



Plan de Manejo Biótico

Compromisos Ambientales Voluntarios (RCA RE N°21/2016):

**MONITOREO DE AVES ACUÁTICAS MEDIANTE IMÁGENES
RPAS (Remotely Piloted Aircraft System)**

Informe Consolidado Plan Piloto 2017 – 2018

Proyecto: “EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA RE N°21/2016)”



CONTROL DEL DOCUMENTO				
Versión	Fecha	Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
0	18/08/2018	Hernán Lorca	Esteban Martínez	Natalia Muñoz Manuel Contreras Fernando Novoa
1	21/09/2018	Esteban Martínez Hernán Lorca Fernanda Díaz Diego Contreras	Natalia Muñoz	Natalia Muñoz Manuel Contreras Fernando Novoa
2	03/10/2018	Esteban Martínez Hernán Lorca Fernanda Díaz Diego Contreras	Natalia Muñoz	Natalia Muñoz Manuel Contreras Fernando Novoa

Índice

1	RESUMEN	5
2	INTRODUCCIÓN	7
3	OBJETIVOS	9
3.1	Objetivo General.....	9
3.2	Objetivos Específicos	9
4	MATERIALES Y MÉTODOS	10
4.1	Área de Estudio	10
4.1.1	Ubicación de los puntos de medición.....	11
4.1.2	Fecha de muestreo.....	12
4.1.3	Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales	13
4.2	Metodología de muestreo	13
4.2.1	Diseño del estudio	13
4.2.2	Obtención del permiso de ejecución de actividades de investigación a CONAF.13	
4.2.3	Desarrollo de las actividades.....	14
4.2.4	Protocolo de toma de imágenes	14
4.2.5	Tamaño de los espejos lacustres.....	14
4.2.6	Monitoreo de flamencos	16
4.2.7	Éxito de la reproducción de flamencos	18
4.3	Materiales y equipos utilizados	19
4.4	Análisis de información de terreno.....	19
5	RESULTADOS.....	24
5.1	Tamaño de los espejos lagunares	24
5.2	Monitoreo de flamencos.....	25
5.3	Éxito de la reproducción	31
6	DISCUSIONES	39
7	CONCLUSIONES	43
8	REFERENCIAS	45
9	ANEXOS.....	47

Índice Anexos

ANEXO N° 1. AUTORIZACIÓN ACTIVIDADES SNASPE – CONAF	48
ANEXO N° 2 RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LAS CAMPAÑAS (2017 - 2018).....	53
ANEXO N° 3 PLANES DE VUELO RPAS	56
ANEXO N° 4 INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES	60
ANEXO N° 5 PROTOCOLO DE TOMAS DE IMÁGENES	62
ANEXO N° 6 IMÁGENES SATELITALES PLEIADES 1A (CAMPAÑA DE INVIERNO, AGOSTO 2017)	63

ANEXO Nº 7 FOTOGRAFÍAS DE LOS VUELOS DE PRUEBAS A DIFERENTES ALTURAS PRIMERA CAMPAÑA (250 M, 200M, 150M Y 100 M)	67
ANEXO Nº 8 FOTOGRAFÍAS DE COMPORTAMIENTO DE FLAMENCOS AL VUELO DEL DRONE	69
ANEXO Nº 9 DISTRIBUCIÓN DE FLAMENCOS EN LOS DISTINTOS SISTEMAS HIDROBIOLÓGICOS	71
ANEXO Nº 10 DENSIDAD POBLACIONAL DE FLAMENCOS PARA LAS 4 CAMPAÑAS	75
ANEXO Nº 11 COMPORTAMIENTO DE FLAMENCOS OBSERVADO EN TERRENO	80
ANEXO Nº 12 HALLAZGOS DE LA ETAPA REPRODUCTIVA DE FLAMENCOS DETECTADOS EN LA TERCERA CAMPAÑA (MARZO – ABRIL 2018)	84
ANEXO Nº 13 ARCHIVOS DIGITALES ADJUNTOS	92

1 RESUMEN

El presente documento corresponde al informe técnico consolidado de actividades referente al programa piloto del estudio “Monitoreo de aves acuáticas mediante imágenes RPAS (Remotely Piloted Aircraft System)”, aprobado por la Corporación Nacional Forestal de la región de Antofagasta, según carta oficial N°49/2017 (**ANEXO N° 1**). Este programa piloto busca evaluar la factibilidad (durante y después de las 4 campañas programadas) en relación a uso de imágenes RPAS (Remotely Piloted Aircraft System, drone) para monitorear la presencia de flamencos, considerando así que esta tecnología pueda ser de utilidad para la realización de un monitoreo futuro a largo plazo (“Monitoreo de superficie de lagunas y flamencos”) el cual forma parte de un Compromiso Ambiental Voluntario (CAV) adquirido bajo el Proyecto “EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, aprobado mediante la Resolución de Calificación Ambiental RCA N° 21 de fecha 20 de enero del 2016.

Este estudio tiene como finalidad monitorear la presencia y éxito reproductivo de la avifauna de Salar de Atacama, por medio del uso de imágenes RPAS, y evaluar así la factibilidad de esta metodología para llevar a cabo ambas actividades, y su utilidad en estudios futuros de monitoreo. Sumado a lo anterior se busca determinar el tamaño de la superficie de las lagunas del Salar. Para tales efectos se generó un plan piloto con 4 campañas de monitoreo utilizando la tecnología RPAS, mediante drone, y una campaña asociada al éxito reproductivo la que contempló el recorrido de un especialista de fauna. Complementariamente, se entrega un reporte de la estimación de las superficies lagunares de los sistemas: Peine, Atacama Sur (La Punta y La Brava), Soncor y Aguas de Quelana.

El presente documento contiene la información recopilada durante las cuatro campañas de monitoreo de flamencos altoandinos mediante RPAS realizadas desde septiembre del año 2017 hasta mayo de 2018, estimando en una de ellas el éxito reproductivo de los flamencos y complementando con los reportes de las superficies lagunares de los sistemas hidrológicos en invierno y en verano.

Con el propósito de determinar el tamaño de los espejos lacustres, se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución (tamaño píxel de 2 m) del sensor Pleiades 1A; y de mediana resolución (30 m) de acceso público del sensor Landsat 8. Ambas imágenes fueron levantadas y trabajadas por Albemarle en las campañas de invierno (agosto) y verano (diciembre) del año 2017, bajo el marco del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH) de la RCA N°21. Estas imágenes satelitales permitieron determinar que en la temporada de verano, las superficies lagunares de Aguas de Quelana y Soncor presentan una disminución en relación con lo evidenciado en la temporada de invierno propio de la temporalidad en las que fueron tomadas las imágenes (época de verano hay mayor radiación y menos precipitaciones), mientras que los sistemas de Peine y Atacama Sur (La Punta y La Brava) no presentaron notorias diferencias en el tamaño de sus cuerpos de agua entre temporadas.

La metodología piloto de RPAS concluye que la altura de vuelo de 200 metros, criterio experto de los operadores del drone (CEA), considerando sombra y ruido del

equipo, conteo fácilmente distinguible, eficiencia en términos de cobertura y con relación a los horarios fotogramétricos, aprobada por CONAF, al inicio de las actividades, no generó efectos negativos en el comportamiento de los flamencos, método que se corroboró en cada campaña.

El análisis de las imágenes RPAS de los cuatro sistemas hidrológicos permitió el conteo de 1.831 flamencos en la primera campaña (septiembre-octubre 2017), 1.697 en la segunda campaña (octubre 2017), 1.131 en la tercera (marzo-abril 2018) y 1.347 en la cuarta campaña (mayo 2018). La distribución de los individuos varió en el tiempo y en el espacio dentro de los sistemas hidrológicos estudiados.

De forma complementaria al estimar distribución y densidad de flamencos (ind/m²) por sistema, se registró una concentración de individuos principalmente en los canales afluente y efluente de las cubetas para el caso de los sistemas Soncor y Peine. En el sistema Atacama Sur se concentró en la laguna La Brava, mientras que en Aguas de Quelana en la laguna central.

La estimación del éxito reproductivo permitió determinar que la mayor área de nidificación y número de nidos estuvo presente en la laguna Puilar del sistema Soncor. En este mismo sistema, pero en Barros Negros se logró identificar una colonia activa, con 57 pollos correspondiente a la camada del año 2017.

La factibilidad de aplicar la metodología para monitorear flamencos mediante imágenes RPAS ha resultado ser eficaz en términos de cobertura, precisión en la estimación de individuos involucrando su georreferenciación, ausencia de perturbación de las bandadas y factibilidad técnica. Además, ha permitido contar con información biológica valiosa y pionera en relación a los Flamencos del Salar de Atacama, a una escala que no es posible obtener con otras imágenes, como es la distribución espacial de los individuos y movimiento en el tiempo, preferencia de hábitats, zonas de nidificación y número de nidos.

Si bien la altura de vuelo cumple a cabalidad con la obtención de información en relación con el conteo de los flamencos en general y algunos patrones de agregación, la incorporación de forma simultánea de campañas de observación directa en terreno realizadas por un especialista de fauna permitiría una mayor exactitud al momento de identificar a los flamencos a un nivel taxonómico más bajo y tener más información relacionada a las actividades reproductivas y comportamientos de los individuos.

2 INTRODUCCIÓN

La tecnología RPAS (siglas Remotely Piloted Aircraft System) disponible en la actualidad, permite contar con una detallada capacidad de observación que supera ampliamente a las imágenes satelitales. Esta capacidad de observación de los RPAS, también conocidos como drones, permite aumentar la precisión en el conteo de individuos a la vez que ofrece la posibilidad de llegar a lugares de difícil acceso en terreno.

La aplicación de la tecnología RPAS en estudios de conservación y manejo de especies de vida silvestre en otras partes del mundo, ha adquirido relevancia durante los últimos años con resultados favorables en cuanto al conteo directo de animales y rastreo de huellas, entre otras (Anderson & Gaston, 2013; Koh & Wich, 2012; Hardin & Hardin, 2010). Un ejemplo para mencionar es la experiencia llevada a cabo en Candillanges, Francia, realizada por Vas y colaboradores en 2015, y en donde se realizaron 96 vuelos sobre grupos de flamencos rosados (*Phoenicopterus roseus*) en una laguna salobre. En Chile, la popularidad del uso de esta tecnología como una herramienta para el monitoreo de fauna y hábitats ha aumentado recientemente, un ejemplo de ello es la incorporación del uso de drones por parte de CONAF para resguardar el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) (Rehbein, 2018).

El presente informe consolidado comprende las 4 campañas comprometidas en el programa piloto presentado a CONAF (Ver **ANEXO N° 1**), el cual busca evaluar la factibilidad durante y después de cada campaña, en relación al uso de imágenes RPAS para la obtención de datos correspondientes al número de individuos de aves (principalmente flamencos altoandinos), número de nidos, desplazamientos dentro del área y algunas conductas reproductivas. Las campañas fueron las siguientes:

- campaña 1: entre el 12 y 14 de septiembre, y durante el 13 y 14 de octubre de 2017;
- campaña 2: desde el 25 al 29 de octubre de 2017;
- campaña 3: desde el 24 al 26 de marzo de 2018, y durante el 11 y 12 de abril de 2018; y
- campaña 4: entre los días 14 y 16 de mayo de 2018.

El levantamiento de información de imágenes RPAS se llevó a cabo en los sistemas hidrológicos Aguas de Quelana, Soncor, Peine y en Atacama Sur (La Punta y La Brava). Complementariamente se evaluó el comportamiento de los flamencos frente al vuelo del drone y/u otras conductas de las especies. Todas estas actividades se realizaron con supervisión, protocolos y permisos otorgados por CONAF (Ver permiso en **ANEXO N° 1** y protocolos en **ANEXO N° 4** y **ANEXO N° 5**).

El trabajo de campo fue ejecutado por el personal del Centro Ecología Aplicada (CEA). El detalle de las componentes, variables y sistemas hidrológicos se presenta en la **Tabla 1**, a continuación:

Tabla 1. Detalle de los componentes, variables y sistemas hidrológicos reportados.

Componente	Subcomponente	Frecuencia	Variables generales	Nº de sistemas hidrológicos
Biota	Fauna Terrestre	4 campañas	Composición, abundancia y distribución	4
Agua	Lagunas	2 campañas	Superficie cuerpos de agua	4

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 2** se identifican los responsables y ejecutores de las mediciones, muestreo y/o análisis realizados en las campañas ejecutadas. Además, en el **ANEXO N° 2** se presenta en detalle el personal involucrado.

Tabla 2. Responsables de mediciones, muestreo y/o análisis

Subcomponente	Variable	Medición	Muestreo	Análisis
Fauna terrestre	Abundancia y distribución de flamencos	CEA	CEA	Imágenes tomadas por RPAS y distribución de abundancia
Lagunas	Superficie	Cedrem Consultores	Cedrem Consultores	Imágenes satelitales

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al considerando asociado a la RCA que da origen a este informe (inicialmente Albemarle propuso un monitoreo de aves acuáticas a la Superintendencia de Medio Ambiente, aprobándose en primera instancia este plan piloto por parte de CONAF, el que de ser aprobado por la autoridad competente podría dar lugar al monitoreo propuesto inicialmente), se transcribe en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Detalle de la Ubicación del Compromiso Voluntario

Documento	Considerando	Transcripción
Adenda 5, Anexo 2	5.4 Monitoreo superficie de lagunas y flamencos	Se propone incorporar a la medición de la superficie de las lagunas y censo de flamencos contemplados en el programa de monitoreo, los sectores de Aguas de Quelana, Soncor, Peine, Atacama Sur (La Punta y La Brava) (Figura 1) con el fin de contribuir al conocimiento de su comportamiento a escala del Salar de Atacama. Dentro de los primeros 4 meses de aprobado el Proyecto, se someterá a consideración de la autoridad una propuesta metodológica de este estudio, detallando sus actividades y plazos.

Fuente: Elaboración propia.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Monitorear la presencia y éxito reproductivo de los flamencos del Salar de Atacama mediante imágenes RPAS (Remotely Piloted Aircraft System, drone) evaluando su factibilidad durante y después de las 4 campañas programadas, junto con la determinación de la superficie de las lagunas de los sistemas Peine, Atacama sur (La Punta-La Brava), Soncor y Aguas de Quelana.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar mediante el uso de imagen satelital el tamaño de los espejos lacustres.
- Monitorear mediante imágenes de alta resolución la presencia de flamencos de las lagunas Barros Negros, Puilar y Chaxa (Soncor), Lagunas de Aguas de Quelana, La Punta y La Brava (Atacama sur) y Salada, Saladita e Interna (Peine).
- Realizar una estimación del éxito reproductivo de los flamencos de los sectores de las lagunas Barros Negros, Puilar y Chaxa (Soncor), Lagunas de Aguas de Quelana, La Punta y La Brava (Atacama sur) y Salada, Saladita e Interna (Peine).

