta caudal) y varias medidas del ancho (A) corporal en incrementos del 5% a lo largo de todo el cuerpo del ballenato, llegando a un total de 19 medidas de ancho (del 5% al 95%) perpendiculares al eje del cuerpo (Fig. 3). Todas las mediciones se convirtieron de píxeles a metros multiplicando el tamaño relativo de la ballena en la fotografía por el tamaño del sensor de la cámara y por la relación de la altitud del UAV, la cual se midió usando un telémetro láser Lightware SF11/C montado en la parte trasera del VANT, y la distancia focal (Christiansen et al., 2018, 2019).

Además de las medidas descriptas anteriormente, en el presente estudio también se utilizaron:

- *Largo total de la madre (LM)*: distancia en metros desde la punta del rostro hasta el final de la muesca de la aleta caudal de la madre.
- *Largo relativo de la cría (LR) o porcentaje respecto al largo materno (%LM)* porcentaje del largo total del ballenato en relación al largo total de su madre.

- *Área total de la cabeza:* área de la cabeza de la cría obtenida a partir de la distancia entre la punta del hocico y los espiráculos, y el ancho correspondiente al ancho $A_{25\%}$ (detrás de los espiráculos; Fig. 3).
- *Área total del lomo o espalda:* área de la espalda de la cría medida desde atrás de los espiráculos ($A_{25\%}$) hasta el final del pedúnculo caudal ($A_{90\%}$; Fig. 3).
- *Ancho de la aleta caudal (A_{ac}):* distancia entre los extremos de los lóbulos de la aleta caudal (Fig. 3).

Por otra parte, la única variable morfométrica que se midió aparte para este estudio, fue el *ancho de la muesca (A_m)*, que se define como el ancho de la aleta a la altura del comienzo de la muesca (Fig. 3; ver sección 2. 6. 4.).

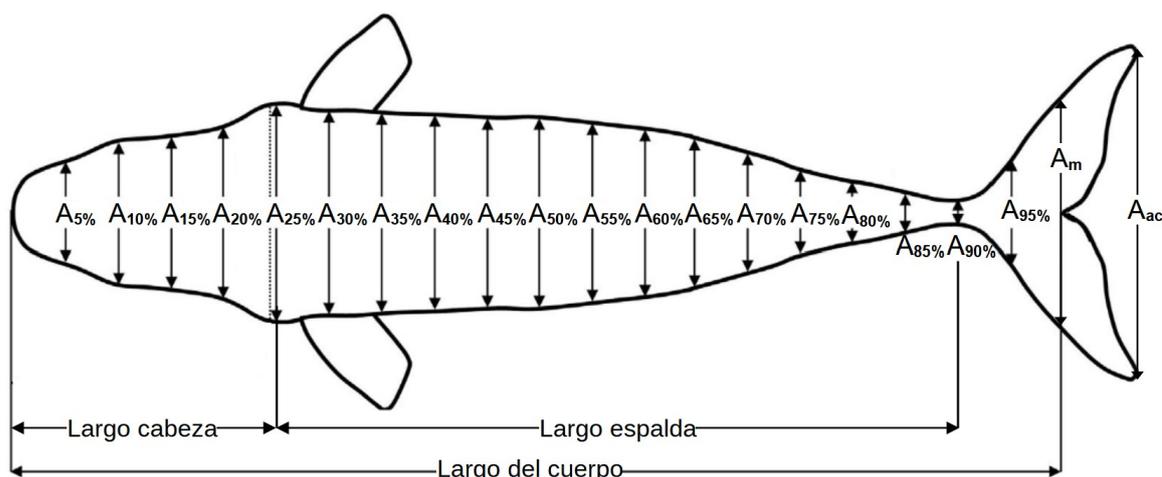


Figura 3: Esquema de una BFA que muestra las mediciones que se utilizaron en este estudio. Las medidas de ancho (A) fueron tomadas cada 5% del largo total. El largo de la cabeza se extiende desde el extremo anterior del rostro al ancho $A_{25\%}$ y el de la espalda desde el ancho $A_{25\%}$ al $A_{90\%}$. El largo total es medido desde el extremo anterior del rostro al ancho de la muesca (A_m , ancho inmediatamente anterior al ancho de la aleta caudal, A_{ac}). Como referencia, la línea punteada hacia anterior de A_{25} indica la altura a la que se encuentran los ojos. Nótese que todas las medidas fueron aportadas por F. Christiansen excepto A_m , la cual se midió en el presente trabajo. Extraído y modificado de Christiansen et al., 2018.

2. 4. Estimación de categorías de edad

En el presente estudio, el LR de las crías se utilizó como base para determinar las categorías etarias. Como referencia se tuvieron en cuenta las cinco tallas propuestas por Taber y Thomas (1982) para crías vivas de BFA:

- Talla 1: $\leq 20\%$ LM (equivalente a categoría 1)

- Talla 2: 25%-50% LM (equivalente categoría 2)
- Talla 3: 50% LM (equivalente a categoría 3)
- Talla 4: >50% LM (equivalente a cría categoría 4)
- Talla 5: >75% LM (equivalente a juvenil de aproximadamente un año de edad)

Se seleccionaron individuos de la talla 1 a la 4 ya que la talla 5 solo corresponde a individuos de un año de edad, los cuales no se consideran en el presente estudio ya que son considerados juveniles y no crías. También se tuvo en cuenta un estudio más reciente (Christiansen et al., 2022) que considera que las crías de BFA nacen con 35% del largo de la madre, para modificar la talla 1. De esta manera, las crías de hasta el 35% LM, están contempladas en la categoría 1. Las tallas siguientes (2, 3 y 4) se modificaron con un incremento del 10% LM, a partir de la modificación de la primera talla. En el presente estudio se proponen las siguientes categorías etarias (Tabla 1):

Tabla 1: Categorías etarias para crías de BFA establecidas a partir de medidas del largo LR. Cada categoría se asoció a un rango de EED, el cual puede superponerse entre categorías etarias considerando que crías de diferente EED pueden compartir un mismo rango de LR. Se detalla también el tamaño muestral (n) utilizado en el presente estudio.

Categoría etaria	Rango LR	Rango EED	Tamaño muestral (n)
1	≤35% LM	-17.5 a 4.2	44
2	36-45% LM	3.9 a 51.8	368
3	46-55% LM	42.9 a 92.3	316
4	≥56% LM	83.0 a 127.7	32

Adicionalmente, se relacionó la variable temporal *edad estimada en días* (EED) a las categorías de edad propuestas, tomando en cuenta la clasificación que proponen McAloose et al. (2016) para ballenatos muertos, la cual asigna a las clases etarias un rango temporal en días o semanas. Por ejemplo, una cría considerada “neonato” es aquella que tiene aproximadamente ≤ 2 semanas de edad y menos de cinco metros de largo total, entre otras (Tabla S1, ver Anexo). Para estimar la edad en días de las crías analizadas en este estudio, se realizaron los cálculos descriptos a continuación y siguiendo los estudios de Christiansen et al. (2022) sobre el desarrollo y la tasa de crecimiento de las crías de BFA durante sus primeros meses de vida.

La EED se obtuvo a partir del largo observado de la madre (LM) y el largo observado de la cría (LC) en metros, ambos obtenidos de los análisis morfométricos

proporcionados por F. Christiansen. También se utilizó, la proporción promedio de la cría al nacer con respecto al largo de su madre (0.3497 m) y la estimación de la tasa diaria de crecimiento de las crías (0.032 m/día), ambas obtenidas de Christiansen et al. (2022) para las crías de BFA. Se describen a continuación los cálculos realizados para obtener la EED.

Primero se calculó el largo estimado al nacer (LEN) como el producto entre la proporción promedio de la cría al nacer y el largo total en metros de su madre (LM) en metros:

$$\text{LEN} = 0.3497 \times \text{LM}$$

A continuación, se obtuvo la diferencia del largo de las crías (DifL) entre el largo esperado al nacer (LEN) y el largo observado (LC) en metros:

$$\text{DifL} = \text{LC} - \text{LEN}$$

La EED, se obtuvo al dividir la DifL por la tasa diaria de crecimiento de las crías (Christiansen et al., 2022):

Es decir, por regla de tres:

$$0.032 \text{ m} \rightarrow \text{crece longitudinalmente en 1 día}$$

$$\text{DifL (m)} \rightarrow \text{cantidad de días en el momento de la fotografía (EED)}$$

Es importante mencionar que hubo casos en que la EED fue negativa. Esto puede deberse a que en su cálculo se utilizó el LEN que es una medida estimada a partir de la proporción promedio de la cría al nacer con respecto a su madre, es decir que al ser un promedio puede haber crías que nazcan por debajo de ese valor. Asimismo, las medidas de LM y LC que también se utilizan en los cálculos y que se obtuvieron por fotogrametría, pueden presentar mínimos errores en la medición considerando alguna pequeña curvatura en el cuerpo de la ballena, efectos de la fotografía, entre otras variables. Por ello, en el presente estudio, para los casos en que la EED fue negativa, se consideró a esas crías con una edad estimada equivalente a 1 día de edad.

Para conocer la edad relativa de las crías, se asoció la EED a las categorías de edad anteriormente determinadas según el LR. Se utilizó el mínimo y máximo de EED para cada categoría etaria LR y así establecer los rangos de edad estimada (Tabla 1; Fig. S1, ver Anexo).

De manera adicional, se realizaron distintos análisis estadísticos (ver sección 2. 7.) para evaluar si el LR y la EED podrían agrupar a las crías de manera particular en determinadas categorías etarias (Fig. S2, ver Anexo). Debido a que los resultados mostraron una variación de los datos sin un patrón determinado en el cual se pudieran distinguir grupos claros, se optó por mantener la clasificación de las crías según su LR siguiendo a Taber y Thomas (1982).

2. 5. Consideraciones generales sobre la selección de fotografías

Los criterios de selección de las fotografías variaron según el indicador evaluado, y serán detallados más adelante. Sin embargo, como criterios generales se pueden mencionar:

- a) Se evaluaron sólo aquellas fotografías que fueron utilizadas por F. Christiansen para obtener las medidas fotogramétricas (LC, LM, A%, etc).
- b) Para aquellas crías que poseían más de un registro fotográfico, se consideró, en primer lugar, si las mediciones morfométricas de esos registros eran consistentes con el tiempo (*i.e.*, aumentaban con el tiempo, lo que es equivalente a aumentar con el crecimiento). En caso de que hubiera inconsistencias (disminuían en el tiempo), se aplicaron los siguientes criterios: si ese registro era único para ese día, se eliminaba; en tanto que si había otro registro para el mismo día se promediaban, y se evaluaba si de esa manera se corregía la medición; de lo contrario también se eliminaba.
- c) En todos los análisis, no se consideraron fotografías de crías morfogrises (coloración de la piel blanca con algunas manchas negras), debido a que dicha coloración dificulta la observación en detalle de la piel y de las callosidades. A excepción de los análisis para estimar las categorías de edad y el análisis sobre la forma de la aleta caudal.
- d) En los análisis cualitativos, se colocó N/A en aquella variable no registrada de fotografías que, por ciertos elementos relacionados con la calidad de la imagen, como el brillo, reflejo de luz solar en el agua, imagen borrosa o pixelada, entre otros, pudieran dificultar los análisis.

- e) En los análisis cuantitativos en los que se utilizó el programa ImageJ (versión 1.54d; Rasband, 1997-2016), se realizaron tres mediciones de cada variable por fotografía, y se promediaron los valores para obtener un valor medio.

Las mediciones de áreas en píxeles se convirtieron a metros cuadrados utilizando regla de tres simple a partir de los datos preexistentes. Por ejemplo, el área ocupada por ciámidos en la cabeza, entre otras medidas tomadas en píxeles en este estudio, se convirtió a metros cuadrados utilizando como referencia las medidas del área de la cabeza en píxeles y en metros cuadrados tomadas previamente en la misma fotografía por F. Christiansen (Christiansen et al., 2018, 2019).

2. 6. Análisis de indicadores

2. 6. 1. Patrón de callosidades

2. 6. 1. 1. Análisis cualitativos

La definición del patrón de callosidades y la coloración de las mismas fueron las variables cualitativas que se evaluaron para este indicador. El aspecto de las callosidades (ej., callosidades rugosas vs. lisas) no se pudo determinar cómo variable cualitativa, debido a múltiples factores. Entre ellos, la sobreexposición de a luz, la definición y otras características de las fotografías que no permitieron establecer de manera clara la textura de la callosidad.

La definición de las callosidades se evaluó en relación a la cantidad y distribución de los ciámidos en ellas y en la piel circundante. Se analizaron los tres tipos de callosidades del rostro de manera individual (brazola, islas del rostro y bonete), considerando que son las callosidades que más relevancia tienen para la identificación de individuos (Fig. 1b) y porque se observan más fácilmente a campo. Para cada tipo se establecieron cuatro posibilidades que fueran representativas del estado de definición: V-ND (vacío, no definida; Fig. 4a) no hay ciámidos en la callosidad; P-ND (poco, no definida; Fig. 4a) hay pocos ciámidos tanto en la callosidad como en la piel circundante (se observa el color gris de las callosidades por debajo); E-ND (elevado, no definida; Fig. 4a) hay numerosos ciámidos sobre y rodeando las callosidades; R-DEF (restringidos, definida; Fig. 4b), ciámidos restringidos al área de la callosidad y ausentes en la piel circundante. Para este análisis no se tuvo en cuenta el color de los ciámidos considerando que sobre las

callosidades hay predominancia de ciámidos blancos (*C. ovalis* y *C. gracilis*) aunque puede haber una mezcla con ciámidos naranjas (*C. erraticus*).

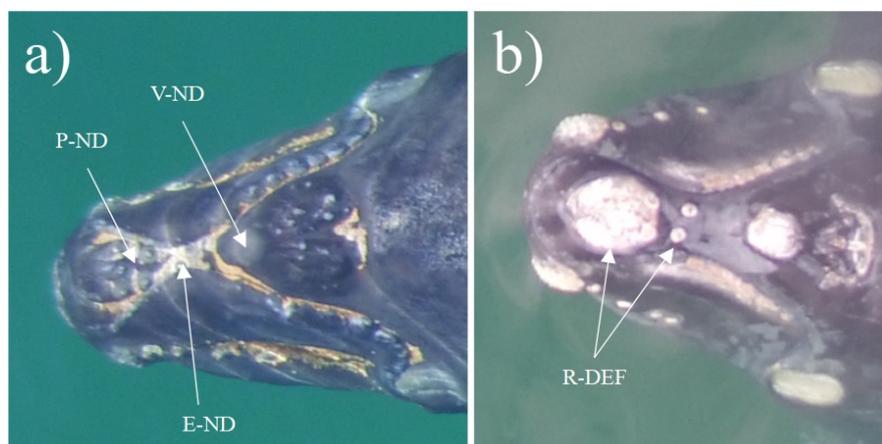


Figura 4: Fotografías de crías de BFA según el estado de definición de las callosidades del rostro. a) cría con callosidades del rostro no definidas; b) cría con callosidades definidas. V-ND indica que la callosidad no posee ningún ciámido; P-ND, la callosidad tiene menos de la mitad de su área cubierta por ciámidos; E-ND, ciámidos están por fuera de la piel callosa. R-DEF los ciámidos están circunscriptos a la zona de piel callosa, definiendo las callosidades. Créditos: Fredrik Christiansen y Nicolás Lewin.

La definición del patrón de callosidades del rostro en su conjunto, se estableció en distintos grados de definición según la cantidad de R-DEF registrados en las callosidades del rostro (Tabla 2):

Tabla 2: Estados de definición del patrón de callosidades, de acuerdo al grado de definición de los tipos de callosidades del rostro (brazola, islas del rostro y bonete). R-DEF (restringidos, definida) significa que los ciámidos están restringidos o circunscritos al área de la callosidad y no están presentes en la piel circundante.

Estados de definición de las callosidades del rostro	Definición del patrón de callosidades
3 R-DEF	Completamente definido
2 R-DEF	Mayormente definido
1 R-DEF	Poco definido
0 R-DEF	Indefinido

Con respecto a la coloración, se realizaron observaciones a ojo desnudo para describir la coloración de la brazola, islas del rostro y el bonete. Para ello, se estableció el siguiente rango de color: gris oscuro, gris claro (ambos sin ciámidos), y blanco (con ciámidos blancos, o mezcla de blancos y naranjas) e intermedios entre ellos: gris oscuro-blanco y gris claro-blanco. La diferenciación entre gris claro y gris oscuro puede ser subjetiva, y se refiere a que las callosidades con el primer color se observan de un gris más

claro que el resto de la piel negra de la cabeza, en tanto que, para el segundo color, la diferenciación de la callosidad con la piel circundante es mínima.

A partir de estos datos, se asignó al patrón una categoría de color resultante según la combinación que presentaban los tres tipos de callosidades (brazola, islas del rostro y bonete) en su conjunto (Tabla S2, ver Anexo). El color resultante se determinó como el porcentaje de grises (independientemente si eran claro u oscuro): 90%GRIS cuando los tres tipos de callosidades eran de tonalidad gris, 60 %GRIS, cuando dos eran grises, 30%GRIS si solo una era gris. Cuando los tres tipos de callosidades eran blancas o predominantemente blancas se consideró BLANCO. Una cuarta categoría, denominada GRIS INTENSO, se registró cuando todas eran de color gris oscuro.

2. 6. 1. 2. Análisis cuantitativo

En el siguiente análisis, fue necesario seleccionar aquellas crías que tuvieran dos o más registros fotográficos, con una diferencia temporal entre ellos igual o mayor a los 60 días, ya que en ese periodo se observan cambios morfológicos y morfométricos notables como resultado del crecimiento (Thomas y Taber, 1984; McAloose et al., 2016). Se tomó este criterio debido a que el patrón de callosidades es único por ballena y, por lo tanto, para evaluar su variabilidad de tamaño en el tiempo se debe realizar individualmente.

En cada fotografía se midió el área de las callosidades del rostro (brazola, islas del rostro y bonete) y los post-espíráculos. El área se midió con el programa ImageJ (versión 1.54d; Rasband, 1997-2016), y se convirtieron las mediciones de píxeles a m² como se describió en la sección 2. 5. A partir del área de cada callosidad y el área total de la cabeza, se calculó el porcentaje que ocupan las callosidades en la cabeza en dos momentos diferentes de las crías (primer registro versus último registro). Del mismo modo, se calculó el porcentaje que ocupa cada callosidad de manera individual en la cabeza de la cría.

2. 6. 2. *Ocurrencia y área cubierta de ciámidos en la cabeza*

Por la elevada cantidad de fotografías disponibles para analizar, para evaluar cuali- y cuantitativamente la ocupación de la cabeza de las crías por ciámidos , se consideraron únicamente las fotografías de crías registradas en 2018, año en que comenzaron a usarse VANTs de modo sistemático para obtener las imágenes.

2. 6. 2. 1. Análisis cualitativo

La presencia (P) o ausencia (A) de ciámidos se evaluó en toda el área de la cabeza incluidas las zonas de las callosidades y la zona de la piel circundante (sin callosidad), y abarcando desde las callosidades post-espiráculos, callosidades del rostro, zona de los labios, labiales, mejillas y mandíbulas. Si las crías presentaban parches (gran acumulación de ciámidos que abarcan zonas de las callosidades y de la piel sin callosidad, Fig. S2), se evaluaron según su color predominante (naranjas: *C. erraticus*, y blancos: *C. ovalis*, *C. gracilis*, sin posible distinción entre ambas especies).

Para evaluar la ubicación de los ciámidos en la cabeza, se registró su presencia o ausencia sobre cada callosidad y en la piel de ciertos sectores de la cabeza. Este análisis se realizó en las callosidades del rostro (brazola, islas del rostro y bonete), los post-espiráculos, barbilla e islas de la mandíbula; y en la zona de los labios (incluyendo labiales), y la mejilla (piel sin callosidad; Fig. 1b). Una vez determinada, la presencia de ciámidos por cada tipo de callosidad se registró si era presencia alta (P/A; ciámidos ocupan todo el tejido calloso), presencia media (P/M; ciámidos ocupan la mitad de la callosidad), presencia baja (P/B; ciámidos presentes en menos de un cuarto de la callosidad), o ausencia (A).

De manera adicional, se registró la presencia (P) o ausencia (A) de ciámidos naranjas (*C. erraticus*) en la aleta caudal.

2. 6. 2. 2. Análisis cuantitativo

Se consideraron las fotografías en las que se observó claramente la cabeza del ballenato, ya sea sumergida o no, y sus callosidades. Además, se seleccionaron aquellas fotografías en que se pudiera distinguir claramente las callosidades desde la zona de los espiráculos hasta el extremo anterior de la cabeza.

Con el fin de obtener el área de ocupación de ciámidos en la cabeza de manera más específica por área de agrupación, se midieron tres áreas diferentes:

Área del labio: área que incluye a los labiales (izquierdo y derecho) y su piel circundante, es decir que incluye la zona inmediatamente por encima y por debajo de ellos, y que se extiende desde la altura de la ceja, la zona de las islas del rostro, y culmina a la altura del inicio del bonete. (AL, rosa; Fig. 5).

Área del rostro y post-espiráculos: área que incluye las callosidades del rostro (brazola, islas del rostro y bonete) y su piel circundante, como también los post-espiráculos y su área circundante.(AR, azul; Fig. 5).

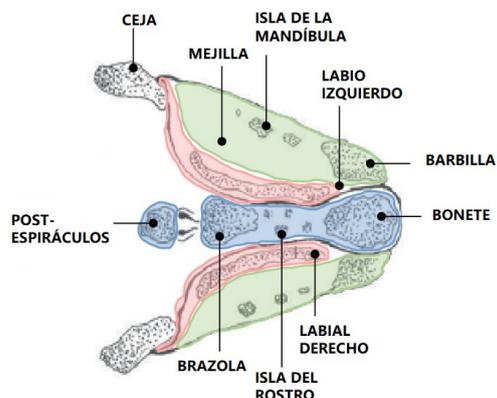


Figura 5: Esquema de vista dorsal de la cabeza de una BFA, con sombreados que representan las zonas que se midieron para determinar el área de ocupación de ciámidos. Sombreado rosa, corresponde al área del labio (AL); azul, al área del rostro (AR); y el verde es el área de la mejilla-mandíbula (AM). Imagen extraída y modificada de Suárez et al., 2017.

