

ENTSCHLÜSSELUNG DER POPULATIONSGRÖSSE UND DES FUTTERVERHALTENS DER CHILENISCHEN HUMBOLDTPINGUINE

ABSCHLUSSBERICHT DES PROJEKTES



ALEJANDRO SIMEONE (1), GUILLERMO LUNA-JORQUERA (2), URSULA ELLENBERG (3,4) UND THOMAS MATTERN (4,5)

1 Abteilung für Ökologie und Biodiversität, Fakultät für Biowissenschaften, Universidad Andrés Bello. Santiago, Chile.

2 Abteilung für Meeresbiologie, Fakultät für Meereswissenschaften, Universidad Católica del Norte. Coquimbo, Chile.

3 Fachbereich Meereswissenschaften, Universität von Otago, Dunedin, Neuseeland.

4 Global Penguin Society, Puerto Madryn, Chubut, Argentinien.

5 Fachbereich Zoologie, Universität von Otago, Dunedin, Neuseeland.

SANTIAGO, CHILE

JUNI 2023

Forschungseinrichtungen



Finanzielle Unterstützung



Artenschutzstiftung
Zoo Karlsruhe



INHALT	Seite
Zusammenfassung	4
Präsentation	5
Teil 1: Schätzung der Größe der Brutpopulation des Humboldt-Pinguins in Chile	
Methoden	7
Ergebnisse	17
Diskussion	18
Teil 2: Nestüberwachung und Bruterfolg von Humboldt-Pinguinen auf den Inseln Chañaral und Choros	
Methoden	22
Ergebnisse	
• Chañaral 2021-2022	23
• Chañaral 2022-2023	24
• Choros 2021-2022	25
• Choros 2022-2023	26
Teil 3: Futtersuchverhalten von Humboldt-Pinguinen auf der Insel Choros Winter 2022 Feldarbeit	
• Methoden	28
• GPS Logger Einsätze	29
• Ergebnisse	32
Frühling 2022 Feldarbeit	
• Methoden	37
• GPS Logger und PenguCam Einsätze	39
• Ergebnisse	41
• Verlust eines GPS-Geräts durch einen Vogel	44
zukünftige Forschung und Herausforderungen	46
weitere Ergebnisse des Projekts	
- Präsentationen auf wissenschaftlichen Tagungen	47
• Forschungsthemen	48
Forschungsgenehmigungen	49
Danksagung	50
zitierte Literatur	51



ZUSAMMENFASSUNG

Wir präsentieren die Ergebnisse des Forschungsprojekts "Ermittlung der Population und des Nahrungssuchverhaltens von Humboldt-Pinguinen in Chile". Während der Brutsaisons 2021-2022 und 2022-2023 (Oktober bis Dezember) untersuchten wir die Brutpopulation des Humboldt-Pinguins (*Spheniscus humboldti*) auf 10 Inseln entlang der Küste von Nord-Zentral-Chile. Die Inseln unterscheiden sich stark in ihrer Fläche, von 3 ha (Islote Pájaro Niño) bis zu 516 ha (Chañaral), und in der Population, von 35 Brutpaaren (Islote Ramadas) bis zu 729 Brutpaaren (Isla Cachagua). Die Gesamtpopulation wurde auf 2.511 Brutpaare geschätzt.

Während der Saison 2021-2022 konnten wir die Brutzeit der Humboldt-Pinguine auf den Inseln Chañaral und Choros von November bis Februar kontinuierlich überwachen. Bei 40 überwachten Nestern auf Chañaral Insel haben wir eine Schlupferfolgsrate von 0,76 und eine Brut-Erfolgsrate von 1,03 flügge gewordenen Jungtieren pro Nest festgestellt. Auf Choros betrug diese Werte jeweils 0,86 und 1,43. Aufgrund externer administrativer Probleme (Streik des CONAF-Personals) und des späteren Ausbruchs der Vogelgrippe in der Untersuchungsregion konnten wir für die Saison 2022-2023 nur die Schlupferfolgsrate für beide Kolonien ermitteln: 0,21 für Chañaral und 0,91 für Choros. Da die Überwachung im Dezember 2022 und Januar 2023 unterbrochen wurde, war es nicht möglich, den Brut-Erfolg in beiden Kolonien festzustellen.

Zwischen dem 14. und 21. Juni 2022 führten wir die erste Tracking-Studie an Humboldt-Pinguinen auf Choros mit Hilfe von GPS-Tauchloggern durch. Insgesamt wurden 12 Vögel auf Küken mit Geräten ausgestattet, die im Durchschnitt 4-7 Tage lang auf den Vögeln belassen wurden. Bei insgesamt 10 Einsätzen wurden Daten gewonnen; zwei Geräte konnten nicht geborgen werden. Während dieser Winterbrutsaison entfernten die Vögel sich nicht weiter 20 km von ihren Nistplätzen und führten etwa 390 Tauchgänge pro Jagdtrip durch; solche Trips dauerten im Schnitt 16 Stunden. Es zeichnete sich ein Muster ab, das darauf hindeutete, dass Pinguine, die auf der westlichen Seite der Insel brüteten, hauptsächlich nach Südwesten und damit pelagisch auf Nahrungssuche gingen. Pinguine von der östlichen Küste neigten dazu, in Küstennähe des Festlandes nach Nahrung zu suchen. Dieses Muster wurde während der Sommerbrutzeit (25. November bis 17. Dezember 2022) mit weiteren 13 GPS-Loggern und 6 zusätzlichen PenguCam-Kamera-Loggern weiter untersucht. Die daraus resultierenden Daten zur Nahrungssuche zeigten, dass das Gebiet im Südwesten ein wichtiger Ort zur Nahrungssuche für brütende Pinguine ist, betonten jedoch auch, dass die Nahrungssuche entlang der Festlandküste in Richtung Südwesten ebenso wichtig ist, wobei die Pinguine nahezu das Gebiet der aktuell geplanten Minenhafen erreichten. Die PenguCam-Einsätze lieferten neue Einblicke in das Nahrungssuchverhalten, einschließlich kooperativer Nahrungssuche in großen Gruppen (50+) von Pinguinen.

PRÄSENTATION

Im Jahr 2021 haben wir mit Sphenisco e.V. kooperiert, um den vorrangigen Forschungs- und Erhaltungsbedarf für den bedrohten Humboldt-Pinguin in Chile zu ermitteln. Nach einer sorgfältigen Prüfung haben wir drei Hauptthemen identifiziert, zu denen dringend Forschung betrieben werden muss, um zuverlässige und aktuelle Informationen für Erhaltungs- und Managementzwecke bereitzustellen. Wir waren uns einig, dass die Schätzung der Größe der Brutpopulation, des Bruterfolgs und des Futtersuchverhaltens in Anbetracht des Szenarios, mit dem der Humboldt-Pinguin zu dieser Zeit konfrontiert war, von zentraler Bedeutung war. Dieses Szenario war alles andere als günstig für die Art, und zu den Bedrohungen gehörten sowohl direkte als auch indirekte Interaktionen mit der Fischerei und der potenzielle Bau von Hafen- und Bergbauanlagen in der Nähe wichtiger Brut- und Futtergebiete der Pinguine. All diese Bedrohungen führten (und führen immer noch) zusammen mit anderen anthropogenen Aktivitäten zu einem anhaltenden, rapiden Rückgang der Humboldt-Pinguine (Birdlife International 2020).

Die Durchführung eines Projekts mit derartigen geografischen, logistischen und technologischen Anforderungen erforderte eine strategische Allianz mit einschlägigen Forschungspartnern. So kam es, dass wir unser Fachwissen mit Guillermo Luna-Jorquera von der Universidad Católica del Norte (Coquimbo, Chile) und Ursula Ellenberg und Thomas Mattern, beide von der University of Otago (Dunedin, Neuseeland), zusammenführten. In den folgenden Kapiteln stellen wir Ihnen die wichtigsten Ergebnisse der von unseren Teams durchgeführten Forschung vor und erläutern, wie diese neuen Informationen Lücken in unserem Wissen über die Humboldt-Pinguine schließen und hinsichtlich des Erhaltungsbedarf dieser Art füllen.

Über unsere ursprünglichen Ziele bei der Planung dieses Projekts hinaus werden unsere Daten nützlich sein, um zwei unerwartete Umweltsituationen anzugehen, die sich in den letzten Monaten im südöstlichen Pazifik entwickelt haben: die rasche Ausbreitung der Vogelgrippe und ein neues El Niño-Ereignis. Unsere Daten werden als Grundlage dienen, um zu verstehen, wie sich diese kombinierten Faktoren auf die Populationsgröße, den Bruterfolg und das Nahrungsverhalten auswirken.

Große Unternehmen wie dieses Projekt beginnen normalerweise mit großen Träumen. Und wir danken Gabriele Knauf (1954-2023), der Gründerin und langjährigen Vorsitzenden von Sphenisco, für die Anregung und Unterstützung dieses Traums. Ihr Enthusiasmus, ihre Beharrlichkeit und ihr persönliches Engagement für die Erforschung und den Schutz des Humboldt-Pinguins waren stets ein entscheidender Faktor für den Erfolg dieses und vieler anderer Projekte in Chile und Peru. Wir widmen die Ergebnisse dieses Projekts und ihre zukünftige Anwendung ihrem Andenken.

Alejandro Simeone
Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile
Projektleiter

TEIL 1 - Schätzung der Größe der Brutpopulation des Humboldt-Pinguins in Chile

AUTOREN

ALEJANDRO SIMEONE, PAULINA ARCE, MAXIMILIANO DAIGRE, URSULA ELLENBERG UND
THOMAS MATTERN, MAXIMILIANO DAIGRE



MAXIMILIANO DAIGRE ©

METHODEN

Um die Größe der Brutpopulation der Humboldt-Pinguine in Chile zu schätzen, haben wir zwischen Oktober und Dezember 2021 und Oktober und Dezember 2022 insgesamt zehn Inseln besucht, was mit der Brutzeit der Art im Frühjahr zusammenfällt (Simeone et al. 2002). Die Zählung umfasste die wichtigsten Humboldt-Pinguin-Kolonien zwischen Pan de Azúcar (26°S) und Cachagua (32°S), was ca. 700 km Küstenlinie umfasst (Abbildung 1).

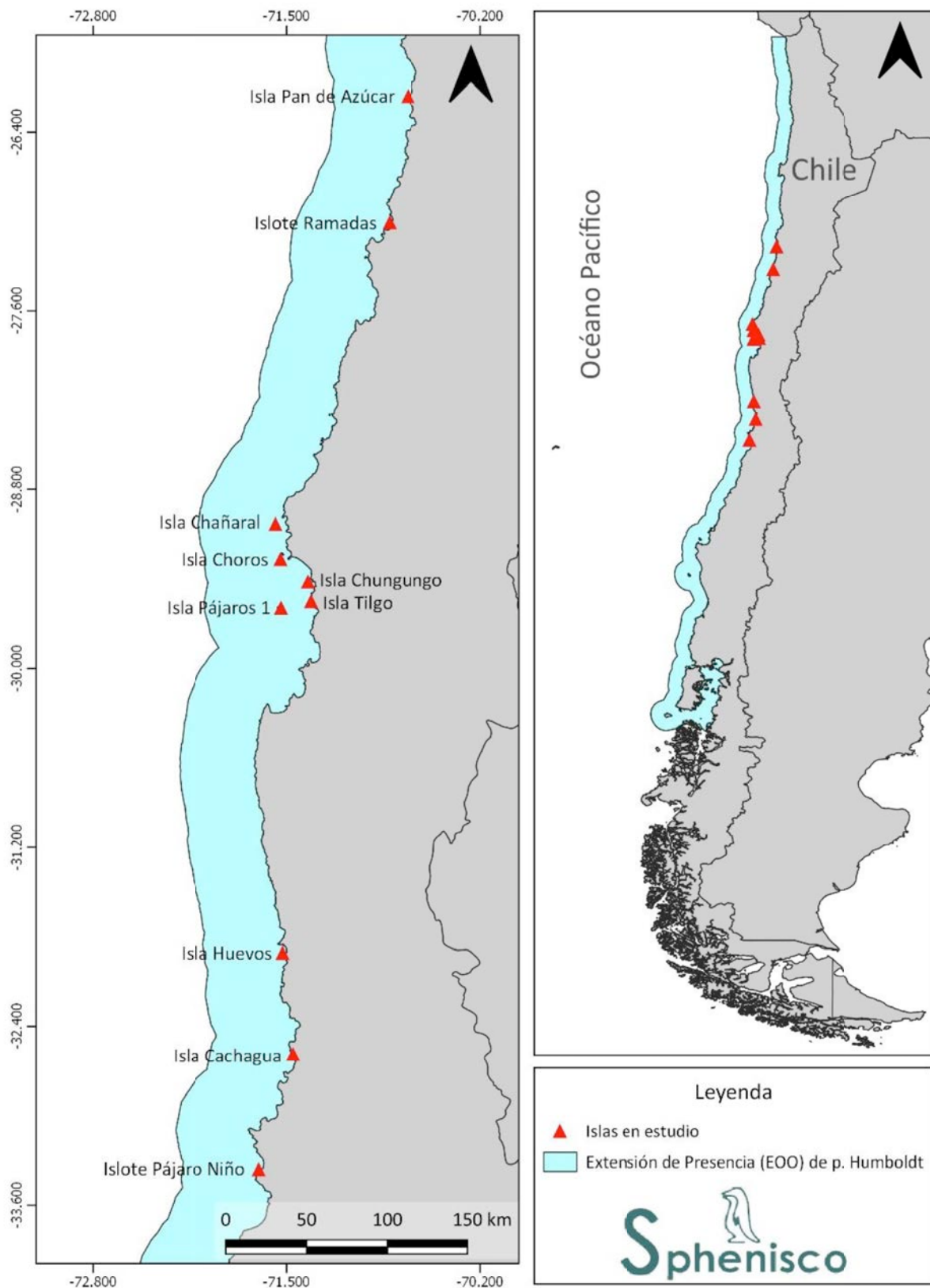


Abbildung 1

Studiengbiet mit den 10 Inseln (rote Dreiecke), auf denen die Brutpopulation des Humboldt-Pinguins untersucht wurde. Der hellblaue Bereich stellt das Ausmaß des Vorkommens (EOO) der Art in Chile dar.