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de Estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el salar de Atacama, circunscrito en la región de Antofagasta, provincia de El Loa y comuna de San Pedro de Atacama. La región de Antofagasta presenta un clima cálido y seco, con escasa ocurrencia de lluvias concentradas principalmente en la temporada estival (diciembre - marzo), lo anterior dado el ingreso de masas de aire húmedo a la zona provenientes de la cuenca amazónica, fenómeno denominado como "invierno altiplánico" (Vuille, 1996; Aceituno, 1996). Dentro de la provincia biogeográfica altoandina y puneña (Gajardo, 1994), el salar de Atacama se encuentra en la subregión del Desierto Andino, el cual se caracteriza por presentar un clima Desértico Marginal de Altura con temperaturas medias de 10°C (DGA, 2004). El salar de Atacama, conforme a lo descrito en la *Guía para la Conservación y Seguimiento de Humedales Andinos* (Ahumada *et al.*, 2011), integra el grupo de los Humedales Andinos con alto valor de conservación.

El área de estudio general comprende 4 sistemas lagunares del Salar de Atacama, correspondientes a: Atacama Sur (La Punta y La Brava), Peine, Aguas de Quelana y Soncor (ver **Figura 1**).

En la zona sur oeste del Salar de Atacama, se encuentra el sistema lagunar La Punta-La Brava, denominado como sistema Atacama sur en este informe. El sistema Lagunar de Peine está compuesto por las lagunas Salada, Saladita e Interna (Salas *et al.*, 2010). Bajando por el margen este se ubica el sistema de Aguas de Quelana, constituido por lagunas de carácter no permanente, mientras que, en la zona norte del margen oriental del salar, se ubica el sistema Soncor, formado por las lagunas: Chaxa, Barros Negros, Canal Burro Muerto y Puilar. Tanto los sistemas de Aguas de Quelana como Soncor forman parte de la Reserva Nacional Los Flamencos, creada en 1990 por CONAF.

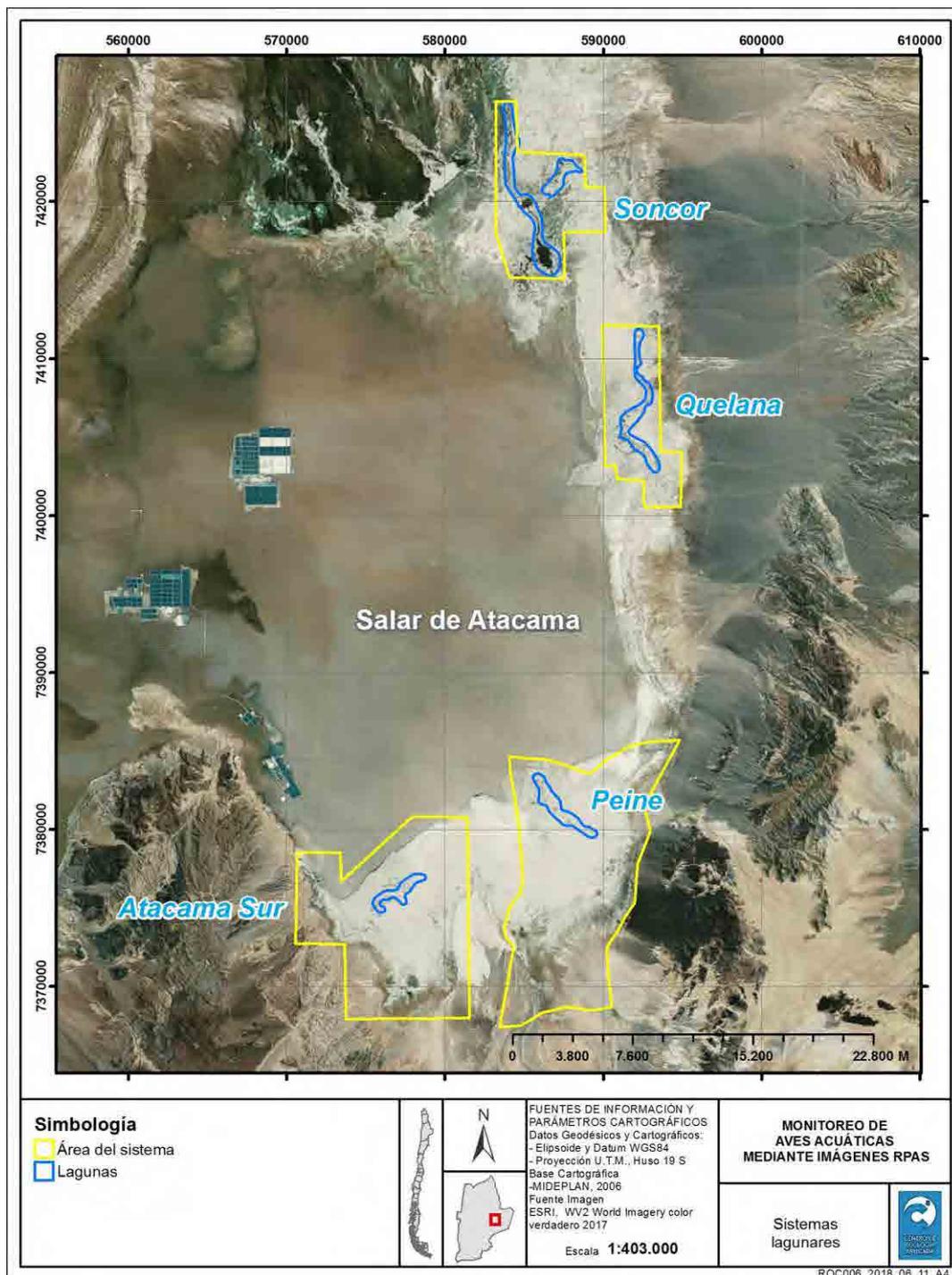


Figura 1 Salar de Atacama y polígonos con lagunas (polígonos azules)

4.1.1 Ubicación de los puntos de medición

La ubicación de los puntos de despegue y aterrizaje del drone, fueron replicados en las 4 campañas de terreno, no así, los planes de vuelo, puesto que en la segunda campaña hubo una modificación de las líneas de vuelo, debido a que en varios sectores no se encontraron cuerpos de aguas. El detalle de la ubicación de los sitios de despegue y aterrizaje se informa en la **Tabla 4**.

Desde estas ubicaciones, el drone se elevó hasta la altura de vuelo determinada en los vuelos de prueba y acordada en conjunto con CONAF correspondiente a 200 metros, en donde la eficiencia del vuelo del drone según el equipo fue la óptima, abarcando además una mayor cobertura (7.000 km de cobertura utilizando una batería del equipo) y sin la generación del ruido propio del equipo, por ende, disminuyendo la posibilidad de perturbación de las bandadas de flamencos. A esa altura se comenzó la ejecución del plan de vuelo programado. En el **ANEXO N° 3** se entrega el detalle de los sectores donde se realizaron las mediciones y los planes de vuelo.

Tabla 4. Puntos de observación (despegue/aterrizaje) del drone. Datum WGS84 Huso19

Sector	Sitio	Coordenada UTM E (m)	Coordenada UTM N (m)
SISTEMA SONCOR	Barros Negros	586.223	7.415.477
		586.248	7.415.733
	Chaxa	585.311	7.419.092
		585.214	7.419.491
	Puilar	588.461	7.422.771
SISTEMA AGUAS DE QUELANA	Aguas de Quelana	593.067	7.408.196
		592.247	7.406.113
		593.197	7.403.847
		592.462	7.410.790
SISTEMA PEINE	Salada, Saladita e Interna	586.225	7.383.645
		587.356	7.381.053
SISTEMA ATACAMA SUR	La Punta - La Brava	576.164	7.375.210
		576.733	7.375.336

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Fecha de muestreo

Las actividades de terreno fueron autorizadas entre el 04 de agosto de 2017 y el 30 de julio de 2018 y si bien, CONAF propuso que las campañas fueran realizadas el 1 de agosto y 1 de septiembre de 2017 y el 1 de febrero y 1 de marzo de 2018, las condiciones meteorológicas adversas y diversas situaciones asociadas a la logística condicionaron a que las actividades fueran realizadas en las siguientes fechas:

- Primera campaña: se efectuó el día 6 septiembre, y entre los días 12 y 14 del mismo mes, y durante el 13 y 14 de octubre de 2017.
- Segunda campaña: se ejecutó desde el 25 al 29 de octubre de 2017.
- Tercera campaña: se realizó desde el 24 al 26 de marzo y entre los días 11 y 12 de abril de 2018.
- Cuarta campaña: se llevó a cabo entre los días 14 y 16 de mayo de 2018.

4.1.3 *Parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales*

En el monitoreo de flamencos se consideraron las variables ambientales de: abundancia y distribución de flamencos. Para caracterizar el estado y evolución de estas variables se realizó la identificación de flamencos hasta el máximo nivel taxonómico posible (familia: Phoenicopteridae) detectado por las imágenes RPAS, junto con ello, se contabilizó el número de flamencos en los distintos sistemas y su distribución en cada uno de ellos.

En cuanto a superficie lagunar, el parámetro de seguimiento utilizado en el análisis corresponde a las de superficies de agua estimadas por sistema lagunar a través de imágenes satelitales.

Para la estimación del éxito reproductivo se determinaron como variables ambientales la presencia de individuos de flamencos en subdesarrollo (polluelo o juveniles), el número de nidos, número de pollos muertos en nido y huevos perdidos en nido y número de pollos muertos y huevos perdidos presentes en los sistemas lagunares estudiados.

4.2 Metodología de muestreo

4.2.1 *Diseño del estudio*

El diseño del estudio se definió en base a los cuerpos de aguas circunscritos en los sistemas hidrológicos presentes en el área de estudio: sistemas Soncor, Aguas de Quelana, Peine, Atacama sur (La Punta y La Brava), los cuales son parte del hábitat usado por flamencos y otras aves acuáticas. Para el establecimiento de las áreas de monitoreo se definieron polígonos en las principales lagunas de cada sistema hidrológico (**Tabla 5**).

Tabla 5. Superficie de monitoreo de flamencos por sector

Sector	Polígono monitoreado (ha)
Peine	633
Atacama sur (La Punta y La Brava)	267
Aguas de Quelana	542
Soncor	1.135
Total	2.577

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 *Obtención del permiso de ejecución de actividades de investigación a CONAF.*

Para la tramitación del permiso de investigación de CONAF, previo a los trabajos en terreno, se envió la carta de compromiso, el currículum del investigador y una copia del proyecto de investigación exigido por CONAF. Con esta información, CONAF aprobó el permiso de las actividades de investigación, el cual se presenta en el **ANEXO N° 1**.

Junto con ello, se dio aviso a CONAF con dos semanas de anticipación de la ejecución de las actividades de cada campaña.

4.2.3 *Desarrollo de las actividades.*

Según lo indicado en el Manual de Procedimientos, Requisitos y Obligaciones para Proyectos de Investigación Científica en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado-SNASPE, el desarrollo de las actividades de terreno se rigió a las indicaciones detalladas en el **ANEXO N° 4**.

4.2.4 *Protocolo de toma de imágenes*

Para el desarrollo de la captura de imágenes se estableció un protocolo para la toma de estas, el cual aseguró la correcta ejecución de las actividades, cuidando de no afectar el comportamiento de las especies de flamencos (ver **ANEXO N° 5**).

4.2.5 *Tamaño de los espejos lacustres*

Para la estimación del tamaño de los espejos lacustres (imágenes provistas por Albemarle y resultados reportados en las campañas del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico por CEDREM consultores), se utilizaron imágenes de alta resolución (tamaño pixel de 2 m) del sensor Pleiades 1A (**ANEXO N° 6**) y, de mediana resolución (30 m) de acceso público del sensor Landsat 8. La metodología utilizada es un Modelo de Clasificación Supervisada en base al “Índice Normalizado de Diferencia de Agua” (NDWI por su sigla en inglés), desarrollado a partir de los requerimientos señalados en el Anexo 3 - Adenda 5 (Pág 17-52) del EIA “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas y Evaporación Solar en el Salar de Atacama y además considerando el modelo indicado en el Apéndice B – Anexo 2 Adenda 5 (Pág 33-38) del estudio mencionado con anterioridad.

Las etapas metodológicas necesarias para este análisis corresponden a: i) trabajo en terreno en apoyo de la clasificación supervisada, con el fin de clasificar el recubrimiento de suelo en los puntos de monitoreo, es decir, “cuerpos de agua” u “otros recubrimientos”; ii) obtención y procesamiento de las imágenes satelitales en forma paralela a la campaña de terreno; y iii) desarrollo y validación del modelo de clasificación supervisada en base al post-proceso de las imágenes satelitales obtenidas.

Como parte de la metodología de análisis, y procesamiento de las imágenes satelitales, ambas Landsat 8, y Pleiades-1A¹ de alta resolución, fueron sometidas a procesamiento digital de correcciones radiométricas y atmosféricas, con el fin de reducir errores provenientes de interferencias, las cuales pueden ser producto del ángulo de captura y alteraciones en el movimiento del satélite.

¹ Las campañas del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH) se ejecutaron en agosto y diciembre 2017, por CEDREM CONSULTORES.

Los sistemas lagunares catastrados, junto con los puntos de validación de estas áreas correspondientes a las campañas invierno y verano de 2017, se presentan en la **Tabla 6** y en la **Tabla 7**.

Tabla 6 Número de puntos de muestreo catastrados en la campaña de invierno 2017, para validación del modelo de clasificación de cobertura de cuerpos de agua a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8 en los 4 sistemas lagunares del Salar de Atacama.