Área de la mandíbula y mejilla: área que ocupa la mandíbula (islas de la mandíbula y barbilla) como también la mejilla, hasta la zona donde comienzan los labios y labiales (AM, verde; Fig. 5).

Estas zonas se midieron de manera independiente, y posteriormente se sumaron para obtener el área total de la cabeza ocupada por ciámidos. El área total se registró en píxeles con el programa ImageJ (versión 1.54d; Rasband, 1997-2016) y se convirtió de píxeles a m² como se mencionó en la sección 2. 5. El área proporcional ocupada por ciámidos se obtuvo a partir del área total de la cabeza en m² obtenida por F.

Christiansen.

2. 6. 3. Condición de la piel

2. 6. 3. 1. Análisis cualitativo

Se seleccionaron aquellas fotografías en las cuales la espalda de la cría estuviera claramente visible, sumergida o no, y que el brillo, el reflejo en el agua y la espuma sobre el dorso fueran mínimos o nulos.

Se evaluó el lomo de la cría, según la presencia o ausencia de ecdisis, la coloración, textura y la presencia de pliegues fetales.

La presencia (P) o ausencia (A) de ecdisis se registró en la espalda de la cría, desde el ancho A_{25%} al A_{90%}. Para establecer en qué zona del cuerpo estaba presente la ecdisis se dividió a la espalda en tres zonas que abarcan diferentes anchos corporales [Anterior (A; A_{25%} a A_{40%}), Media (M; A_{40%} a A_{65%}) y Posterior (P; A_{65%} a A_{90%}); ver Fig. 3 y Fig. 6a]. La presencia de ecdisis se clasificó, según la zona corporal en que se la registró: A (anterior),

M (media), P (posterior), AM (anterior y media), MP (media y posterior), AP (anterior y posterior), AMP (todas las zonas).

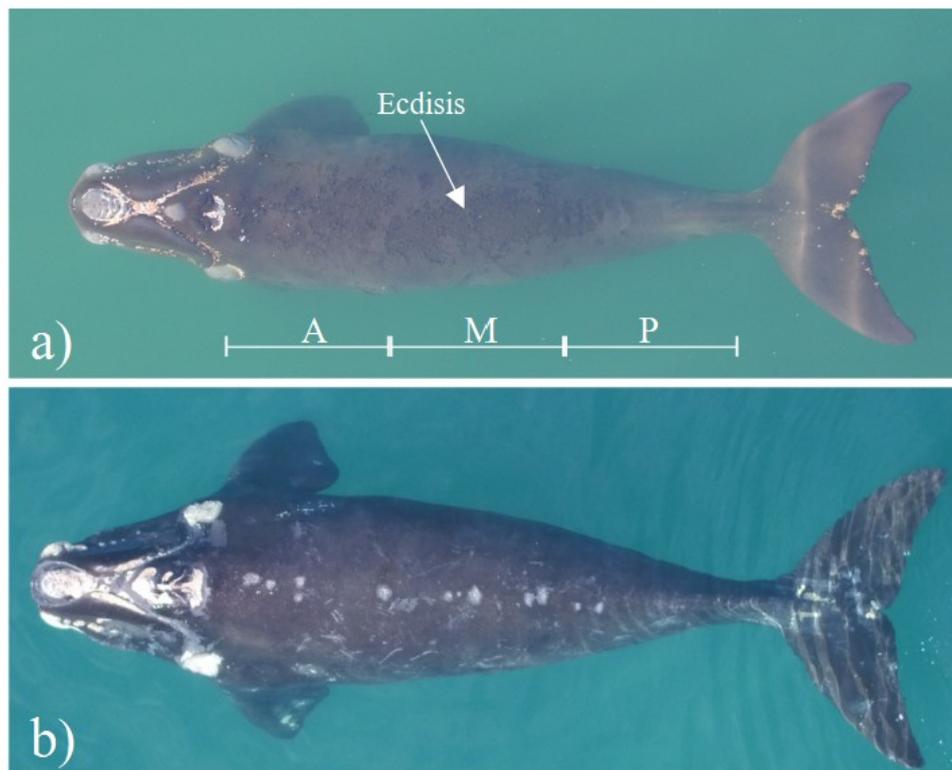


Figura 6: Fotografías de crías de BFA según la condición de la piel en el lomo. a) cría con ecdisis; b) cría sin ecdisis. Las letras A, M y P indican las zonas anterior, media y posterior del cuerpo. Créditos: Fredrik Christiansen y Nicolás Lewin.

Para evaluar la textura de la piel (en especial, el aspecto de la línea media del lomo, que parece sufrir cambios más evidentes durante el crecimiento) se registraron dos alternativas: suave o áspera. Para este análisis, no se consideró las zonas de la piel que presentaran lesiones de gaviotas (*Larus dominicanus*, Marón et al., 2015) u otras heridas, ya que ambas remueven las capas superficiales de la piel dificultando el análisis (Fig. 7d). Para determinar la coloración del lomo, se establecieron cuatro posibilidades: Oscuro, Gris opaco, Variado y Negro (Fig. 7a-d).

La presencia de pliegues fetales en la zona posterior lateral cercana al pedúnculo de las crías, se registró como presencia (P) o ausencia (A).

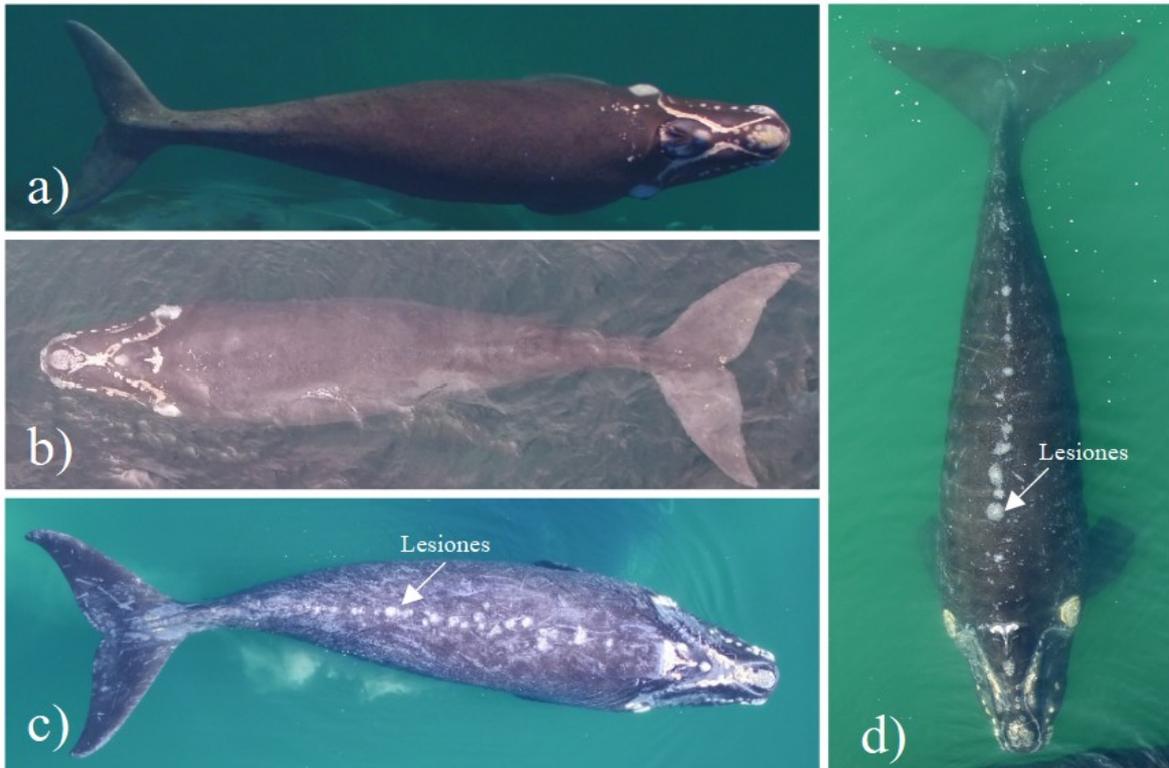


Figura 7: Fotografías de crías de BFA según las distintas categorías de color de la piel. a) cría con coloración oscura; b) *gris opaco*; c) *variado*; d) *negro*. Nótese en las figuras c) y d) la apariencia del lomo con lesiones de gaviotas (flecha). Créditos: Fredrik Christiansen y Nicolás Lewin.

2. 6. 3. 2. Análisis cuantitativo

Para la medición del área con ecdisis se seleccionaron aquellas fotografías donde la cría tuviera al menos el 50% de la espalda claramente visible, sumergida o con el lomo por encima de la superficie del agua.

Utilizando el programa ImageJ (versión 1.54d; Rasband, 1997-2016) se obtuvo el área de la espalda con ecdisis y el área total de la espalda desde $A_{25\%}$ a $A_{90\%}$ en píxeles y se calculó el porcentaje de ecdisis como el área de ecdisis sobre el área total del lomo.

2. 6. 4. Forma de la aleta caudal

Con la finalidad de registrar cambios en la forma de la aleta caudal, se tomaron como referencia dos anchos corporales, el ancho de la cabeza ($A_{25\%}$) y el ancho que corresponde a la mitad del cuerpo ($A_{50\%}$), como también el ancho a la altura de la muesca en la aleta caudal, denominado ancho de la muesca (A_m ; Fig. 3). Los anchos $A_{25\%}$ y $A_{50\%}$ fueron proporcionados por F. Christiansen y el A_m se obtuvo en este estudio a partir de la

medición de fotografías en donde el cuerpo de la cría estuviera claramente visible y en posición lo más recta posible sobre o bajo la superficie del agua. En todas las fotografías analizadas, se tomó como referencia la posición de la muesca en la aleta caudal para medir A_m . Las mediciones se realizaron por triplicado en ImageJ (versión 1.54d; Rasband, 1997-2016), y se convirtieron de píxeles a metros (ver sección 2.5). Se calculó la proporción del ancho de las tres medidas corporales específicas ($A_{25\%}$, $A_{50\%}$ y A_m) en relación con el ancho de la aleta caudal (A_{ac} ; Fig. 3). Esto permitió evaluar cuánto equivalía un ancho corporal determinado al ancho de la aleta caudal.

2. 7. Análisis estadísticos

Considerando que en el presente estudio las categorías de edad establecidas a partir del LR se asociaron a la EED, se evaluó si ambas variables estaban relacionadas mediante un análisis de regresión lineal simple. De manera adicional, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para evaluar si dichas variables en conjunto podían separar a las crías en diferentes subgrupos equivalentes a categorías etarias. Los resultados de dichos análisis no mostraron un agrupamiento (Fig. S4, ver Anexo) por lo que se decidió continuar con el criterio del LR para establecer las categorías de edad.

Se utilizó el test Chi-cuadrado de Pearson para evaluar las siguientes variables cualitativas: (1) definición y coloración del patrón de callosidades; (2) presencia y disposición de los ciámidos en la cabeza; (3) ocurrencia de ciámidos en la aleta caudal; (4) presencia de ecdisis, textura y (5) coloración de la espalda según las categorías etarias. De manera complementaria, aquellas variables cualitativas de carácter dicotómico como por ejemplo callosidades definidas y no definidas, se evaluaron mediante análisis de regresión con variables ficticias (dummy). Ambas técnicas consideraron un $p < 0.05$ para evaluar su validez.

Se realizaron análisis de la varianza (ANOVA), con el objetivo de detectar diferencias significativas entre las categorías etarias y las variables cuantitativas (área con ciámidos en la cabeza, área con ecdisis en el lomo de la cría y las proporciones entre los anchos corporales y el ancho de la aleta caudal). Se consideraron diferencias significativas con $p < 0.05$. Además se utilizó la prueba de comparación Tuckey (la potencia estadística en este análisis fue baja debido al desbalance entre las muestras). Para probar los supuestos

de normalidad, se realizaron análisis de los residuos por métodos gráficos (q-qplot) y el test Shapiro-Wilks, y para comprobar la homogeneidad de la varianza, el test de Levene. Cuando los supuestos no se cumplían, se aplicó el análisis de la varianza no paramétrico de Kruskal Wallis y las diferencias se consideraron significativas a un $p < 0.05$.

Se evaluó si había diferencias ($p < 0.05$) de las áreas con callosidades en relación con el área de la cabeza de las crías entre dos registros diferentes separados en el tiempo, mediante el test de Wilcoxon para observaciones apareadas,

Por último, se realizaron análisis de correspondencias con el fin de evaluar de qué manera los estados de las variables cualitativas analizadas se asociaron a las distintas categorías etarias establecidas. Asimismo, se realizaron análisis de componentes principales (ACP) para evaluar las variables cuantitativas estudiadas, y observar si se encontraban asociaciones con respecto a las categorías de edad.

Todos los análisis y gráficos estadísticos se realizaron utilizando el programa estadístico InfoStat. Ink v2020 y el programa LibreOffice Calc 7.6.

3. RESULTADOS

Datos base del muestreo de 2018 y 2019.

Se utilizaron un total de 760 fotografías tomadas entre los años 2018 y 2019. En 2018 se evaluaron 442 fotografías obtenidas de 310 crías. De estos registros, se obtuvo un promedio para el largo relativo (LR) de 46.4% LM con un rango desde 31%LM hasta el 66.6%LM. La EED media en 2018 fue de 48.9 días, con el rango -16.3 d (equivalente a 1 día) a 127.8 d.

Para el año 2019 se analizaron 318 fotografías correspondientes a 211 crías. El LR promedio, fue de 43.8%LM con su rango desde 30.4%LM hasta 63.1%LM. Mientras que el promedio para la EED fue de 36.3 días, con el rango desde -17.4 d (equivalente a 1 día) hasta 124 d.

3. 1. Estimación de categorías etarias

Se utilizaron 760 fotografías ($n_{2018}=442$; $n_{2019}=318$), obtenidas de 521 crías (310 nacidas en 2018, y 211 de 2019) con el objetivo de establecer las categorías etarias para cada registro de cada cría según el LR (Tabla 1). En dichos registros el promedio del largo

relativo de la cría fue de 45.3% LM, desde 30.4%LM hasta 66.6%LM. La EED media fue de 43.6 días, desde -17.4 d, (equivalente a 1 día) hasta 127.8 d. Con base en los LR obtenidos, las crías se clasificaron como categoría 1 ($n_1=44$), categoría 2 ($n_2=368$), categoría 3 ($n_3=316$) y categoría 4 ($n_4=32$; Tabla 3).

Tabla 3: Categorías etarias establecidas a partir del largo relativo (LR), asociadas a un rango de edad en días (EED), un rango del largo observado (m) y su tamaño muestral (n).

Categoría etaria	Rango LR establecido	Promedio y rango LR observado	Promedio y rango EED	Promedio y mínimo y máximo del largo observado (m)	Tamaño muestral (n)
1	≤35% LM	33.9% (30.4% a 35.9%)	-4.36 (-17.4 a 4.2)	4,62 (3.72 a 5.19)	44
2	36-45% LM	41.5% (36% a 45.9%)	27.5 (3.9 a 51.8)	5,62 (4.38 a 7.09)	368
3	46-55% LM	50% (46% a 56%)	63.47 (42.9 a 92.3)	6,76 (5.34 a 8.11)	316
4	≥56% LM	59% (56% a 66.6%)	99.1 (83.0 a 127.8)	7.8 (6.83 a 9.34)	32

Por otra parte, la EED se asoció de forma significativa con el LR (regresión lineal, $y=416.46x - 145.06$; $R^2 = 0.98$; $p < 0.01$ Fig. 8).

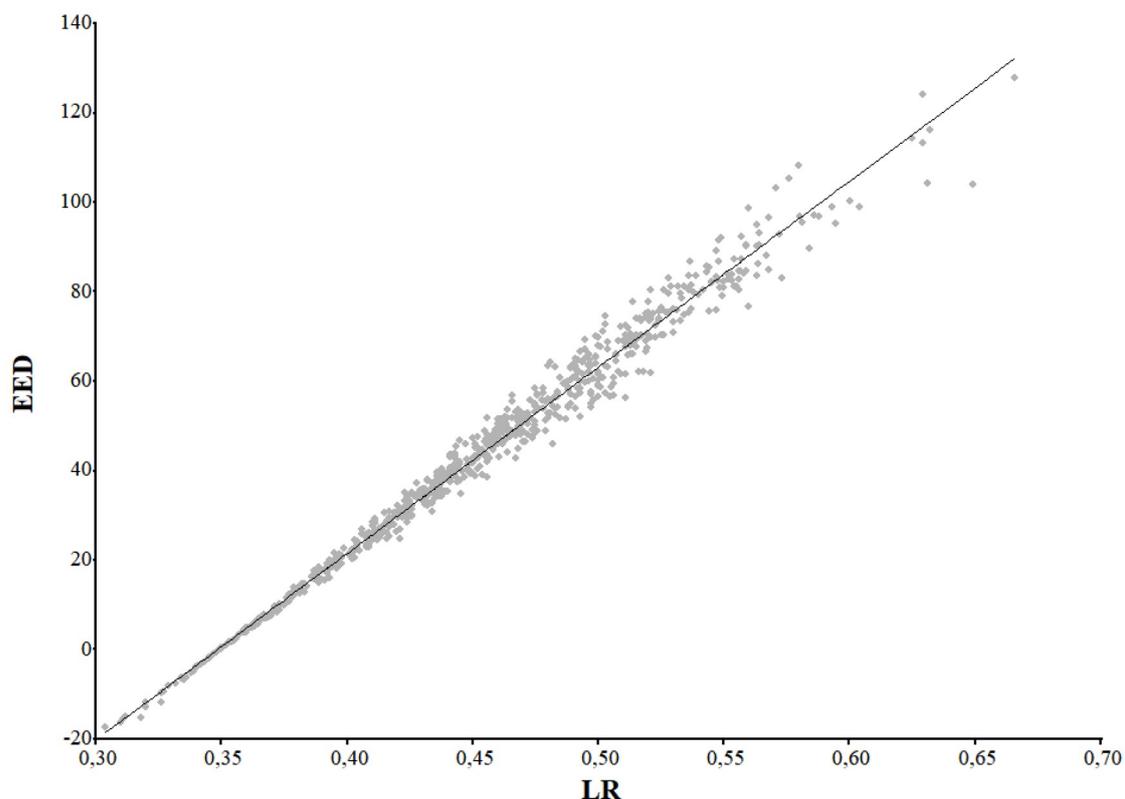


Figura 8: Relación entre la edad estimada en días (EED) y el largo relativo (LR) de crías de BFA. La muestra incluye crías de diferentes categorías etarias: categoría 1 ($n_1=44$); categoría 2 ($n_2=368$); categoría 3 ($n_3=316$) y categoría 4 ($n_4=32$).

3. 2. Patrón de callosidades

3. 2. 1. Cualitativo

Se analizaron 738 fotografías ($n_{2018}=432$; $n_{2019}=306$) de 505 crías (303 crías correspondientes al año 2018, y 202 del año 2019). Para estos registros el largo relativo (LR) medio fue de 45.3% LM, su rango 30.4%LM a 66.6%LM y la EED fue de 43.6 con rango de -17.4 d (equivalente a 1 día) a 127.8 d.

3. 2.1. 1. Definición del patrón de callosidades.

Con respecto a la definición del patrón de callosidades del rostro, se observó un aumento de la definición de las callosidades rostrales individuales (brazola, islas del rostro, bonete) con el crecimiento. En la categoría 1 no se encontraron crías con las callosidades completamente o mayormente definidas, sin embargo, en las categorías sucesivas se observó que el 1.5% de las crías en la categoría 2, el 3.3% en la categoría 3 y el 4.2% en la categoría 4, mostraron un patrón de callosidades completamente definido. Al contrario, el estado indefinido del patrón va disminuyendo con la edad. En las primeras dos categorías (1 y 2), el 91.2% y el 89.7% de las crías, respectivamente, tienen un patrón indefinido. En tanto que el 73.2% de las crías en la categoría 3 y el 66.7% en la 4, presentan callosidades que se encuentran indefinidas ($\chi^2 = 30.93$, $p < 0.01$; Fig. 9).

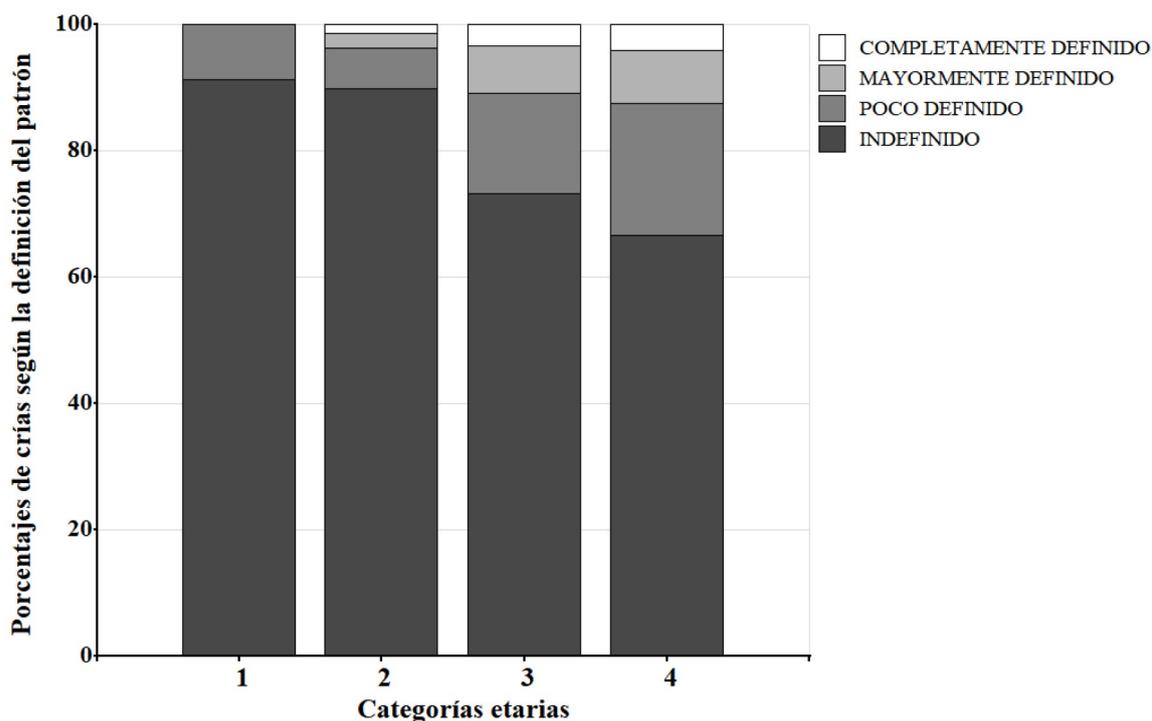


Figura 9: Definición del patrón de callosidades del rostro (brazola, islas del rostro, bonete). Se observa un disminución del grado INDEFINIDO con el crecimiento. Categoría 1 ($n_1=34$); categoría 2 ($n_2=273$); categoría 3 ($n_3=239$) y categoría 4 ($n_4=24$).