Alle Inseln wurden mit dem Boot erreicht (Abbildung 2), mit Ausnahme von Pájaro Niño, die durch eine Wellenbrecher-Mauer mit dem Festland verbunden ist und daher zu Fuß erreicht werden kann. Alle Boote wurden von einheimischen Fischern oder örtlichen Reiseveranstaltern gemietet. Da alle Inseln unbewohnt sind und über keine Wasserquellen verfügen, errichteten wir an jedem Standort ein Lager mit allen notwendigen Vorräten und Einrichtungen für die Durchführung der Studie (Abbildung 3). Je nach Größe der Insel blieben die Arbeitsteams zwischen 2 und 4 Tagen auf jeder Insel, um die Zählung durchzuführen



Abbildung 2

Die verschiedenen Bilder zeigen den Zugang mit dem Boot zu oder von den untersuchten Inseln. In D tragen die Forscher ihre Masken während der COVID-Pandemie (November 2021).



Abbildung 3

Die verschiedenen Bilder zeigen unsere Lagerstationen und Einrichtungen auf den untersuchten Inseln, darunter Zelte (A, D, G), Lagereinrichtungen (C, E, F), Solarzellen (B) zum Aufladen elektronischer Geräte (H).

In jeder Kolonie führten wir eine Zählung der Brutpopulation durch, indem wir die aktiven Nester zählten. Ein aktives Nest ist definiert als ein substantielles oder gut gebautes Nest, das Eier und Küken aufnehmen kann und von mindestens einem erwachsenen Vogel besetzt ist (nach Bibby et al. 2000; Abbildung 4). Aktive Nester ermöglichen die Schätzung der Anzahl geschlechtsreifer Individuen, d. h. von Individuen, von denen man weiß, schätzt oder auf die man schließen kann, dass sie fortpflanzungsfähig sind (IUCN 2022). Jedes aktive Nest steht für zwei (ein Paar) reife Individuen. Dieses Konzept ist für die Erhaltungsbiologie von Bedeutung, da die IUCN die Populationsgröße eines Taxons nur anhand der Anzahl der geschlechtsreifen Individuen misst (IUCN 2022).

Darüber hinaus haben wir auch inaktive Nester gezählt, d. h. Nester, die zum Zeitpunkt der Erhebung unbesetzt waren, aber deutliche Anzeichen einer früheren Besetzung aufwiesen. Diese Nester enthielten Nistmaterial (meist Vegetation, Federn, Zweige, Knochen), Trockenkot und/oder verlassene Eier (Abbildung 5).



Abbildung 4

Beispiele aktiver Nester, die ein adultes Tier mit Küken (A, C), ein Paar adulter Tiere (B) und ein adultes Tier mit Eiern (D) zeigen.

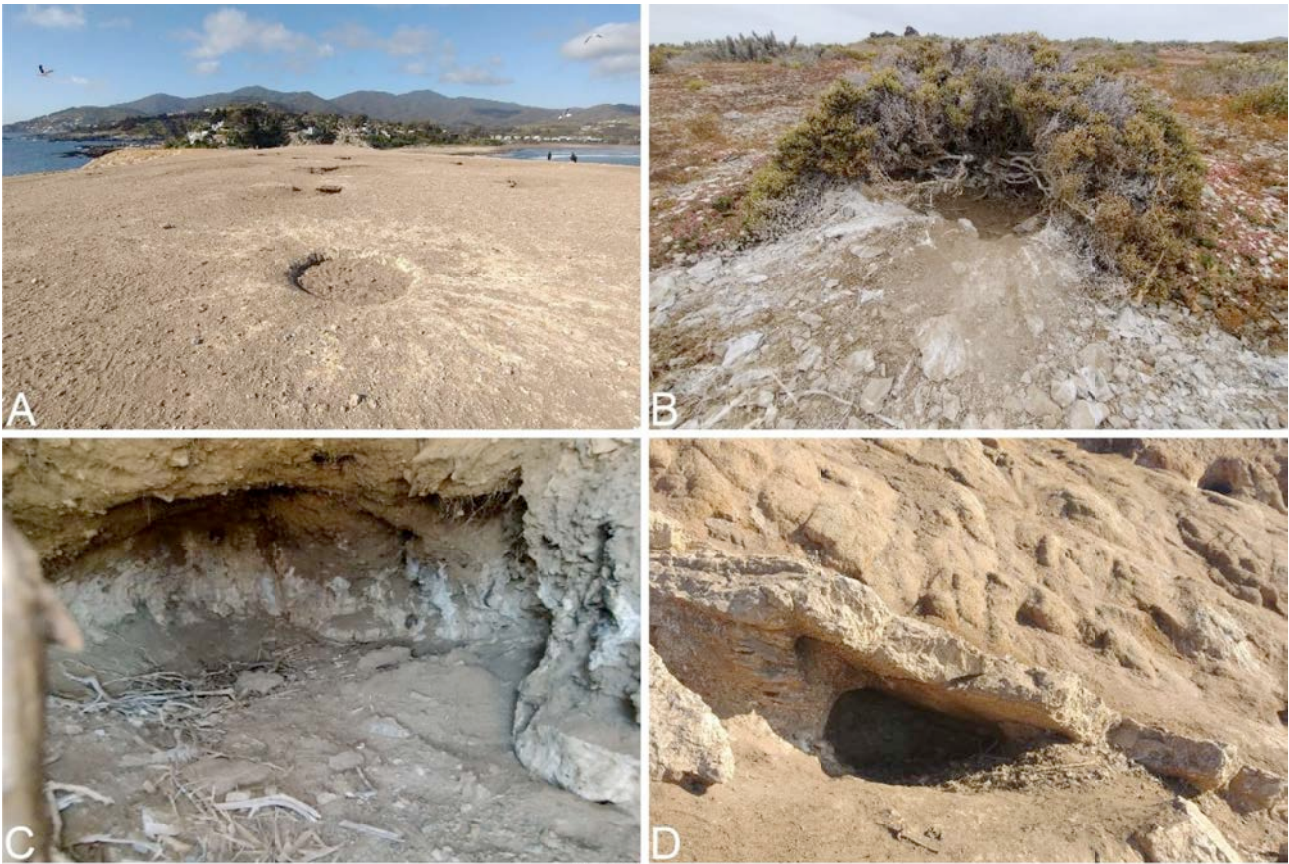


Abbildung 5

Beispiele für inaktive Nester.

Wir suchten nach einzelnen, auf der Insel verstreuten Nestern und überprüften sie visuell auf ihren Inhalt (Erwachsene, Eier, Küken und deren Kombinationen). Die Beobachter gingen entlang eines Transekts in Abständen von jeweils ca. 50 m auf der Suche nach Nestern, ausgerüstet mit einem GPS-Gerät, um die Strecke in einer Richtung aufzuzeichnen und Doppelzählungen auf dem Rückweg zu minimieren (Abbildung 6).



Abbildung 6

Fotos von Mitgliedern des Forschungsteams, die auf den untersuchten Inseln nach Pinguinnestern suchen.

Auf der Grundlage von Satellitenbildern (Google Earth Pro) schätzten wir die ungefähre Fläche, die von unserem Team abgedeckt wurde, und extrapolierten die Zählung linear auf 100 % der Inseloberfläche, um eine Gesamtschätzung der Brutpopulation von Humboldt-Pinguinen in dieser spezifischen Kolonie zu erhalten. Diese Methode ist nicht ganz genau, da sie davon ausgeht, dass die Pinguine gleichmäßig auf der Insel nisten (während Pinguine in der Regel eher in Klumpen nisten). Um diesen Fehler zu verringern, haben wir immer versucht, die größtmögliche Inselfläche abzudecken und so die verbleibende Fläche zu reduzieren, auf die die Gesamtzahl der Nester extrapoliert wurde.

Anhand der Zählungen der aktiven und inaktiven Nester wurde für jede Kolonie ein Quotient zwischen beiden Nestern berechnet. Dieser Index liefert wertvolle Informationen, da er es ermöglicht, den Anteil der in der Kolonie vorhandenen Nester zu ermitteln, der zum Zeitpunkt der Erhebung genutzt wird. Je nach Abdeckung und Material, mit dem die Nester gebaut wurden, wurden die Nester in eine der folgenden acht Kategorien eingeteilt (Abbildung 7):

- a. **Erdhöhle (CT):** von den Pinguinen in den Boden gegrabenes Nest in Form einer Höhle, in der Regel bis zu 2 m tief.
- b. **Felsspalte (CU):** Nest in einer natürlichen Felsspalte, die nicht vom Pinguin gegraben wurde.
- c. **Seehöhlen (CA):** in der Regel mehrere offene Nester in einer großen Seehöhle, die an die Küstenlinie angrenzt oder sich in deren Nähe befindet.
- d. **Felsbedeckt (CR):** Nest, das (von oben) durch Felsen geschützt ist.
- e. **Felsengeschützt (PR):** Nest, das (von den Seiten, nicht von oben) durch Felsen geschützt ist.
- f. **Vegetationsbedeckt (CV):** Nest, das (von oben) durch Vegetation geschützt ist, in der Regel durch Kakteen oder Sträucher.
- g. **Vegetationsgeschützt (PV):** Nest, das (von den Seiten, nicht von oben) durch Vegetation geschützt ist, in der Regel durch Kakteen oder Sträucher.
- h. **Freiliegend (EX):** Das Nest ist nur eine Schramme im Boden ohne Abdeckung oder Schutz.



Abbildung 7

Die Bilder zeigen die verschiedenen Nisttypen, die auf den untersuchten Inseln gefunden wurden: A) Erdhöhle, B) Felsspalte, C) Seehöhle, D) felsbedeckt, E) felsgeschützt, F) vegetationsbedeckt, G) vegetationsgeschützt, H) ausgesetzt.

ERGEBNISSE

Wir untersuchten insgesamt 10 Inseln, auf denen Humboldt-Pinguine brüten, von der Insel Pan de Azúcar bis zur Insel Pájaro Niño (Tabelle 1). Innerhalb dieses Bereichs befand sich die kleinste Population auf der Insel Huevos und die größte auf der Insel Cachagua. Die Gesamtbrutpopulation auf den 10 Inseln wurde auf 2.511 Paare (=aktive Nester) geschätzt, was etwas mehr als 5.000 geschlechtsreifen Individuen entspricht (Tabelle 1). Auf den meisten der untersuchten Inseln (7 von 10) war die Zahl der inaktiven Nester größer als die der aktiven. Das bedeutet, dass auf diesen Inseln weitaus mehr Nester vorhanden sind, als von den Pinguinen genutzt werden. Zwei Inseln (Pájaros und Pájaro Niño) wiesen ebenso viele aktive wie inaktive Nester auf, und auf einer Insel (Cachagua) war die Zahl der aktiven Nester im Vergleich zu den inaktiven mehr als doppelt so hoch. Pan de Azúcar und Chañaral wiesen das geringste Verhältnis von aktiven zu inaktiven Nestern auf.

Tabelle 1. In dieser Studie berücksichtigte Humboldt-Pinguin-Kolonien und die Größe ihrer Brutpopulationen, Nord-Zentral-Chile (26°-33°S).

Kolonie	Standort	Fläche (ha)	Datum Zählung	Anz. aktiver Nester
Isla Pan de Azúcar	26° 09' S; 70° 41' W	103	29-30/10/2021	162
Islote Ramadas	27° 00' S; 70° 48' W	14	27/10/2021	35
Isla Chañaral	29° 02' S; 71° 34' W	516	30/11-02/12/2021	161
Isla Choros	29° 16' S; 71° 32' W	301	04-06/12/2021	381
Isla Chungungo	29° 24' S; 71° 21' W	15	18/12/2022	65
Isla Tilgo	29° 32' S; 71° 20' W	45	03-04/11/2021	571
Isla Pájaros 1	29° 35' S; 71° 32' W	124	14-15/12/2022	335
Isla Huevos	31° 54' S; 71° 31' W	9	20/12/2022	10
Isla Cachagua	32° 35' S; 71° 27' W	5	24/10/2022	729
Islote Pájaro Niño	33° 21' S; 71° 41' W	3	07/10/2022	62
Total				2.511

DISKUSSION

Wenn man die in der vorliegenden Studie ermittelten Zahlen zur Größe der Brutpopulation von Humboldt-Pinguinen mit den früheren vergleichbaren Daten von Simeone et al. (2018) aus dem Frühjahr 2017 vergleicht, wird ein deutlicher Rückgang von fast 50 % innerhalb eines Zeitraums von 4 Jahren beobachtet (Tabelle 3). Besonders stark scheinen die Rückgänge bei der Brutpopulation auf den Inseln Chañaral und Choros zu sein, die durchschnittlich 85 % betragen. Wir vermuten jedoch, dass diese offensichtlichen Rückgänge wahrscheinlich eher auf methodische Gründe zurückzuführen sind, als dass sie einen echten Rückgang der Brutpopulation darstellen.

Tabelle 3. Vergleich der in der vorliegenden Studie ermittelten Größe der Brutpopulation von Humboldt-Pinguinen (2021-2022) mit der von Simeone et al. (2018) für 2017 gemeldeten.

Kolonie	Standort	Fläche (ha)	aktuelle Studie	Simeone et al. (2018)
Isla Pan de Azúcar	26° 09' S; 70° 41' W	103	162	75
Islote Ramadas	27° 00' S; 70° 48' W	14	35	4
Isla Chañaral	29° 02' S; 71° 34' W	516	161	1.045
Isla Choros	29° 16' S; 71° 32' W	301	381	2.859
Isla Chungungo	29° 24' S; 71° 21' W	15	65	22
Isla Tilgo	29° 32' S; 71° 20' W	45	571	97
Isla Pájaros 1	29° 35' S; 71° 32' W	124	335	33
Isla Huevos	31° 54' S; 71° 31' W	9	10	16
Isla Cachagua	32° 35' S; 71° 27' W	5	729	456
Islote Pájaro Niño	33° 21' S; 71° 41' W	3	62	25
		Total	2.511	4.632

Die in der vorliegenden Studie angewandte Methodik und die von Simeone et al. (2018) verwendete Methodik sind insofern vergleichbar, als beide auf der Zählung aktiver Nester beruhen (wie in Seite 11 der vorliegenden Studie definiert), unterscheiden sich jedoch insofern, als Simeone et al. (2018) die Methodik des Distance Sampling (Buckland et al. 1993, Thomas et al. 2010) verwendeten, um die Brutpopulation in Chañaral und Choros zu schätzen. Dies sind die Standorte, die die größten Unterschiede in der Populationsgröße aufweisen (siehe Tabelle 3). Obwohl in den Ergebnissen nicht dargestellt, haben wir während der Saison 2021-2022 gleichzeitig Zählungen aktiver Nester durchgeführt, wobei wir sowohl das Distance Sampling als auch die "traditionelle Methode" angewandt haben (wie auf den Seiten 11-13 der vorliegenden Studie beschrieben). Die mit den beiden Methoden erzielten Ergebnisse unterschieden sich drastisch, wobei die mit Distance Sampling erzielten Ergebnisse bis zu 6-8 Mal höher waren als die mit der "traditionellen Methode" erzielten.