SISTEMA LAGUNAR	CLASIFICACIÓN POR RECUBRIMIENTO DE SUELO	ÁREA LAGUNAS Ha	% ÁREA RECUBRIMIENTO DE SUELO	PUNTOS DE VALIDACIÓN	
				PLEIADES 1A	LANDSAT 8
La Punta y La Brava	Otros recubrimientos	677,9	93,40%	167	61
	Cuerpos de agua	48,1	6,60%	138	36
	Total sistema lagunar	726	100,00%	305	97
Peine	Otros recubrimientos	1694,5	95,80%	47	47
	Cuerpos de agua	74,6	4,20%	144	135
	Total sistema lagunar	1769,1	100,00%	191	182
Aguas de Quelana	Otros recubrimientos	5097,9	97,60%	35	35
	Cuerpos de agua	122,9	2,40%	49	49
	Total sistema lagunar	5220,9	100,00%	84	84
Soncor	Otros recubrimientos	4296,2	92,70%	75	72
	Cuerpos de agua	336,3	7,30%	181	161
	Total sistema lagunar	4632,5	100,00%	256	233
TOTAL GENERAL				836	596

Fuente: Datos Reporte PSAH año 2017-2018. Albemarle.

Tabla 7. Número de puntos de muestreo catastrados en la campaña de verano 2017 (diciembre), para validación del modelo de clasificación de cobertura de cuerpos de agua a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8 en los 4 sistemas lagunares del Salar de Atacama.

SISTEMA LAGUNAR	CLASIFICACIÓN POR RECUBRIMIENTO DE SUELO	ÁREA LAGUNAS Ha	% ÁREA RECUBRIMIENTO DE SUELO	PUNTOS DE VALIDACIÓN	
				PLEIADES 1A	LANDSAT 8
Atacama Sur (La Punta y La Brava)	Otros recubrimientos	677,4	93,30%	195	71
	Cuerpos de agua	48,6	6,7%	110	26
	Total sistema lagunar	726,0	100,00%	305	97
Peine	Otros recubrimientos	1695,1	95,80%	67	60
	Cuerpos de agua	74,1	4,20%	124	122
	Total sistema lagunar	1769,1	100,00%	191	182
Aguas de Quelana	Otros recubrimientos	5.193,1	99,50%	30	30
	Cuerpos de agua	27,8	0,50%	54	54
	Total sistema lagunar	5.220,9	100,00%	84	84
Soncor	Otros recubrimientos	4.412,2	95,20%	119	102
	Cuerpos de agua	220,3	4,80%	137	131
	Total sistema lagunar	4.632,5	100,00%	256	233
TOTAL GENERAL				836	596

Fuente: Datos Reporte PSAH año 2017-2018. Albemarle.

4.2.6 Monitoreo de flamencos

Previo a la primera campaña de terreno (septiembre - octubre 2017) se ejecutaron vuelos de prueba a diferentes alturas, en el siguiente orden: 250m, 200m, 150m y 100m (ver **ANEXO N° 7**). Estos vuelos se realizaron con el objetivo de evaluar una altura adecuada para evitar alterar el comportamiento de la colonia de flamencos. Luego de los vuelos de prueba ejecutados por los especialistas-operadores encargados del drone, en conjunto con CONAF se definió una altura de vuelo para todas las campañas correspondiente a 200 metros, manteniendo una velocidad promedio de desplazamiento del equipo de aproximadamente 10 m/s (36 km/h), con una autonomía de vuelo por batería de entre 15 a 18 minutos, sumado a la toma de fotografías de alta resolución cada 2 segundos de vuelo. Los puntos de despegue del drone variaron de acuerdo con cada sistema hidrológico estudiado, siendo la distancia horizontal mínima de despegue de 160 metros al cuerpo de agua. En **Figura 2** se muestran las distancias desde el punto de despegue al cuerpo de agua.

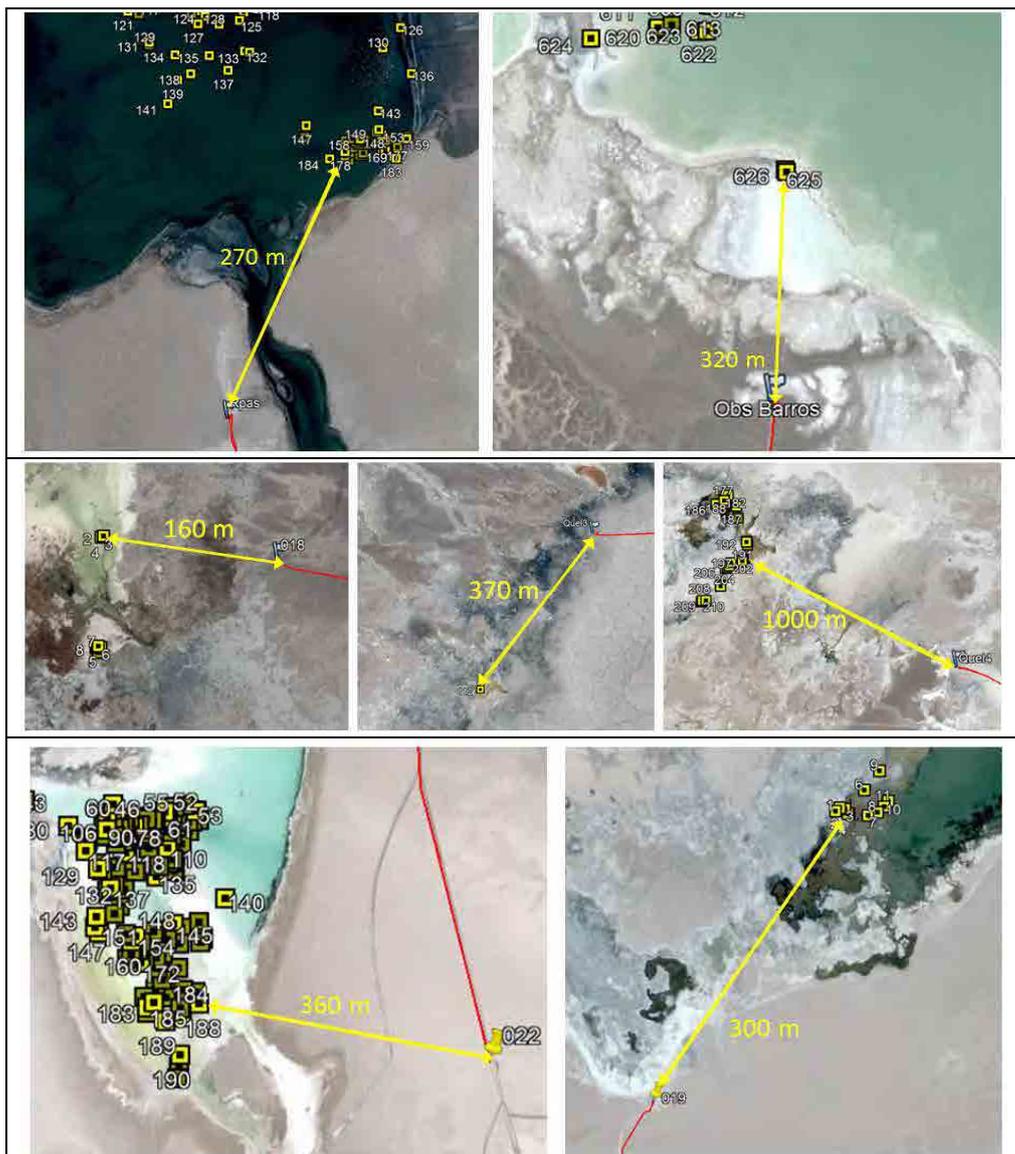


Figura 2. Distancia desde el punto de despegue de RPAS (línea roja es track GPS de acceso) hasta ubicación de flamencos más cercanos (puntos amarillos numerados). Arriba: Laguna Chaxa (270 m) y Barros Negros (320 m); Medio: Aguas de Quelana (160 m, 370 m y 1000 m); Abajo: Sistema Peine (360 m) y La Punta – La Brava (300 m).

La toma fotográfica de las bandadas o colonias se realizó con una cámara digital provista de teleobjetivo montada en trípode (**Figura 3**), de forma de dejar registro del momento de la aproximación y pasada por sobre los flamencos (ver **ANEXO N° 8**)



Figura 3 Sitio de despegue y cámara para registro de comportamiento de flamencos

4.2.7 Éxito de la reproducción de flamencos

Para llevar a cabo la estimación del éxito reproductivo de los flamencos, evaluado en la tercera campaña (del 24 al 26 de marzo y entre los días 11 y 12 de abril de 2018), se identificaron las zonas de nidificación en los sistemas lagunares, para ello, se realizó un análisis de las imágenes RPAS demarcándose los lugares donde se hallaron grupos de nidos. Cabe mencionar que las imágenes RPAS tomadas a 200 m de altura, no permiten diferenciar si las zonas de nidificación están siendo usadas por los flamencos o éstas no son utilizadas.

Posteriormente, se evaluaron las imágenes tomadas por el drone, para verificar si había presencia de flamencos sobre los nidos o cercanos a estos, con la finalidad de registrar actividades relacionadas a la reproducción, como la reconstrucción de nidos o posturas de flamencos sobre ellos.

Para verificar el éxito de la reproducción de flamencos se realizó un muestreo pedestre por los perímetros accesibles de las lagunas, en los cuales no hubiera presencia de flamencos a menos de 100 metros. En cada uno de los sistemas hidrológicos estudiados se efectuó una búsqueda exhaustiva de flamencos en su estado de desarrollo “polluelo y/o juvenil” correspondiente a individuos de la presente reproducción, junto con ello, se registraron todo tipo de hallazgos que hayan tenido relación con la etapa de eclosión y éxito de la reproducción.

Para verificar la etapa de eclosión y el éxito reproductivo (reclutamiento de polluelos) se consideraron los siguientes hallazgos:

1. Etapa de eclosión:
 - Huevos no eclosionados (huevos enteros de color café o blancos)
 - Huevos eclosionados (huevos rotos de color café o blancos)
2. Etapa de reclutamiento de polluelos:

- Pollos muertos (evidencia o rastros de pollos muertos)
- Pollos vivos (Evidencia de pollos correspondientes a la temporada de reproducción)

4.3 Materiales y equipos utilizados

Para la toma de fotografías aéreas, se utilizó un dron (RPAS) del tipo multi-rotor marca DJI, modelo Phantom4 Advanced (**Figura 4**), usando una velocidad crucero de desplazamiento de aproximadamente 10 m/s (36 km/h), con una autonomía de vuelo por batería de entre 15 a 18 minutos. Este modelo permite tomar imágenes con una alta resolución de píxeles de 4 a 8 cm, entregando así imágenes con una mayor resolución que las imágenes satelitales, tales como el Worldview-3 (resolución pancromática 31 cm).



Figura 4 Dron multirotor DJI Phantom 4 Advanced para la fotografía aérea

En cuanto a la superficie lagunar, se utilizó en terreno receptores geodésicos GNSS/GPS para el marcaje del tipo de recubrimiento de suelo directamente en terreno para cada punto de medición.

Como complemento a los trabajos con el equipo RPAS se realizó el reconocimiento de las conductas de flamencos frente al vuelo del Dron mediante la observación directa en todas las campañas y el registro de huevos, pollos, etc., para el análisis de éxito reproductivo en la tercera campaña. Estas observaciones se realizaron utilizando binoculares 10x50 y un telescopio 10-60x 80.

4.4 Análisis de información de terreno

En gabinete se procedió a analizar las imágenes para el reconocimiento y registro de la presencia de aves en terreno, para ello las fotografías tomadas por el sensor de la cámara del RPAS y posteriormente procesadas fueron georreferenciadas con GPS, lo que permitió combinarlas y generar mosaicos de alta resolución por cada uno de los sectores (Ver ejemplo **Figura 5**).

Posteriormente, se identificaron los flamencos mediante fotointerpretación, los cuales suelen contrastar con el fondo, dado que su forma característica ovalada con terminación en punta, y su altura, normalmente proyectan una sombra adyacente. Para cada una de las posiciones georreferenciadas se anotó su localización y se construyó una tabla general de coordenadas (**Figura 6**). Estos datos fueron cartografiados en mapas digitales que permitieron tener una visión sinóptica de su distribución espacial (**Figura 7**).



Figura 5. Mosaicos de fotografías por sectores. Izquierda: Sistema Aguas de Quelana; Derecha: Sistema Soncor. Las imágenes completas de los sistemas se presentan en el Anexo 13 (archivos digitales adjuntos).

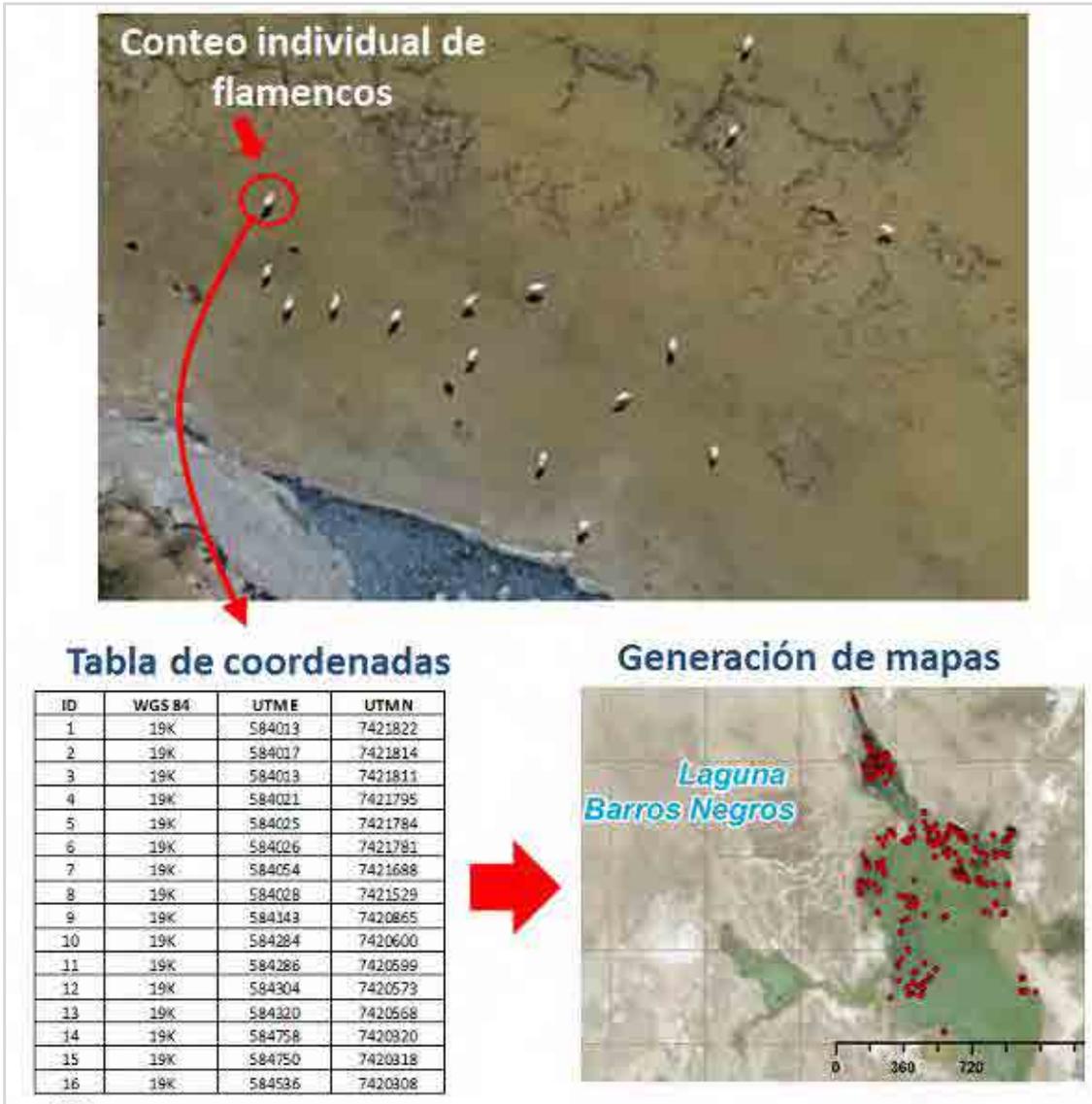


Figura 6. Metodología de conteo de flamencos.