3. 2. 1. 2. Color en el patrón de callosidades.

El color de las callosidades del rostro (brazola, islas del rostro y bonete) mostró cambios en las diferentes categorías etarias. Todas las tonalidades grisáceas (90%gris, 60%gris, 30%gris) se encontraron predominantemente en crías de la categoría 1 (el 80.5% de los casos analizados), mientras que solo un 18.5% de las crías en la categoría 4 presentaron tonalidades de 60%gris o 30%gris, es decir al menos una o dos callosidades del rostro tenían ciámidos sobre ellas, respectivamente. Las coloraciones, gris intenso y 90%gris, donde las callosidades no tenían presencia de ciámidos, se registraron únicamente en crías de las primeras categorías etarias (1 y 2). Asimismo, la ocurrencia de la tonalidad intermedia (60%gris) se redujo de un 36.1% en la categoría 1, a 34.2% en la categoría 2, 8.4% en la categoría 3 y 3.7% en categoría 4. El estado 30%gris no mostró cambios entre categorías etarias. La coloración blanca (ciámidos en las tres callosidades del rostro) mostró un aumento continuo con el crecimiento siendo del 13.9% en crías de la primera categoría y del 81.5% en la última categoría ($\chi^2 =146.74$, $p<0.01$; Fig. 10).

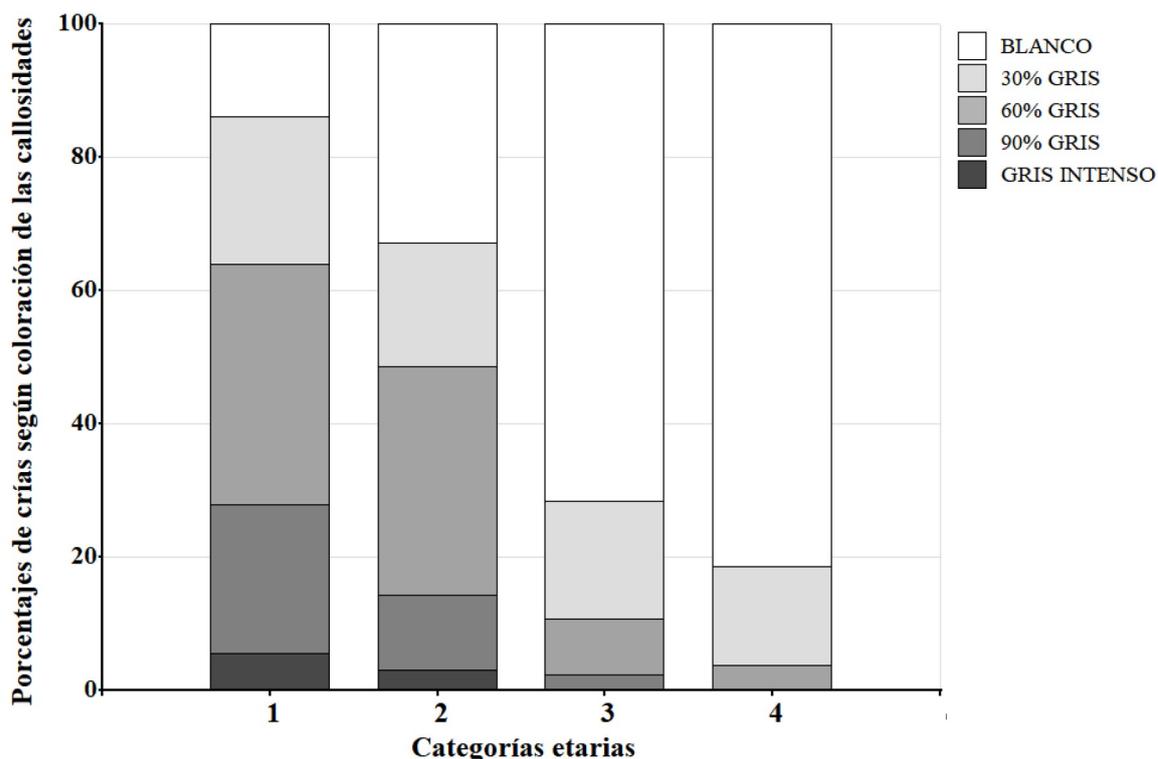


Figura 10: Cambio en la coloración de las callosidades del rostro (brazola, islas del rostro y bonete). En la escala de GRIS INTENSO hasta BLANCO, se muestra el progresivo aumento de los ciámidos presentes en estas callosidades, que las vuelven más visibles y fáciles de distinguir en la cabeza de la cría. Categoría 1 ($n_1=36$); categoría 2 ($n_2=301$); categoría 3 ($n_3=261$) y categoría 4 ($n_4=27$).

3. 2. 2. Cuantitativo

Los datos se obtuvieron de 34 fotografías ($n_{2018}=28$; $n_{2019}=6$) de 17 crías (14 crías del año 2018, y 3 de 2019). Para esta sub-muestra de imágenes, el promedio del largo relativo fue de 47.7% LM, con un rango desde el 33.5%LM al 62.9%LM y la EED fue de 54.8 días con un rango de -6.7 d (equivalente a 1 día) hasta 124 d. La diferencia de días entre el primer y último registro para cada cría tuvo una media de 73.3 días (rango 63 d – 85 d).

Este análisis no mostró diferencias significativas en el área proporcional entre los primeros y los últimos registros de las crías en la temporada. En el primer registro, el área que ocupan las callosidades del rostro y los post-espíraculos en relación con el área de la cabeza tuvo un promedio de 9.5% con un mínimo de 6.3% y un máximo de 13.3%. En tanto que, en el último registro, se obtuvo una media de 9.1% con un mínimo de 6.4% y un máximo de 12.2% (Wilcoxon $p \geq 0.06$ para todas las crías; Fig. 11).

Analizando cada callosidad por separado se obtuvieron resultados similares, sin diferencias significativas para cada cría entre el primer y último registro o un patrón que indique alguna tendencia al aumento o disminución de su tamaño con el crecimiento. Sin embargo, la proporción del área ocupada por las islas del rostro mostró una tendencia a disminuir con el crecimiento, de manera que, de 17 crías analizadas, 15 presentaron una disminución en el área ocupada por dichas callosidades en relación con la cabeza (Wilcoxon $p \geq 0.06$ para todas las crías).

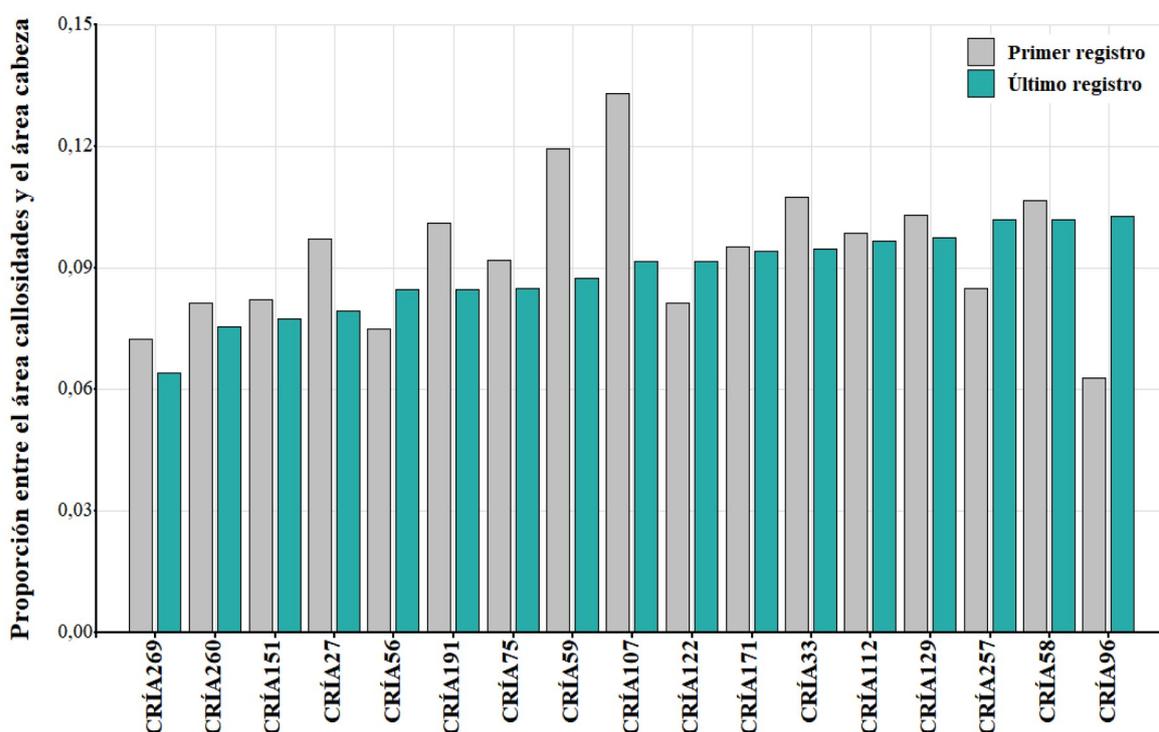


Figura 11: Cambio en la proporción del área de las callosidades del rostro (brazola, islas del rostro y bonete) y los post-espíraculos con respecto al área total de la cabeza para cada cría con dos registros fotográficos secuenciales con un intervalo de sesenta días o más entre ellos. Las crías están ordenadas de menor (izquierda) a mayor (derecha), de acuerdo a los valores del último registro de manera ascendente. Primer registro (gris); último registro (verde).

3. 3. Ocupación de ciámidos

3. 3. 1. Cualitativo

Se analizaron 432 fotografías de 303 crías correspondientes al año 2018. Para estos registros fotográficos, el LR presentaba una media de 46.4% LM con un rango de 31%LM a 66.6% LM y la EED fue de 48.8 días con rango de -16.3 d (equivalente a 1 día) a 127.8 d.

3. 3. 1. 1. Presencia de ciámidos por especie y color

Se observó una variación en la presencia de ciámidos según la especie, lo cual se visualiza como diferencias de color (blanco vs. naranja) en los parches de ciámidos. Mientras que no se observaron cambios en la presencia de ciámidos blancos (*C. gracilis* y *C. ovalis*) entre las distintas categorías etarias (~100% para cada categoría; $\chi^2=0.20$, $p=0.98$; regresión-dummy, $p=0.04$), los ciámidos naranjas (*C. erraticus*) mostraron una sucesión temporal caracterizada por su aparición, aumento y disminución ($\chi^2=24.19$, $p<0.01$; regresión-dummy, $p=0.02$; Fig. 12). En crías de la categoría 1, se observó una presencia en el 50% de los registros; en la categoría 2 y 3 alcanzó un 84.1% y 92.5% respectivamente, y en crías de la categoría 4, disminuyó (77.3%).

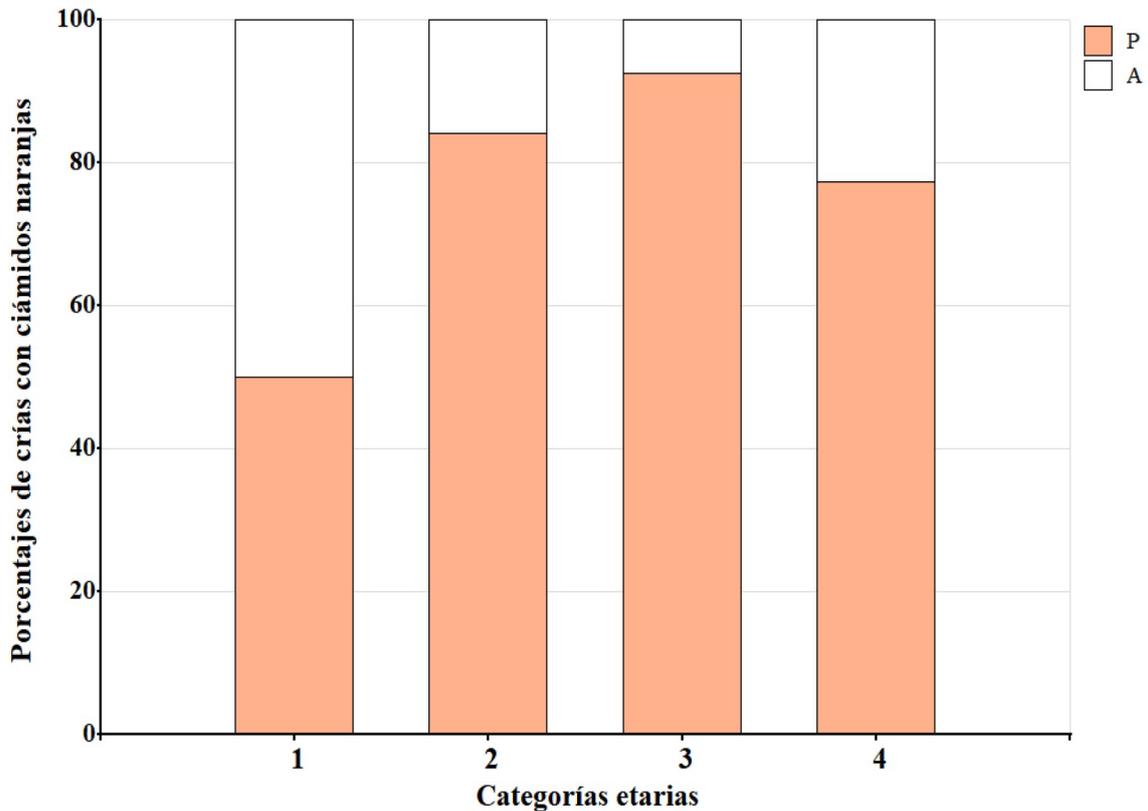


Figura 12: Ocurrencia de parches de ciámidos naranjas (*C. erraticus*) en las cabezas de las crías. La tendencia muestra un aumento en la categoría 2 y 3 con respecto a la categoría 1, y una disminución en la categoría 4. Presencia (P), ausencia (A). Categoría 1 ($n_1=14$); categoría 2 ($n_2=176$); categoría 3 ($n_3=187$); categoría 4 ($n_4=22$).

3. 3. 1. 2. Distribución de ciámidos por callosidad

La presencia de ciámidos mostró gran variabilidad en los diferentes tipos de callosidades a lo largo del desarrollo. La brazola es la callosidad que mostró una ocupación de los ciámidos más lenta y tardía. Solo un porcentaje bajo de crías pertenecientes a la categoría 1 (7.1%) poseían presencia alta de ciámidos en esta callosidad (P/A). En la categoría 2 el porcentaje aumentó al 23.6%, en la categoría 3 fue del 64.4% y en la categoría 4 el 77.3% ($\chi^2=119.56$; $p<0.01$; Fig. 13).

El bonete presentó una ocupación más rápida que la brazola. El 42.8% de los individuos de la categoría 1 tuvo presencia media-alta (P/M y P/A), y en las categorías sucesivas se incrementó (en la 2, el 68.8%; en la 3, el 89.9%; y en la 4, el 100%; $\chi^2=62.34$; $p<0.01$).

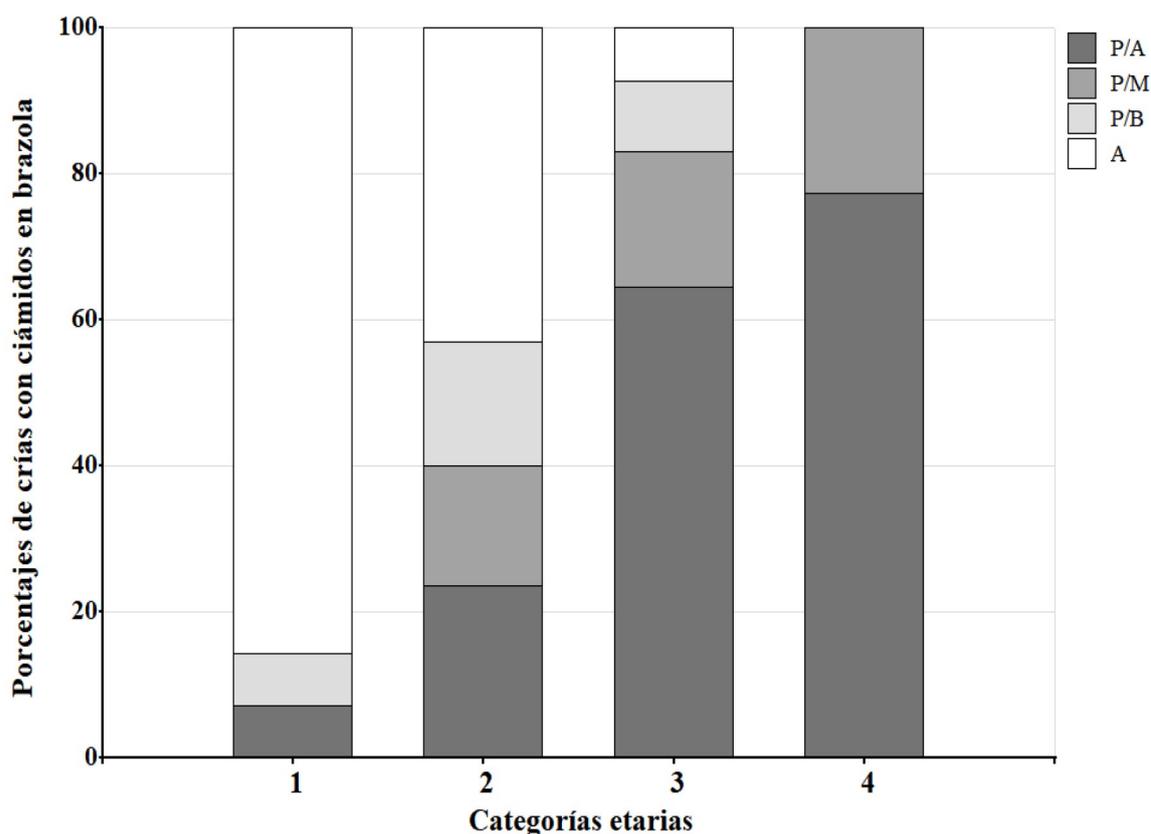


Figura 13: Presencia de ciámidos (todas las especies) en la callosidad de la brazola según cada categoría etaria. Presencia alta (P/A); presencia media (P/M); presencia baja (P/B); ausencia (A). Categoría 1 ($n_1=14$); categoría 2 ($n_2=165$); categoría 3 ($n_3=177$); categoría 4 ($n_4=22$)

Los post-espiráculos, mostraron un patrón de ocupación similar a las callosidades anteriores. Se observó presencia alta de ciámidos (P/A) en el 33.3% de los registros de la

categoría 1, y un marcado incremento en las categorías sucesivas (2, 76.4%; 3, 98.3%; 4, 87.0%; $\chi^2=87.39$, $p<0.01$).

Las islas del rostro fueron las callosidades que más rápido se ocuparon por ciámidos, mostraron una presencia media-alta (P/M y P/A) de ciámidos en el 64.3% de los individuos en la categoría 1, el 84.9% de la categoría 2, y alcanzaron el 91.9% de crías en la categoría 3. En la categoría 4, se observó una leve disminución, siendo del 90.5% ($\chi^2=29.44$; $p=0.01$; Fig. 14).