Obwohl die Entfernungsmessung es ermöglicht, die in der Kolonie verbrachte Zeit erheblich zu reduzieren und die Störung der brütenden Vögel zu verringern, halten wir es für wahrscheinlich, dass die von Simeone et al. (2018) ermittelten Zahlen die Anzahl der Brutpaare in Chañaral und Choros im Jahr 2017 überschätzt haben. Eine weitere Kalibrierung des Distance Sampling ist erforderlich, wenn es für die Bestimmung der Brutpopulation der Humboldt-Pinguine eingesetzt werden soll.

In einer neueren Studie schätzten Vargas-Rodríguez et al. (2022) die durchschnittliche Anzahl geschlechtsreifer Individuen für die Insel Choros zwischen 2015 und 2019 auf etwa 1.110 (555 Paare), eine Zahl, die mit den in der vorliegenden Studie berichteten Zahlen weitaus eher übereinstimmt als mit den von Simeone et al. (2018) berichteten (siehe Tabelle 3 zum Vergleich). Vargas-Rodríguez et al. (2022) geben außerdem an, dass die Unterschiede zwischen den in ihrer Studie ermittelten und den von Simeone et al. (2018) berichteten Populationsgrößen auf die Verwendung des Distance Sampling zurückzuführen sind, wodurch die Ergebnisse überschätzt wurden. Simeone et al. (2003) berichteten von 360 Paaren, die während der Saison 2001-2002 auf der

Insel Choros brüteten, eine Zahl, die mit den in unserer Studie berichteten Zahlen weitgehend übereinstimmt (siehe Tabelle 3).

Das Verhältnis zwischen aktiven und inaktiven Nestern ist ein nützlicher Index, der Aufschluss über den Anteil der Nester gibt, die den Pinguinen auf den Inseln zur Verfügung stehen, sowie über die Nester, die genutzt werden. Auf zwei Inseln fanden wir ein besonders niedriges Verhältnis von aktiven zu inaktiven Nestern (Tabelle 2): Auf Pan de Azúcar kamen auf jedes aktive Nest 4 inaktive, während auf Chañaral auf jedes aktive Nest 10 inaktive kamen. Dies deutet darauf hin, dass auf beiden Inseln, insbesondere auf Chañaral, nur ein kleiner Teil der Brutpopulation diese Kolonie nutzt.

TEIL 2 - Nestüberwachung und Bruterfolg von Humboldt-Pinguinen auf den Inseln Chañaral und Choros

AUTOREN

GUILLERMO LUNA-JORQUERA, NICOLÁS LUNA UND MYLENE SEGUEL



NICOLÁS LUNA ©

METHODEN

Um den Bruterfolg von Humboldt-Pinguinen abzuschätzen, beobachteten wir Nester, in denen sich erwachsene Vögel mit Eiern oder kleinen Küken befanden (Abbildung 8). Wir brachten eine hölzerne Markierung (30 cm lang und 1,3 cm breit) in der Nähe des Eingangs jedes Nests an (Abbildung 8C und D); jede Markierung wurde mit einer Nummer versehen, um die Identifizierung des Nests zu erleichtern. Zusätzlich erhielten wir für jedes überwachte Nest einen GPS-Wegpunkt. Am Ende der Saison wurden alle Markierungen entfernt.

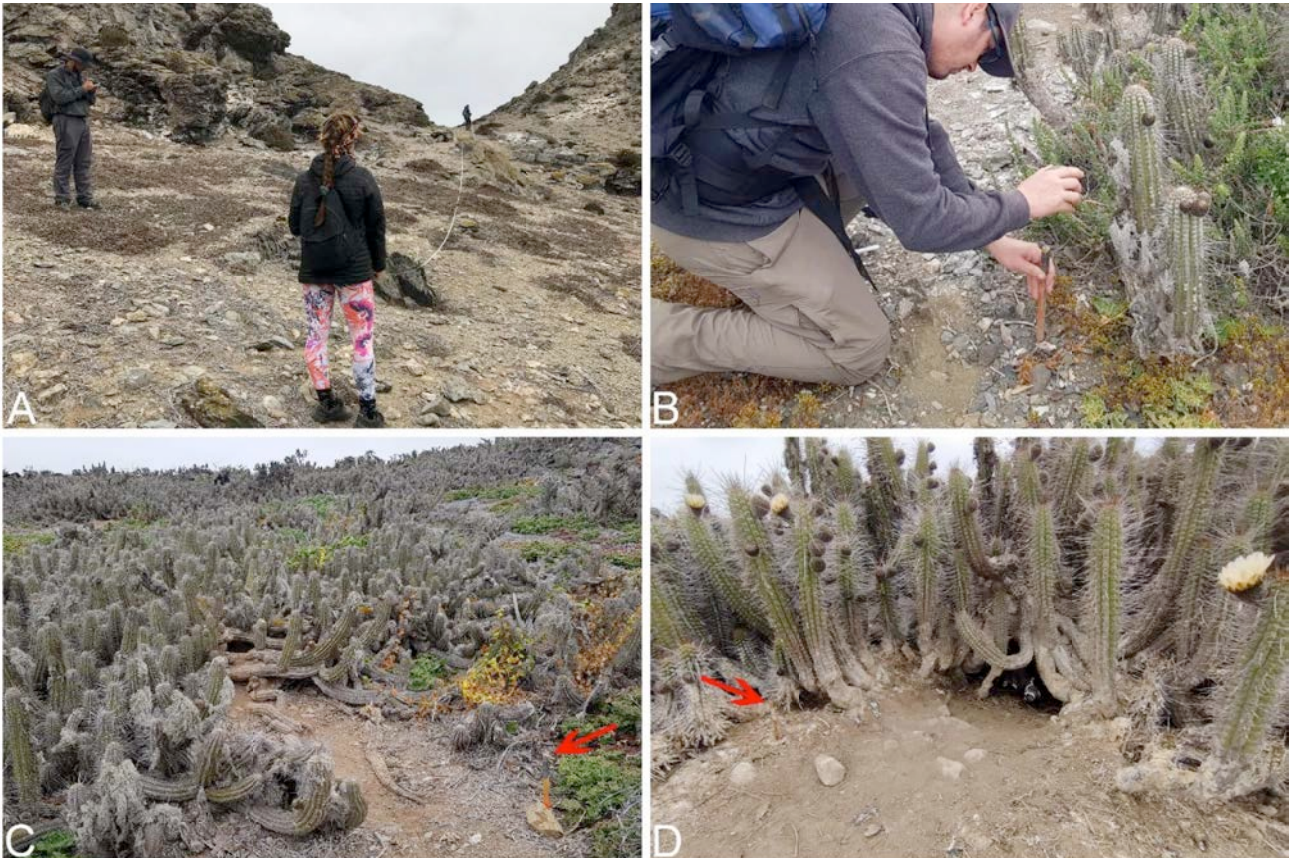


Abbildung 8

Bilder, die die Feldarbeit des Überwachungsteams (A), die Installation der Holzmarker (B) und die mit Holzmarkern gekennzeichneten Nester in der Nähe des Nesteingangs (C, D) zeigen. Die roten Pfeile in C und D zeigen die Position der Markierungen an.

Die Nester wurden während der Saison 2021-2022 und 2022-2023 auf den Inseln Chañaral und Choros überwacht, um den Bruterfolg abzuschätzen. Die Nester wurden in regelmäßigen Abständen besucht, abhängig von den See- und Windverhältnissen. Bei jedem Besuch wurde der Inhalt des Nests (Erwachsene, Eier, Küken und deren Kombinationen) erfasst. Die Häufigkeit der Besuche der überwachten Nester auf beiden Inseln ist in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4. Häufigkeit der Besuche bei den überwachten Nestern auf den Inseln Chañaral und Choros während der Brutsaison 2021-2022 und 2022-2023.

	Okt		Nov		Dez		Jan		Feb
	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-31	1-15
2021-2022 Saison									
Chañaral			✓	✓		✓	✓	✓	✓
Choros			✓		✓	✓	✓	✓	✓
2022-2023 Saison									
Chañaral	✓	✓					✓		
Choros	✓	✓			✓				

ERGEBNISSE

Chañaral Island

2021-2022 Brutsaison. Wir haben insgesamt 40 Nester überwacht. Die Entwicklung der Anzahl der Eier und Küken während der Saison in den überwachten Nestern ist in Abbildung 9A und das Schicksal der Nester in Abbildung 9B dargestellt. Von allen 40 aktiven Nestern wurden 5 (12,5 %) während der Brutzeit aufgegeben. Der durchschnittliche Schlupferfolg wurde auf 0,76 (SD= 0,44; 95% CI= 0,15, Obergrenze= 0,91, Untergrenze= 0,61) geschätzt. Die durchschnittliche Kükensterblichkeit betrug 0,15 (SD = 0,33; 95% CI = 0,13, Obergrenze = 0,27, Untergrenze = 0,02). Bis Ende der Saison wuchsen in den 40 Nestern insgesamt 41 Jungvögel auf, was einem Bruterfolg von 1,03 Jungvögeln pro Nest entspricht.

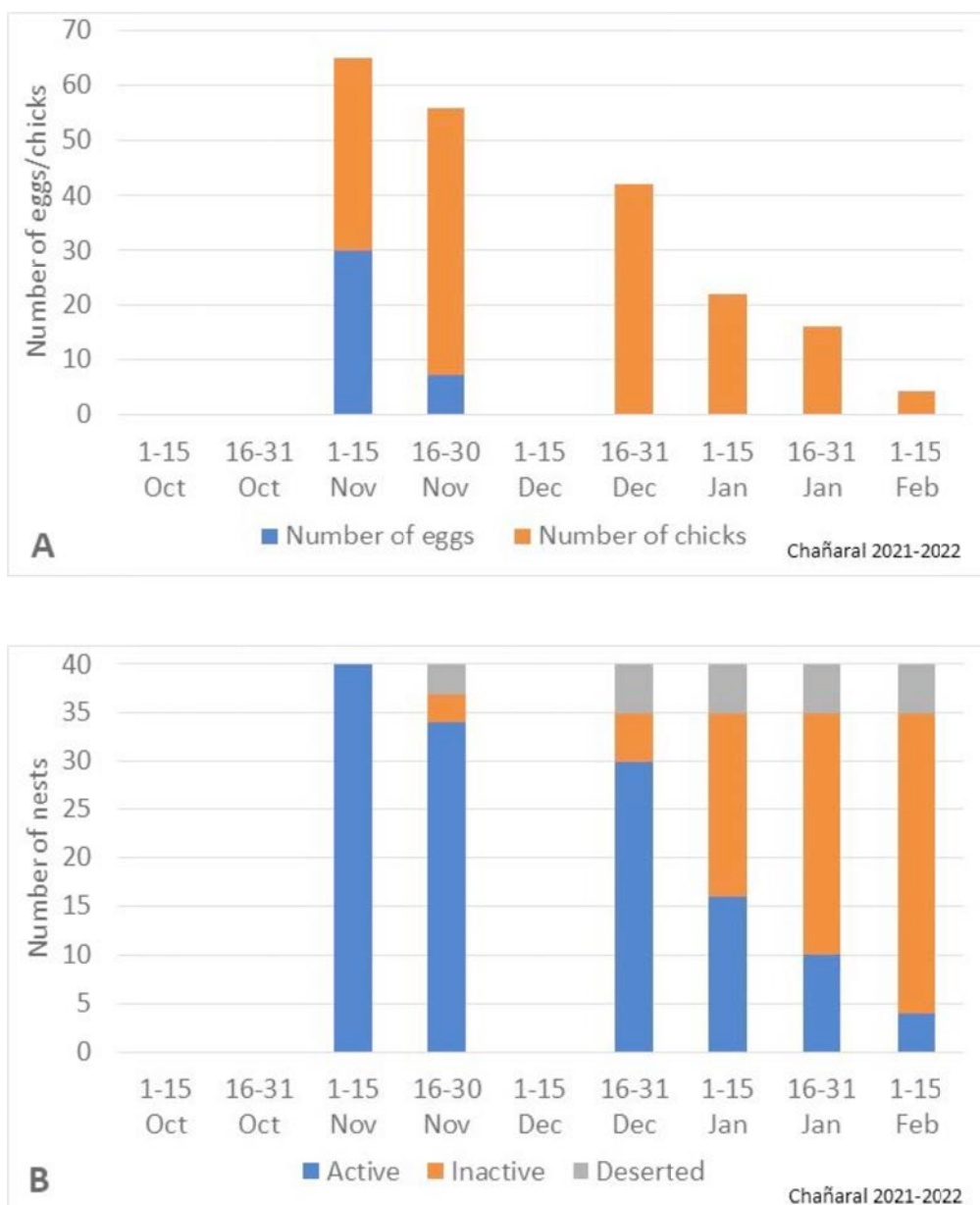


Abbildung 9A)

Entwicklung der Anzahl der Eier und Küken und B) Schicksal der überwachten Nester (n= 40). Insel Chañaral, Brutsaison 2021-2022

Brutsaison 2022-2023. Wir haben insgesamt 37 Nester überwacht. Die Entwicklung der Anzahl der Eier und Küken während der Saison in den überwachten Nestern ist in Abbildung 10A und das Schicksal der Nester in Abbildung 10B dargestellt. Von allen 37 aktiven Nestern wurden 2 (5,4 %) während der Brutzeit aufgegeben. Der durchschnittliche Schlupferfolg wurde auf 0,21 geschätzt (SD = 0,41, 95% CI= 0,13, oberer Grenzwert= 0,35, unterer Grenzwert= 0,08). Die geringe Zahl der Besuche in dieser Saison lässt sich durch drei Hauptfaktoren erklären. Im November 2022 behinderte ein Generalstreik des CONAF-Personals (das die terrestrischen Schutzgebiete Chiles verwaltet) den Zugang zu den Inseln Choros und Chañaral. Der Zugang zu den Inseln wurde Ende November wiederhergestellt. Im Dezember erschwerten starke Winde den Zugang zu den Inseln, und ab Ende Dezember war der Zugang zu den Inseln aus gesundheitlichen Gründen im Zusammenhang mit der Vogelgrippe völlig eingeschränkt.