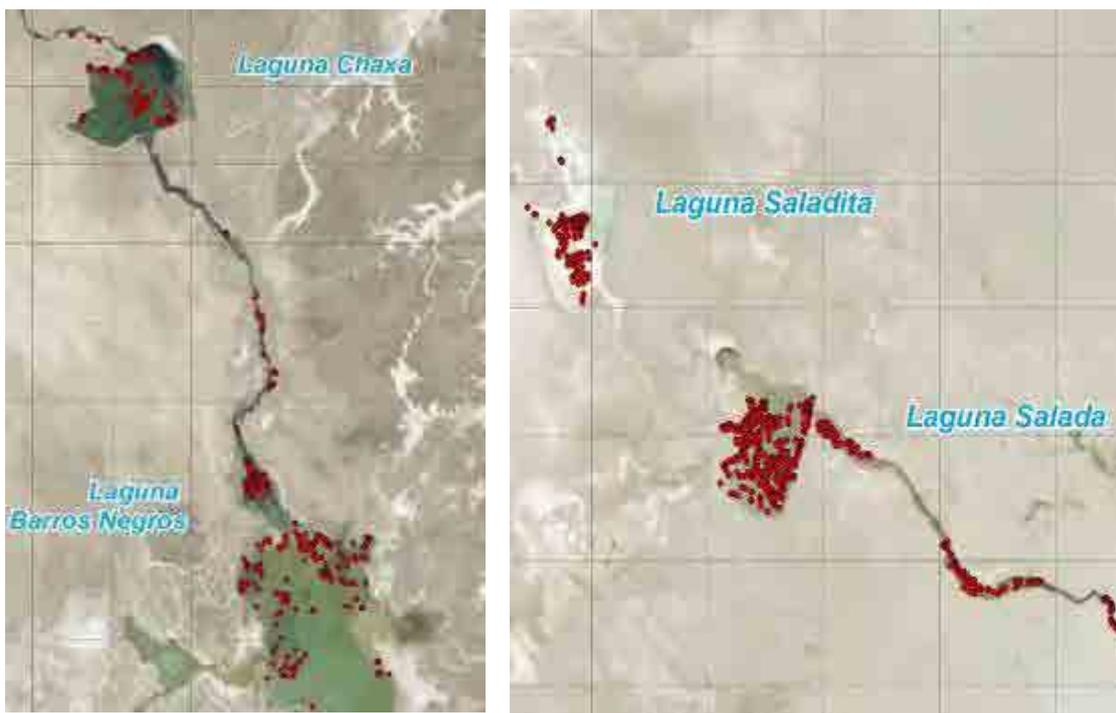


Figura 7 Ejemplo de mapas en los que se reflejan el número de flamencos contabilizados. Izquierda: Sistema Soncor; Derecha: Sistema Peine.

En relación con la abundancia relativa por especie, no fue posible calcular esta variable, dado que la altura de vuelo del dron de 200 m (altura determinada como eficiente en términos de cobertura y en donde el ruido característico propio del dron era imperceptible, por consiguiente, la probabilidad de ahuyentamiento menor) sólo permite identificar a un nivel taxonómico máximo de familia (Phoenicopteridae).

De forma complementaria en este estudio se realizó un análisis de densidad poblacional por punto con los flamencos registrados en las 4 campañas ejecutadas. Esta técnica permitió localizar las zonas de concentración de las poblaciones de flamencos en los respectivos sistemas lagunares. La densidad se expresó como número de avistamiento por metro cuadrado y presentó una simbología de colores desde azul oscuro (baja densidad) a rojo (alta densidad) (**Figura 8**).

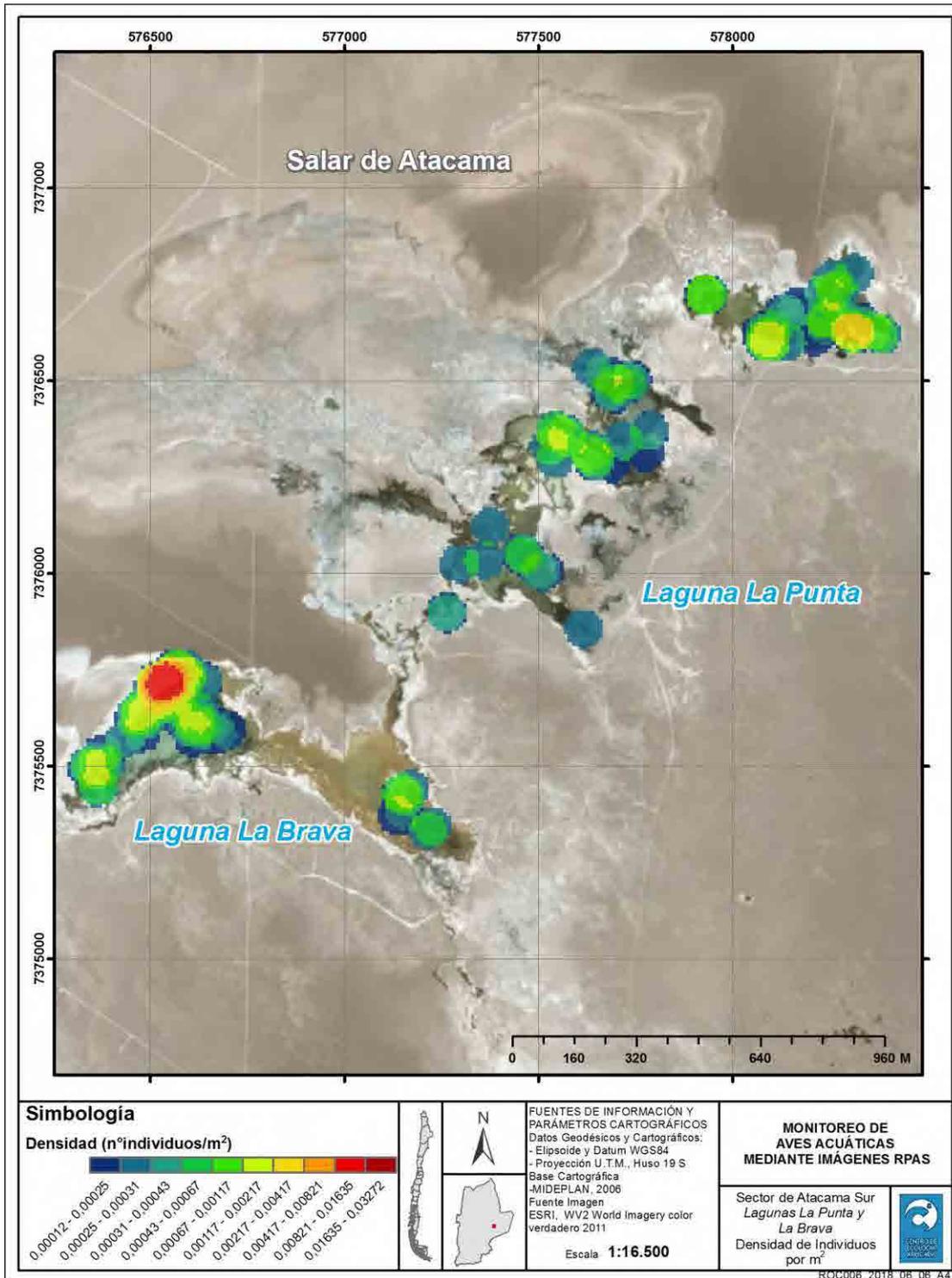


Figura 8 Ejemplo del mapa de densidad poblacional obtenido con los datos registrados en el sistema Atacama sur.

5 RESULTADOS

5.1 Tamaño de los espejos lagunares

Los resultados de las superficies lagunares de los sistemas hidrológicos Atacama Sur (La Punta y La Brava), Peine, Aguas de Quelana y Soncor, se presentan en la **Tabla 8** y **Tabla 9**. La primera tabla corresponde a las imágenes obtenidas en la campaña de invierno y la segunda a los datos de la campaña de verano 2017. Las imágenes satelitales del sensor Pleiades 1A, utilizadas para medir la cobertura de los cuerpos de agua se reportan en el **ANEXO N° 6**. Las imágenes Landsat 8 no se reportan en anexo por presentar una baja resolución.

Al comparar las superficies lagunares determinadas por ambos métodos de captura, fue posible detectar valores menores de superficie en la campaña de verano con relación a la de invierno en los sistemas lagunares Aguas de Quelana y Soncor. El primero registró una reducción del 77,4% en relación con la campaña de invierno 2017 (agosto), mientras que el sistema Soncor se redujo en un 34,5 % en la campaña de verano con respecto a la de invierno. En los sistemas Peine y Atacama Sur (La Punta y La Brava) no hubo diferencia de tamaño de los espejos lagunares entre temporadas.

Tabla 8 Superficies (en hectáreas) de coberturas de los cuerpos de agua en los sistemas lagunares del área de estudio. Invierno 2017 (Ref. PSAH Albemarle 2017)

Sistema lagunar	Superficie lagunares - agosto 2017- Monitoreo Fase Operación			
	PLEIDADES 1A AR		LANDSAT 8 MR	
	ha	m ²	ha	m ²
Atacama Sur (La Punta y La Brava)	48,1	481.106,9	38,2	381.694,9
Peine	74,6	746.230,2	104,6	1.045.919,1
Aguas de Quelana	122,9	1.229.000,0	263,8	2.637.745,4
Soncor	336,3	3.363.000,0	393,3	3.932.980,2

Dónde: AR: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m) y MR: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m). Fuente: Cedrem Consultores a partir de modelo de clasificación supervisada.

Tabla 9 Superficies (en hectáreas) de coberturas de los cuerpos de agua en los sistemas lagunares del área de estudio. Verano (Ref. PSAH Albemarle 2018)

Sistema lagunar	Superficie lagunares - diciembre 2017- Monitoreo Fase Operación			
	PLEIDADES 1A AR		LANDSAT 8 MR	
	Ha	m ²	Ha	m ²
Atacama Sur (La Punta y La Brava)	48,6	316.000	39,3	393.277,1
Peine	74,1	740.682,1	75,3	753.463,9
Aguas de Quelana	27,8	277.849,4	103,7	1.036.932,9
Soncor	220,3	2.202.981,2	189,7	1.896.512,3

Dónde: AR: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m) y MR: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m). Fuente: Cedrem Consultores a partir de modelo de clasificación supervisada.

5.2 Monitoreo de flamencos

Las distintas consideraciones para el despegue del RPAS y la altura de vuelo del drone permitieron observar que no hubo una alteración en el comportamiento de los flamencos en las cuatro campañas de monitoreo realizadas, manteniéndose los individuos en el lugar y siguiendo su actividad (alimentación, movimiento y/o reposo). Las evidencias del comportamiento de los flamencos que estuvieron en las cercanías (mayor a 100 m) del área de despegue del drone se pueden visualizar en el **ANEXO N° 8**.

La revisión de las imágenes permitió hacer un conteo individual de los flamencos de cada escena, obteniendo como resultado un censo de los sistemas lagunares del área de estudio, tal como se muestra en la **Tabla 11**. Cabe señalar que la resolución de la imagen no permite identificar los flamencos a nivel de género y especie.

Complementario al vuelo del drone, el muestreo pedestre realizado en la tercera campaña permitió registrar las especies de flamencos presentes en los distintos sistemas lagunares. La identificación determinó la presencia de tres especies de flamencos (*Phoenicoparrus andinus*, *Phoenicoparrus jamesi* y *Phoenicopterus chilensis*) en los sistemas Soncor y Peine, mientras que en los sistemas lagunares Aguas de Quelana y Atacama sur (La Punta y La Brava) sólo estuvieron presentes las especies *P. andinus* y *P. chilensis* (ver **Tabla 10**). El estado de conservación de estas tres especies de flamencos se registra como “Vulnerable” por distintos reglamentos. Las especies *Phoenicoparrus jamesi* y *Phoenicopterus chilensis* se encuentran categorizados por la Ley de Caza (D.S 5/1998 MINAGRI) y *Phoenicoparrus andinus* por la Resolución de Clasificación de Especies (DS 38/2015 MMA).

Tabla 10 Especies de flamencos por sistema lagunar y su estado de conservación registradas en muestreo pedestre complementario, tercera campaña (marzo – abril 2018)

Familia	Género	Especie	Estado de Conservación	Atacama Sur (La Punta y La Brava)	Peine	Aguas de Quelana	Soncor
Phoenicopteridae	<i>Phoenicoparrus</i>	<i>P. andinus</i>	Vulnerable ¹	X	X	X	X
Phoenicopteridae	<i>Phoenicoparrus</i>	<i>P. jamesi</i>	Vulnerable ²		X		X
Phoenicopteridae	<i>Phoenicopterus</i>	<i>P. chilensis</i>	Vulnerable ²	X	X	X	X

X: Presencia de la especie de flamenco; 1: RCE; 2: Ley de Caza

El censo de flamencos mediante RPAS contabilizó, sumando las cuatro campañas, un promedio de 1.501 individuos de flamencos para el total de los sistemas estudiados. De este valor, los promedios más altos se concentraron en el sistema Soncor (promedio de 683 ejemplares) y en el sistema Peine (promedio de 593 ejemplares). Por el contrario, los menores promedios se registraron en el sistema Aguas de Quelana (promedio de 165 ejemplares) y Atacama Sur (La Punta y La Brava), con 58 individuos promedio (**Tabla 11**).