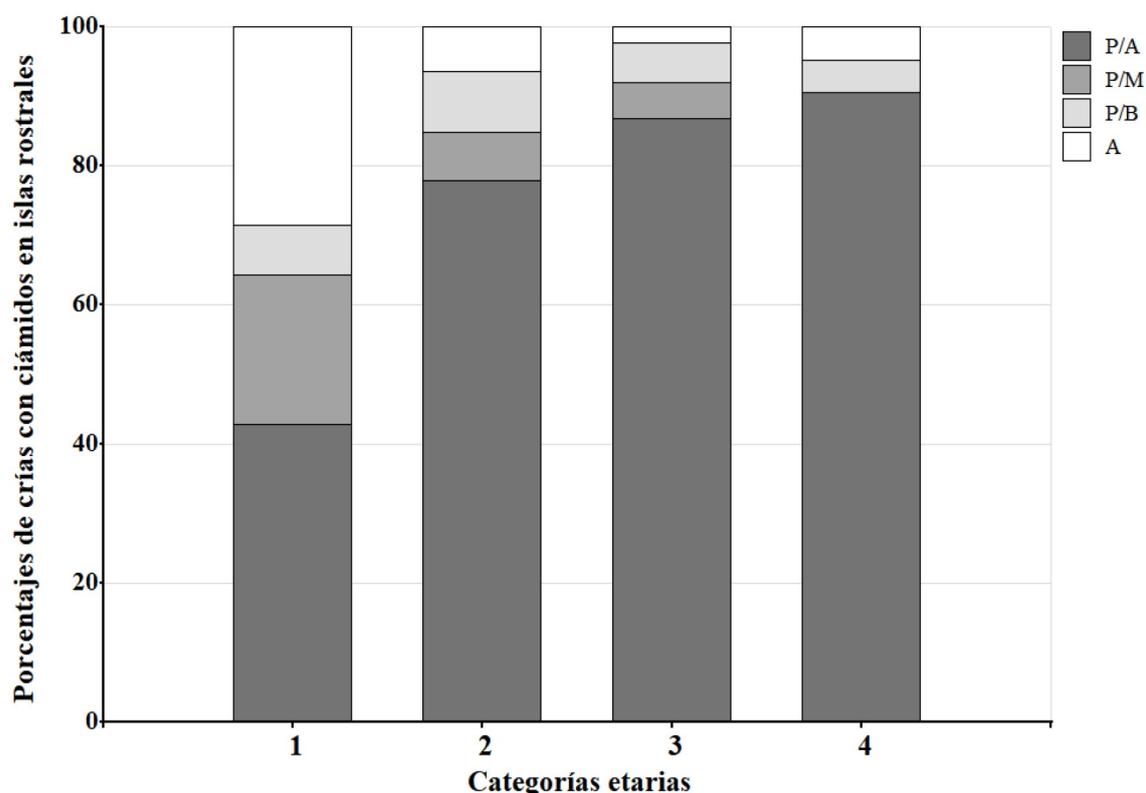


Figura 14: Presencia de ciámidos (todas las especies) en las islas del rostro según cada categoría etaria. Presencia alta (P/A); presencia media (P/M); presencia baja (P/B) y ausencia (A). Categoría 1 ($n_1=14$); categoría 2 ($n_2=172$); categoría 3 ($n_3=173$); categoría 4 ($n_4=21$)

De manera similar, las callosidades sobre la mandíbula (islas y barbilla), muestran una temprana aparición de los ciámidos. La barbilla en la categoría 1 posee un 58.3% de casos con presencia media-alta de ciámidos (P/M y P/A), que se va incrementando en las categorías etarias sucesivas (72.9% en la categoría 2; 92.7% en la categoría 3 y 100% en la categoría 4; $\chi^2= 61.18$, $p<0.01$). Asimismo, en las islas de la mandíbula los ciámidos están presentes en el 55.6% de los individuos de la categoría 1, alcanzando el 95.5% en la categoría 4 (P/A; $\chi^2= 25.74$, $p=0.01$).

Por otro lado, el área de los labios (labiales y piel circundante) mostró una disminución en la presencia de ciámidos con la edad (P/A). En categorías tempranas es alta (85.7% de la categoría 1 y 87.6% de la categoría 2), y luego disminuye en las categorías 3 y 4 (64.9% y 55.0%, respectivamente; $\chi^2= 36.09$, $p<0.01$; Fig. 15).

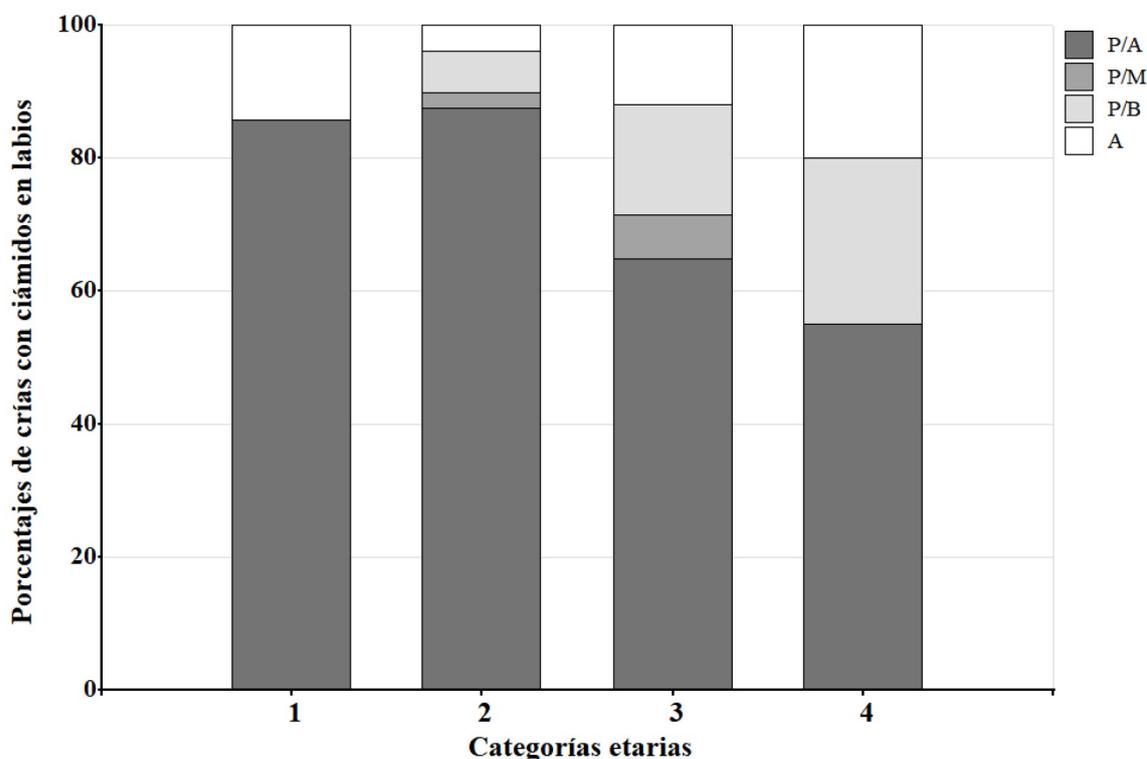


Figura 15: Presencia de ciámidos (todas las especies) en el área de labios y labiales según las categorías etarias. Presencia alta (P/A); presencia media (P/M); presencia baja (P/B); ausencia (A). Categoría 1 ($n_1=14$); categoría 2 ($n_2=177$); categoría 3 ($n_3=185$); categoría 4 ($n_4=20$).

Por otra parte, la zona de la mejilla (sin callosidad), mostró una marcada tendencia al aumento y luego a la disminución de ciámidos en las categorías etarias más tardías. De manera que la presencia alta de ciámidos (P/A) se registró en el 33.3% de las crías de la categoría 1, aumentando al 67.9% en la categoría 2, y disminuyendo a un 39.3% y 4.8% en las categorías 3 y 4, respectivamente ($\chi^2= 58.90$, $p<0.01$; Fig. 16).

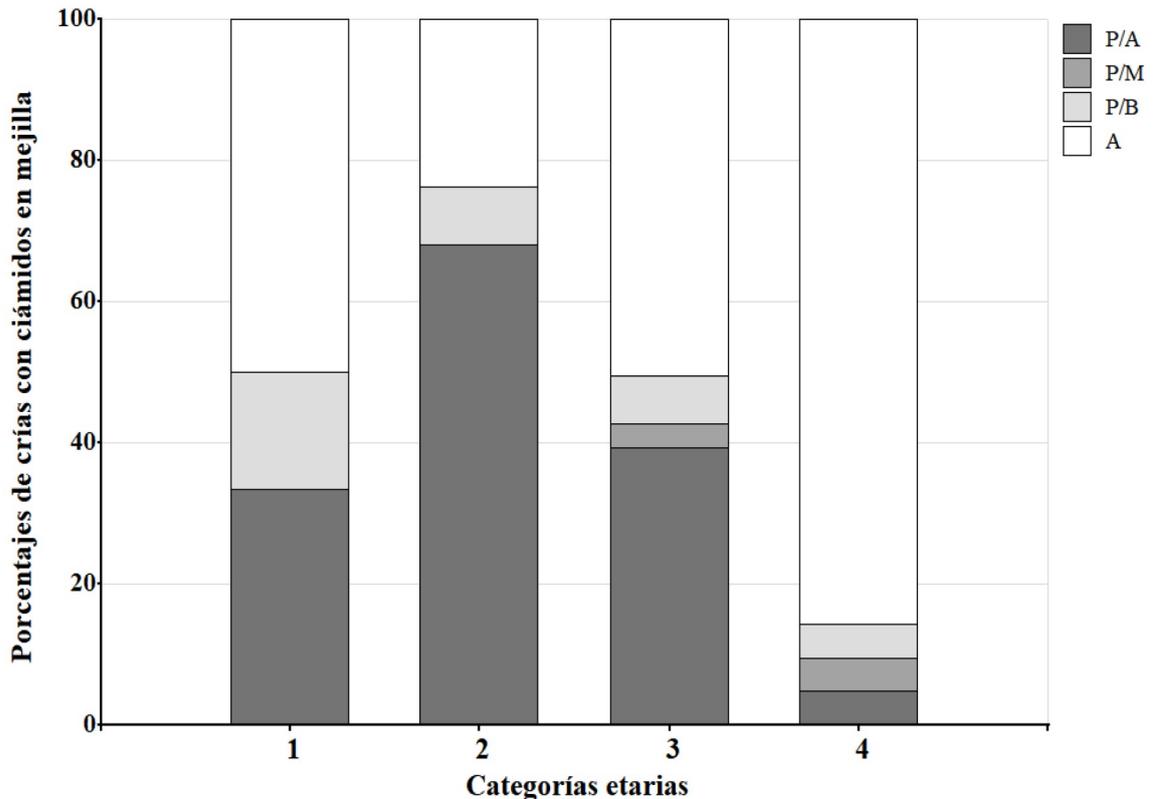


Figura 16: Presencia de ciámidos (todas las especies) en la mejilla, zona sin callosidades en la cabeza de una cría de BFA, según las categorías etarias. Presencia alta (P/A); presencia media (P/M); presencia baja (P/B); ausencia (A). Categoría 1 ($n_1=12$); categoría 2 ($n_2=156$); categoría 3 ($n_3=178$); categoría 4 ($n_4=21$).

3. 3. 1. 3. Presencia de ciámidos en aleta caudal.

En la aleta caudal se observó que los casos con presencia de ciámidos (P) aumentaban en la categoría 2 (58.1%) respecto a la categoría 1 (32.4%) y luego disminuían en las categorías etarias posteriores, 32.7% en la categoría 3 y 3.3% en la categoría 4 ($\chi^2=61.61$, $p<0.01$).

3. 3. 2. Cuantitativo

Para este análisis, se evaluaron 281 fotografías de 223 crías nacidas en el año 2018. En estos registros, el promedio del largo relativo de la cría fue de 46.3% LM con rango desde 31%LM hasta 66.6%LM y la EED tuvo una media de 48.6 días con un rango de -16.3 d (equivalente a 1 día) a 127.8 d.

El área ocupada por ciámidos en la zona de los labios (AL) mostró valores más elevados en las categorías tempranas (5% y 5.5% en la categoría 1 y 2, respectivamente)

que en las categorías posteriores (3% y 3.1% en la categoría 3 y 4, respectivamente; Kruskal Wallis, $gl=3$, $H=41.45$; $p<0.01$; Fig. 17, barras rosas).

Para el área del rostro (AR), la superficie ocupada se incrementó significativamente con el tiempo, es decir, fue mínima en la categoría 1 (5.3%) y máxima en la categoría 3 (10.6%). En la categoría 4 disminuye levemente (10.2%, Kruskal Wallis, $gl=3$, $H=42.10$; $p<0.01$; Fig. 17, barras azules).

Con respecto al área de la mandíbula y mejilla (AM), hay un aumento significativo en las categorías 2 y 3 (4.9% y 5.2%, respectivamente) con respecto a la categoría 1 (2.4%), y disminuye en la categorías 4 (4.2%; Kruskal Wallis, $gl=3$, $H=14.95$; $p<0.01$; Fig. 17, barras verdes).

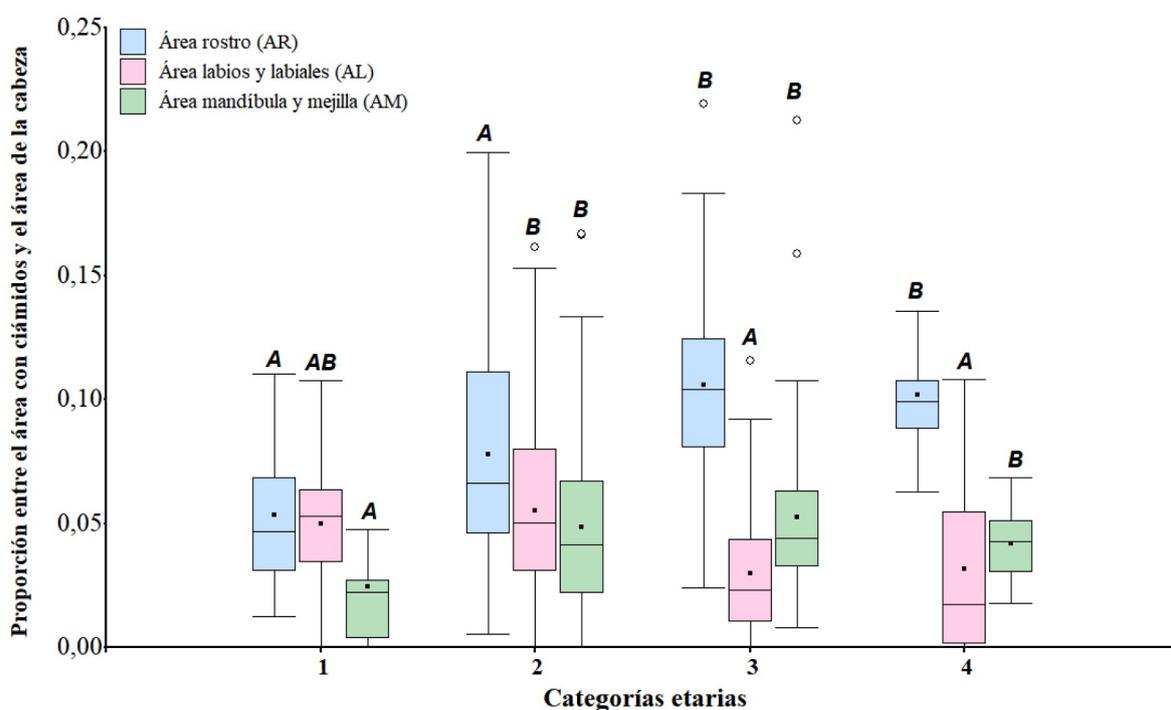


Figura 17: Cambios en el área ocupada por ciámidos en las diferentes zonas de la cabeza, según las categorías etarias. En rosa, el área ocupada por ciámidos en la zona de los labios (AL); en azul, el área ocupada por ciámidos en la zona de rostro (AR); y en amarillo, el área ocupada por ciámidos en la zona de mandíbula-mejilla (AM). Distintas letras indican diferencias significativas entre grupos. Categoría 1 ($n_1=13$); categoría 2 ($n_2=125$); categoría 3 ($n_3=127$); categoría 4 ($n_4=16$).

3. 4. Condición de la piel

3. 4. 1. Cualitativo.

Para el análisis de la piel, se estudiaron 738 fotografías ($n_{2018}=432$; $n_{2019}=306$) de 505 crías (303 del año 2018 y 202 de 2019). El largo relativo tuvo una media de 45.3% LM

con rango desde 30.4%LM hasta 66.6%LM y la EED promedió los 43.6 días con un rango de -17.4 d (equivalente a 1 día) a 127.8 d.

3. 4. 1. 1. Presencia de ecdisis.

El proceso de ecdisis estuvo presente en categorías etarias tempranas y fue disminuyendo con el crecimiento. La ecdisis fue visible en el 90.6% de las crías en la categoría 1, y 70.9% de la categoría 2. En contraste, las categorías 3 y 4 registraron un 16.9% y 8.7% de crías con ecdisis sobre el lomo, respectivamente ($\chi^2=149.23$, $p<0.01$; regresión-dummy, $p=0.01$; Fig. 18). El rango de LR y de edad estimada en la cual se observó ecdisis fue entre los 31.1% LM y 56.4% LM (promedio 40.8% LM), y a partir de -15.5 días (equivalente a 1 día) hasta los 86.3 (promedio de 24.5 días).

La zona de la espalda afectada por ecdisis no mostró diferencias entre las categorías. Sin embargo, se observó que en crías de la categoría 1s (58.6%) y 2 (41%), se encuentran afectadas las tres zonas de la espalda (A, M y P; $\chi^2 =28.47$; $p=0.06$).

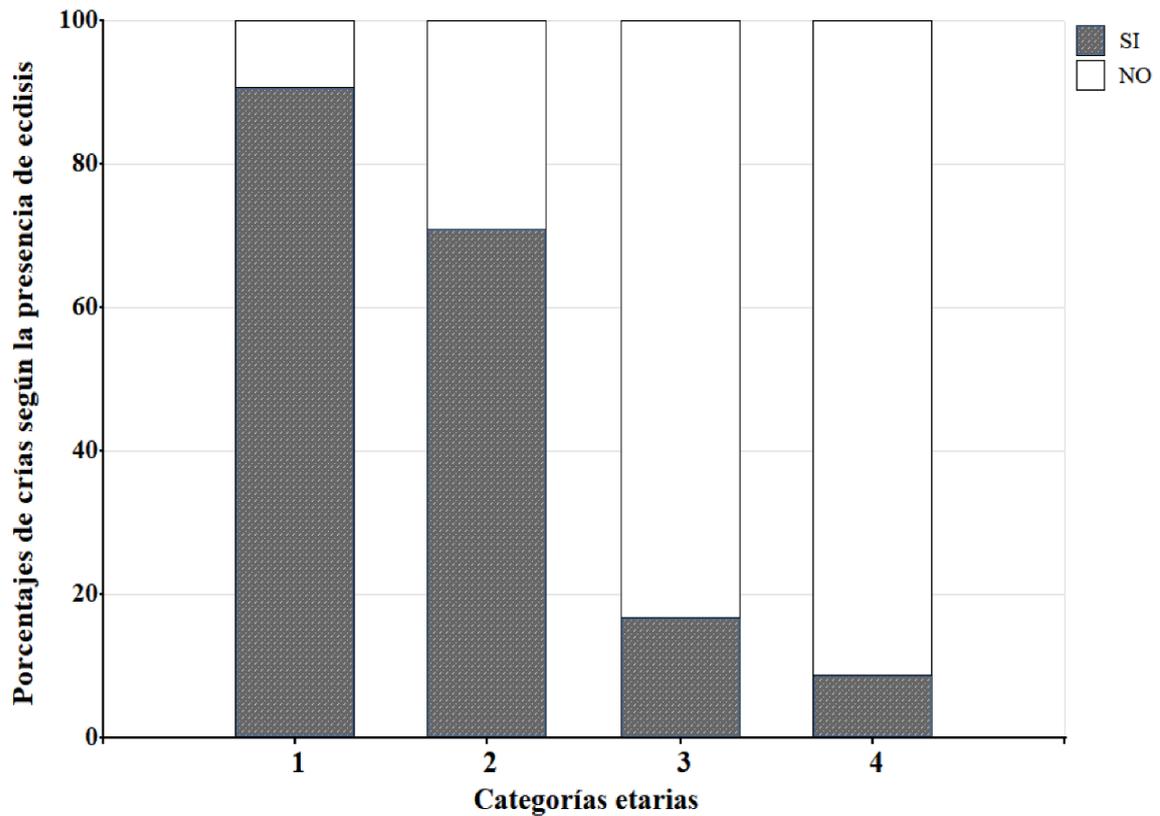


Figura 18: Presencia de ecdisis en la espalda de crías de BFA, según categorías etarias. Se observa una tendencia a la disminución de la ecdisis con la edad. Categoría 1 ($n_1=32$); categoría 2 ($n_2=206$); categoría 3 ($n_3=178$); categoría 4 ($n_4=23$).

3. 4. 1. 2. Textura de la piel en la espalda.

En relación a la textura de la piel, se observó que la apariencia áspera en el lomo de los individuos disminuye con el tiempo, mientras que aumenta la textura suave. De esta manera, las crías de las categorías etarias 1 y 2 presentan un aspecto áspero en su lomo en un 93.8% – 91.5% de los registros y suave del 6.3% al 8.5%, respectivamente. En tanto que las crías de la categoría 3 mostraron aproximadamente la misma cantidad de registros con espalda áspera (55.2%) y con el lomo suave (44.8%), siendo las crías de la categoría 4 las que presentaron el 77.8% de observaciones con la espalda de apariencia suave ($\chi^2=134.1$, $p<0,01$; regresión-dummy, $p<0.01$; Fig. 19).