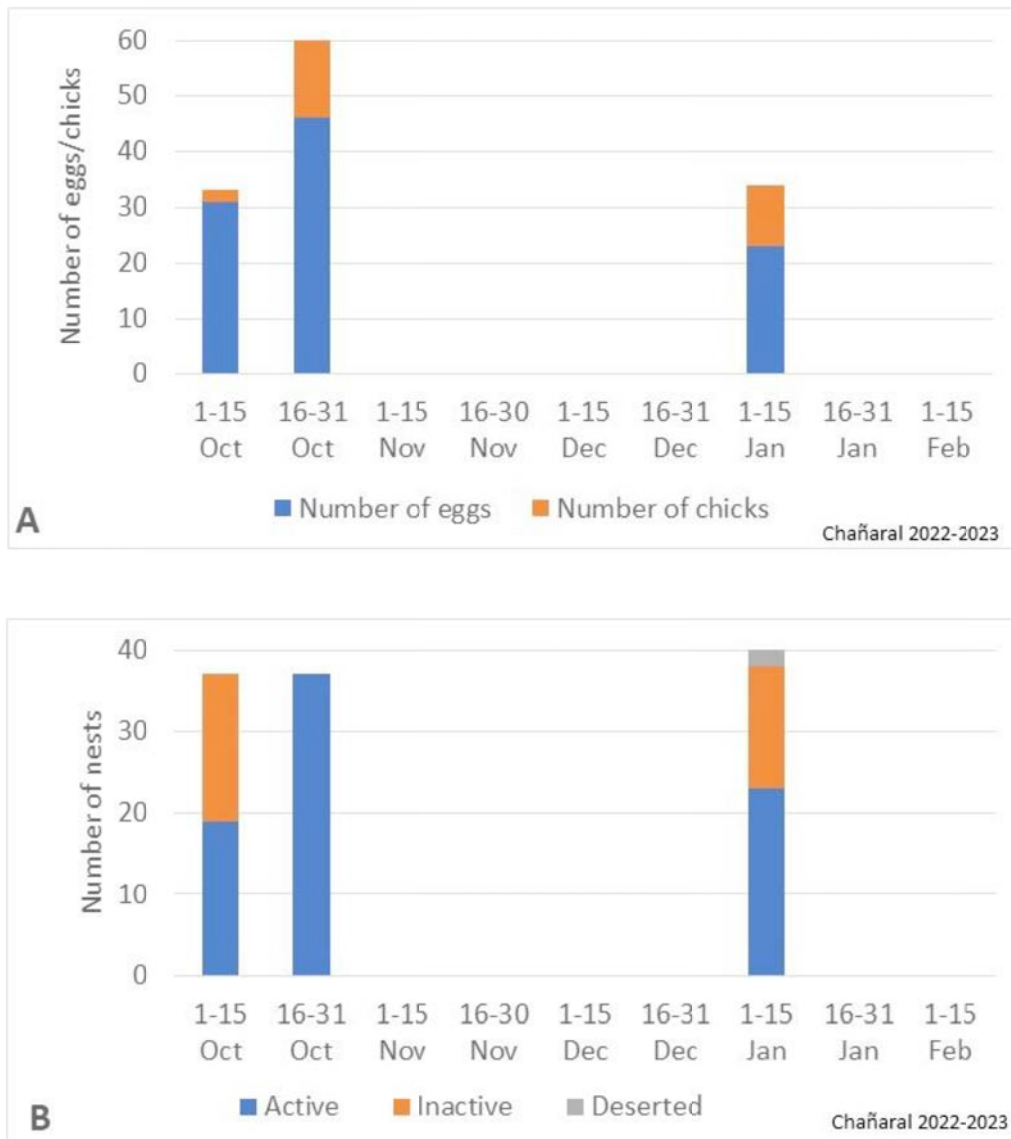


Abbildung 10A)

Entwicklung der Anzahl der Eier und Küken und B) Schicksal der überwachten Nester (n= 37). Insel Chañaral, Brutsaison 2022-2023.

Insel Choros

2021-2022 Brutsaison. Wir haben insgesamt 77 Nester überwacht. Die Entwicklung der Zahl der Eier und Küken während der Saison in den überwachten Nestern ist in Abbildung 11A und das Schicksal der Nester in Abbildung 11B dargestellt. Während der Saison konnten wir keine Nester mit verlassenen Eiern feststellen. Der durchschnittliche Schlupferfolg wurde auf 0,86 (SD= 0,28; 95% CI= 0,06; Obergrenze= 0,93, Untergrenze= 0,8) geschätzt. Die durchschnittliche Kükensterblichkeit betrug 0,11 (SD= 0,27; CI= 0,06; Obergrenze= 0,17, Untergrenze= 0,05). Bis zum Ende der Saison wuchsen in den 77 Nestern insgesamt 110 Jungvögel auf, was einem Bruterfolg von 1,43 Jungvögeln pro Nest entspricht.

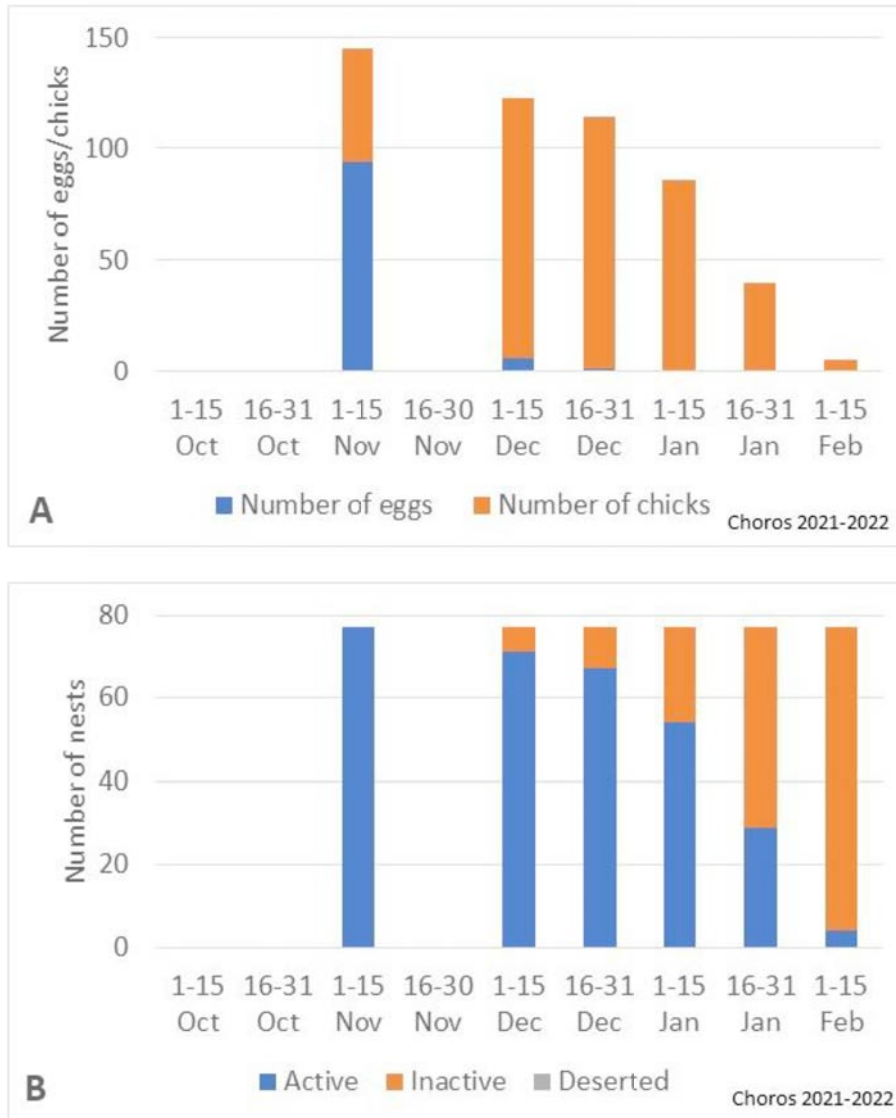


Abbildung 11

A) Entwicklung der Anzahl der Eier und Küken und B) Schicksal der überwachten Nester (n= 77). Insel Choros, 2021-2022

Brutsaison 2022-2023. Wir haben insgesamt 51 Nester überwacht. Die Entwicklung der Anzahl von Eiern und Küken während der Saison in den überwachten Nestern ist in Abbildung 12A und das Schicksal der Nester in Abbildung 12B dargestellt. Während der Saison konnten wir keine Nester mit verlassenen Eiern feststellen. Der durchschnittliche Schlupferfolg wurde auf 0,91 geschätzt (SD = 0,24, 95% CI = 0,06, Obergrenze = 0,97, Untergrenze = 0,84). Der gleiche Grund, der für Chañaral genannt wurde, gilt auch für Choros und erklärt die geringe Anzahl von Probenahmen in dieser Saison.

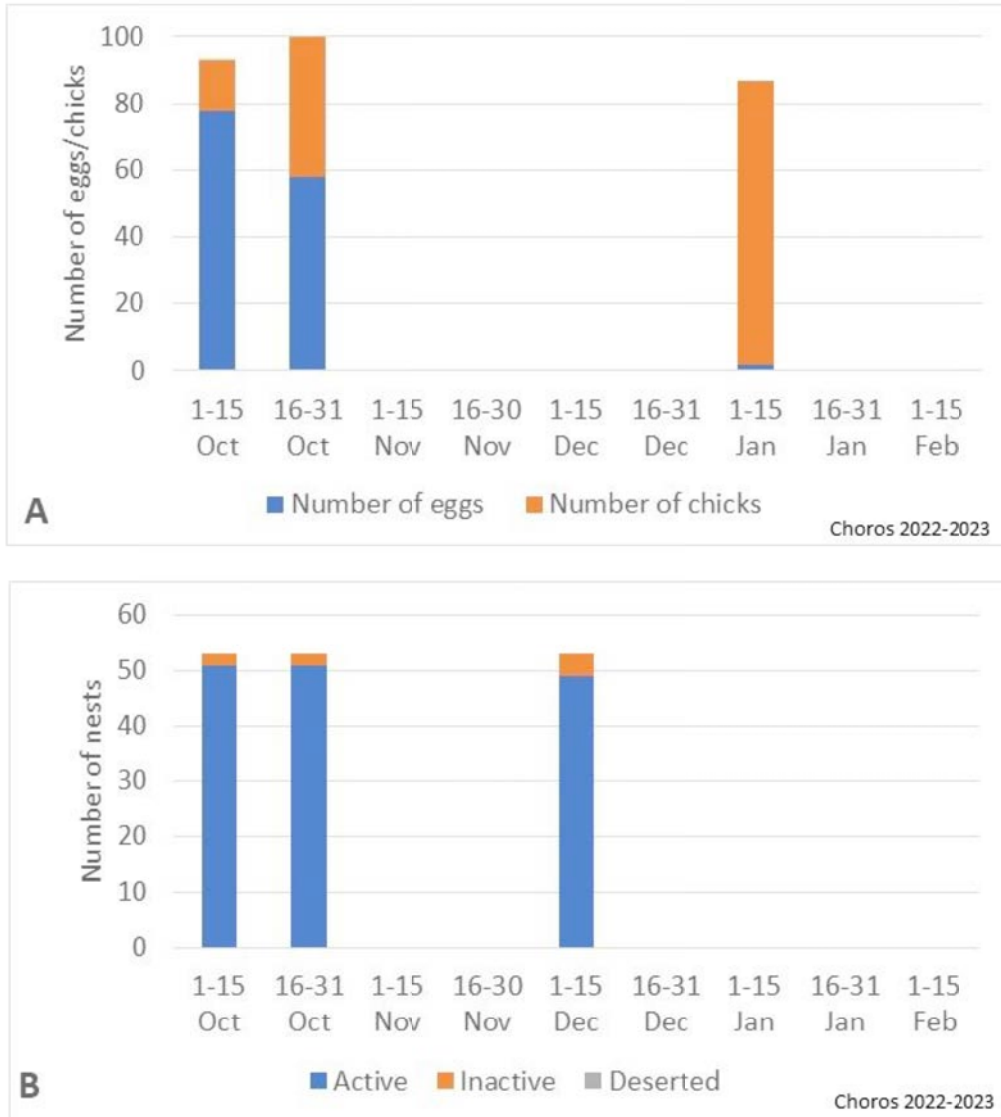


Abbildung 12

A) Entwicklung der Anzahl der Eier und Küken und B) Schicksal der überwachten Nester (n= 51). Insel Choros, Brutsaison 2022-2023.

TEIL 3 - Futterverhalten von Humboldt-Pinguinen auf der Insel Choros

AUTOREN

THOMAS MATTERN, URSULA ELLENBERG, MAXIMILIANO DAIGRE UND ALEJANDRO SIMEONE



FOTOS PENGUCAM

WINTER 2022 FELDARBEIT

METHODEN

Vom 13. bis 24. Juni 2022 (Südwinter) wurde Nestsuche in allen Teilen der Insel Choros durchgeführt, wobei sich die meisten Suchaktionen auf den Norden der Insel konzentrierten. In diesen 11 Tagen wurden insgesamt 134 Nester kartiert; nicht alle gefundenen aktiven Nester wurden erfasst, da die Nester für unsere Arbeit als ungeeignet erachtet wurden oder die Störung der Pinguine als zu groß angesehen wurde. Während viele der Nester in der ersten Woche noch mit Eiern belegt waren, waren die meisten Eier am Ende unseres Aufenthalts bereits geschlüpft. Die Nesterdichten waren im Norden und Osten der Insel am höchsten, verglichen mit der dem Meer zugewandten Westseite, wobei einige Nester in den oberen Bereichen oder auf den Hochebenen der Insel errichtet wurden (Abbildung 13).