Tabla 11 Número estimado de flamencos sp por sector

Sistemas	Lagunas y sistemas	N° Flamencos			
		Campaña 1	Campaña 2	Campaña 3	Campaña 4
		Entre el 12 y 14 de septiembre, y 13 y 14 de octubre de 2017.	Desde el 25 al 29 de octubre de 2017.	Entre el 24 y 26 de marzo, y el 11 y 12 de abril de 2018.	Entre el 14 y 16 de mayo de 2018
Soncor	Laguna Chaxa	185	256	244	536
	Laguna Barros Negros	441	398	63	2
	Laguna Puilar	S/R	S/R	359	248
	Total	626	654	666	786
Aguas de Quelana	Lagunas Aguas de Quelana	212	321	55	72
Peine	Laguna Salada	677	510	319	379
	Laguna Saladita	163	106	66	66
	Laguna Interna	29	24	0	33
	Total	869	640	385	478
Atacama sur (La Punta y La Brava)	Laguna La Brava	71	56	15	9
	Laguna La Punta	53	26	10	2
	Total	124	82	25	11
Total de los sistemas		1831	1697	1131	1347
Promedio		1501			

S/R: Sin registros, la laguna Puilar no fue censada en las campañas 1 y 2 debido a que los ejemplares residentes se encontraban en proceso reproductivo. Fuente: Elaboración propia.

Entre los sistemas hidrológicos muestreados sólo se ha observado un aumento del número de flamencos en el sistema Soncor, alcanzando su máximo registro en la cuarta campaña con 786 individuos (Ver **Tabla 11**) teniendo además en consideración que en una de las lagunas de este sistema (laguna Puilar) no fue realizado el censo durante las dos primeras campañas, debido a que los ejemplares residentes en ese lugar se encontraban en proceso reproductivo (Ver **Figura 9**). En este sistema la laguna que presentó las mayores abundancias en las dos primeras campañas fue Barros negros con 441 y 398 ejemplares respectivamente. En la tercera campaña, la laguna Puilar presentó la mayor abundancia de flamencos con 359 individuos mientras que en la cuarta campaña, la laguna Chaxa presentó la mayor abundancia con 536 ejemplares (Ver **Figura 10**).

En el sistema Peine, la máxima abundancia se registró en la primera campaña con 869 individuos, mientras que el mínimo se observó en la tercera campaña con 385 ejemplares, evidenciándose un aumento moderado en la cuarta campaña con 478 ejemplares (Ver **Figura 9**). En este sistema, la laguna que presentó las mayores abundancias en todas las campañas fue la laguna Salada, donde la mayor presencia de flamencos se detectó en la primera campaña con 677 individuos (Ver **Figura 11**).

Una situación relativamente parecida se observó en el sistema Aguas de Quelana donde el máximo de individuos registrados fue en la segunda campaña, con 321 ejemplares, siendo este valor superior al promedio para el sistema (promedio de 165 ejemplares). En la tercera campaña, se evidenció un notorio descenso a 55

individuos y finalmente en la cuarta campaña hubo un leve aumento a 72 ejemplares registrados (Ver Figura 9 y Figura 12).

Finalmente, en la población del sistema hidrobiológico de Atacama Sur (La Punta y La Brava) las abundancias de flamencos disminuyeron en cada campaña en el tiempo se contabilizaron en un máximo de 124 ejemplares en la primera campaña hasta llegar a tan sólo 11 ejemplares en la cuarta campaña (Ver Figura 9). En este sistema, la laguna que presentó una mayor abundancia en todas las campañas fue la laguna La Brava, donde, en la primera campaña se detectó la mayor presencia de flamencos con 71 individuos (Ver Figura 13)

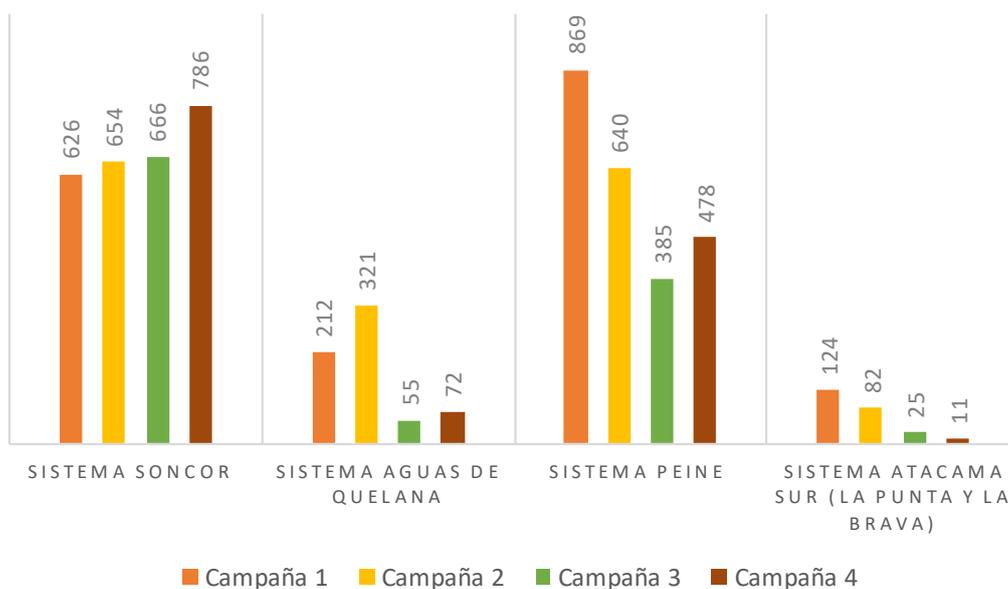


Figura 9. Número estimado de flamencos por sector y por campaña.

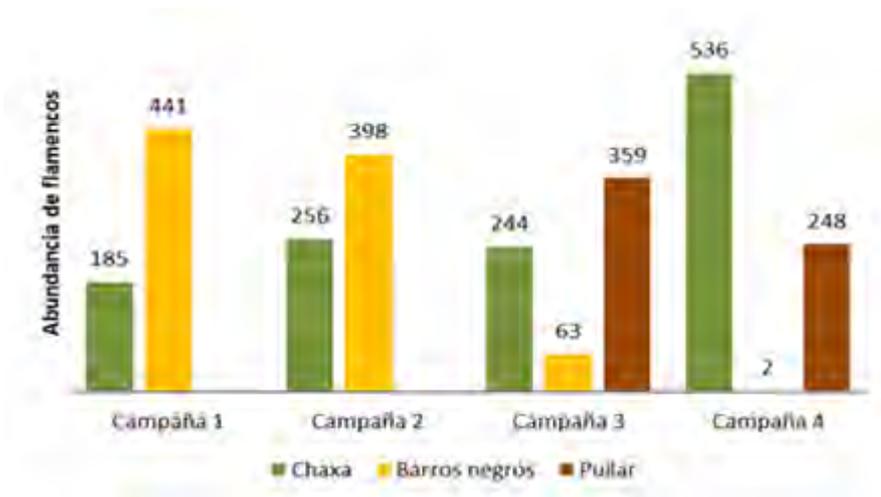


Figura 10. Número estimado de flamencos en lagunas del Sistema Soncor

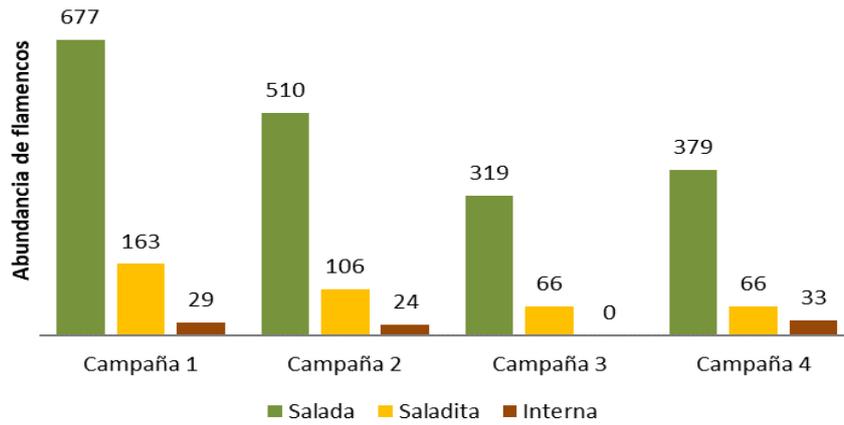


Figura 11. Número estimado de flamencos en lagunas del Sistema Peine

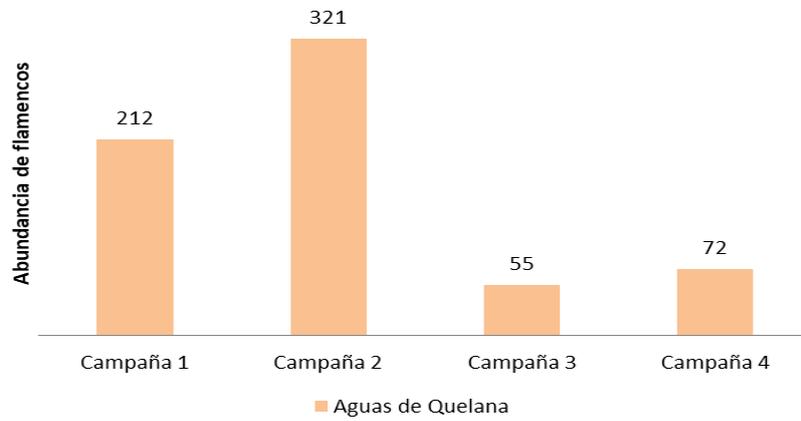


Figura 12. Número estimado de flamencos en lagunas del Sistema Aguas de Quelana

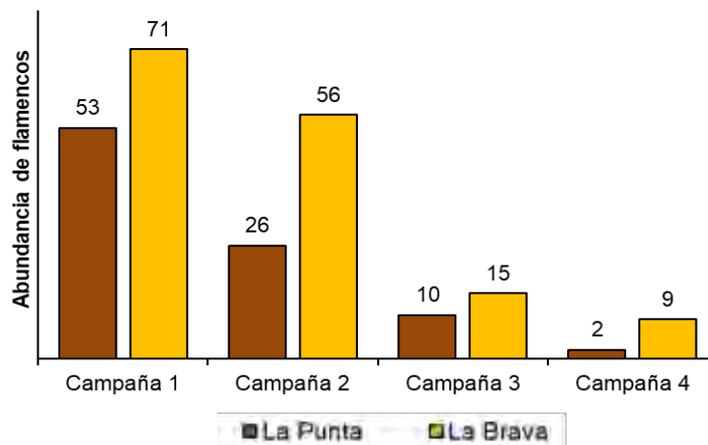


Figura 13. Número estimado de flamencos en lagunas del Sistema Atacama Sur (La Punta y La Brava)

En relación con la distribución de flamencos, esta varió de acuerdo con el sistema hidrológico analizado. En el sistema de Soncor, los individuos mantuvieron el mismo patrón de distribución en las primeras dos campañas, agrupándose principalmente en las cubetas de la Laguna Chaxa, en el canal afluente a la Laguna Barros Negros y en los costados de este cuerpo de agua. Por el contrario, en las dos últimas campañas se observaron patrones disímiles, en la tercera campaña los individuos se concentraron principalmente en el desagüe del canal de la Laguna Chaxa, no obstante, en la cuarta campaña sí bien hubo una mayor presencia de flamencos en la laguna, esta se concentró en el borde este. En relación con la laguna Puilar, los flamencos mostraron una similar distribución en las últimas dos campañas, dispersándose tanto en el canal como en su cubeta (**ANEXO N° 9; Figura 35**). Hay que considerar que en las primeras dos campañas no fue posible el ingreso a la laguna Puilar, dado que los ejemplares se encontraban en proceso reproductivo.

En el sistema de Peine, los individuos presentaron una distribución relativamente homogénea en las primeras dos campañas, concentrando la población principalmente en las lagunas salada y saladita, y con una abundancia menor en el área del canal afluente de la laguna Salada. Por otra parte, en la tercera campaña se vio cómo la distribución de los flamencos se concentró casi exclusivamente en la laguna Salada y en una muy menor proporción en la laguna Saladita, situación que se mantuvo en la cuarta campaña, pero con una mayor dispersión de especímenes hacia las lagunas Saladita e Interna (**ANEXO N° 9, Figura 37**).

En las lagunas La Brava y La Punta, los flamencos mantuvieron su dispersión en los distintos apozamientos del sistema en todas las campañas de monitoreo, no obstante, la abundancia de individuos reportó un decrecimiento sostenido hasta la cuarta campaña, registrándose en ésta el menor número de flamencos del sistema (**ANEXO N° 9, Figura 38**).

Por último, en el sistema Aguas de Quelana, se ha observado una similar distribución de flamencos entre las campañas de muestreo, concentrando su densidad poblacional en la laguna ubicada en el centro del sistema (**ANEXO N° 9, Figura 36**).

El análisis de densidad poblacional de flamencos describe en rojo las mayores concentraciones de individuos por metro cuadrado y las menores densidades con colores azulados. En el sistema Atacama Sur (La Punta y La Brava) se observó que la laguna La Brava concentró el mayor número de flamencos para las 4 campañas ejecutadas (**ANEXO N° 10, Figura 39**). En Peine se detectó una mayor concentración de flamencos en la laguna Salada, cercano al canal de desagüe con la laguna Saladita, también se registraron altas densidades en la laguna Saladita, pero con una menor área (**ANEXO N° 10, Figura 40**). En el sistema Aguas de Quelana (**ANEXO N° 10, Figura 41**) el sector con un mayor número de flamencos estuvo en el centro del afloramiento lagunar, para el resto de las lagunas estas registraron similares densidades. Finalmente, para el sector Soncor, se observó una mayor densidad de flamencos en la parte norte de la laguna de Chaxa (justo en la zona del afluente), y para la laguna de Barros Negros, los flamencos se concentraron en el canal afluente a la laguna, específicamente en la parte sur del canal (**ANEXO N° 10, Figura 42**). En la Laguna Puilar, los flamencos se

concentraron en el extremo final del canal afluente de la cubeta y en la zona de desagüe de este mismo canal (**ANEXO N° 10, Figura 43**).