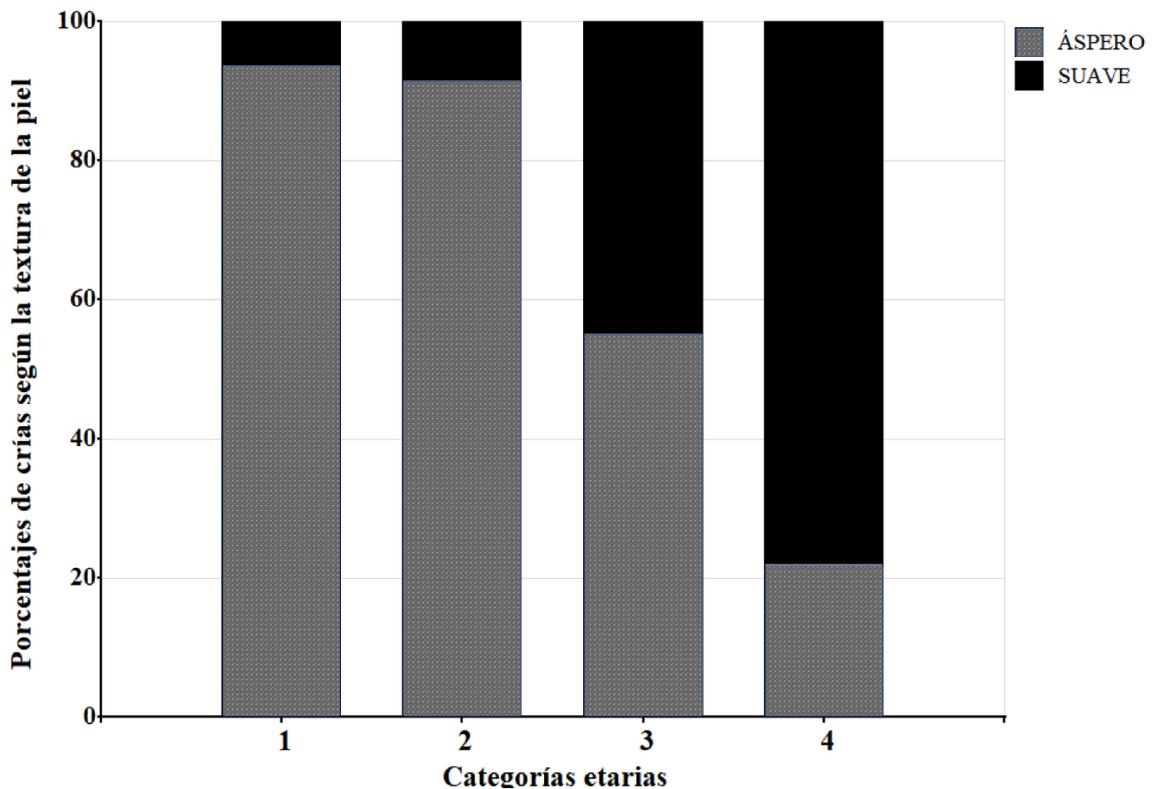


Figura 19: Textura de la piel de la espalda en crías de BFA según las categorías de edad. Gris indica apariencia áspera y negro textura suave. Categoría 1 ($n_1=32$); categoría 2 ($n_2=284$); categoría 3 ($n_3=233$); categoría 4 ($n_4=27$).

3. 4. 1. 3. Coloración de la piel

La coloración de la piel en la espalda varió de tonalidades oscuras y gris opaca en categorías tempranas a coloraciones variado y negro en categorías avanzadas. De esta manera, en crías de la categoría 1 se observó un patrón de coloración caracterizado por coloración oscura y gris opaca en un 10.8% y 67.6%, respectivamente, con muy poca cantidad de crías con el lomo de color variado (18.9%) o negro (2.7%). Los individuos de las categorías 2 y 3 mostraron una tendencia a la coloración variada en su lomo con el 50.8% y 68.5%, respectivamente, y disminuye a un 26.7% en la categoría 4. Además, en la categoría 2 se observó una menor cantidad de individuos con color gris opaco en su espalda (31.5%) en comparación a la categoría 1. Por último, las crías en la categoría 3 mostraron una coloración negra en un 24.6% de los casos que aumentó a un 70% en las crías de la categoría 4 ($\chi^2 = 268.27$, $p < 0.01$). La coloración negra estuvo prácticamente ausente en las primeras dos categorías (Fig. 20).

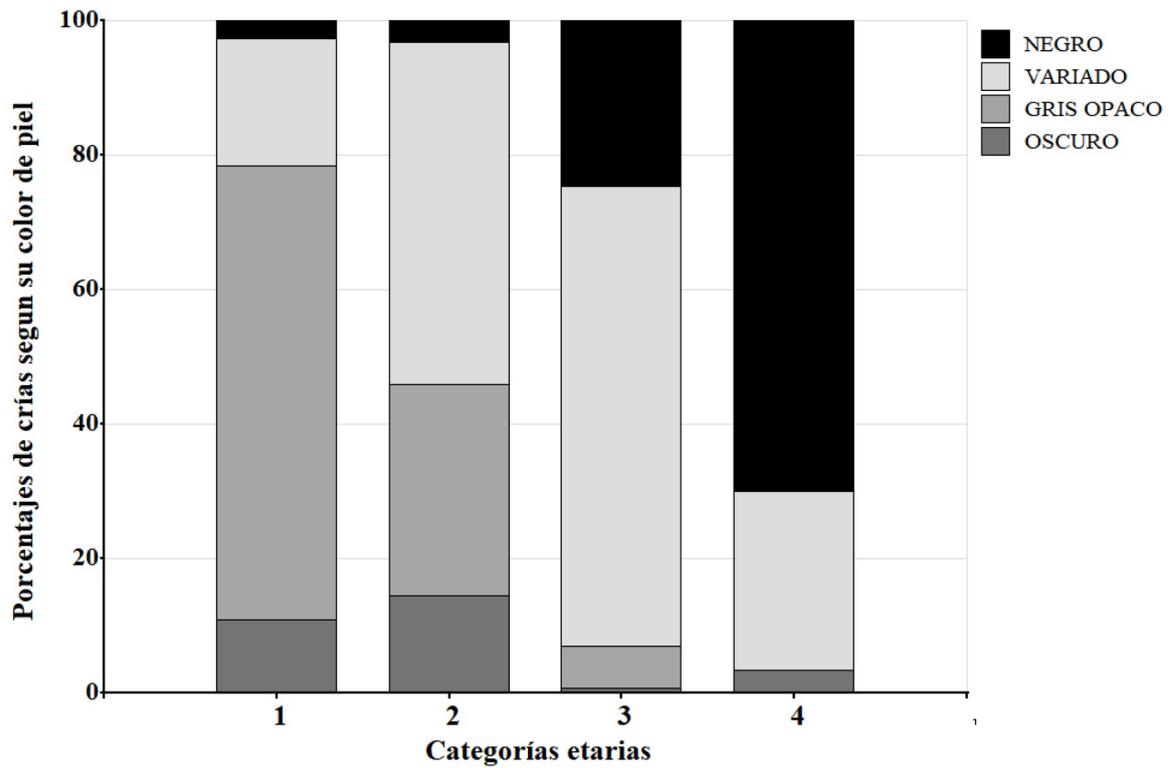


Figura 20: Cambios en la coloración de la piel de crías de BFA con el crecimiento. Categoría 1 ($n_1=37$); categoría 2 ($n_2=333$); categoría 3 ($n_3=289$); categoría 4 ($n_4=27$).

3. 4. 1. 4. Presencia de pliegues fetales

Se registraron únicamente 2 casos de crías con pliegues fetales en la zona latero-posterior, ambos de la categoría etaria 2 y registrados en julio de 2019. La primera, Cría 55, poseía un LR de 38.1% LM y 13.2 días de edad estimada (Fig. 21a). La segunda, Cría 56, era 37.8% LM y tenía 13.4 días de edad estimada (Fig. 21b).

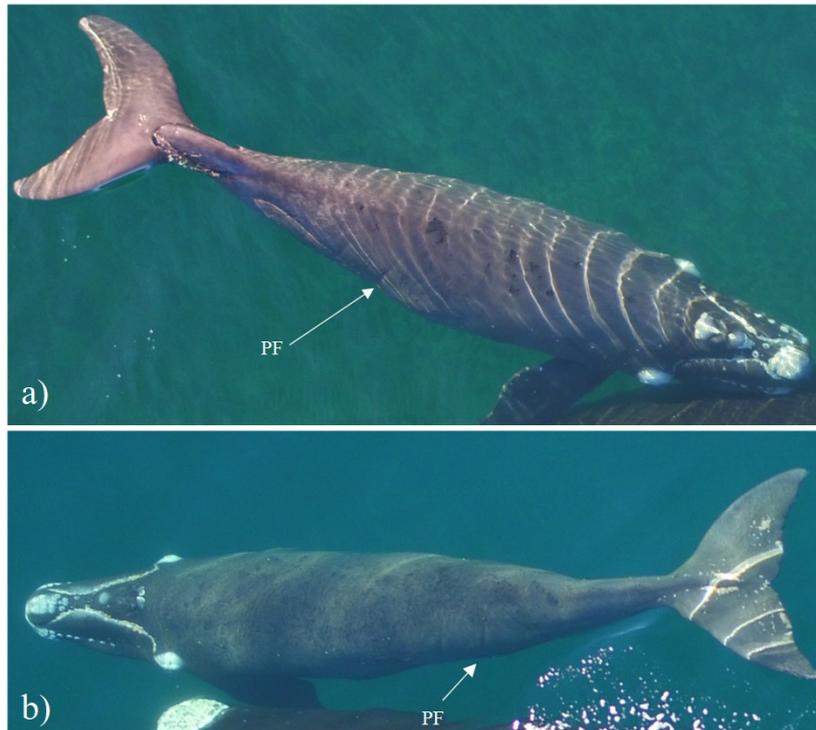


Figura 21: Pliegues fetales en crías de BFA. a) Cría 55. b) Cría 56. Las flechas blancas indican la presencia de los pliegues en la zona latero-posterior. Créditos: Fredrik Christiansen y Nicolás Lewin.

3. 4. 2. Cuantitativo

Se analizaron 314 fotografías ($n_{2018}=174$; $n_{2019}=140$) de 258 crías (145 crías del 2018, y 113 del 2019). El promedio del LR fue de 46.8% LM, con un rango de 31.1%LM a 66.6%LM y la EED fue de 49.8 días con un rango desde -15.5 d (equivalente a 1 día) hasta 127.8 d.

Se observó una disminución significativa del área afectada por ecdisis, entre categorías etarias tempranos (1 y 2) y tardíos (3 y 4). En la categoría 1 el área fue en promedio 13.2% del total de la espalda (con un rango de 0% – 49.5%), mientras que para la categoría 2 fue de 9.23% (rango de 0% – 67%) y en la categoría 3 fue de 0.9% (rango 0% – 31.9%). No se registró ecdisis en ninguna cría de la categoría 4 (Kruskal Wallis, $gl=3$, $H=57.53$; $p<0.01$; Fig. 22).

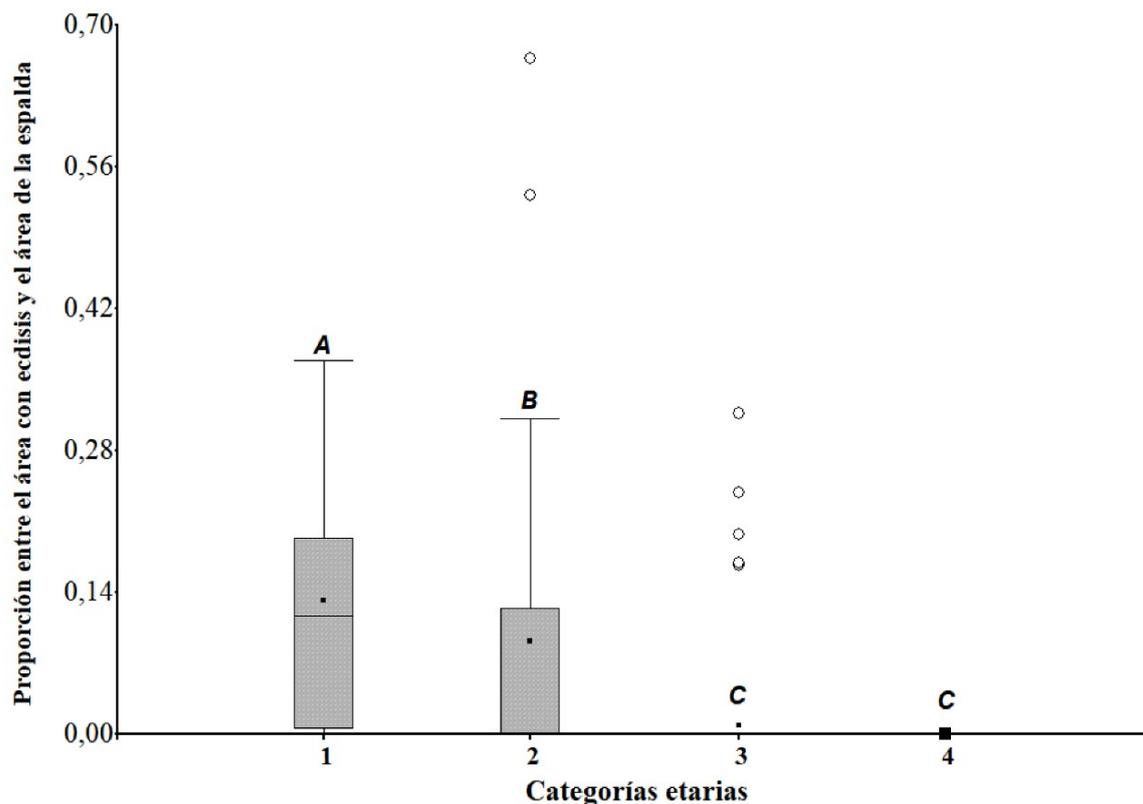


Figura 22: Área de ecdisis respecto al área total de la espalda de la cría. Distintos valores de las letras, indican diferencias significativas estadísticas entre categorías. Categoría 1 ($n_1=32$); categoría 2 ($n_2=284$); categoría 3 ($n_3=233$); categoría 4 ($n_4=27$).

3. 5. Forma de la aleta caudal

Para evaluar las proporciones $A_{ac}/A_{25\%}$ y $A_{ac}/A_{50\%}$, se utilizaron 760 fotografías ($n_{2018}=442$; $n_{2019}=318$), obtenidas de 521 crías (310 del 2018, y 211 del 2019). El promedio del largo relativo fue de 45.3% LM, con un rango de 30.4%LM a 66.6%LM y la de la EED fue de 43.6 días con un rango de -17.4 d (equivalente a 1 día) a 127.8 d. En tanto que, para evaluar la proporción A_{ac}/A_m se evaluaron 55 fotografías ($n_{2018}=42$; $n_{2019}=13$) de 52 crías (39 de 2018 y 13 de 2019). Esta submuestra tuvo un promedio de LR de 46% LM, con un rango desde 34.1%LM hasta 55.9%LM y una EED de 46.9 días, con rango de -3.6 d (equivalente a 1 día) a 90.4 d. No se pudieron obtener datos sobre el ancho de la muesca en ningún ballenato en la categoría etaria 4.

La relación entre el ancho de la aleta caudal (A_{ac}) y los anchos corporales ($A_{25\%}$, $A_{50\%}$ y A_m), aumentó con el crecimiento de los ballenatos. Este patrón fue claramente observado en la proporción entre el ancho de la aleta caudal respecto al ancho de la mitad

del cuerpo ($A_{ac}/A_{50\%}$), el cual mostró que en las categorías etarias tempranas (1 y 2) el ancho $A_{50\%}$ fue ~ 1.7 veces el ancho A_{ac} , mientras que en crías de la categoría 4 duplicó el A_{ac} (Kruskal Wallis, $gl=3$, $H=149.70$; $p<0.01$). La proporción del ancho de la aleta caudal respecto al ancho de la cabeza ($A_{ac}/A_{25\%}$), mostró una tendencia similar al anterior, (Kruskal Wallis, $gl=3$ $H=46.81$; $p<0.01$). Por último, la proporción entre A_{ac}/A_m , no mostró diferencias significativas entre categorías etarias (ANOVA, $gl=3$, $F=0.89$; $p=0.35$; Fig. 23).

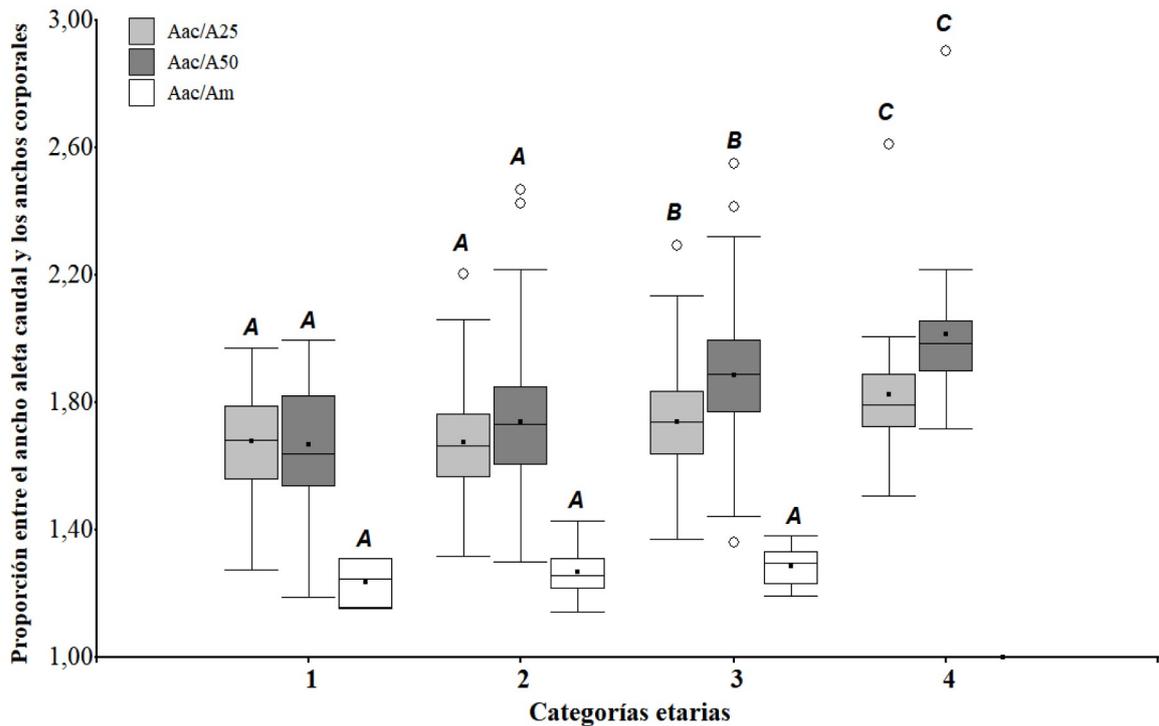


Figura 23: Proporciones del ancho corporal (A_{ac}) con respecto a los anchos corporales ($A_{25\%}$, $A_{50\%}$, A_m) para cada categoría etaria. Distintas letras, indican diferencias significativas estadísticas entre categorías. Para la proporción $A_{ac}/A_{25\%}$ y $A_{ac}/A_{50\%}$: Categoría 1 ($n_1=44$); categoría 2 ($n_2=368$); categoría 3 ($n_3=316$); categoría 4 ($n_4=32$). Para la proporción A_{ac}/A_m : Categoría 1 ($n_1=3$); categoría 2 ($n_2=24$); categoría 3 ($n_3=28$); categoría 4 ($n_4=0$).

3. 6. Integración de variables cualitativas y cuantitativas con las categorías etarias.

En el análisis de correspondencia, el Eje 1 muestra una asociación baja, representando solo el 15.9% de la varianza total. Por lo tanto, no es posible derivar resultados concluyentes sobre la relación entre las variables cualitativas de los indicadores morfológicos (definición y coloración del patrón de callosidades, presencia de ciámidos naranjas en la cabeza o en la aleta caudal, presencia de ecdisis, textura y coloración de la espalda) y las diferentes categorías etarias. Sin embargo, se puede observar una agrupación

entre la categoría 1 y 2 (a la izquierda del eje 1) y otra agrupación entre las categorías 3 y 4 (a la derecha del eje 1). En las primeras dos categorías, se observó que el patrón de callosidades no se encuentra definido. En cuanto a la coloración de las callosidades, en la categoría 1 fue más frecuente el gris intenso y la tonalidad 90%gris, en tanto que las crías de la categoría 2 presentaron tonalidades de las callosidades del 60% y 30%gris. Ambas categorías presentaron ecdisis, con una textura áspera en el lomo y una coloración oscura y gris opaca de la piel. Las crías de la categoría 1 estuvieron principalmente relacionadas con la ausencia de ciámidos naranjas en la cabeza, mientras que los individuos de la categoría 2 se asociaron con la presencia de ciámidos en la aleta caudal. Por otro lado, las crías de la categoría 3 y 4 presentaron un patrón de callosidades poco definido y predominantemente de color blanco. Sin embargo, fueron más frecuentes los patrones completamente y mayormente definidos que las categorías tempranas. Ambas categorías (principalmente la 3), estuvieron relacionadas a la presencia de *C. erraticus*, y a la ausencia de ciámidos en la aleta caudal. No se asociaron a la presencia de ecdisis, y presentaron a una coloración entre variada y negra, con una textura predominantemente suave.

Las variables cuantitativas, que se analizaron mediante análisis de componentes principales, no mostraron resultados concluyentes (Fig. S3, ver Anexo).