Abbildung 13

Lage der kartierten Humboldt-Pinguin-Nester (gelbe Dreiecke), Juni 2022. Nicht alle aktiven Nester wurden kartiert

Einsatz von GPS-Loggern

Von allen kartierten Nestern wurde nur ein Bruchteil als geeignet für den Einsatz von GPS-Tauchloggern bei anwesenden erwachsenen Humboldt-Pinguinen angesehen. Geeignete Nester mussten zum einen mindestens wochenalte Küken enthalten und zum anderen nur einen einzigen Eingang haben, um das Verlassen des Nests durch die Interaktion mit den anwesenden Vögeln zu vermeiden. GPS-Logger wurden zwischen dem 14. und 19. Juni 2022 an insgesamt 12 erwachsenen Humboldt-Pinguinen aus verschiedenen Nestern angebracht. Die morphometrischen Messungen ergaben, dass es sich um acht weibliche und vier männliche Pinguine handelte. Die Pinguine wurden mit einer Beinbeuge aus festem Draht aus dem Nest geholt, indem man einen Fuß oder eine Brustflosse des Vogels einhakete und ihn vorsichtig aus der Nisthöhle herauszog. Nachdem der Vogel aus dem Nest genommen worden war, wurde er in einen Stoffbeutel gesteckt und dann mit einer Handwaage gewogen. Danach wurde der Vogel mit Ortungsgeräten ausgestattet.

Wir haben AxyTrek Marine GPS-Tauchlogger verwendet, die die Bewegungen bei der Nahrungssuche und das Fahrverhalten überwachen. Die Geräte sind stromlinienförmig und haben die folgenden Abmessungen: 70 mm X 40 mm X 15 mm (Länge X Breite X Höhe). Die Geräte sind mit einer 1600-mAh-Batterie ausgestattet, die eine Betriebszeit von 7-10 Tagen ermöglicht. Jedes Gerät wiegt 60 Gramm (Abbildung 14).



Abbildung 14

AxyTrek Marine GPS-Tauchlogger. 100- und 10-Peso-Münzen als Maßstab.

Die Geräte wurden mit wasserfestem Klebeband auf dem Rücken eines Pinguins befestigt. Mit einer ausgeschnittenen Schablone wurde die geplante Position des Geräts auf dem Vogel markiert. Dann wurde eine Reihe von Klebebandstreifen unter den Federreihen durchgezogen, bevor das Gerät an der vorbereiteten Stelle angebracht und die losen Enden des Klebebands um das Gerät gewickelt wurden. Der gesamte Vorgang der Anbringung des Geräts ist in Abbildung 15 dargestellt.



Abbildung 15

Vorgehensweise beim Anbringen des GPS-Loggers an einem Humboldt-Pinguin.

Außerdem wurde ein Kabelbinder um die Feder und das Gerät gefädelt, um sicherzustellen, dass die Pinguine das Band und das Gerät nicht abreißen konnten. Schließlich wurde die Oberseite des Geräts mit einer dünnen Schicht Klebstoff auf Kautschukbasis beschichtet, um zu verhindern, dass sich das Ende des Bandes auf See löst (Abbildung 16A). Das Entfernen der Geräte erfolgte in umgekehrter Weise; die Klebestreifen ließen sich leicht von den Federn abziehen.

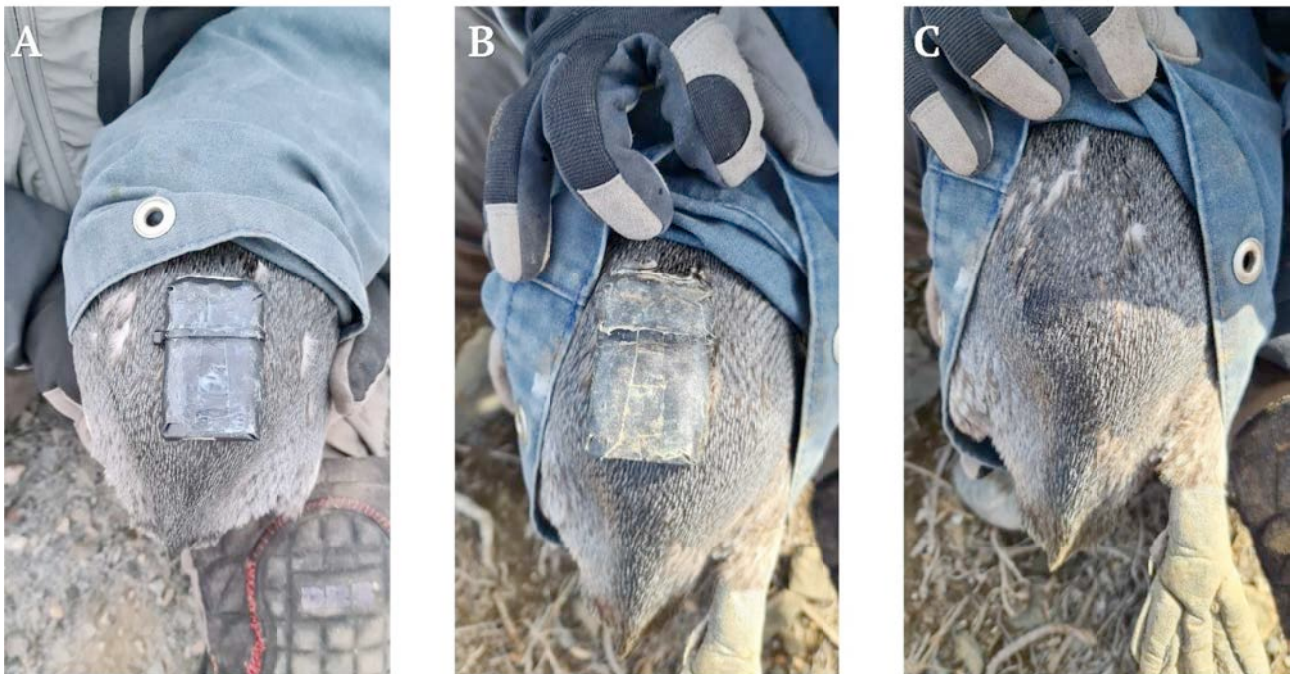


Abbildung 16

GPS-Tauchlogger während des Aussetzens (A), nach dem Wiedereinfangen des Pinguins fünf Tage später (B, Kabelbinder bereits entfernt, als das Foto aufgenommen wurde) und Zustand des Gefieders nach dem Entfernen von Gerät und Klebeband (C).

Der Einsatz der Geräte dauerte zwischen ca. 10 Minuten vom Einfangen bis zum Freilassen des Vogels. Die Bergung der Geräte, einschließlich des Fangens und Wiegens des Vogels auf dem Nest wie oben beschrieben, des Entfernen der Geräte und des Freilassens ins Nest, dauerte < 5 Minuten. GPS-Tauchlogger wurden nach 4-7 Tagen wiedergefunden (Mittelwert: $4,5 \pm 1,2$ Tage). Zwei der 12 Vögel, die mit Geräten ausgestattet waren, konnten nicht wiedergefunden werden und die Logger gingen anschließend verloren:

1. Ein Pinguinweibchen scheint sein Nest verlassen zu haben, nachdem die Küken am Tag nach dem Einsatz verschwunden waren; sein Partner war nach dem Einsatz des Geräts drei Tage lang im Nest, bevor er es ebenfalls verließ.
2. Ein Pinguinmännchen kehrte vier Tage lang nicht zu seinem Nest zurück und konnte nicht wieder eingefangen werden, bevor unser Team die Insel verlassen musste. Die wahrscheinlichste Erklärung ist, dass der Vogel einen längeren Ausflug zur Nahrungssuche unternommen hat, da seine beiden Küken noch am Leben waren und sich in Begleitung des Weibchens befanden, als wir die Insel verließen. Allerdings kann weder das Aufgeben noch die Möglichkeit, dass der Pinguin auf See gestorben ist, als alternative Erklärung ausgeschlossen werden.

Von den übrigen 10 Geräten, die von Pinguinen geborgen wurden (Abbildung 17), lieferte ein Einsatz keine Daten zur Nahrungssuche. In diesem Fall verließ der männliche Pinguin, der mit einem GPS-Tauchlogger ausgestattet war, sein Nest im Laufe der vier Tage des Einsatzes nicht. Während dieser Zeit verlor der Vogel fast 1 kg an Körpermasse. Er blieb weitere fünf Tage im Nest und verließ es erst, nachdem das Küken gestorben war, vermutlich durch Verhungern.



Abbildung 17

Erwachsener Humboldt-Pinguin bewacht zwei Küken am Tag der Gerätebergung.

ERGEBNISSE

Die neun erfolgreichen Einsätze der Geräte bei erwachsenen Humboldt-Pinguinen ergaben insgesamt 8.356 GPS-Positionen, die aufgezeichnet wurden, während die Pinguine auf See waren. Diese Daten ermöglichten die Rekonstruktion von 17 vollständigen Futtersuchausflügen (Abbildung 18), die im Allgemeinen zwischen 10 und 24 Stunden dauerten (Mittelwert: $16,7 \pm 4,5$ Stunden), mit Ausnahme eines Futtersuchausflugs, der 87,3 Stunden dauerte. Die bei diesen Ausflügen zurückgelegten Entfernungen betragen im Durchschnitt $41,0 \pm 18,6$ km. Der Vogel, der den einzigen langen Ausflug zur Nahrungssuche unternahm, legte mindestens 284 km zurück. Interessanterweise verließen sechs der neun georteten Vögel ihr Nest, kurz nachdem sie von ihren Partnern abgelöst worden waren. Die Vögel gingen noch am selben Abend ins Wasser und verbrachten die Nacht träge an der Oberfläche. Das Tauchverhalten setzte erst mit dem ersten Licht am nächsten Morgen ein.



Abbildung 18

Mit GPS-Tauchloggern aufgezeichnete Futtersuchgänge von neun verschiedenen Humboldt-Pinguinen, die im Juni 2022 auf der Insel Choros brüteten. Linien mit ähnlichem Farbton stehen für verschiedene Ausflüge desselben Vogels.

Die Verteilung der Pinguine auf See scheint davon abhängig zu sein, auf welcher Seite der Insel die Vögel ins Wasser gehen. Pinguine, die auf der östlichen, landwärtigen Seite der Insel brüteten ($n=3$), suchten alle innerhalb von 1-5 km von der Festlandsküste entfernt nach Nahrung (Abbildung 19A), während Pinguine, die im Nordwesten und Westen brüteten und die Anlandungsstellen auf der seewärtigen Seite der Insel nutzten, hauptsächlich im Süden und Südwesten von Isla Choros, etwa 15-40 km von der Küste entfernt, nach Nahrung suchten (Abbildung 19B).

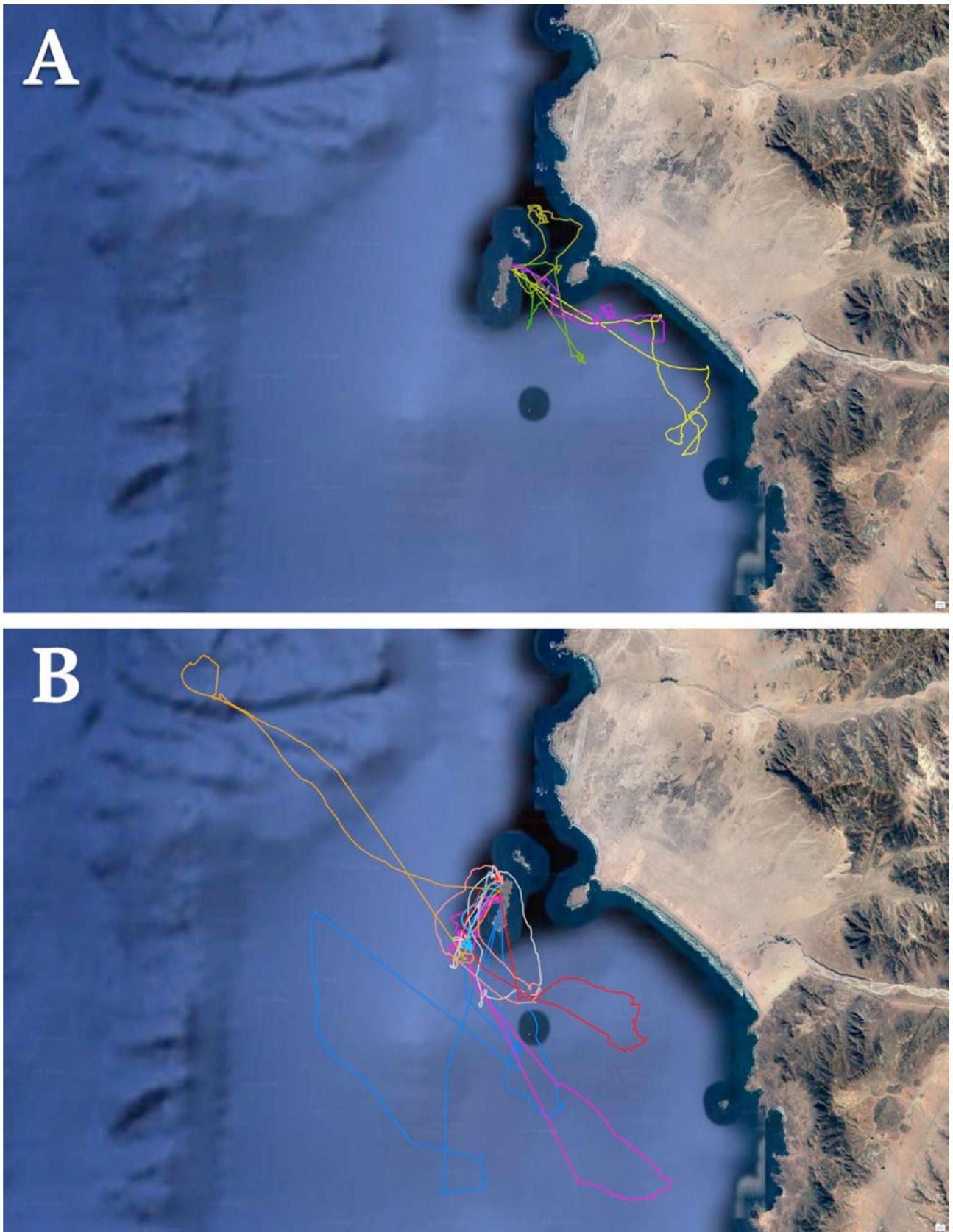


Abbildung 19

Einzeltagesausflüge (n=16) von brütenden Humboldt-Pinguinen auf der Insel Choros im Juni 2022. (A) zeigt die Ausflüge von drei Vögeln, die auf der östlichen, landwärtigen Seite der Insel brüten, während (B) die Ausflüge von Vögeln zeigt, die auf der westlichen, seewärtigen Seite der Insel brüten. Dies verdeutlicht die offensichtlich unterschiedliche Nutzung des umliegenden marinen Lebensraums durch die Pinguine in Abhängigkeit vom Standort ihrer Nester