En relación con el comportamiento de los flamencos registrados en terreno, destacó la marcha nupcial de la especie *Phoenicoparrus andinus* detectada en la laguna Salada del sistema de Peine y en Aguas de Quelana en la cuarta campaña (**ANEXO N° 11, Figura 45 y Figura 46**). Este comportamiento se registró reiteradas veces mientras se estaba realizando el vuelo del drone (sin perturbación alguna de los individuos). También se pudo identificar durante esa misma campaña, en la laguna Saladita a individuos de la misma especie (*P. andinus*) en estado juvenil, esto dado por la coloración de su plumaje y la vocalización identificada en terreno (**ANEXO N° 11, Figura 44**). Por último, y en la cuarta campaña, en el análisis de las imágenes RPAS se detectó una particularidad de un grupo de flamencos presentes en la laguna Chaxa del sistema de Soncor. De acuerdo a la imagen (**ANEXO N° 11, Figura 47**) el grupo se encontraba lejano al cuerpo de agua, situación que no ha sido visualizada en otras campañas y que es importante destacar para futuros muestreos.

5.3 Éxito de la reproducción

Durante la tercera campaña, para el éxito reproductivo, se realizó una revisión de las potenciales área de nidificación mediante las imágenes captadas por el drone.

Al analizar las imágenes RPAS se pudieron detectar zonas de nidificación las que en algunos casos podría tratarse de zonas de nidificación activas, las cuales son usadas regularmente por los individuos; o bien, zonas de nidificación pasivas, las cuales muestran evidencias de no ser utilizadas regularmente. Debido a la altura de vuelo del drone, estas zonas no pueden ser claramente diferenciadas. En la mayoría de los cuerpos de agua de los sistemas estudiados se observaron zonas de nidificación, a excepción de la laguna Chaxa (Soncor), laguna Interna (Peine) y en las lagunas La Punta y La Brava (Atacama sur). Respecto a las lagunas donde sí se evidenciaron áreas de nidificación, estas fueron mayores en el sistema Soncor, específicamente en las lagunas Puilar con 1,98 ha (ver **Tabla 12** y **Figura 14**) y Barros Negros con 1,52 ha (ver **Tabla 12** y **Figura 15**); le siguieron las lagunas del sistema Peine con 0,58 ha para Salada (ver **Tabla 12** y **Figura 16**) y 0,29 ha para Saladita (ver **Tabla 12** y **Figura 17**), finalmente en Aguas de Quelana se detectó la menor área de nidificación con 0,01 ha (ver **Tabla 12** y **Figura 18**).

Tabla 12. Zonas de nidificación (activas o pasivas) medidas en hectáreas (ha)

Sistema lagunar	Cuerpo de agua	Área de nidificación total (Ha)
Soncor	Barros Negros	1,52
	Chaxa	0
	Puilar	1,98
Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	0,01
Peine	Interna	0
	Saladita	0,29
	Salada	0,58
Atacama Sur	Atacama Sur (La Punta y La Brava)	0

Fuente: Elaboración propia.

En relación a la actividad reproductiva la etapa de eclosión, los hallazgos de huevos no eclosionados y eclosionados, se localizaron en las lagunas Salada (sector Peine) (**ANEXO N° 12, Figura 48** y **Figura 49**), Barros Negros (sector Soncor) (**ANEXO N° 12, Figura 53**) y Puilar (sector Soncor) (**ANEXO N° 12, Figura 55**). En la laguna Salada se detectaron sólo 4 huevos no eclosionados y 1 huevo eclosionado, dado su coloración y sus características estos hallazgos se consideraron como de otra temporada, más aún por la detección de un pollo muerto en estado de degradación avanzada (**Tabla 13, ANEXO N° 12, Figura 48, Figura 49** y **Figura 50**). Similar situación se observó en la laguna de Puilar en el sector de Soncor, donde sólo se identificaron hallazgos de reproductividad (10 huevos no eclosionados, 1 huevo eclosionados) sin presencia de pollos vivos, y se contabilizaron 4 pollos muertos (**ANEXO N° 12, Figura 55**). Situación contraria se observó en la laguna Barros Negros, donde se registraron 57 individuos de flamencos andinos (*Phoenicoparrus*

andinus) en estado de polluelo prontamente a pasar a juvenil de acuerdo con las características de su plumaje (ver **Tabla 13** y **ANEXO N° 12, Figura 52**), estos individuos se encontraban agrupados y supervisados por 2 ejemplares que cumplían su rol de nodrizas, puesto que cuidaban de ellos, esto comúnmente se le denomina agregación infantil o reclutamiento. Es importante destacar que en esta misma laguna hubo una alta mortandad de individuos con un registro de 105 pollos muertos y un gran número de huevos no eclosionados (177). Por otro lado, en la laguna de Chaxa no se registraron hallazgos de reproducción sin embargo, se evidenció la presencia de 4 pollos de flamenco andino (*P. andinus*) correspondiente a la reproducción exitosa de la colonia de Barros Negros (ver **Tabla 13, ANEXO N° 12 y Figura 54**).

La evidencia de actividad reproductiva en la laguna Barros Negros constataría la presencia de una colonia reproductiva en este cuerpo de agua. Al considerar como supuesto que los hallazgos de pollos vivos, pollos muertos y huevos no eclosionados corresponderían al número total de huevos de la colonia, se podría estimar que el éxito de la reproducción alcanzó el 17% contabilizando a 57 pollos vivos de un total de 339 huevos (**Tabla 13**).

Tabla 13. Resultado del éxito de reproducción de flamencos, considerado como número de hallazgos en cada sistema lagunar.

Hallazgo/Sistema hidrológico	Atacama Sur	Peine			Aguas de Quelana	Soncor		
	La Punta y La Brava	Salada	Saladita	Interna	Aguas de Quelana	Barros Negros	Chaxa	Puilar
Número de nidos	0	1.401	604	0	42	2.342	0	10.568
Huevos perdidos en nido	0	NE	0	0	0	NE	0	NE
Huevos perdidos (no eclosionados)	0	4	0	0	0	177	0	10
Huevos perdidos (eclosionados)	0	1	0	0	0	3	0	1
Total huevos observados	0	1	0	0	0	180	0	11
Pollos muertos en nido	0	NE	0	0	0	NE	0	NE
Pollos muertos	0	0	0	0	0	105	0	4
Pollos vivos	0	0	0	0	0	57	4	0
Total pollos observados	0	0	0	0	0	162	4	4
Total de huevos y pollos observados	0	1	0	0	0	339	4	15
Estimación reproductiva (%)	0	0	0	0	0	17	0	0

Fuente: Elaboración propia; NE: No evaluado por accesibilidad a las áreas de nidificación.

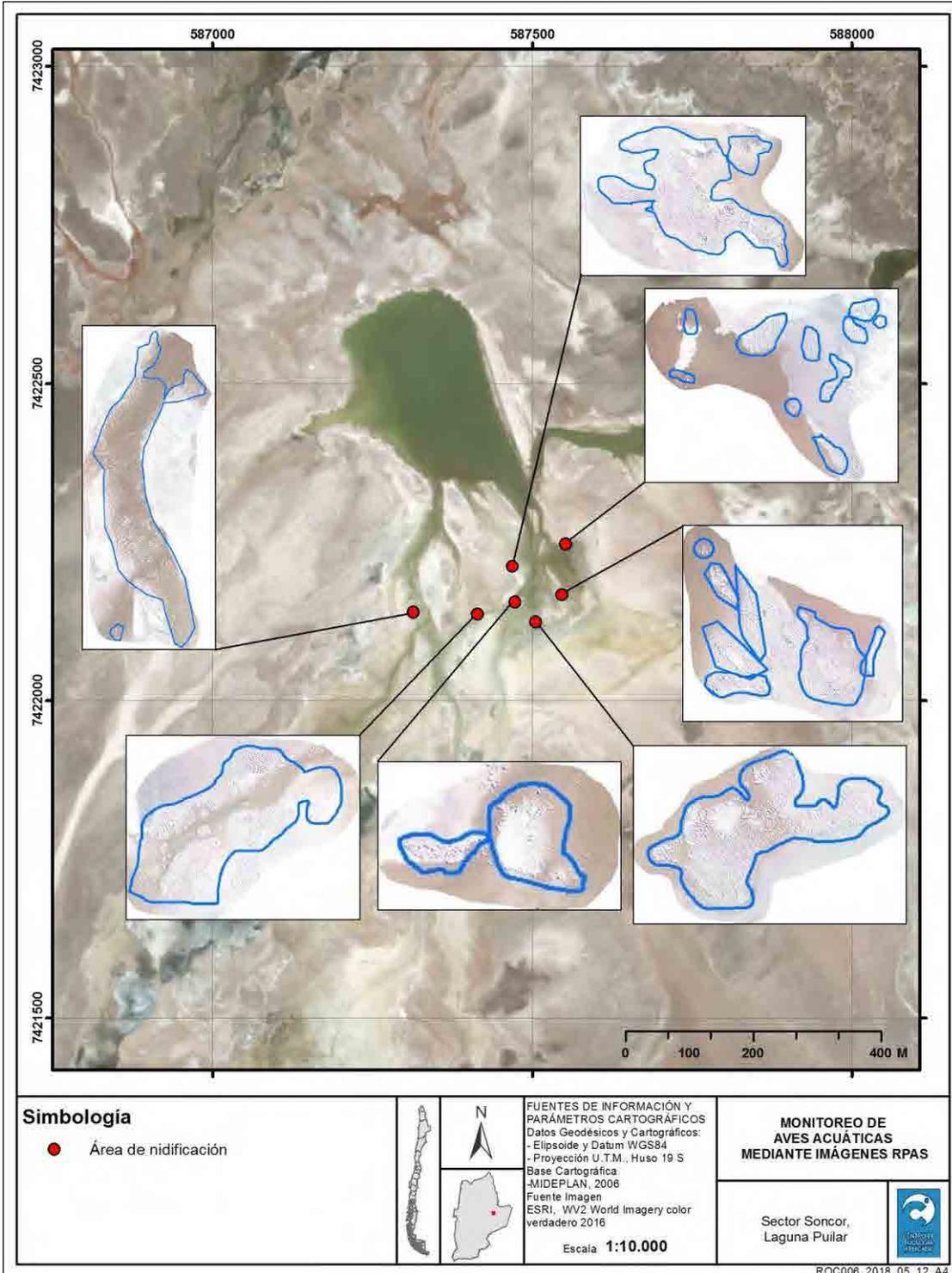


Figura 14. Zonas de nidificación (polígonos azules) en laguna Puilar (Soncor)

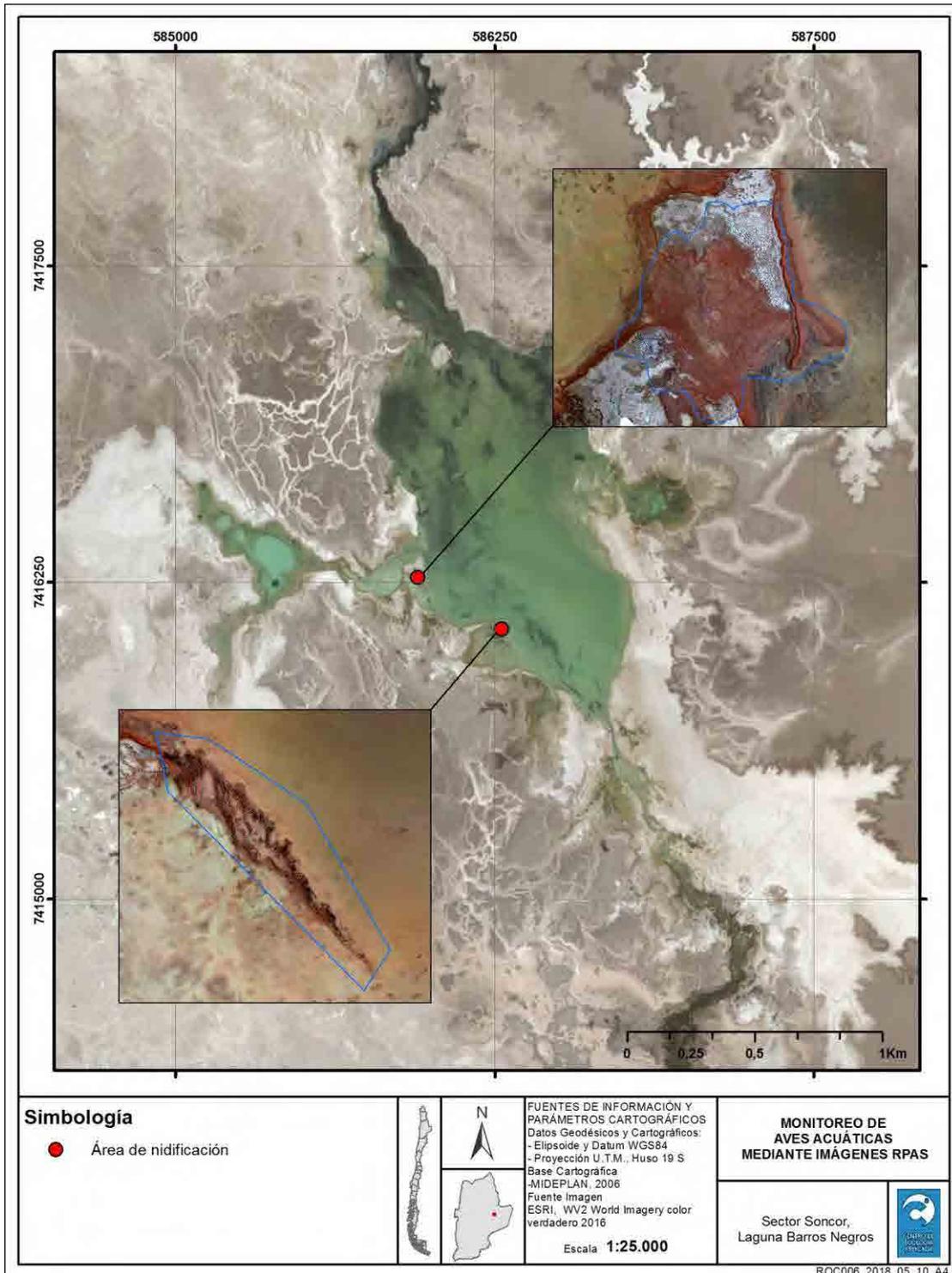


Figura 15. Zonas de nidificación (polígonos azules) en laguna Barros Negros (Soncor).