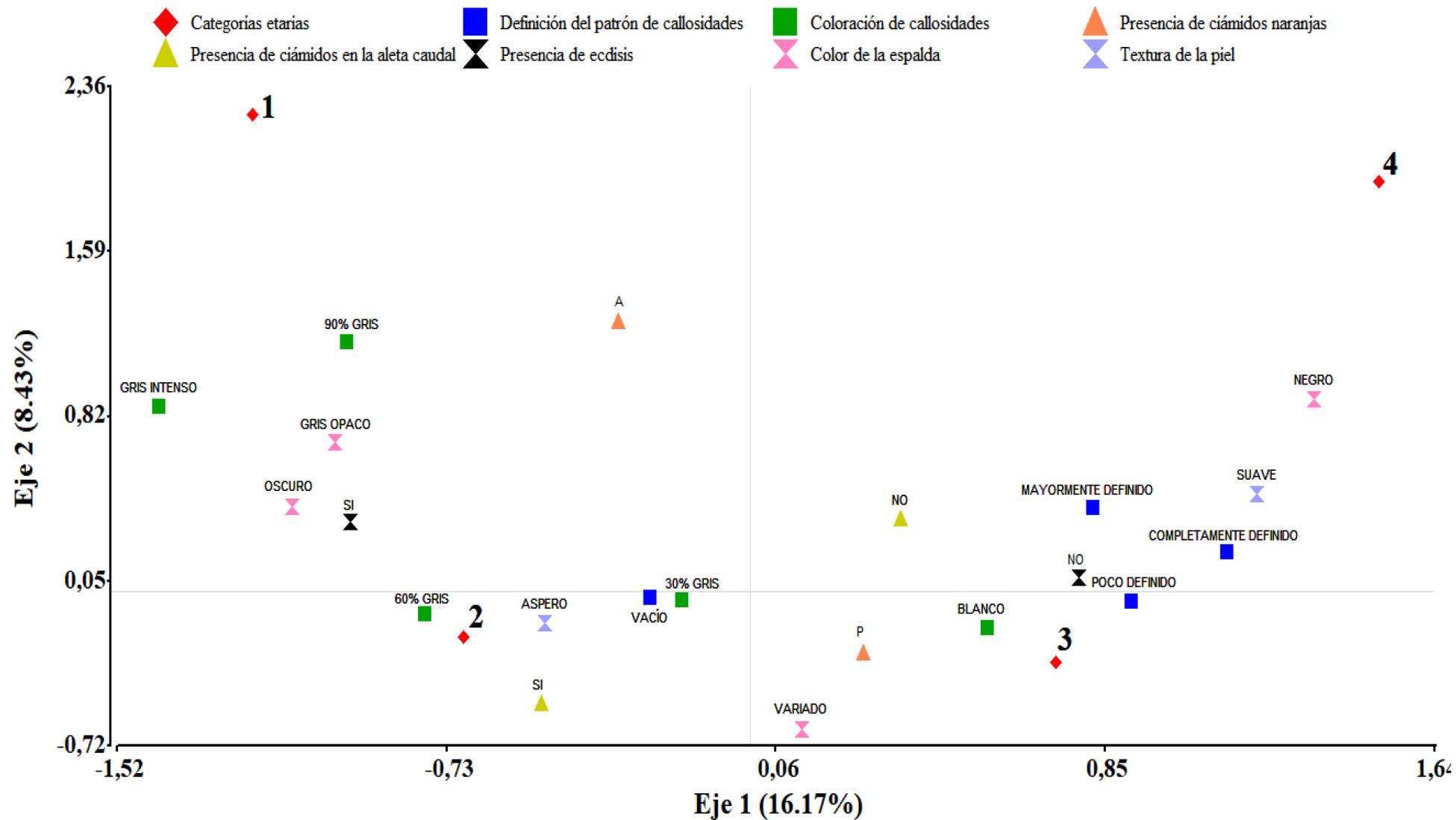


Figura 24: Análisis de correspondencia que asocia indicadores cualitativos de edad relativa con las categorías etarias. Las formas corresponden a diferentes variables: categorías etarias (rombos rojos); cambios en la definición y el color de las callosidades (cuadrados); presencia de ciámidos naranjas en la cabeza o la aleta caudal (triángulos); condición de la piel (relojes de arena). Las variables que se encuentran en el mismo cuadrante, están más asociadas entre sí que con el resto. Asociación explicada por el Eje 1 es del 16,17% y por el Eje 2 es del 8,43%

3.7 Descripción de patrones observados en las categorías etarias

En el presente trabajo se observaron dos patrones característicos presentes en las crías durante su crecimiento. El primero, relacionado a la distribución de los ciámidos en la cabeza de las crías y el segundo a la forma de la aleta caudal. La zona de piel que rodea las islas del rostro actuaría como un “puente”, es decir una conexión entre los labios (los primeros en ocuparse por ciámidos), la brazola y el bonete (que son las últimas callosidades en ser colonizadas). El *puente* es una zona de piel no callosa en la cual se encuentran ciámidos en todas las categorías etarias: escasa en la categoría 1, alta en la 2, media en la tercera categoría y baja o ninguna (si las callosidades ya están definidas) en la última categoría.

Con respecto al segundo patrón, se observó que la forma del borde posterior (Fig. 25a-d, línea punteada) de la aleta caudal varía desde una forma de “C” a una forma de “V” con el crecimiento. En la categoría 1 se observó una forma de medialuna (“C”), en los extremos de la aleta estaban un poco más separados (“C/U”), las crías de la categoría 3 tenían mayor separación entre los lóbulos de la aleta (“U”) y las crías de la 4, una forma recta (“V”; Fig. 25a-d).

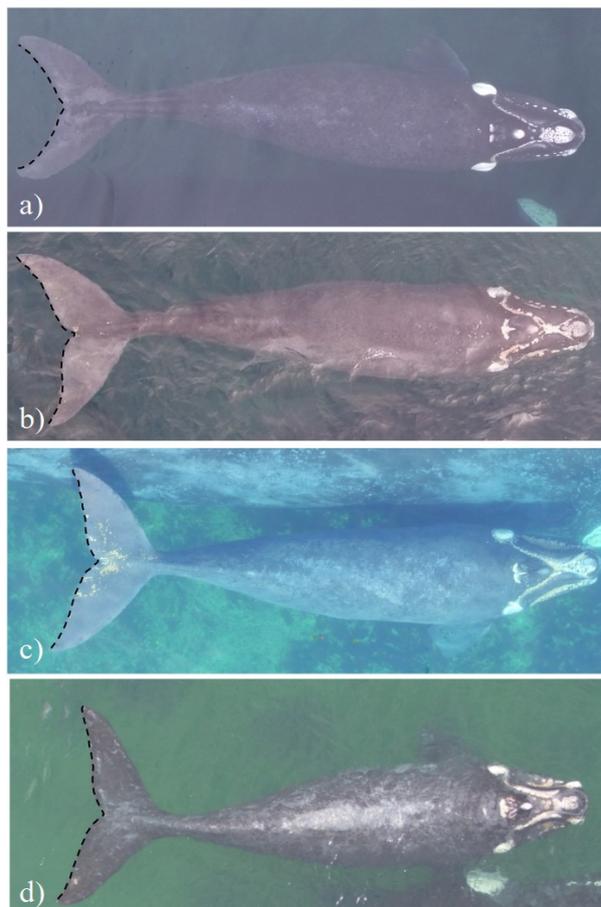


Figura 25: Crías de BFA según la forma de la aleta caudal. a) forma de medialuna o “C”. b) Forma de “U”. c) Forma de C/U. d) Forma recta/triangular o “V”, similar a la de adultos. Borde posterior (línea punteada) Créditos: Fredrik Christiansen y Nicolás Lewin.

Considerando los patrones anteriormente descritos y la totalidad de los indicadores evaluados en este estudio, cada categoría etaria podría describirse mediante un conjunto de características morfológicas y morfométricas (Tabla 4).

Las crías que pertenecen a la categoría 1, pueden ser caracterizadas como aquéllas que presentan un LR máximo de 35% LM y una edad estimada de entre uno y cuatro días

de edad. La mayoría de las crías de esta categoría presenta callosidades no definidas y de color gris, de tal manera que apenas se diferencian de la piel circundante. Además, no presentan ciámidos en las callosidades como brazola y bonete, aunque sí presentan gran cantidad de ciámidos en la zona de los labios, y en menor cantidad en la zona del *puente* rodeando las islas del rostro. Respecto a la condición de la piel de su espalda, presentan un área afectada por ecdisis extensa (abarcando las tres zonas: anterior, media y posterior), lo cual les da una textura áspera, y se caracterizan por una coloración gris opaca. Se pueden encontrar crías que todavía no han sufrido el proceso de ecdisis, reconociéndolas gracias a la apariencia suave del lomo y a una coloración oscura (Fig. 7a). La presencia de pliegues fetales no fue detectada en este estudio, pero se debe tener en cuenta que fueron registradas en otras poblaciones de BFA. Por último, la aleta caudal en estos individuos, tiene sus extremos hacia la línea media del cuerpo en forma de medialuna o “C” (observaciones a partir de fotografías) y la proporción entre el ancho de la aleta caudal y los anchos corporales es el más pequeño de entre todas las categorías etarias.

Los individuos de la categoría 2 son crías que presentan entre un 36% y un 45.9% de LR y tienen entre 4 y 52 días (~2 meses) de edad estimada. A pesar de no presentar el patrón de callosidades definido o claramente visible, presentan por lo menos uno de los tres tipos de callosidades del rostro con ciámidos (60% y 30% gris), probablemente las islas del rostro o cierta proporción del bonete. Son crías que poseen gran cantidad de ciámidos en la zona de la mejilla (en su mayoría ciámidos naranjas), la zona de los labios continúa con ciámidos y la zona del *puente* se observa con abundancia de ciámidos. Además, la mayoría presenta ciámidos sobre la aleta caudal. Al observar la espalda de estos individuos se puede evidenciar la presencia de ecdisis, debido a una textura áspera de la piel, y una coloración predominantemente variable (distintas tonalidades de grises). Presentan pliegues fetales en la zona posterolateral, al igual que las individuos de la categoría 1, aunque su observación se dificulta en fotografías aéreas. La aleta caudal tiene forma intermedia entre “C” y “U” y la proporción entre su ancho y el ancho del cuerpo ($A_{50\%}$) tiende a aumentar en relación a la categoría anterior, aunque no de manera significativa.

Las crías de la categoría 3 son individuos que poseen un LR mínimo de 45% LM y un máximo de 55.9%, con una edad estimada entre los 43 días y los 92 días. El patrón de

callosidades comienza a volverse más visible en esta etapa del desarrollo. Las islas del rostro, el bonete y la brazola, comienzan a observarse más claramente de color blanco, por lo cual la coloración del patrón se encuentra entre un 30% gris y blanco. Respecto a la ocurrencia de los ciámidos, se observa que comienza a disminuir la cantidad de individuos con ciámidos naranjas en la zona de la mejilla (aunque en aquellas crías que sí posean, ocupan un área igual que en la categoría anterior), como en la zona que rodea a los labios (también es menor el área ocupada), la zona del *punte* se encuentra igual o con menor cantidad de ciámidos que lo observado en la categoría 2. Por otro lado, el área afectada por ecdisis se reduce significativamente para estos individuos ocupando, en promedio, el 0.9% de la espalda. Dentro de esta categoría se pueden encontrar crías de color variado como también de coloración negra, con una textura de la piel entre áspera y suave. Respecto a la aleta caudal, incrementa la proporción de su ancho respecto a los anchos corporales, evidenciando los lóbulos más distanciados (forma de “U”).

Por último, en la categoría 4, las crías presentan una LR mayor o igual al 56% LM y una edad estimada de 83 a 127.9 días. Aunque la mayoría de los individuos no presentan definición del patrón por la presencia de ciámidos entre las callosidades (piel circundante), sí poseen los tres tipos de callosidades del rostro de color blanco (presencia de ciámidos en brazola, islas del rostro y bonete), y la presencia de ciámidos es mínima o nula en la zona del *punte*. Disminuye la cantidad (área ocupada) de ciámidos naranjas en las zonas de los labios y de las mejillas. No presentan ecdisis en su espalda, y su textura es suave y de color negra. El ancho de la aleta caudal es dos veces el ancho del cuerpo y poseen una forma de la aleta recta, parecida a la de los adultos (forma de “V”).

Tabla 4: Caracterización de las categorías etarias propuestas para crías de BFA en PV según los indicadores morfométricos y morfológicos evaluados. %LR, indica la proporción entre el largo de la cría en relación al largo de la madre. EED indica la edad estimada en días calculada.

Categoría etaria	Media (y Rango) %LR	Media (y Rango) EED	Definición del patrón de callosidades	Coloración del patrón de callosidades	Presencia ciámidos naranjas en la cabeza	Disposición de ciámidos por callosidad (o área)	Presencia de ecdisis	Aspecto del lomo	Color del lomo	Presencia de pliegues fetales	Proporción Aac/A50%	Forma aleta caudal
1	33,9%LM (< 35,9%)	1 día (1 a 4 días)	Indefinido	Gris intenso 90%gris	Escasos	Alta (zona de labios)	Si (alta)	Áspero	Oscuro Gris opaco	SI	1.67	C
2	41,5% LM (35% a 45,9%)	27,5 días (4 a 52 días)	Indefinido	60%gris	Alta (en mejilla)	Alta (en labios, zona puente y aleta caudal)	Si (media-alta)	Áspero	Gris opaco Variado	SI	1.74	C / U
3	50% LM (46% a 55,9%)	63,5 días (43 a 93 días)	Indefinido – Poco definido	30%gris Blanco	Media-alta	Media (en labios); Alta (en rostro)	Si (baja)	Áspero-Suave	Variado	NO	1.89	U
4	59% LM (> 56%)	99 días (83 a 128 días)	Poco definido	Blanco	Baja	Alta (en rostro)	No	Suave	Negro	NO	2.01	V

4. DISCUSIÓN

Las técnicas o métodos que en la actualidad se utilizan para estimar la edad en ballenas vivas son escasos, y los que se conocen se basan principalmente en proporciones corporales (Whitehead y Payne, 1981; Taber y Thomas 1982; Best y Rüther, 1992). El presente estudio evaluó, en base a categorías etarias preestablecidas según el largo de la cría relativo a su madre, diferentes indicadores morfométricos y morfológicos para caracterizar y estimar la edad relativa de crías vivas de BFA de la población de PV. Entre los indicadores evaluados, la coloración del patrón de callosidades del rostro, la disposición de ciámidos en la cabeza, y su presencia en la aleta caudal, la condición de la piel (presencia y área de ecdisis, textura y coloración), las proporciones entre el ancho de la aleta caudal (A_{ac}) y otros anchos corporales ($A_{25\%}$ y $A_{50\%}$), permiten a grandes rasgos separar las categorías etarias propuestas. Además, se identificaron algunas características que no se consideran buenas indicadoras de la edad, como el proceso de definición del patrón de callosidades y el área de las mismas en proporción al área de la cabeza, probablemente por tratarse de crías de muy corta edad donde los cambios en estos potenciales indicadores probablemente sean más lentos. Otras características como el aspecto de las callosidades y la presencia de pliegues fetales no pudieron ser evaluadas en su totalidad por la dificultad de distinguirlas en las fotografías aéreas y quizás sean elementos de mayor utilidad y aplicabilidad durante la observación a campo.

El desarrollo es un proceso continuo en el cual las crías aumentan de tamaño y transcurren por distintos cambios morfológicos, por lo que definir categorías de edad relativa puede ser desafiante e inclusive, arbitrario. Asimismo, los cambios corporales están condicionados por la variabilidad propia de cada individuo en relación a exactamente cómo ocurren, cuándo y con qué intensidad. La variabilidad individual puede estar influenciada por diferentes factores como la disponibilidad de alimento, las interacciones con otras especies, el patrimonio genético o herencia, entre otras (IWC, 2011, Zerbini et al., 2016). En el caso de las crías de BFA, la experiencia reproductiva de la madre (primípara o múltipara; Best y Rüther, 1992), su tamaño y su condición corporal (Christiansen et al., 2022) como quizás las interacciones negativas con las gaviotas

cocineras en Península Valdés (Marón et al., 2015; Agrelo et al., 2023) son algunas de las variables que pueden influenciar el proceso de crecimiento de cada ballenato.

En este estudio, el largo relativo de la cría con respecto a su madre o LR fue utilizado como variable para definir las categorías etarias. La elección del LR se basa en el criterio de que el tamaño de las crías al nacer varía de acuerdo al tamaño de sus madres (Christiansen et al., 2022), y por ello, es más representativo de su edad relativa que la longitud absoluta. Otros autores como Taber y Thomas (1982) también utilizaron el LR para asignar tallas a las crías y estudiar su comportamiento. Christiansen et al. (2022) lo aplicaron para estimar el largo estimado al nacer de las crías de BFA. Además, en el presente estudio, se asoció el LR, a una edad estimada en días (EED) para dar una idea de la variable temporal a las categorías etarias estimadas. De esta forma se obtuvieron cuatro categorías etarias (Tabla 1) que fueron luego caracterizadas en relación a cada potencial indicador evaluado. Sin embargo, no todas las categorías etarias estuvieron representadas por igual en las fotografías usadas en los análisis, registrándose una mayoría de individuos en la categoría 2 y 3 con respecto a las categorías de los extremos (1 y 4). Esta desigualdad podría deberse a que se realizó un menor esfuerzo de muestreo durante los primeros meses de la temporada cuando comienzan a ocurrir los nacimientos (junio-julio, muestras obtenidas sólo del 2019) y menos registros del último mes (noviembre, datos obtenidos sólo del 2018) cuando la mayoría de las crías ya son maduras y junto a sus madres están por iniciar la migración a las áreas de alimentación.

Se evaluaron otras estrategias para establecer las categorías etarias, pero finalmente no resultaron aplicables. Los análisis de correspondencia y de componentes principales, realizados no separaron claramente grupos o categorías de edad (Fig. S3, ver Anexo). Por otro lado, las diferentes regresiones lineales múltiples realizadas para ambas variables, LR y EED en conjunto no fueron significativas, debido a que ambas variables estaban correlacionadas (Tabla S3; ver Anexo).

Cuando se analizaron las variables LR y EED por separado, los resultados obtenidos fueron significativos, sin embargo, las categorías que resultaban de esas regresiones lineales simples no reflejaban los patrones observados. Por ejemplo, agrupaban a individuos de la categoría 1 y 2 en una única categoría que tenía un rango de edad estimada de un día a casi dos meses, perdiendo de esta manera la posibilidad de caracterizar los

cambios morfológicos que ocurren en ese periodo. Por lo tanto, y a pesar de que LR y EED se encontraban fuertemente correlacionadas (Fig. S2, ver Anexo), se decidió no utilizarlas. Es importante continuar recolectando datos sobre el crecimiento y los cambios morfológicos y morfométricos en las crías de BFA en PV para consolidar una base de datos más robusta que permita explorar otras alternativas en el análisis de la edad relativa de las crías y su desarrollo ontogenético.

Al menos durante los primeros tres meses de vida de las crías de BFA el patrón de callosidades no se define claramente, por lo cual no es un buen indicador de edad relativa. Las ballenas francas presentan un patrón de callosidades único para cada individuo, el cual se utiliza para su identificación, y por ello es relevante comprender el proceso por el cual las callosidades se definen, y en qué etapa del desarrollo ocurre. Los resultados obtenidos muestran la tendencia de que la callosidad de la barbilla junto con las islas del rostro, son las primeras que comienzan a ocuparse de ciámidos y que la brazola es la que más tarde termina por definirse por completo. El hecho de que no puedan diferenciarse categorías según los estados de la definición del patrón de callosidades en edad temprana, puede explicarse por la misma individualidad del patrón (tamaño, número y forma de las callosidades) y su proceso de colonización por ciámidos que parece evolucionar de manera diferente (a diferentes ritmos) en cada individuo particular. Autores como Payne et al. (1983) describen que es difícil observar el patrón de callosidades en las crías por la gran presencia de ciámidos que están presentes en la cabeza y Best et al. (2015) coinciden en que el desarrollo de las callosidades no está claramente definido aún en crías de cuatro meses de edad. Además, Sironi et al. (2005) concuerdan con que el pequeño tamaño del patrón de callosidades de las crías recién nacidas y los grandes parches de ciámidos en sus cabezas dificultan su identificación individual.

El cambio en la proporción del tamaño de las callosidades respecto a la cabeza no mostró diferencias a través del tiempo, contrariamente a lo que se esperaba, y por ello tampoco se considera útil para diferenciar a las crías en diferentes categorías etarias. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Payne et al. (1983) sobre el aumento del área de las callosidades a medida que crece la cabeza, manteniendo así aproximadamente el mismo tamaño relativo durante toda su vida. Sin embargo, en el presente estudio las islas del rostro, que se observan más grandes en crías pertenecientes a la categoría 1, pero más

pequeñas en la categoría 4 por lo que probablemente no continúen creciendo, ya que en adultos son las callosidades de menor tamaño si se las compara con las del resto de la cabeza.

La coloración de las callosidades es un buen indicador de edad relativa. Por ejemplo, una cría con callosidades de tonalidades predominantemente grises, se puede categorizar en un categoría etaria temprana (1 o 2), y una cría con callosidades más blancas, probablemente sea una cría de categoría 3 o 4. La diferencia en las tonalidades de las callosidades, se debe a la presencia y abundancia de ciámidos que pueden moverse de la piel circundante a la callosidad y viceversa. Los resultados coinciden con otros estudios en BFA que observaron crías pequeñas con tejido calloso de un gris más claro que la piel no callosa (Payne et al., 1983) o los descubrimientos de Foley et al. (2011) que registraron el nacimiento de una cría de ballena franca del Atlántico Norte y describieron la presencia de callosidades suaves y de un color gris más claro que la piel circundante y la ausencia de coloración blanca (producida por la presencia de ciámidos). La coloración blanca de las callosidades es típica de los adultos (Payne et al., 1983) y las crías la van adquiriendo a medida que crecen.

El proceso de sucesión temporal por el cual los ciámidos ocupan y se van distribuyendo en la cabeza de las crías de BFA permitió caracterizar diferentes estadios de colonización que ocurren hasta que los estos organismos finalmente se circunscriben solo a la piel callosa y no a las áreas circundantes o de piel sin callosidad.

Este proceso observado a partir del análisis cualitativo fue consistente con los resultados obtenidos en los análisis cuantitativos. Las mediciones de las distintas zonas analizadas (AL, AM, AR; Fig. 5), mostraron el mismo patrón explicado anteriormente, donde las áreas con ciámidos en la zona de los labios es considerable en la categoría 1; el área del rostro como la mejilla es colonizada predominantemente en la categoría 2 y 3; y la ocupación de todas las zonas se estabiliza o tiende a disminuir en la categoría 4, entendiéndose que comienzan a definirse las callosidades, y los ciámidos abandonan las zonas de piel no callosa. Rowntree (1996), a partir de un estudio realizado con fotografías de crías de BFA durante los primeros tres meses de vida, menciona un proceso de sucesión similar al descrito aquí, en referencia a la presencia de ciámidos naranjas sobre la piel suave no callosa de las mejillas de crías <50%LM que luego va desapareciendo al

incrementar esta proporción (después de los dos meses). En este estudio, se encontraron resultados similares, ya que la presencia de ciámidos en las mejillas de crías que tienen en promedio 50% LM, luego disminuye en crías de más del 50% LM. Lo anterior también coincide con la categorización etaria de McAloose et al. (2016), basada en crías halladas muertas en Península Valdés, en la cual la presencia de ciámidos naranjas ocurre desde crías recién nacidas hasta crías jóvenes, pero no en crías maduras de cuatro a seis meses de edad (Tabla S1, ver Anexo).