Ein Weibchen unternahm eine lange Futtersuchreise, bei der der Vogel fast 100 km entlang der Küste nach Norden reiste und den Breitengrad von Huasco erreichte, bevor er zur Isla Choros zurückkehrte (Abbildung 20). Diese lange Nahrungssuche fand statt, nachdem das Weibchen am 16. Juni eine eintägige Nahrungssuche (Dauer: 21,7 Stunden) durchgeführt und die folgenden Tage mit der Bewachung der Küken auf dem Nest verbracht hatte. Es kann daher ausgeschlossen werden, dass der Einsatzvorgang etwas mit der Entscheidung der Vögel zu tun hatte, so lange auf See zu bleiben. Stattdessen gehen wir davon aus, dass der Vogel keine geeigneten Beutestellen zur Nahrungssuche finden konnte und deshalb weiter nach Norden schwamm, bis er vor Huasco auf bessere Nahrungsbedingungen traf. Die Tatsache, dass dies auch der einzige Pinguin war, der nördlich der Insel auf Nahrungssuche ging, könnte darauf hindeuten, dass die Beuteverfügbarkeit im Süden von Isla Choros besser ist.

Während ihrer Futtersuche unternahmen die Pinguine durchschnittlich 388 ± 186 Tauchgänge pro Tag (Spanne: 146-878 Tauchgänge), bei denen sie maximale Tiefen von 31,5-110,6 Metern erreichten. Beim Tauchen blieben sie durchschnittlich 53 ± 14 Sekunden unter Wasser und legten eine durchschnittliche Tauchstrecke von $111,7 \pm 23,2$ Metern zurück.



Abbildung 20

Überblick über eine dreitägige Reise eines weiblichen Humboldt-Pinguins von der Isla Choros, Juni 2022. Man beachte, dass derselbe Vogel zwei Tage vor dieser ausgedehnten Reise eine eintägige Reise unternommen hatte (siehe Spur derselben Farbe in Abbildung 7B).

FRÜHLING 2022 FELDARBEIT

METHODEN

Zwischen dem 25. November und dem 15. Dezember 2022 wurden umfassende Nestsuchen in allen Teilen der Insel durchgeführt, wobei die Pinguin-Landestrände und die kleine (~150 Nester) Kolonie des Neotropischen Kormorans (*Phalacrocorax brasilianus*) im Nordosten der Insel ausgenommen wurden, um die Auswirkungen menschlicher Störungen zu verringern (Abbildung 21). Wir kartierten 381 aktive Humboldt-Pinguin-Nester und 1.586 leere Nester während der 82 Stunden, die für die Suche vorgesehen waren.

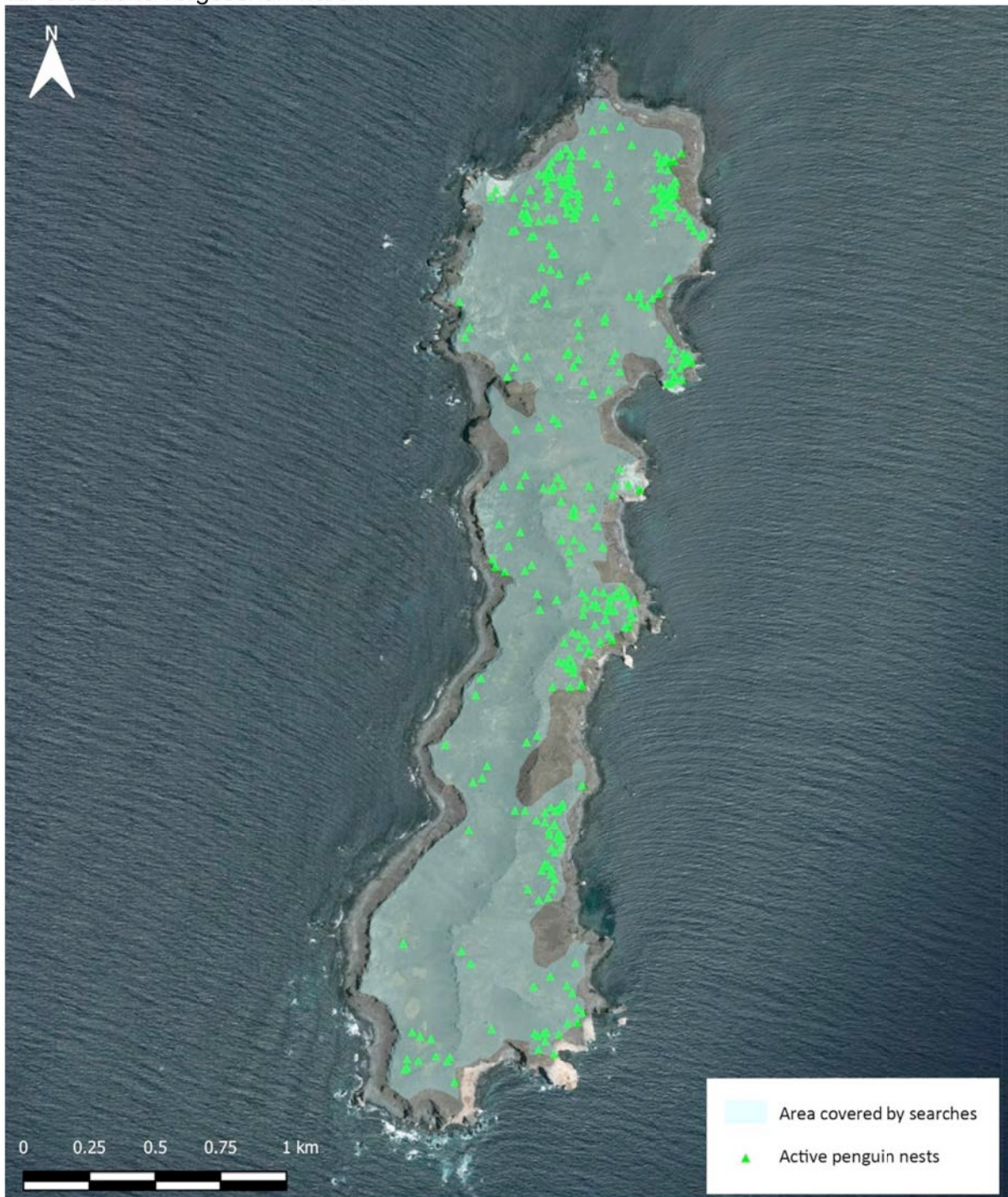


Abbildung 21

Lage aller kartierten Humboldt-Pinguin-Nester (grüne Dreiecke) auf Isla Choros, Humboldt Penguin National Reserve, 25. November bis 14. Dezember 2022. Das von der Nestsuche abgedeckte Gebiet, das sich aus den GPS-Spuren aufzeichnungen ergibt, ist farbig markiert.

Die Nestdichte war im Norden und Osten der Insel am höchsten, verglichen mit der dem Meer zugewandten Westseite, mit einer kleinen Anzahl von Nestern in den oberen Bereichen oder auf den Hochplateaus der Insel (Abbildung 21). Beobachtungen mit dem Fernglas (Leica, 10X42) von der ersten Hochebene aus (gut versteckt vor den ruhenden Pinguinen) lassen vermuten, dass wir bis zu 10 Nester pro Bucht an den belebten östlichen Anlandungsstränden und einige zusätzliche Nester im Westen der Insel verpasst haben könnten. Einige der steilen Osthänge wurden aus Gründen des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit nicht in die Bodensuche einbezogen. Neotropische Kormorane sind äußerst scheu, und die Annäherung von Menschen kann dazu führen, dass eine ganze Kolonie aufgegeben wird und Eier oder Küken an die stets wachsamten Möwen verloren gehen. Daher suchten wir nur die Kakteen am Rande der Kolonie sorgfältig ab. Wir freuen uns, berichten zu können, dass wir das Verhalten der Kormorane genau beobachteten und uns zurückzogen, als die ersten Vögel Anzeichen von Wachsamkeit zeigten, und so keine Nester aufgaben. Infolgedessen haben wir möglicherweise einige Nester von Pinguinen übersehen, die in dem von der neotropischen Kormorankolonie besetzten Kaktusfeld brüteten. Die Anzahl der Pinguinnester im Nordosten war jedoch vergleichbar mit den Zählungen im Juni 2022, als die Kormorane nicht anwesend waren und das gesamte Koloniegebiet abgesucht werden konnte.

In den meisten (274) der aktiven Nester war ein Erwachsener anwesend, der die Küken bewachte (72 %), in zwei Fällen waren beide Erwachsene mit den Küken anwesend, 45 Vögel befanden sich noch auf den Eiern (12 %), und 29 (8 %) der Nester enthielten Küken nach der Bewachung, in weiteren 29 Fällen wurden tief in den Nesthöhlen sitzende Erwachsene angetroffen, und der Inhalt (wahrscheinlich Eier oder kleine Küken) konnte nicht festgestellt werden, ohne unnötige Störungen zu verursachen; in zwei Fällen wurden nur Eier gefunden, ohne dass ein Erwachsener anwesend war. Die meisten Nester befanden sich unter Felsen (46 %), geschützt durch Felsen (9 %) oder in Felshöhlen (6 %), die übrigen waren von Vegetation bedeckt (Sträucher und/oder Kakteen, 34 %) oder geschützt durch Vegetation (5 %). Nur ein Nest wurde im Freien mit wenig Schutz gefunden.

Die Nester der 12 Individuen, die während des Wintermonats markiert worden waren (siehe vorhergehender Abschnitt vom Juni 2022), wurden erneut besucht. Wir fanden sieben der Nester aktiv und konnten in fünf Fällen ein im Juni auf demselben Nest markiertes Individuum als eines des im November angetroffenen Paares bestätigen (Abbildung 22). Trotz wiederholter Nestkontrollen trafen wir nur auf den verbleibenden zwei Nestern auf unmarkierte Vögel.



Abbildung 22

Maximiliano liest ein markiertes Weibchen ab, das im Juni erfolgreich brütete und am 29. November 2022 zwei Eier im selben Nest (CH-W-04) belegte. Aus beiden Eiern schlüpfen zwei Küken, als wir das Nest zuletzt am 15. Dezember 2022 kontrollierten.

GPS-Logger- und PenguCam-Einsätze

Von allen kartierten Nestern wurde nur ein Bruchteil als geeignet für Logger-Einsätze erachtet. Geeignete Nester hatten einen einzigen anwesenden erwachsenen Pinguin, enthielten Küken im Alter von mindestens einer Woche und waren vollständig umschlossen mit nur einem einzigen Eingang, um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass das Nest aufgrund der Interaktion mit dem anwesenden Vogel aufgegeben wird.

Zwischen dem 25. November und dem 17. Dezember 2022 wurden an 16 erwachsenen Humboldt-Pinguinen aus verschiedenen Nestern Logger angebracht. Morphometrische Messungen ergaben, dass es sich um elf weibliche und fünf männliche Pinguine handelte. Die Pinguine wurden vorsichtig aus dem Nest entfernt, entweder von Hand oder mit Hilfe einer aus festem Draht gefertigten Beinbeuge, indem man einen Fuß oder eine Brustflosse des Vogels einhakte und ihn vorsichtig aus der Nesthöhle führte. Sobald der Vogel in der Hand war, wurde er kopfüber in einen Stoffbeutel gesteckt und mit einer Handfederwaage (5 kg Pesola) gewogen. Anschließend wurden 41 Ortungsgeräte angebracht. Während des Anbringens wurde der Kopf des Vogels im Stoffbeutel gehalten, um den Stress zu verringern und den Schnabel freizulegen, um die Atmung zu erleichtern, während der Vogel in einer natürlichen Position liegen konnte. Die Vorrichtung wurde auf dem unteren Rücken platziert, um den Luftwiderstand auf See zu verringern. Nach dem Ausbringen des Geräts wurden morphometrische Messungen vorgenommen und der Vogel mit einem Transponder (11 mm TROVAN) markiert, bevor er wieder in das Nest entlassen wurde. Alle 16 Vögel kehrten sofort zurück und blieben nach der Freilassung bei ihren Küken.

Zur Aufzeichnung der dreidimensionalen Futtersuchfahrten verwendeten wir AxyTrek Marine GPS-Tauchlogger (AxyTrek, TechnoSmart, Italien, <https://www.technosmart.eu/>), die die Bewegungen auf See und das Tauchverhalten überwachen (Abbildung 14). Die Geräte sind stromlinienförmig (Abmessungen: 70 mm x 40 mm x 15 mm; Abbildung 14). Die Geräte werden von einer 1600-mAh-Batterie gespeist, die eine Betriebszeit von 7-10 Tagen ermöglicht. Jedes Gerät wiegt 50 Gramm.