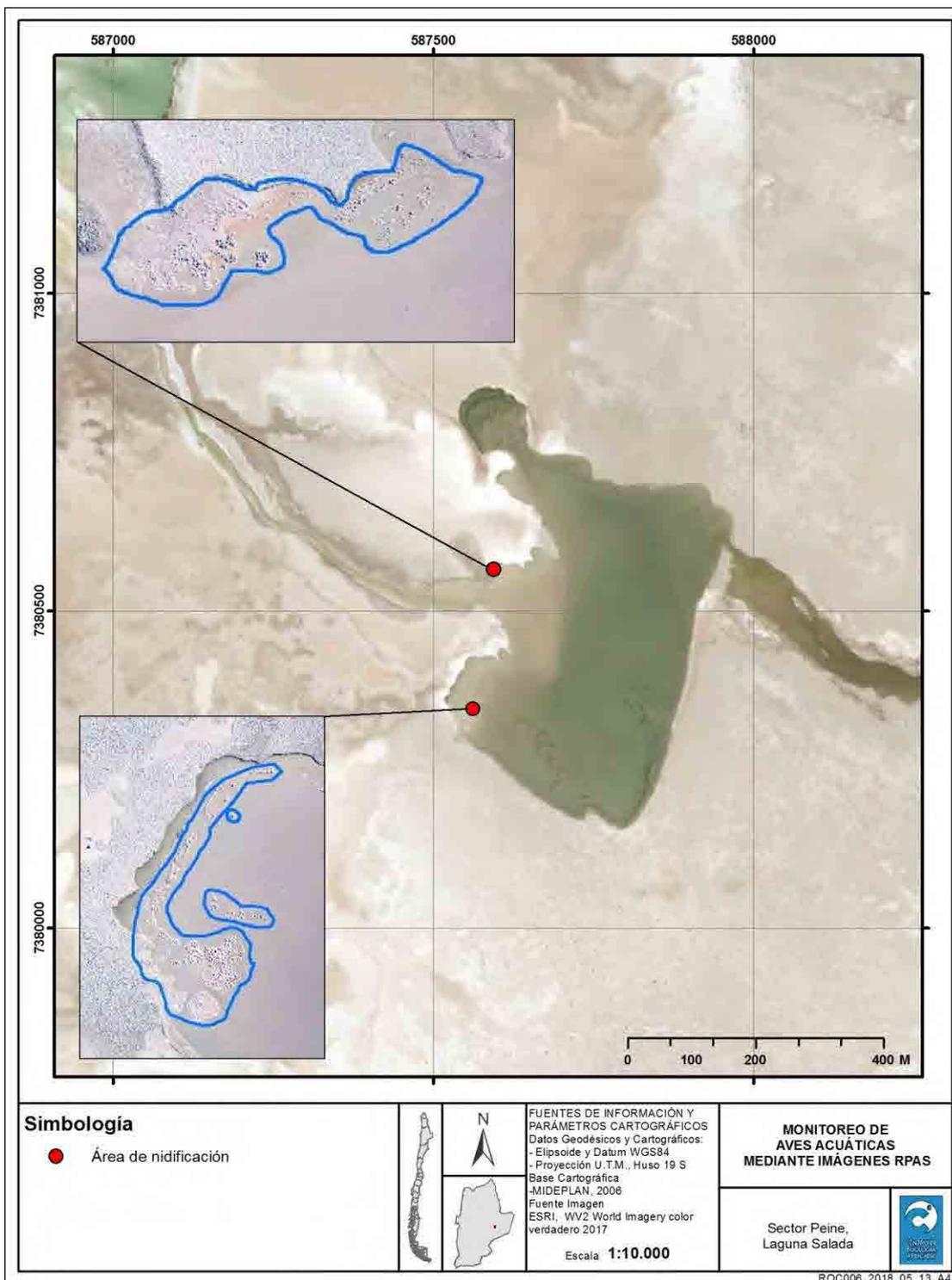


Figura 16. Zonas de nidificación (polígonos azules) en laguna Salada (Peine)

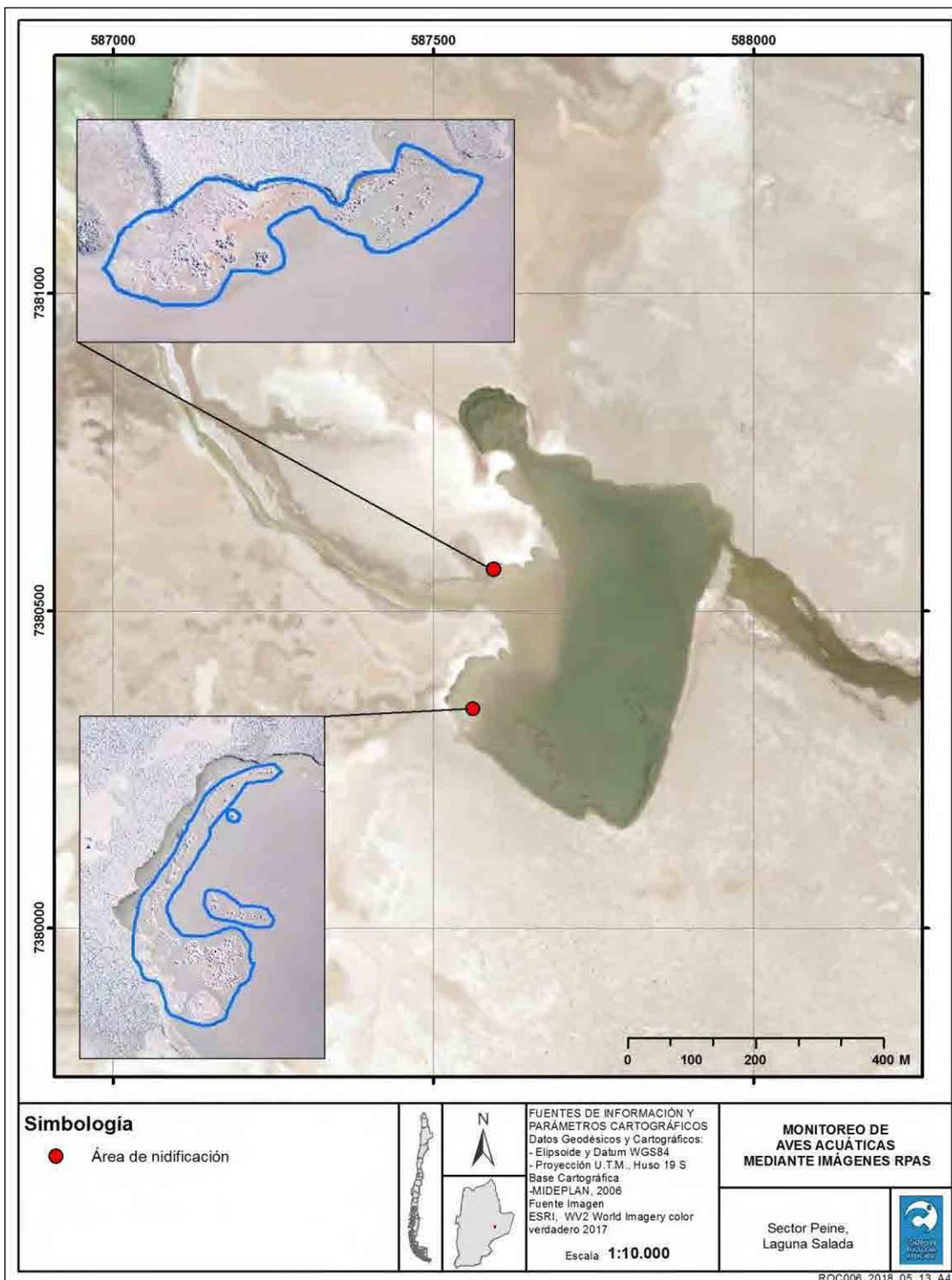


Figura 17. Zonas de nidificación (polígonos azules) en laguna Saladita (Peine)

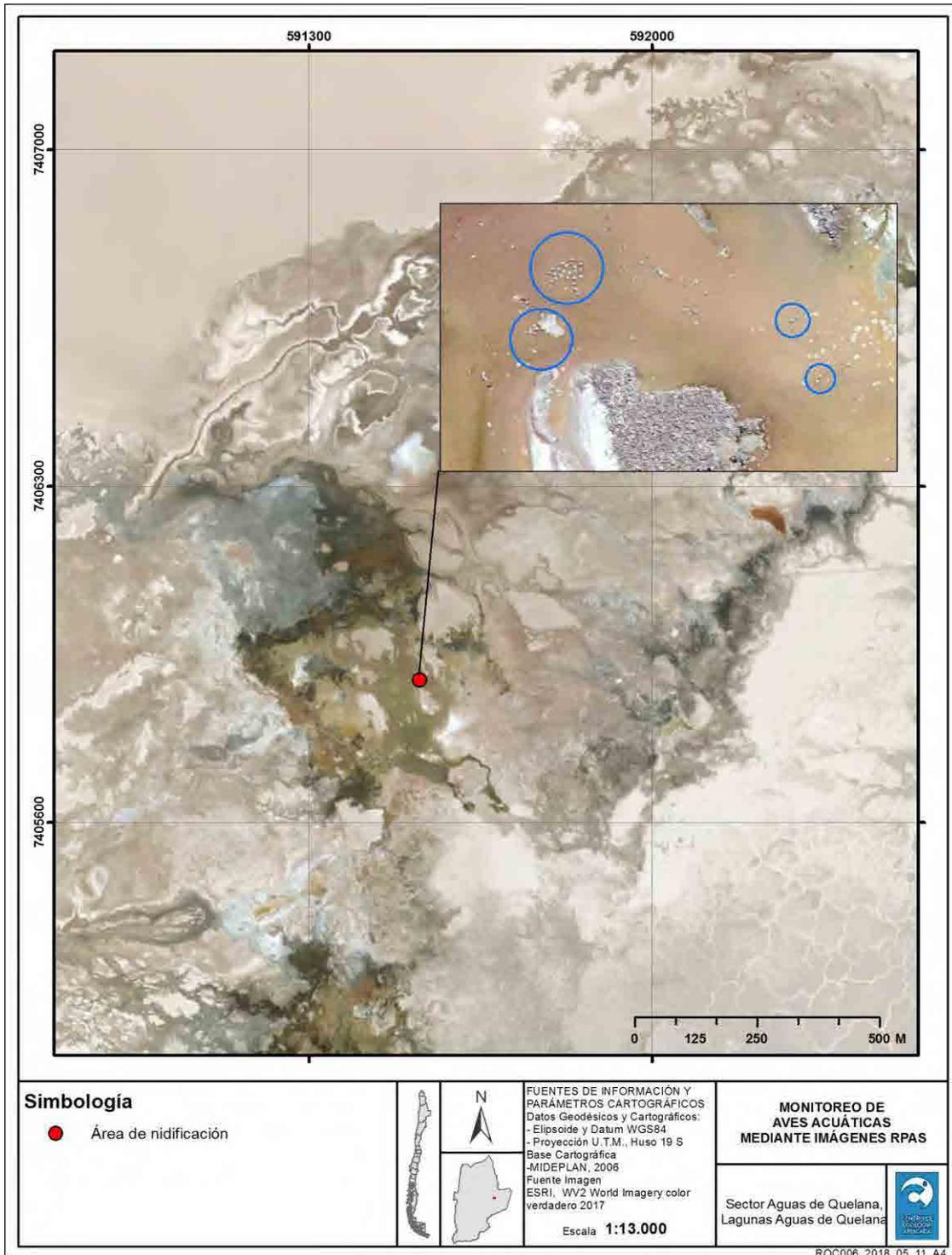


Figura 18. Zonas de nidificación (polígonos azules) en lagunas Aguas de Quelana.

6 DISCUSIONES

El método para la realización de censos mediante fotointerpretación de imágenes RPAS se ha utilizado para individualizar a distintos ejemplares de especies y así, poder realizar seguimientos de éstos a lo largo de la temporada de estudio, analizar el tiempo de residencia, conocer rutas y destinos migratorios, así como también conocer el tamaño de las poblaciones naturales, entre otros (Scott *et al*, 1990; Lien & Katona, 1990).

En los últimos años la incorporación de esta nueva herramienta de monitoreo aéreo, conocido comúnmente como drones, ha ido en aumento (Mandujano *et al.*, 2017). En el año 2006, Jones y colaboradores, reportaban que “*el uso de vehículos aéreos pequeños no tripulados (UAV por sus siglas en inglés) puede ser prometedor para convertirse en una herramienta útil para muchas aplicaciones en vida silvestre como recolección de imágenes aéreas a baja altitud*”.

En relación con lo anterior y considerando que el salar de Atacama presenta condiciones climáticas adversas y terrenos irregulares que dificultan el desplazamiento pedestre, el uso de tecnologías de monitoreo aéreo como RPAS, se convierte en una herramienta útil para el monitoreo de aves acuáticas, permitiendo conocer su abundancia y distribución en los cuerpos lagunares en distintas temporadas. Sin embargo, como es una herramienta que se está adaptando para el uso de censos de aves acuáticas, presenta algunas incertidumbres propias de la técnica, como el criterio de la fotointerpretación por parte del especialista y la calidad de las fotos, las cuales dependen de los equipos utilizados, como de la *expertise* de quien desarrolle el diseño de muestreo, así como la altura de vuelo determinada.

En el presente estudio, y posterior al primer sobrevuelo (campana de prueba), se definió en conjunto con CONAF una altura mínima de vuelo de 200 metros. Esta altura se estableció en base a la eficiencia del drone, ausencia de perturbación proveniente del ruido del drone y una elevación donde se podría contabilizar el número de flamencos, sin la alteración de su comportamiento. Cabe mencionar que a esta altura (200 m) sólo es posible individualizar a los flamencos a nivel de familia (*Phoenicopteridae*), sin la posibilidad de detectar aves pertenecientes a otros grupos, ni lograr mayor resolución taxonómica para conseguir identificar a nivel de especie.