La colonización de cada callosidad mostró una marcada variabilidad. Se encontró que la zona de los labios (incluye a los labiales y piel circundante) es la más rápida en ocuparse por ciámidos, seguida por las islas del rostro, junto con la barbilla y las islas mandibulares. Y las callosidades que más tarde se colonizan por ciámidos son los post-espiráculos, el bonete y la brazola.

El proceso de colonización puede caracterizarse por una predominancia de ciámidos blancos, una predominancia de ciámidos naranjas o una mezcla de ambos. Los ciámidos blancos (*C. ovalis* y *C. gracilis*) están siempre presentes en la cabeza de las crías, pero de diversas maneras: comúnmente en los labios de crías de las categorías 1 y 2, frecuentemente como parches localizados en la zona del *punte* entre las islas del rostro en crías de las categorías 2 y 3, y circunscriptos a las callosidades en aquellas pocas crías de las categorías 3 y 4 cuyo patrón comienza a definirse. Sin embargo, análisis realizados sobre la presencia de ciámidos blancos en la cabeza de las crías mostraron que este indicador no es útil, porque no mostró diferencias entre las categorías etarias. Por su parte, en este trabajo se observó que los ciámidos naranjas (*C. erraticus*) habitualmente se presentan en la zona de los labios y cerca de los ojos de crías de la categoría 1 y 2, y como grandes parches especialmente en las zonas de las mejillas y en el *punte* de crías de las categorías 2 y 3. Además, mostraron una sucesión temporal estando presentes en la mitad de los individuos de la categoría 1 analizados, en casi la totalidad de las categorías 2 y 3 y reduciendo su ocurrencia en crías de la última categoría. Payne et al. (1983) también describen que “un organismo de color naranja infesta intensamente la cabeza de la mayoría de las crías en los primeros meses de vida, cubriendo no sólo las callosidades, sino normalmente todo el rostro y, a veces, también la mayoría de los lados de la cabeza”, lo cual es consistente con los resultados de este estudio. La presencia de ciámidos naranjas en

la aleta caudal también es útil para reconocer principalmente las categorías 2 y 3. Estos resultados concuerdan con investigaciones en ballena franca del Atlántico Norte donde se observó la presencia de ciámidos naranjas en la aleta caudal de una cría de cuatro o seis días de edad (Zani et al., 2008).

La condición de la piel en los primeros meses de vida de las crías mostró cambios distintivos, los cuales son buenos indicadores de las categorías etarias. La presencia de ecdisis permite distinguir a las categorías tempranas (1 y 2) de las categorías avanzadas (3 y 4). Además, se observó que la textura y color del lomo de las crías, acompañan los tiempos del proceso de ecdisis, es decir, en las crías donde el proceso de ecdisis todavía no comenzó (probablemente la categoría 1, individuos de uno a cuatro días de edad), se observa un color oscuro de la piel en la espalda, mientras que en aquellas crías donde ya se observa ecdisis (predominantemente categoría 1 y 2) se distingue una textura áspera y de color gris opaca. Por otro lado, las crías de la categoría 3 que tienen escasa o ninguna zona con ecdisis presentan una coloración variable. Y las crías de la cuarta categoría, en las cuales no se observa piel con ecdisis, son de color negro y textura suave, similar a la apariencia de la espalda de un individuo adulto. Estos resultados concuerdan con otros estudios en BFA de PV que observaron que las crías pequeñas son de color gris más claro que sus madres y se vuelven más oscuros con la edad (Payne et al., 1983).

La duración del proceso de ecdisis que sufren las crías en PV es más extensa en comparación a otras poblaciones de BFA. En PV se extiende hasta los dos meses y medio de edad estimada. Por ejemplo, la cría más grande en la que se midió la superficie con ecdisis en PV tenía 72 días de EED y un 6% de ecdisis en la espalda, pero en Sudáfrica se desarrolla en siete días



Figura 26: Cría de BFA con ecdisis en la línea media de la espalda. Perteneciente a la categoría etaria 2. Nótese la presencia de lesiones de gaviota entre medio de la zona con ecdisis (círculos blancos). Créditos: Fredrik Christiansen y Nicolás Lewin.

luego del nacimiento (Reeb et al., 2005). Un posible motivo de esta diferencia entre poblaciones, podría estar relacionado con los ataques de gaviotas cocineras que lastiman la espalda de los individuos en PV (llegando en casos extremos a dañarla en un 19%) al alimentarse de la piel y la grasa (Marón et al., 2015). Las lesiones de gaviotas podrían estar enlenteciendo el proceso de cicatrización de la piel con ecdisis (Fig. 26).

Los pliegues fetales, solo se observaron en dos crías fotografiadas el mes de julio, clasificadas como categoría 2, por lo que no se considera un indicador relevante para identificar crías de distintas categorías etarias, debido a la dificultad de observarlos en fotografías tomadas desde el aire. Sin embargo, algunos estudios en cetáceos han utilizado la presencia de los pliegues para clasificar a ballenatos de corta edad como recién nacidos o neonatos (Câmara et al., 2019; Puig et al., 2018). Incluso varios autores han reconocido las marcas o pliegues en la piel de las crías recién nacidas de la ballena franca del Atlántico Norte (Zani et al., 2008; Foley et al., 2011).

En el presente trabajo la forma de la aleta caudal varía con el crecimiento y ayuda a caracterizar a los diferentes categorías etarias propuestas. El cambio en la forma de la aleta caudal desde una forma curva en crías de categoría 1 hasta una triangular/recta en crías de categoría 4 se observó a partir de las proporciones entre de anchos corporales ($A_{25\%}$ y $A_{50\%}$), las cuales mostraron diferencias entre categorías etarias. De esta forma, se observó que mientras más pequeña es la cría, menor es la proporción. La proporción $A_{ac}/A_{50\%}$ y $A_{ac}/A_{25\%}$, son buenas indicadores ya que distingue tres de las cuatro categorías de manera significativa. Por ejemplo, el ancho $A_{50\%}$ de un cría en la categoría 1 es 1.7 veces mayor que el ancho A_{ac} , mientras que una cría de categoría 4, tiene una proporción de ~ 2 veces el ancho A_{ac} . Aunque los resultados muestran una clara diferencia entre grupos, en la práctica este indicador puede resultar más útil en la observación aérea que permiten los VANTs, ya que en bote o desde alguna plataforma terrestre, la observación de ambos anchos a la vez puede resultar más difícil, debido a la gran distancia (metros) entre ambas medidas, o a la posición del animal mientras se desplaza (una parte sumergida y otra en la superficie, impidiendo visualizarlas simultáneamente). Por esta razón en este estudio se incluyó la medición de un tercer ancho, el de la muesca (A_m) que está muy próximo al A_{ac} . Sin embargo, y a pesar de que se observó una tendencia a disminuir con el tiempo (igual que

las otras dos proporciones), no mostró diferencias significativas entre las categorías, por lo que no se lo considera un buen indicador de edad.

La forma más recta (triangular) en las crías de la categoría 4, que además se acompaña de una mayor rigidez de la aleta caudal, podría permitirles una mejor propulsión favoreciendo la capacidad para desplazarse en el agua (Fig. 25d).

La mayoría de los indicadores analizados y descriptos anteriormente mostraron que cambian lo suficiente y de forma particular con el desarrollo de las crías, lo que permite utilizarlos para diferenciar categorías etarias. Sin embargo, debido a que los cambios que reflejan las etapas que transcurre un individuo durante su desarrollo son continuos y la variabilidad individual de cada cría, cada indicador no debería utilizarse de manera aislada sino integrado al resto de los indicadores (Tabla 4).

Los resultados de este estudio contribuyen al conocimiento de la ontogenia de las crías de ballena franca austral en sus primeros meses de vida. La descripción detallada de los procesos que experimentan durante su crecimiento, como la definición de las callosidades, la colonización de ciámidos, el proceso de ecdisis y los cambios en la forma de la aleta caudal genera información novedosa y útil para aumentar el conocimiento sobre el desarrollo temprano de los ballenatos, necesaria para caracterizar la estructura de las poblaciones de BFA.

Las categorías etarias que se proponen aquí adicionan información a los estudios ya publicados sobre técnicas para estimar la edad en BFA (Taber y Thomas, 1982; Thomas y Taber, 1984; Christiansen et al., 2018). Al incluir una variedad de características morfológicas y morfométricas y describir procesos no estudiados en detalle para esta población (el proceso de ecdisis, la sucesión de los ciámidos en cada callosidad, entre otros) se amplía el conocimiento sobre el crecimiento de las crías. La mayoría de estos indicadores y procesos no habían sido descriptos en estudios con animales muertos por la imposibilidad de ser evaluados (McAloose et al., 2016).

Los resultados de este trabajo pueden aplicarse en las investigaciones a campo, por ejemplo, para reconocer crías de diferente edad relativa. La proporción aproximada del largo de la cría con respecto a su madre (si es menor, igual o mayor al 50%LM), la presencia de ciámidos naranjas en la cabeza o en la aleta caudal, y la condición de la piel, fácilmente pueden utilizarse para distinguir crías de diferentes categorías. Asimismo, estas

características pueden guiar la decisión de aplicar métodos mínimamente invasivos, como biopsias de animales vivos que se realizan para diversos proyectos científicos en PV como los relacionados con la genética, distribución, fisiología y nutrición (Valenzuela et al., 2011; Zerbini et al., 2016; Fernández Ajó et al., 2018; Marón et al., 2020). Para garantizar el cuidado de los individuos más vulnerables, como, crías de categorías más tempranas, es crucial conocer la edad de los animales con los que se trabaja. Esto permitirá a investigadores tomar decisiones durante el trabajo de campo, como por ejemplo, no marcar con rastreadores satelitales a hembras con crías muy pequeñas para minimizar posibles efectos sobre el desarrollo de los ballenatos. Por otro lado, conocer que el patrón no está definido en una cría menor a cuatro meses permite focalizar esfuerzos de muestreo en crías de mayor edad que se pueden incorporar al catálogo de fotoidentificación del Instituto de Conservación de Ballenas, de más de 50 años de antigüedad, y en el que se sustentan los estudios básicos sobre aspectos de la biología y ecología de la población (Payne et al., 1990; Cooke et al., 2013). En resumen, la capacidad de reconocer los diferentes estadios de desarrollo en las crías de BFA vivas, permite tomar decisiones bien sustentadas para su estudio, manejo y conservación.

En futuras investigaciones que impliquen el desarrollo de técnicas para estimar la edad en crías de BFA vivas a partir de fotografías, se sugiere que se utilicen filtros o ajustes en la cámara que reduzcan el brillo sobre las callosidades o el lomo y los reflejos del agua sobre el cuerpo de la ballena, entre otros elementos que puedan dificultar la evaluación de las características propuestas. Con el fin de aumentar la probabilidad de fotografiar crías de las categorías extremas (1 y 4), y aumentar la representatividad de estas categorías, se aconseja incrementar los muestreos a inicios y fines de la temporada de cría (junio y noviembre). Por otro lado, para poder evaluar durante más tiempo el proceso por el cual se define el patrón de callosidades, sería interesante considerar a las crías que vuelven al año siguiente de su nacimiento en mayo-junio, y de esta manera, continuar con la evaluación de los indicadores en los ballenatos de hasta los once meses de edad o los juveniles de un año. Respecto al análisis morfométrico, se propone analizar otras medidas o proporciones, como por ejemplo, la proporción del ancho de la aleta caudal de la cría respecto a su largo corporal (Best et al., 2015). O estudiar proporciones de mediciones alométricas de la cabeza de las crías, tomadas a partir de fotografías laterales a bordo, para evaluar los

cambios en la forma de la cabeza que ocurren en las crías a medida que crecen, como por ejemplo el aplanamiento del rostro (Hamilton y Martin, 1999; Sironi et al., 2005).

Los análisis realizados en este tipo de estudio podrían resultar enriquecidos con el uso de softwares especializados en morfometría geométrica que permitan caracterizar los cambios en la forma del cuerpo (cabeza y aleta caudal) de las crías en el tiempo, de manera más certera. Finalmente, actualizar los estudios sobre el comportamiento de las crías en las diferentes etapas etarias por las que transcurren en PV, como las que describen Thomas y Taber (1984) pero con las nuevas categorías etarias propuestas en el presente estudio, proporcionaría información sumamente relevante sobre las etapas de vida de las crías, de una manera integral al proceso de crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

“Todos nuestros sueños se pueden hacer realidad si tenemos el coraje de perseguirlos”
Walt Disney

A la Universidad Nacional de Córdoba, por brindarme el espacio, las aulas, los pasillos y patios que me permitieron desarrollarme no solamente en lo académico sino en lo personal y docente.

A la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, por la calidad docente que con su enseñar me mostraron su pasión por la biología que fue fuente de motivación para continuar por este camino.

A mis directores, por la oportunidad y confianza para realizar mi tesina de grado en uno de los animales que me parecen de lo más interesantes y representa un símbolo de la grandeza, la libertad y lo emocionante que es la naturaleza para mí.

A mi directora, la Dra. Carina Marón por la guía y acompañamiento continuo y constante a lo largo de este último tramo, realizando la tesina. Por su excelente persona que me aconsejó no solo para desarrollarme como futura profesional, sino también en lo personal.

A mi codirector, el Dr. Mariano Sironi, por brindarme su experiencia en el proceso de realizar este estudio, como también por su acompañamiento y guía.

A mis compañeros, que me acompañan desde el día uno como aquellos que conocí durante el transcurso de la carrera, por enriquecer la experiencia, por cada mate, historia y discusión sobre temas relacionados a la carrera o no, de los cuales aprendí y aprendo cada día.

A mis amigas, les agradezco por el grupo que construimos, necesario como apoyo para cada momento durante este camino que a veces se hacía difícil seguir, y que sin ustedes, hubiera costado el doble poder encontrar las fuerzas para seguir.

A mi familia, por el aguante, por dejarse contagiar por la emoción que encontré en la biología, por escuchar cada dato curioso que aprendía en cada clase o materia. Por entender las ausencias en alguna reunión o cumpleaños.

A mi mamá, mi papá y hermanas, por estar siempre presente, por apoyarme y empujarme en cada paso del camino, por recordarme mi amor y pasión por esta carrera. Por su confianza completa conmigo y el camino que elegí.

Por último, a la niña de enorme curiosidad, que veía documentales en la Encarta, en Discovery o National Geographic, y que estando observando los peces que criaba su padre, pregunto que tenía que ser o estudiar para poder estudiar a los peces, la vida en general y poder responderse todas las preguntas que se le aparecían en la cabeza. Que su madre le respondió que podía estudiar Biología para ser Bióloga. Gracias por no abandonar ese sueño y esforzarte cada día para cumplirlo, hoy lo logramos!

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRELO, M., C. F. MARÓN, F. G. DAURA-JORGE, V. J. ROWNTREE, M. SIRONI, P. S. HAMMOND, & P. C. SIMÕES-LOPES. (2023). Effect of Kelp Gull harassment on Southern Right Whale calf survival: A long-term capture–recapture analysis. *Biology Letters*, 19(6), 20230119.
- ARCOS DÍAS, J. (2021). Evaluación de la condición corporal de la ballena azul en el Golfo de California: Índices visual y fotogramétrico (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).
- BEST P. B. & H. RÜTHER. (1992). Aerial photogrammetry of southern right whales, *Eubalaena australis*. *Journal of Zoology*, 228(4), 595-614.
- BEST, P. B. (1994). Seasonality of reproduction and the length of gestation in southern right whales *Eubalaena australis*. *Journal of Zoology*, 232(2), 175-189.
- BEST, P. B., S. H. ELWEN, P. J. PALSBOÛLL, M. THORNTON, E. AUSTIN, & K. VINDING. (2015). Possible non-offspring nursing in the southern right whale, *Eubalaena australis*. *Journal of Mammalogy*, 96(2), 405-416.
- CÂMARA, N., E. SIERRA, A. FERNÁNDEZ, C. M. SUÁREZ-SANTANA, R. PUIG-LOZANO, M. ARBELO, & P. HERRÁEZ. (2019). Skeletal and cardiac rhabdomyolysis in a live-stranded neonatal Bryde's Whale with fetal distress. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 476.
- CHRISTIANSEN, F., A. M. DUJON, K. R. SPROGIS, J. P. ARNOULD, & L. BEDJER. (2016). Noninvasive unmanned aerial vehicle provides estimates of the energetic cost of reproduction in humpback whales. *Ecosphere*, 7(10), e01468.
- CHRISTIANSEN, F., F. VIVIER, C. CHARLTON, R. WARD, A. AMERSON, S. BURNELL, & L. BEJDER. (2018). Maternal body size and condition determine calf growth rates in southern right whales. *Marine Ecology Progress Series*, 592, 267-281.
- CHRISTIANSEN, F., M. SIRONI, M. J. MOORE, M. DI MARTINO, M. RICCIARDI, H. A. WARICK, & M. M. UHART. (2019). Estimating body mass of free-living whales using aerial photogrammetry and 3D volumetrics. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(12), 2034-2044.

- CHRISTIANSEN F., S. DAWSON, J. DURBAN, H. FEARNBACH, C. MILLER, L. BEDJER, M. UHART, M. SIRONI, & others. (2020). Population comparison of right whale body condition reveals poor state of the North Atlantic right whale. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 640: 1–16
- CHRISTIANSEN, F., F. RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, S. MARTÍNEZ-AGUILAR, J. URBÁN, S. SWARTZ, H. WARICK, & L. BEDJER. (2021). Poor body condition associated with an unusual mortality event in gray whales. *Marine Ecology Progress Series*, 658, 237-252.
- CHRISTIANSEN, F., M. M UHART, L. BEDJER, P. CLAPHAM, Y. IVASHCHENKO, D. TORMOSOV, N. LEWIN, & M. SIRONI. (2022). Fetal growth, birth size and energetic cost of gestation in southern right whales. *The Journal of Physiology*, 600 (9), 2245-2266.
- COOKE J. G., V. ROWNTREE, & R. PAYNE. (2003). Analysis of inter-annual variation in reproductive success of South Atlantic right whales (*Eubalaena australis*) from photo-identifications of calving females observed off Península Valdés, Argentina, during 1971–2000. SC/55/023, 16pp
- COOKE J.G., V. ROWNTREE, & M. SIRONI. (2013). Southwest Atlantic right whales: interim updated population assessment from photo-id collected at Península Valdés, Argentina. Unpublished paper SC/66a/BRG/23 presented to the IWC Scientific Committee, San Diego, USA.
- DI RIENZO J.A., F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA, C.W. ROBLEDO. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- FERNÁNDEZ AJÓ, A. A., K. E. HUNT, M. UHART, V. ROWNTREE, M. SIRONI, C. F. MARÓN, & C. L. BUCK. (2018). Lifetime glucocorticoid profiles in baleen of right whale calves: potential relationships to chronic stress of repeated wounding by Kelp Gulls. *Conservation Physiology*, 6(1), coy045.
- FOLEY, H. J., R. C. HOLT, R. E. HARDEE, P. B. NILSSON, K. A. JACKSON, A. J. READ, & W. A. MCLELLAN. (2011). Observations of a western North Atlantic

- right whale (*Eubalaena glacialis*) birth offshore of the protected southeast US critical habitat. *Marine Mammal Science*, 27(3), E234-E240.
- GEORGE, J. C., E. FOLLMANN, J. ZEH, M. SOUSA, R. TARPLEY, & R. SUYDAM. (2004). Inferences from bowhead whale ovarian and pregnancy data: age estimates, length at sexual maturity and ovulation rates. *International Whaling Commission Scientific Paper*, 56.
- HAMILTON, P. K. & S. M. MARTIN. (1999). A catalog of identified right whales from the western North Atlantic: 1935–1997. New England Aquarium, Boston, MA, 2110.
- HERMAN D.P., G. M. YLITALO, J. ROBBINS, J. M. STRALEY, & others. 2009. Age determination of humpback whales *Megaptera novaeangliae* through blubber fatty acid compositions of biopsy samples. *Mar Ecol Prog Ser* 392: 277–293, 2009
- International Whaling Commission. (2011). Report of the Southern Right Whale Die-Off Workshop *Journal of Cetacean Research and Management (Suppl)*: 367-398
- JONSGARD, A. 1969. Age determination of marine mammals. In *The biology of marine mammals*. Edited by S. H. Andersen. Academic Press, London. pp. 1-30.
- KALISZEWSKA, Z. A., J. O. N. SEGER, V. J. ROWNTREE, S. G. BARCO, R. BENEGAS, P. B. BEST, & T. K. YAMADA. (2005). Population histories of right whales (Cetacea: *Eubalaena*) inferred from mitochondrial sequence diversities and divergences of their whale lice (Amphipoda: *Cyamus*). *Molecular Ecology*, 14(11), 3439-3456.
- KLEVEZAL, G. (2017). *Recording structures of mammals*. Routledge.
- LECLAIR Jr, R., & J. CASTANET. (1987). A skeletochronological assessment of age and growth in the frog *Rana pipiens* Schreber (Amphibia, Anura) from southwestern Quebec. *Copeia*, 361-369.
- LOCKYER C. (1984). Age determination by means of the earplug in baleen whales. *Report of the International Whaling Commission*, 34, 692-696
- MAFFEI, L., & M. N. BECERRA. (2000). Técnica básica para determinar la edad en ungulados silvestres en base al análisis de dientes. *Ecología en Bolivia*, 34, 39-44.
- MARÓN, C. F., L. BELTRAMINO, M. DI MARTINO, A. CHIRIFE, J. SEGER, M. UHART, & V. J. ROWNTREE. (2015). Increased wounding of southern right whale

- (*Eubalaena australis*) calves by kelp gulls (*Larus dominicanus*) at Península Valdés, Argentina. PLoS One, 10(10).
- MARÓN, C. F., S. M. BUDGE, R. E. WARD, L. O. VALENZUELA, M. DI MARTINO, M. RICCIARDI, & V. J. ROWNTREE. (2020). Fatty acids and stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) in southern right whale *Eubalaena australis* calves in relation to age and mortality at Península Valdés, Argentina. Marine Ecology Progress Series, 646, 189-200.
- MCALOOSE, D., M. V. RAGO, M. DI MARTINO, A. CHIRIFE, S. H. OLSON, L. BELTRAMINO, & M. M. UHART. (2016). Post-mortem findings in southern right whales *Eubalaena australis* at Península Valdés, Argentina, 2003-2012. *Diseases of aquatic organisms*, 119(1), 17-36.
- MOORE, M. J., A. R. KNOWLTON, S. D. KRAUS, W. A. MCLELLAN, & R. K. BONDE. (2004). Morphometry, gross morphology and available histopathology in North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) mortalities (1970e2002). *J. Cetacean Res. Manage*, 6(3), 19.
- PAYNE, R., O. BRAZIER, E. M. DORSEY, J. S. PERKINS, V. J. ROWNTREE, & A. TITUS. (1983). External features in southern right whales, *Eubalaena australis*, and their use in identifying individuals: Communication and Behavior of Whales. *AAAS Selected Symposium*, Istedn.
- PAYNE, R. (1986). Long term behavioral studies of the southern right whale (*Eubalaena australis*). *Report of the International Whaling Commission*, 10, 161-167.
- PAYNE R., V. ROWNTREE, J. S. PERKINS, J. G. COOKE, & K. LANKASTER. (1990). Population size, trends and reproductive parameters of right whales (*Eubalaena australis*) off Peninsula Valdés, Argentina. *Rep. int. Whal. Commn*, 271-8.
- PFEIFFER, Carl J. Whale lice. En *Encyclopedia of marine mammals*. Academic Press, (2009). p. 1220-1223.
- PUIG, R., Y. BERNALDO DE QUIROS, J. DÍAZ-DELGADO, N. GARCÍA-ALVAREZ, E. SIERRA, J. DE LA FUENTE, & M. ARABELO. (2018).