Nach der Überwachung idealer Logger-Nester mit Überwachungskameras (Bushnell Trophy Cam - schwach leuchtend) zur Feststellung von Nestbesuchsmustern wählten wir sechs Nester für den Einsatz von hochauflösenden Videloggern (PenguCam, Neuseeland, <https://pengu.cam/>) aus, die in Verbindung mit AxyDepths (TechnoSmart, Italien, <https://www.technosmart.eu/>) eingesetzt wurden, um Tiefen- und Beschleunigungsmesserdaten in Verbindung mit den Videos zu liefern. Anhand unserer PenguCam-Aufnahmen werden die Beschleunigungsdaten anhand des entsprechenden Futtersuchverhaltens der Pinguine ausgewertet. Bei den sechs Vögeln, die zum Zeitpunkt des Einsatzes anwesend waren, handelte es sich zufällig ausschließlich um Weibchen. Die Geräte wurden mit wasserfestem Klebeband auf dem Rücken der Pinguine befestigt. Mit einer ausgeschnittenen Schablone wurde die vorgesehene Position des Geräts auf dem Vogel markiert. Dann wurde eine Reihe von Klebebandstreifen unter das Gefieder gefädelt (Abbildung 23A, B), bevor das Gerät an der Stelle angebracht und die losen Enden des Klebebands um das Gerät gewickelt wurden (Abbildung 23C).

Ein kleiner Kabelbinder wurde um Federn und Gerät gefädelt, um sicherzustellen, dass der Logger an Ort und Stelle blieb und die Pinguine das Band und das Gerät nicht abstreifen konnten (Abbildung 16A). Das Entfernen des Geräts erfolgte in umgekehrter Weise; die Klebebandstreifen waren verdreht und konnten leicht von den Federn abgezogen werden, so dass das Gefieder des Pinguins nicht dauerhaft beschädigt wurde (Abbildung 16B, C)



Abbildung 23

Ursula und Maximiliano befestigen einen PenguCam-Logger an einem Humboldt-Pinguin (Foto: Karen Lau)

ERGEBNISSE

Die Logger-Einsätze ergaben GPS- und Tauchdaten für 12 Vögel (7 Weibchen, 5 Männchen) und Tauchdaten für die 6 Vögel, die mit PenguCams ausgestattet waren, die 736 Stunden auf See verbrachten, verteilt auf 41 verschiedene eintägige, 2 zweitägige Futtersuchausflüge und einen kurzen Abendausflug (Median 15,6 Stunden, Bereich 1,4 bis 47,8 Stunden). Insgesamt wurden 16.562 GPS-Positionen und 24.320 Tauchgänge aufgezeichnet. Einige Vögel erreichten maximale Tauchtiefen von bis zu 100 m, die meisten Vögel konzentrierten sich jedoch auf flachere Tauchgänge mit einer durchschnittlichen Tauchtiefe von nur 17,5 m und einer mittleren maximalen Tauchtiefe von 65 m. Die Vögel erreichten eine mittlere horizontale Reisegeschwindigkeit von 1 m/s und legten während ihrer Nahrungssuche durchschnittlich 43,9 km zurück (Spanne 3,7 km-77,2 km; vgl. Übersichtstabelle im Anhang). Diese Daten ermöglichten die Rekonstruktion von 38 vollständigen Futtersuchfahrten (Abbildung 24). Der größte Teil der Nahrungssuche fand in einem Umkreis von 10 km um die Isla Choros statt, wobei einige Vögel bis zu 30 km entfernt waren. Die vergleichsweise geringen Entfernungen bei der Nahrungssuche sind wahrscheinlich das Ergebnis der produktiven Meeresumwelt rund um das Humboldt-Pinguin-Nationalreservat während La Niña mit einem guten Nahrungsangebot in der Nähe der Insel.

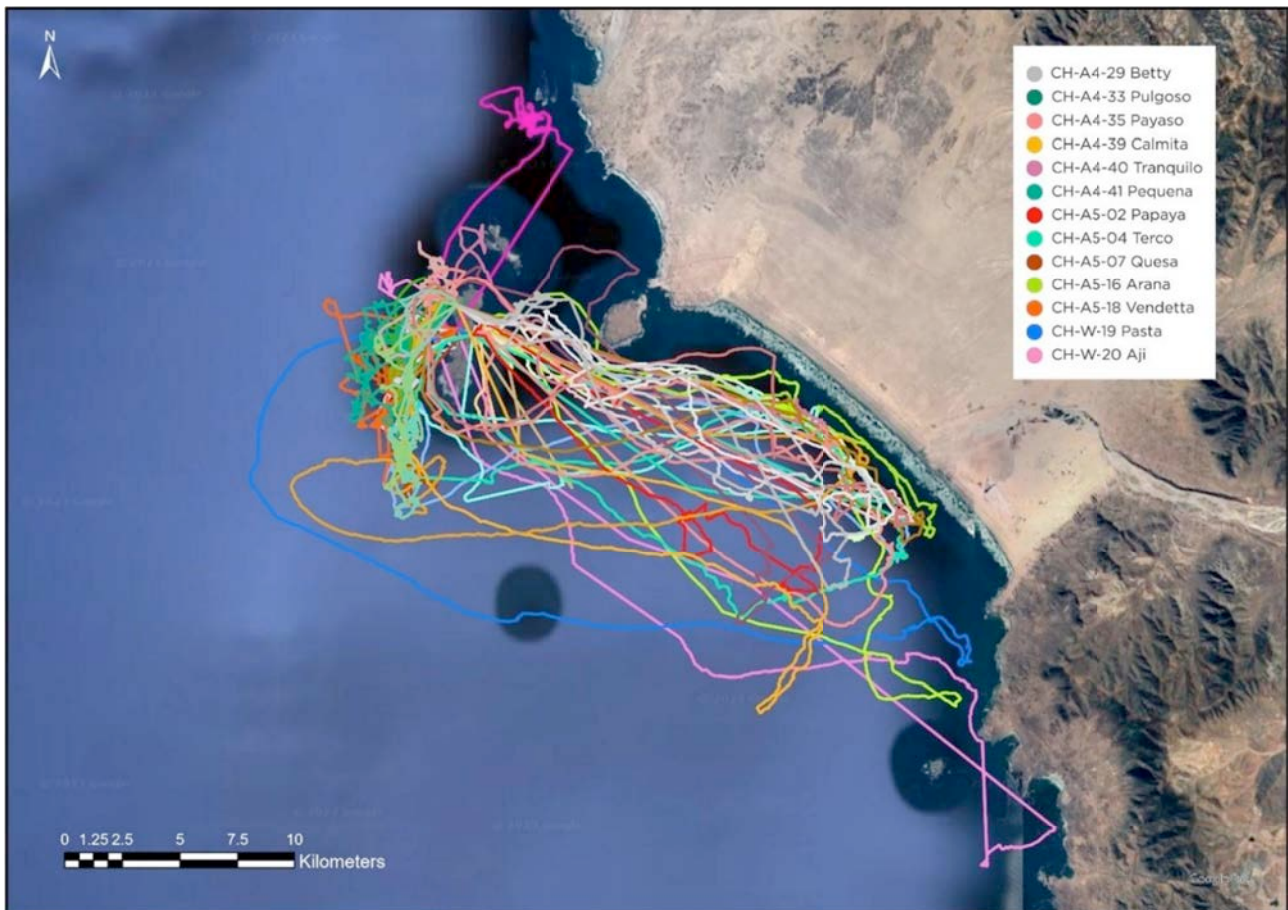


Abbildung 24

Zwölf Pinguine, die mit GPS-Geräten von der Isla Choros aus verfolgt wurden, kehrten auf insgesamt 38 kompletten Futtersuchreisen zurück (2-4 Reisen pro Vogel, Linien mit ähnlichem Farbton stehen für verschiedene Reisen desselben Vogels). Diese Spuren können unter folgendem Link genauer untersucht werden:

<https://penguintracking.org/humboldt/>

Die sechs eingesetzten Videologger wurden alle erfolgreich geborgen und lieferten 23,5 Stunden hochauflösendes Videomaterial. Darunter sind 20 Stunden kontinuierliches Videomaterial und weitere 3,5 Stunden kürzere Videoclips am Ende der Batteriekapazität des Videologgers. Einige Videos wurden bei schlechten Lichtverhältnissen, auch in der Nacht, aufgenommen. Vorläufige Ergebnisse deuten darauf hin, dass einige Vögel erfolgreich alleine nahe der Oberfläche nach kleinen Fischen wie Sardellen und Sardinen (Abb. 25, a-i), Fischlarven (Abb. 25, j-l) und Tintenfischen (Abb. 25, m-o) gejagt haben.

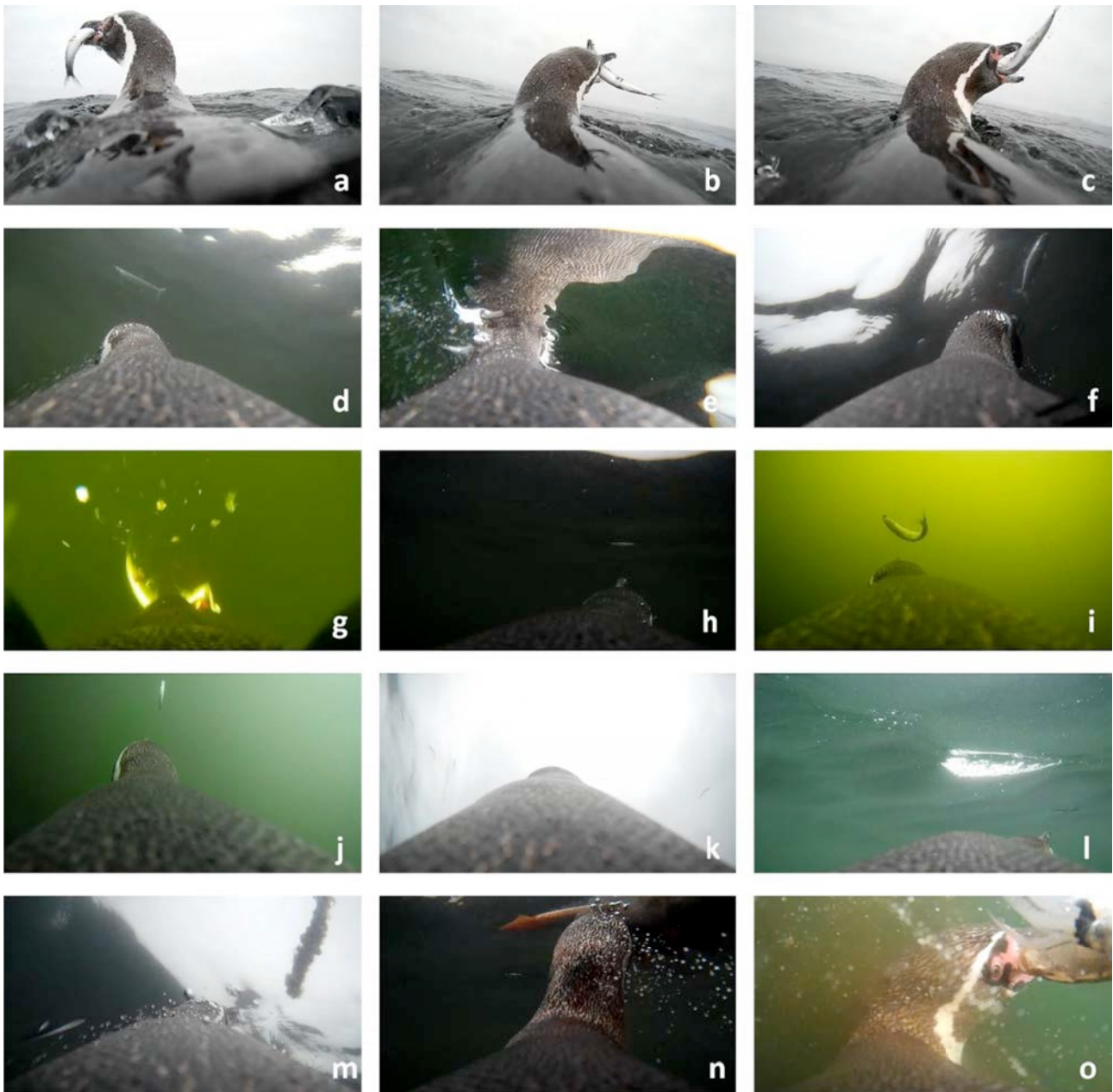


Abbildung 25

Bildschirmaufnahmen der PenguCam, die das Humboldt-Pinguinweibchen "Calmita" auf ihrer eintägigen Futtersuche am 2. Dezember 2022 mitführte. Der Vogel fing die meisten Beutetiere nahe der Oberfläche, indem er sie von unten angriff. Zur Beute gehörten kleine Futterfische (a-i), Fischlarven (j-l) und Tintenfische (m-o).

Die produktiven Gewässer in Küstennähe und östlich der Inseln waren oft grünlich gefärbt und die Sicht in der Tiefe vergleichsweise schlecht. Einige dieser Gebiete enthielten große Mengen an Quallen. Die Pinguine suchten routinemäßig die riesige und kaum bekannte südamerikanische Seenessel *Crysaora plocamia* nach kleinen Kommensalenfischen ab, die sich in den Tentakeln versteckten (Abb. 26), während sie kleinere Quallenarten ignorierten. Etwa jede dritte Seenessel war erfolgreich (Abb. 26 e-f)



Abbildung 26

Bildschirmaufnahmen der PenguCam, die das Humboldt-Pinguinweibchen "Calmita" auf ihrer eintägigen Futtersuche am 2. Dezember 2022 mitführte. Große Seenesseln *Crysaora plocamia*, auf die man gelegentlich stößt, wurden routinemäßig auf kleine Kommensalenfische (in e und f zu sehen) untersucht, die sich zwischen den Tentakeln verstecken.

Drei Pinguine jagten einsam und ausschließlich pelagisch, oft in Oberflächennähe nach einzelnen Fischen oder kleinen/jungen Schwarmfischen und Tintenfischen (Abb. 25 und 26), die anderen drei Pinguine wurden gelegentlich in Gruppen von mehr als 50 Individuen bei der Nahrungssuche beobachtet, während sie in Tiefen zwischen 65-95 m in den klareren Gewässern westlich der Insel Grundfische jagten (siehe Video). Dieses Verhalten wurde bei Humboldt-Pinguinen bisher noch nicht beobachtet und führt zu einem viel höheren Risiko der Beifangsterblichkeit, da ein einziges Netz eine ganze Gruppe von Vögeln bei der gemeinsamen Jagd erwischen könnte.