- Retrospective study of foreign body-associated pathology in stranded cetaceans, Canary islands (2000–2015). *Environmental Pollution*.
- PURVES, P. E. (1955). The wax plug in the external auditory meatus of the Mysticeti. *Discovery Rep.* 27: 293-302.
- SIRONI M., S. D. KRAUS, E. V. NORGHEIM, V. J. ROWNTREE, & C. T. SNOWDON. (2005). Age estimation of North Atlantic Right Whales by allometric measurements on photographs. *J. CETACEAN RES. MANAGE*
- SLOOTEN, Elisabeth. (1991). Age, growth, and reproduction in Hector's dolphins. *Canadian Journal of Zoology*, vol. 69, no 6, p. 1689-1700.
- SUÁREZ, H. C., L. DURANDEU DE SAN GIL, R. SCHTEINBARG, C. F. MARÓN, & M. SIRONI. (2017). Conociendo a la Ballena Franca Austral. Cartilla Educativa. 3ra edición. Instituto de Conservación de Ballenas. 23 pp.
- RASBAND, WS, ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <https://imagej.nih.gov/ij>. 1997-2016.
- REEB, D., M. DUFFIELD, & P. B. BEST. (2005). Evidence of postnatal ecdysis in southern right whales, *Eubalaena australis*. *Journal of Mammalogy*, 86(1), 131-138.
- REIDENBERG J.S., & J. T LAITMAN. (2009). Cetacean Prenatal Development. *Encyclopedia of Marine Mammals*, 220–230. [doi:10.1016/b978-0-12-373553-9.00056-0](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-373553-9.00056-0)
- RODRÍGUEZ, A., V. VERDUGO, G. LOARTE, E. VILLAVICENCIO, & E. TORRACHI. (2020). Estimación de la edad cronológica en función de la mineralización del tercer molar inferior en población andina. *Revista Estomatológica Herediana*, 30(4), 272-277.
- ROUSSEL DE VAUZÈME, A. (1834). Mémoire sur le *Cyamus ceti* (Latr.) de la classe des Crustacés. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie*, 2e Série, 1, 239-265.
- ROWNTREE, V. J. (1996). Feeding, distribution, and reproductive behavior of cyamids (Crustacea: Amphipoda) living on humpback and right whales. *Canadian Journal of Zoology*, 74(1), 103-109.
- ROWNTREE, V.J., R.S. PAYNE, & D.M. SCHELL. (2001). Changing patterns of habitat use by southern right whales (*Eubalaena australis*) on their nursery ground at

- Península Valdés, Argentina, and in their long-range movements. *J. Cetacean Res. Manage*, 2, pp.133-143.
- WNTREE V. J. (2018). Callosities. In *Encyclopedia of Marine Mammals*, Third Edition ed Würsig B, Thewissen JGM, Kovacs KM), pp 157-158. Academic Press/Elsevier, San Diego, CA, USA ISBN: 978-0-12-804327-1
- RUUD, J. T. (1940). The surface structure of the baleen plates and their application to age determination. *Hvalradets Skr.* 29: 1-69
- TABER, S. & P. THOMAS. (1982). Calf development and mother-calf spatial relationships in southern right whale. *Anim. Behav.* 30:1072-83
- THOMAS, P. O., & S. M. TABER. (1984). Mother-infant interaction and behavioral development in southern right whales, *Eubalaena australis*. *Behaviour*, 88(1-2), 42-60.
- VALDECANTOS, S., F. LOBO, & V. MARTINEZ. (2007). Estimación de edades, tamaño corporal y adquisición de la madurez sexual en dos especies de *Liolaemus* (Iguania: Liolaemidae). *Cuadernos de herpetología*, 21.
- VALENZUELA L. O, M. SIRONI, J. SEGER, & V. J. ROWNTREE. (2011). Genetic population structure of Patagonian right whales and assessment of foraging strategies by stable isotope analysis (Vol. 11). Paper SC.
- WHITEHEAD H & R. PAYNE. (1981). New techniques for assessing populations of right whales without killing them. In: *Mammals in the seas*. FAO, Rome, p 189–209
- WOLFE, J. D., T. B. RYDER, & P. PYLE. (2010). Using molt cycles to categorize the age of tropical birds: an integrative new system. *Journal of Field Ornithology*, 81(2), 186-194.
- ZANI, M. A., J. K. TAYLOR, S. D. TAYLOR, & S. D. KRAUS. (2008). Observation of a right whale (*Eubalaena glacialis*) birth in the coastal waters of the southeast United States. *Aquatic Mammals*, 34(1), 21.
- ZERBINI A. N., H. ROSENBAUM, M. A. R. T. I. N. MENDEZ, F. SUCUNZA, A. ANDRIOLO, G. U. I. L. L. E. R. M. O. HARRIS, & A. F. AJÓ. (2016). Tracking southern right whales through the southwest Atlantic: An update on movements, migratory routes and feeding grounds. Committee of the International Whaling Commission SC66b, Bled, Slovenia. SC/66b/BRG26.

ANEXO

Tabla S1. Categorías de edad basadas en características morfológicas de crías muertas de ballena franca austral en Península Valdés. Extraído de McAloose et al. (2016).

Age class and estimated age	Body length (m)	Umbilicus	Snout to blowhole (% body length)	Morphologic features	Cyamids
Fetus (≤0 d)	<5	Open	<16	Lung sinks Smooth callosities	None
Calf Newborn (1 d)	<5	Open	15–16	Lung floats Rounded rostral islands w/central sensory hair High rounded blowhole region Upturned rostrum Smooth callosities	None
Newborn–neonate (1 d–2 wk) ^a	<5	Not visible	15–16	Lung floats Rounded rostral islands w/central sensory hair High rounded blowhole region Upturned rostrum Smooth callosities	Orange (few) On cheeks
Neonate (<2 wk)	<5	Healing	15–16	Lung floats Smooth callosities	Orange (few) On cheeks
Young calf (1–2 mo)	5–7	Healed	15–16	Lung floats Slightly roughened callosities	Orange On cheeks
Old calf (4–6 mo)	7–9	Healed	15–16	Lung floats Roughened callosities	White On callosities
Juvenile (6 mo–5 yr)	9–12	Healed	17–19	Lung floats Roughened callosities	White On callosities
Adult (>5 yr)	>12	Healed	>20	Lung floats Roughened callosities	White On callosities

^aLength and head features consistent with newborn or neonate, but differentiation not established due to body position (could not see umbilicus)

Tabla S2. Categorización resultante según el color de cada una de los tres tipos de callosidades del rostro analizadas.

Categorización resultante	Color de la 1ra callosidad	Color de la 2da callosidad	Color de la 3ra callosidad
Gris intenso	Gris oscuro	Gris oscuro	Gris oscuro
30% gris	Gris (claro u oscuro) Gris-blanco	Blanco Gris-blanco	Blanco Blanco
60% gris	Gris (claro u oscuro) Gris-blanco	Gris (claro u oscuro) Gris-blanco	Blanco Gris
90% gris	Gris (claro u oscuro) Gris-blanco	Gris (claro u oscuro) Gris (claro u oscuro)	Gris (claro u oscuro) Gris (claro u oscuro)
Blanco	Blanco Gris-blanco	Blanco Blanco	Blanco Blanco

Tabla S3. Regresiones lineales evaluadas para establecer categorías etarias. Las categorías LR se basaron en el LR obtenido de los datos proporcionados por F. Christiansen, tomando de referencia las tallas establecidas por Taber y Thomas (1982), con modificaciones descritas en la sección 2.4.

y= Categoría LR			y= Categoría EED		
$x_1= \text{EED}$ $x_2= \text{LR}$	$x= \text{EED}$	$x= \text{LR}$	$x_1= \text{EED}$ $x_2= \text{LR}$	$x= \text{EED}$	$x= \text{LR}$
$R^2=0.80;$ $p_1=0.84$ $p_2<0,01$	$R^2=0.79;$ $p<0.01$	$R^2=0.80;$ $p<0,01$	$R^2= 0.61;$ $p_1<0.01$ $p_2=0.54$	$R^2= 0.61;$ $p<0.01$	$R^2= 0.60;$ $p<0.01$

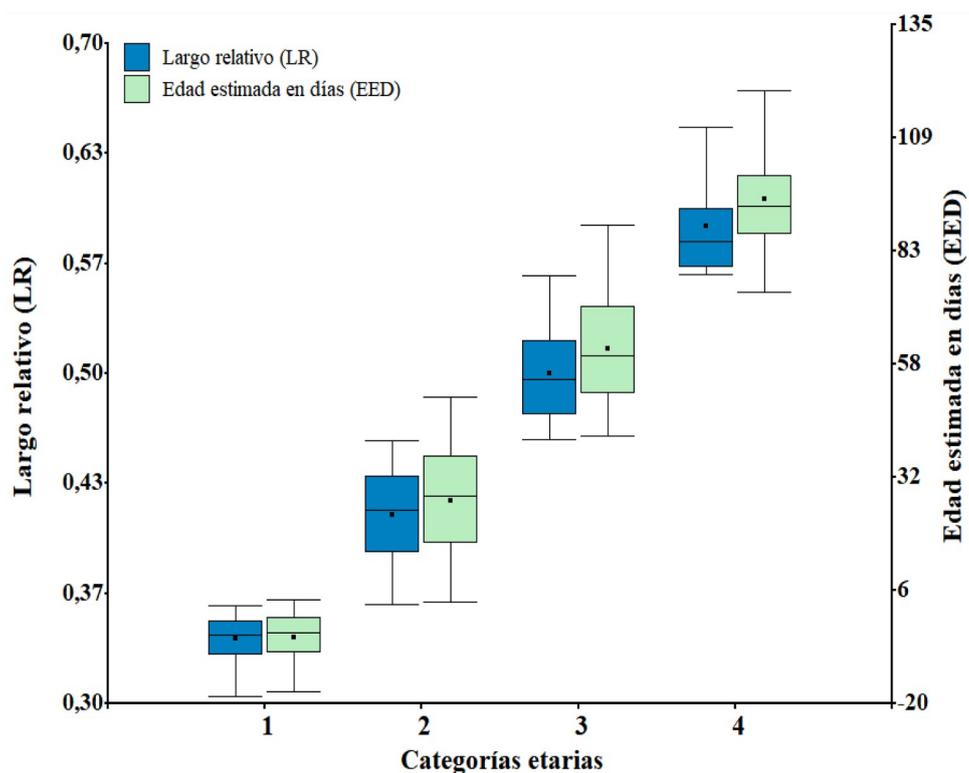


Figura S1. Box-plot que muestra la proporción del largo relativo (LR, azul), y la edad estimada en días (EED, verde) en relación a las categorías etarias propuestas. Categoría 1 ($n_1=44$), categoría 2 ($n_2=368$), categoría 3 ($n_3=316$), categoría 4 ($n_4=32$).

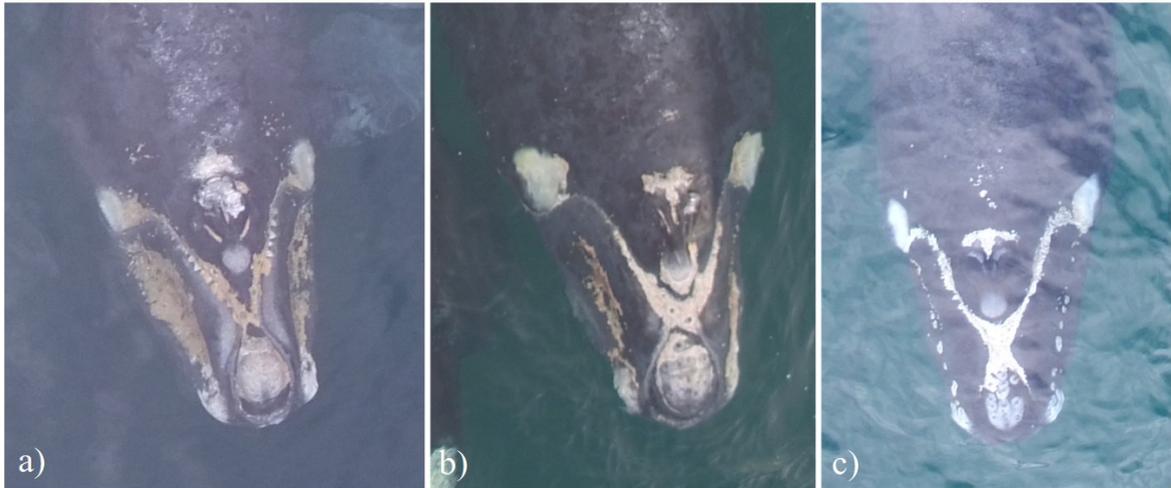


Figura S2. Fotografías de crías de BFA que poseen parches de ciámidos de distintos color en la cabeza. a) parches naranjas (*C. erraticus* en rostro y mejillas). b) parche anaranjado, mezcla de ciámidos naranjas y blancos (*C. ovalis* y *C. gracilis*) en el rostro; y parche naranja en mejilla. c) parche blanco en rostro. En la fotografía c) el brillo resalta el color blanco del parche. Créditos: Fredrik Christiansen y Nicolás Lewin.

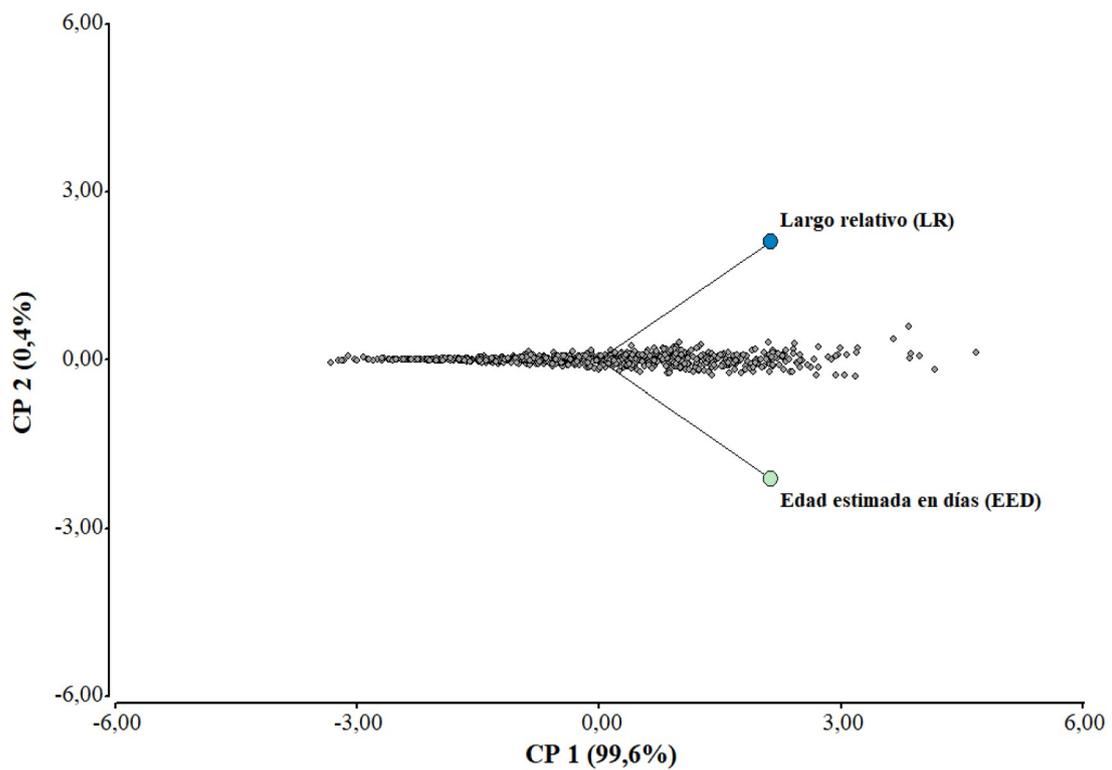


Figura S3. Análisis de componentes principales (ACP) de registros de 521 crías tomando como variables el largo relativo (LR) y la edad estimada en días (EED). Los resultados muestran que los componentes 1 (99,6 %) y 2 (0,04 %) explican el 71% de la varianza total y la contribución de cada variable en el componente 1 fue de -71% para LR y 71% para EED. Se observa un patrón continuo de distribución sin distinción de grupos o categorías de edad. Se consideraron todos los registros fotográficos de cada cría (n=760).

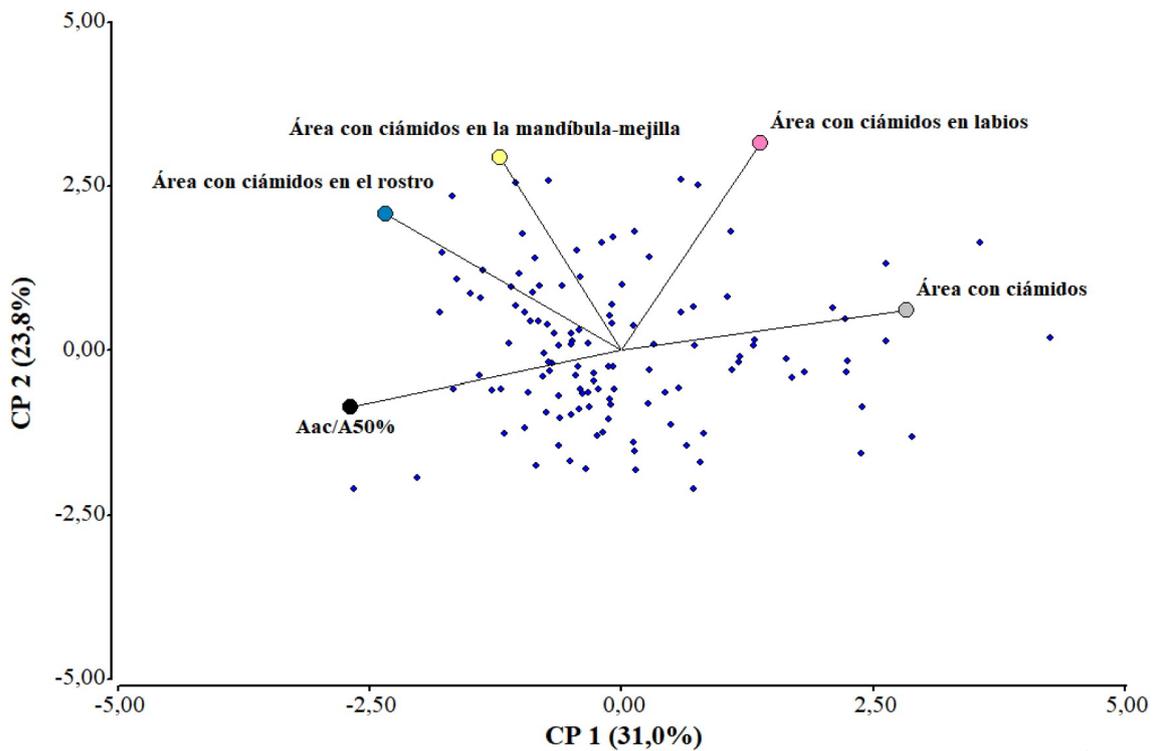


Figura S4. Análisis de componentes principales (ACP) según diferentes variables cuantitativas. Área con ciámidos en labios (circulo rosa); Área con ciámidos en rostro (circulo azul); Área con ciámidos en la mandíbula-mejilla (circulo amarillo); Área con ecdisis (circulo gris); Proporción entre el ancho de la aleta caudal y el ancho de la mitad del cuerpo ($A_{ac}/A_{50\%}$; circulo negro). Los resultados del ACP muestran que el componente 1 explica el 31.0% de la varianza total, en tanto que el componente 2 explica el 23.8%. La contribución de cada variable en el componente 1 fue: área con ecdisis (57.4%), $A_{ac}/A_{50\%}$ (-54.9%), área con ciámidos en los labios (28.1%), área con ciámidos en la mandíbula-mejilla (-24.6%) y área con ciámidos en el rostro (-47.7%). No se distinguen claramente grupos o categorías de edad. Se consideraron las crías en las cuales se midieron todas las variables cuantitativas descriptas en esta figura, $n=120$ (102 crías de 2018).