Verlust eines Vogels, der ein GPS-Gerät trägt

Das Nest CH-W-30 wurde ab dem 4. Dezember mit einer Überwachungskamera beobachtet, um die Anwesenheitsmuster im Nest zu ermitteln. Das Paar arbeitete gut zusammen und unternahm abwechselnd eintägige Ausflüge, um seine Küken zu füttern; daher wurde das Paar als zuverlässig

sig für den Einsatz des Videologgers erachtet. Am 8. Dezember brachten wir eine PenguCam an dem anwesenden Weibchen ("Flecha", ID 956 0000128 37001) an. Sie lieferte fantastische und unerwartete Aufnahmen von der gemeinsamen Nahrungssuche nach benthischen Fischen. Der PenguCam-Logger wurde nach einer einzigen Futtersuchfahrt am 10. Dezember geborgen, und wie bei anderen Vögeln wurde gleichzeitig ein GPS-Logger eingesetzt. Das Weibchen wurde zuletzt am 12. Dezember beim Verlassen des Nests per Überwachungskamera gesehen (Abbildung 27). Bei anschließenden Nestkontrollen wurde nur ihr Partner angetroffen, der sich um zwei Küken kümmerte, die bei unserer letzten Kontrolle am 17. Dezember noch lebten, aber offensichtlich in letzter Zeit nicht gefüttert worden waren.



Abbildung 27

Abschließende Beobachtung des Humboldtpinguin-Weibchens "Flecha" am 12. Dezember 2022 beim Verlassen ihres Nests CH-W-30, das sich links oben auf dem Zugangsweg unter einem Felsüberhang hinter einem Busch befindet. Das Bild links zeigt denselben Vogel auf dem Nest, der am 5. Dezember 2022 seine beiden Küken bewacht. Das Bild rechts ist eine Nahaufnahme, die den kleinen, stromlinienförmigen GPS-Logger auf ihrem unteren Rücken zeigt.

Es ist unwahrscheinlich, dass ein Vogel, der zuvor vorhersehbare eintägige Ausflüge zur Nahrungssuche unternommen hat (seit dem 4. Dezember mit der Überwachungskamera beobachtet), plötzlich einen Ausflug von mehr als fünf Tagen unternimmt, insbesondere angesichts der ausgezeichneten Futterbedingungen in der Nähe der Insel. Daher müssen wir leider davon ausgehen, dass dieser Vogel untergegangen ist und den Logger mitgenommen hat. Kelper (?) und Fischer, die von Punta Choros aus arbeiten, sowie Mitarbeiter der CONAF (chilenische Forstbehörde) wurden informiert, falls der Vogel aus einem Netz geborgen oder irgendwo angeschwemmt wurde.

ZUKÜNFTIGE FORSCHUNG UND HERAUSFORDERUNGEN

Tierpopulationen neigen dazu, in ihrer Größe den natürlichen Schwankungen ihrer Ressourcen, vor allem ihres Lebensraums und ihrer Nahrung, zu folgen. Dies ist insbesondere in stark schwankenden Umgebungen wie dem Humboldtstrom der Fall, wo sich Perioden mit hoher Nahrungsverfügbarkeit in La-Niña-Jahren und geringer Nahrungsverfügbarkeit in El-Niño-Jahren abwechseln. Darüber hinaus können sich auch vom Menschen verursachte Gefahren wie Überfischung, Verschmutzung, Beifang und Küstenentwicklung auf die Populationszahlen und den Fortbestand auswirken. Daher ist die Überwachung relevanter Populationsparameter (einschließlich der Populationsgröße und des Bruterfolgs) der Humboldt-Pinguine ein wichtiges Managementinstrument, das auch in den nächsten Jahren beibehalten werden muss, um Veränderungen zu erkennen, nach wahrscheinlichen Ursachen zu suchen und rechtzeitig und angemessen reagieren zu können. Bei der zukünftigen Planung sollten die Kolonien, die wir bereits in den Jahren 2021 und 2022 untersucht haben, erneut untersucht werden, aber auch neue Inseln, auf denen Humboldt-Pinguine brüten, zu denen wir aber keinen Zugang hatten. Die Fortsetzung der Populationsüberwachung in den folgenden Jahren wird es uns auch ermöglichen, die Auswirkungen des aktuellen El-Niño-Ereignisses auf die aktuelle Populationsgröße und den Bruterfolg zu ermitteln.

Das Verhalten von Humboldt-Pinguinen auf dem Meer wurde in Chile bisher nur in wenigen Fällen untersucht, und die meisten Untersuchungen wurden in bestimmten Kolonien, über kurze Zeiträume (höchstens 1-2 Saisons) und nur während der Brutsaison im Frühjahr durchgeführt. In dieser Studie haben wir zum ersten Mal Küken aufziehende Pinguine während der Winterbrutsaison mit GPS-Loggern und Kameras ausgestattet und dabei sehr interessante Informationen erhalten, die darauf hindeuten, dass Humboldt-Pinguine ihre Futtersuchstrategien an die vorherrschenden ozeanographischen Saisonbedingungen anpassen könnten. Außerdem deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass die Pinguine je nach dem Gebiet der Insel, auf der sie nisten, bevorzugte Gebiete für die Nahrungssuche haben könnten. Diese neuen Erkenntnisse und offensichtlichen Verhaltensmuster könnten unser derzeitiges Verständnis des Verhaltens von Humboldt-Pinguinen auf See verändern. Es sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, um zu bestätigen, ob diese Daten definierte und dauerhafte Verhaltensmuster darstellen oder nur anekdotische Beobachtungen sind. Die nächsten Schritte sollten die Untersuchung des Futtersuchverhaltens von Humboldt-Pinguinen in anderen relevanten Kolonien (z. B. Tilgo, Cachagua) einschließen, um zu sehen, ob lokale Strategien entstehen. Wenn wir das Verhalten der Pinguine auf See unter den derzeitigen El-Niño-Bedingungen untersuchen können, werden wir erfahren, wie die Pinguine mit dieser starken ozeanografischen Störung umgehen.

ANDERE ERGEBNISSE DES PROJEKTS

VORTRÄGE AUF WISSENSCHAFTLICHEN TAGUNGEN

- XIII. Chilenischer Ornithologenkongress (Dezember 2022)

Simeone, A., Mattern, T., Daigre, M., Lau, K. 2022. Fütterungsverhalten bei Humboldt-Pinguinen (*Spheniscus humboldti*) von der Isla Choros während der herbstlichen Brutzeit. XIII. Chilenischer Ornithologenkongress. Valdivia (Chile), 7-9 Dezember 2022: 94.

Arce, P., Simeone, A., Daigre, M., Vial, F. 2022. Die Bedeutung der Methodik für die Schätzung der Populationsgröße: der Fall des Humboldt-Pinguins (*Spheniscus humboldti*). XIII. Chilenischer Ornithologenkongress. Valdivia (Chile), 7-9 Dezember 2022: 115.

- 11th International Penguin Congress (September 2023).

Arce, P., M. Daigre, F. Vial, A. Simeone. 2023. Methodische Beschränkungen für die Schätzung der Humboldt-Pinguin-Population in Chile. Vortrag auf dem bevorstehenden 11. Internationalen Pinguinkongress. Viña del Mar, Chile.

Ellenberg, U., M. Daigre, T. Mattern, A. Simeone. 2023. Das Meer mit den Augen der Humboldt-Pinguine sehen - wie sieht es angesichts der wachsenden anthropogenen Bedrohung aus? Vortrag auf dem bevorstehenden 11. Internationalen Pinguinkongress. Viña del Mar, Chile.

Vial, F., A. Simeone, G. Luna. 2023. Ozeanographische und Habitat-Merkmale, die die Koloniegroße von Humboldt-Pinguinen (*Spheniscus humboldti*) in Chile beeinflussen. Vorgestellt auf dem bevorstehenden 11. Internationalen Pinguinkongress. Viña del Mar, Chile.

FORSCHUNGSTHESE

Abschlussarbeit

- Marambio, Sofía (Chile). Auswirkung des Nesttyps auf den Flüggeerfolg bei Humboldt-Pinguinen auf den Inseln Choros und Chañaral, Chile. Meeresbiologie. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile.

Master-Abschluss

- Bastías, Isabel (Chile). Räumliche und zeitliche Überschneidung zwischen der Sardinen-Anchovis-Fischerei und den Futtergebieten der Humboldt-Pinguine während der Brutzeit in den angrenzenden Gewässern der Insel Choros, Chile. Master in Natural Resources Programm. Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile

- Lau, Karen (Perú). Konstruktion einer Energielandschaft zur Klärung der Bewegungen und der Verteilung des brütenden Humboldt-Pinguins. Master in Meereswissenschaften. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile.

- Florencia Vial (Chile). Einfluss der Nahrungsverfügbarkeit und der Hábitat-Eigenschaften auf die Populationsgröße von Humboldt-Pinguinen (*Spheniscus humboldti*) in Chile. Masterstudiengang für natürliche Ressourcen. Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.

FORSCHUNGSGENEHMIGUNGEN

Alle unsere Forschungsaktivitäten im Rahmen dieses Projekts entsprechen der chilenischen Gesetzgebung und wurden mit den entsprechenden Genehmigungen durchgeführt:

Genehmigungen für Arbeiten in Schutzgebieten, ausgestellt von der chilenischen Forstbehörde (CONAF):

- Genehmigung zur Durchführung von Forschungstätigkeiten im nationalen System der staatlichen Naturschutzgebiete Nr. 014/2021.

- Verlängerung der Genehmigung zur Durchführung von Forschungstätigkeiten im Nationalen System staatlicher Wildschutzgebiete Nr. 019/2022.

Genehmigungen für den Einsatz von GPS-Geräten bei Humboldt-Pinguinen auf der Insel Choros, ausgestellt vom Untersekretariat für Fischerei und Aquakultur (Subpesca):

- Permiso de Pesca de Investigación Resolución Exenta N° E-2021-652, 22/11/2021.
Veröffentlichung des Auszugs im Diario Oficial Nr. 43.136, 24. Dezember 2021.

DANKSAGUNGEN

Wir sind vielen CONAF-Beamten und Rangern für ihre Hilfe vor Ort und ihre Gastfreundschaft sehr dankbar, darunter: José Luis Gutiérrez, Alfonso Sepúlveda (Pan de Azúcar National Park), Marinella Maldonado, Cristian Rivera, César Pizarro, Pedro Salazar (isla Chañaral, Reserva Nacional Pingüino de Humboldt), Pablo Arróspide, Marcelo Silva (isla Choros, Reserva Nacional Pingüino de Humboldt) und Javiera Meza (isla Cachagua). Carla Louit und Moisés Grimberg waren eine große Hilfe bei der rechtzeitigen Erteilung von Forschungsgenehmigungen.

An Gerardo Cerda und Marcelo Araya von der chilenischen Fischerei- und Aquakulturbehörde (Sernapesca).

Unser besonderer Dank gilt den Fischern, die uns sicher zu den Inseln gebracht haben: Manuel Carrasco (isla Pan de Azúcar), Javier Villalón (islote Ramadas), Bartolo Ortiz (Tilgo und Pájaros 1), Juan Godoy (isla Cachagua). Besondere Erwähnung verdienen Maickol Barrera und Guillermo Barrera ("Tío Willy"), die nicht nur für den Transport zur Insel Choros sorgten, sondern auch für ihre große Gastfreundschaft während ihres Aufenthalts in Punta de Choros.

Die folgenden Personen leisteten in den verschiedenen Phasen des Projekts große Unterstützung vor Ort: Constanza Abaud, Rodrigo Caraves, Erik Godoy, Dominique Guerrero, Héctor "Chipi" Gutierrez (Oikonos), Karen Lau, Miriam Lerma, Alexandre Leyton, David Lucero, Sofía Marambio, Pamela Núñez, Valentina Ramírez, Francisco Riquelme, Lisset Rojo, Javiera Said, Iván Torres, Andrea Varela, Florencia Vial, und Carola Vivanco.

Wir danken Valentina Abello, Wilma Collao, Sandra Neira und Jocelyn Monsalve, Universidad Andrés Bello, für ihre ständige Unterstützung und Hilfe bei allen administrativen (meist dringenden und in letzter Minute anfallenden) Aspekten des Projekts.

Wir sind allen Institutionen und Organisationen in Deutschland sehr dankbar, die die notwendige finanzielle Unterstützung zur Verfügung gestellt haben: Sphenisco e.V., Artenschutz-Stiftung des Zoos Karlsruhe, Freundeskreis des Tierparks Hagenbeck und Zoo Dresden. Wir danken Ihnen auch für Ihr Vertrauen in unsere Ideen und Forschungsvorschläge, die dieses Projekt ermöglicht haben.

ZITIERTE LITERATUR

Bibby, C. J., N. D. Burgess, D. A. Hill, and S. H. Mustoe. 2000. Bird census techniques. Second edition. Academic Press, London.

BirdLife International. 2020. *Spheniscus humboldti*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T22697817A182714418. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T22697817A182714418.en>

Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, and J. L. Laake. 1993. Distance sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman and Hall.

Simeone, A., B. Araya, M. Bernal, E. N. Diebold, K. Grzybowski, M. Michaels, J. A. Tare, R. C. Wallace, and M. J. Willis. 2002. Oceanographic and climatic factors influencing breeding and colony attendance patterns of Humboldt penguins *Spheniscus humboldti*. Marine Ecology Progress Series 227: 43–50.

Simeone, A., G. Luna-Jorquera and R. Aguilar. 2018. Proyecto FIPA N°2016-33: “Censo de Pingüinos de Humboldt”. Final Report. 62 pp.

IUCN Standards and Petitions Committee. 2022. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 15.1. Prepared by the Standards and Petitions Committee. Downloadable from <https://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>.

Thomas, L., S. T. Buckland, E. A. Rexstad, J. L. Laake, S. Strindberg, S. L. Hedley, J. R. B. Bishop, T. A. Marques, and K. P. Burnham. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. Journal of Applied Ecology 47: 5–14.

Vargas-Rodríguez, R., C. Louit-Lobos, C. Chávez-Villavicencio, P. Arróspide-Alonso, P. Correa-Álvarez & P. Martínez-Palma. 2022. Monitoreo institucional de largo plazo de la colonia reproductiva del pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) en la isla Choros de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt. Biodiversidata 10: 29-43.