Autores como Vas y colaboradores en el año 2014, realizaron en Francia un estudio en el que se registraron 96 vuelos sobre un grupo de flamencos rosados (*Phoenicopterus roseus*) en una laguna salobre y en el cual sus resultados arrojaron que en un 80% de los casos el drone pudo volar hasta 4 metros por sobre las aves sin alterar visiblemente su comportamiento, valor menor al utilizado en el presente estudio. Sin embargo, si bien es cierto que disminuyendo la altura de vuelo del drone se podría obtener mayor resolución y por ende la posibilidad de identificar organismos a nivel de especie, según lo registrado en este estudio a una altura de vuelo de 100 metros aún no es posible distinguir entre especies de flamencos y el ruido propio del drone aumenta perceptible y considerablemente por lo que pudiese provocar el ahuyentamiento de las bandadas de flamencos (ruido que aumentaría a medida que el drone se acerque a los ejemplares con la finalidad de captar un mayor

nivel de resolución taxonómica), en un sector que se caracteriza por la quietud y la ausencia de ruido constante a diferencia de la laguna salobre costera mencionada en el estudio realizado en Francia.

En relación con el número de flamencos contabilizados en las imágenes RPAS, estos variaron entre los sistemas hidrológicos y campañas de muestreo, tales fueron los casos en los sistemas Soncor y Atacama Sur (La Punta y La Brava), donde hubo aumento de flamencos en el tiempo en el primero caso y una disminución en el segundo. Esta variación respondería a la dinámica poblacional propia que caracteriza a cada una de las especies de flamencos que habitan en el salar de Atacama (*Phoenicoparrus jamesi*, *Phoenicoparrus andinus* y *Phoenicopterus chilensis*), los cuales se desplazarían en búsqueda de la disponibilidad de hábitat, oferta alimenticia y reproducción (Anderson, 2009; González, 2007; Jaime Illanes y asociados consultores, 2010; Rodríguez, 2006).

Como referencia, señalar que el flamenco andino (*P. andinus*) durante el verano distribuye su población a lo largo del altiplano a excepción de los ejemplares reproductivos (GFC Consultores, 2009) y en invierno vuelve a dispersar su población hacia los salares de menor altura como el salar de Atacama (Rodríguez, 2006). El flamenco de James (*P. jamesi*) en verano se desplaza hacia los salares por sobre los 4.000 msnm, principalmente en territorio boliviano en donde se reproduce habitualmente (Rodríguez, 2006) y el flamenco chileno (*P. chilensis*) que realiza en verano una distribución homogénea a lo largo de Chile (Mascitti & Bonaventura, 2002). Otro factor influyente en la densidad de flamencos tiene relación con el desplazamiento que presentan estas tres especies dado las condiciones meteorológicas desfavorables que se presentan en la zona a partir del término del verano, las cuales afectarían su hábitat, como por ejemplo el congelamiento de las lagunas de alta puna, lo que incidiría en la búsqueda de ambientes de baja altura (Rodríguez, 2006; Martínez *et al*, 2017).

Considerando las cuatro campañas, las mayores densidades de flamencos se registraron principalmente en las cubetas de las lagunas de cada sistema hidrobiológico y en menor medida en los canales afluentes y efluentes. Estas densidades podrían estar relacionadas con la preferencia de hábitat de los flamencos, la cual se asociaría con la disponibilidad de alimento de microalgas y zooplancton (González, 2007), considerando que gran parte del día lo gastarían en su alimentación (Franke-ante, 2013; Rodríguez, 2006), así como también a las condiciones fisicoquímicas del lugar (temperatura, profundidad, salinidad, materia orgánica y tamaño de sedimento) (Franke-ante, 2013).

En la cuarta campaña se evidenciaron conductas asociadas a la reproducción que se visualizaron en la laguna Salada y Aguas de Quelana, donde grupos de flamencos andinos (*P. andinus*) estaban realizando la marcha nupcial, específicamente el evento denominado graznido y movimiento lateral de cabeza (Castro, 2006, 2014). Estas conductas se podrían catalogar como inusuales a la fecha, ya que los eventos de reproducción se deberían iniciar a partir del mes de agosto y finalizar en octubre de acuerdo con diversos autores (Castro, 2006; GFC Consultores, 2009; Rodríguez, 2006). Frente a este hallazgo, se consultó por este comportamiento al guardaparque Alejandro Cruz quien acompañaba al equipo de

especialistas en las actividades, quien indicó que este evento “*no era normal para la fecha y era primera vez que observaba este comportamiento*”. Dado este acontecimiento, es importante mantener un continuo monitoreo de los flamencos para estudiar este tipo de situaciones en el tiempo.

Otra situación por destacar en la cuarta campaña (mayo 2018), fue la presencia de ejemplares juveniles de flamenco andino (*P. andinus*) en el sector Peine (laguna Saladita) siendo estos identificados por la coloración de su plumaje y vocalización. La presencia de estos individuos en la laguna Saladita estaría relacionada con la fase de dispersión de acuerdo con el desarrollo reproductivo (Castro, 2014; GFC Consultores, 2009; Rodríguez, 2006), lo anterior en relación con que en la tercera campaña (marzo) no se detectó éxito reproductivo en el sistema de Peine, por lo que probablemente estos ejemplares provendrían de otros sistemas hidrológicos.

Esta información, así como la relacionada con la presencia de huevos y pollos, fue obtenida gracias a los transectos pedestres, los cuales en conjunto con los datos recopilados a través de las imágenes RPAS permitieron obtener un panorama completo a la hora de identificar a los ejemplares y sus comportamientos. La fase de dispersión de estas especies se inicia desde que el pollo abandona el nido, y comienza la primera etapa de exploración en búsqueda de alimento, siguiendo la conducta de sus padres y demás integrantes de la colonia. Ya en una segunda etapa y una vez que ha perdido el plumón por completo, inicia las conductas de aprendizaje de vuelo y comienza los desplazamientos al principio dentro del mismo sistema hidrológico y luego hacia otros sistemas.

Por último y también observado en la cuarta campaña, en el análisis de las imágenes RPAS de la laguna Chaxa del sistema Soncor, se pudo observar un grupo de flamencos alejado del cuerpo de agua, situación que se contrastaría con lo observado en las otras imágenes donde la mayoría de los flamencos presentan sus actividades dentro de la superficie del cuerpo de agua. Al revisar la coloración del suelo predominante en este sector donde se identificaron los flamencos, se deduce que corresponderían a zonas de fango. De acuerdo con lo anterior, se presume que estos individuos estarían alimentándose en estas zonas (fango con agua) en relación a las conductas propias de alimentación (Franke-ante, 2013; Rodríguez, 2006; Tobar *et al.*, 2012; Tobar *et al.*, 2017).

En cuanto al éxito reproductivo de los flamencos, en la tercera campaña se efectuó un análisis en el cual sólo se pudo constatar la presencia de pollos en el sector Soncor, específicamente en la colonia reproductiva de la laguna Barros Negros. Al considerar como supuesto que los hallazgos de pollos vivos, pollos muertos y huevos no eclosionados corresponderían al número total de huevos de la colonia, se podría estimar que el éxito de la reproducción alcanzó el 17% contabilizando a 57 pollos vivos de un total de 339 huevos. Es importante mencionar que esta estimación podría tener un menor sesgo, si se analiza todo el ciclo de reproducción de los flamencos, esto quiere decir desde la formación de parejas a dispersión de acuerdo con su cronología de eventos (Rodríguez, 2006), con ello se podría calcular la puesta de huevos y realizar el seguimiento hasta su éxito.

Se han descrito mecanismos que explican la mortalidad de los pollos, entre ellos se encuentran la mortalidad provocada por condiciones meteorológicas, asociadas a

lluvias que determinan la acumulación de agua en los sectores de nidificación. Este mecanismo ecológicamente es independiente de la densidad de las aves o del tamaño de la población, es decir, denso independiente. Por otra parte, los huevos y polluelos pueden ser objetos de depredación por parte de zorros (Castro, 2014), lo que es una causa de mortalidad de tipo denso dependiente.

Respecto a los hallazgos de huevos no eclosionados y pollos muertos encontrados en las lagunas Salada (sector Peine) y Puilar (sector Soncor) se infiere que éstos correspondían a evidencia reproductiva de temporadas anteriores dado el grado de deterioro en que se encontraban los pollos muertos identificados, los cuales presentaron características totalmente distintas a los encontrados en Barros Negros (cuerpos enteros sin evidencia de esqueletos) y un bajo número de huevos no eclosionados.

7 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de las distintas imágenes (RPAS) proporcionadas por el dron, se concluye que la metodología ha mostrado ser eficaz en términos de cobertura y precisión para el conteo de flamencos en general (incluso logrando la georreferenciación de los individuos), además de cumplir con objetivos complementarios a este estudio y que proveen información biológica valiosa y pionera para el Salar de Atacama que no es posible conseguir con otras imágenes (como Worldview-3), permitiendo evaluar la distribución espacial y el movimiento en el tiempo, preferencia de hábitats, número de nidos, y zonas de nidificación de los flamencos. Por otro lado, la altura de vuelo aprobada acordada para este estudio sólo permite distinguir el grupo de flamencos a nivel de familia, por consiguiente, no es posible determinar la variable de composición en las poblaciones de flamencos. Además, a esa altura, tampoco es posible distinguir las actividades reproductivas propias de los flamencos.

Los vuelos realizados en las cuatro campañas ejecutadas no provocaron ninguna reacción negativa en la población de flamencos (ahuyentamiento), manteniéndose así una operatividad positiva para el funcionamiento del dron.

Si bien, la altura de vuelo empírica definida en 200 metros en conjunto con CONAF se concluye como adecuada para esta operación permitiendo mitigar la percepción visual y sonora del RPAS, esta altura limita la capacidad del equipo de proveer resultados más específicos. Esta limitante podría atenuarse si en simultáneo al vuelo del dron se desarrollan campañas pedestres en donde el especialista identifique y contabilice las especies registradas anotando su ubicación geográfica y el acimut, para homologar el conteo en conjunto con los resultados del dron.

En cuanto a la distancia horizontal del sitio de despegue, se recomienda que ésta se mantenga (mayor a 300 m horizontal) desde la ubicación del cuerpo de agua. En este estudio se ha evidenciado que los flamencos no presentan alteración alguna en su comportamiento al momento de realizar el despegue del equipo a la distancia horizontal.

Las imágenes proporcionadas por el dron permitieron contabilizar un promedio de 1.501 individuos de flamencos (ver **Tabla 11**) a nivel de familia (Phoenicopteridae), registrados por campaña de la siguiente manera, 1831 ejemplares en la primera campaña (septiembre – octubre de 2017), 1697 en la segunda campaña (octubre 2017), 1131 en la tercera campaña (marzo 2018) y 1347 individuos en la cuarta campaña (mayo 2018).

La distribución de flamencos estuvo presente en todos los sistemas hidrológicos estudiados, exhibiendo una mayor abundancia en las lagunas del sector de Soncor excepto en la primera campaña, donde la mayor abundancia se evidenció en las lagunas del sistema Peine (ver **Tabla 11**). Cabe destacar que en el sistema Atacama Sur (La Punta y La Brava) se detectó la menor abundancia de flamencos con un promedio de 58 individuos por campaña. El análisis de densidades por sistema permitió determinar que las mayores densidades de flamencos se registraron en las lagunas principales de cada sistema hidrobiológico y en menor medida en los canales afluentes y efluentes.

En relación al éxito reproductivo, durante la tercera campaña (marzo 2018) se identificaron zonas de nidificación en los sistemas lagunares de Soncor, Peine y Aguas de Quelana, pero sólo se encontraron hallazgos reproductivos en las lagunas Salada (Sistema Peine), Puilar y Barros Negros (Sistema Soncor), destacando esta última por la presencia activa de una colonia de flamencos andinos (*P. andinus*) en donde se identificaron 57 individuos en estado de polluelo, 177 huevos no eclosionados y 105 pollos muertos. Esta evidencia es destacable puesto que desde hace dos años no se registraba éxito reproductivo, de acuerdo con lo mencionado en el permiso de investigación otorgado por CONAF, el cual de acuerdo con los registros actuales estaría estimado en un 17%. En esta misma campaña se registraron huevos (no eclosionados y eclosionados) y pollos muertos en la laguna Puilar (sector Soncor) y Salada (sector Peine), no obstante, las características de estos hallazgos corresponderían a evidencia reproductiva de temporadas anteriores.

Las observaciones de terreno durante la cuarta campaña (mayo 2018) permitieron detectar marchas nupciales de la especie flamenco Andino (*P. andinus*) en las lagunas Salada y Aguas de Quelana. Estos comportamientos, asociados a la etapa de reproducción, serían inusuales, ya que no corresponderían a la fecha de la etapa de reproducción descrita por diversos autores (estimado entre agosto a octubre). También en esta misma campaña, se determinó la presencia de individuos *P. andinus* en fase juvenil en la laguna Saladita, su presencia denotaría el desplazamiento de estos individuos entre sistemas, dado que en el sistema de Peine no se detectó el éxito reproductivo en las campañas anteriores.

Si bien la altura de vuelo y las actividades realizadas en este estudio cumplen con dar respuesta a los objetivos planteados incluso entregando información relevante que podría reflejarse en patrones en relación a la distribución y densidad de los individuos en los sistemas lagunares, para complementar y robustecer un censo consideramos relevante que se realice en conjunto con los vuelos RPAS campañas de observación directa en terreno (monitoreo pedestre), con las cuales realizar conteo del número de individuos por especie y homologar a lo registrado con el drone, de esta forma también podrían identificarse actividades de reproducción, ciclo de vida y cualquier otro tipo de conducta.

8 REFERENCIAS

- Aceituno, P. (1996). Elementos del clima en el Altiplano Sudamericano. *Rev. Geofís*, 44, 37-55.
- Ahumada, M., Aguirre, F., Contreras, M., & Figueroa, A. (2011). Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos. MMA, SAG, DGA, 47.
- Anderson, M. J. (2009). Lateral neck-resting preferences in the Lesser Flamingo (*Phoeniconaias minor*). *Flamingo, Bulletin of the IUCNSSC/Wetlands International Flamingo Specialist Group*, 17, 37–39.
- Anderson, K., & Gaston, K. (2013). Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 11, N° 3 (April 2013), pp. 138-146
- Cedrem Consultores, (2017). Reporte Semestral N°3. Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH). Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama.
- Castro, A. (2006). Comportamiento del flamenco Andino (*Phoenicoparrus andinus*) en el Salar de Atacama y salares alto andinos.
- Castro, A. (2014). Descripción de la etología del cortejo en el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*), en el Salar de Atacama, Reserva Nacional Los Flamencos, Región de Antofagasta Resumen Introducción Materiales y métodos Resultados. *Biodiversidata*, 1(1), 19–25.
- DGA, (2004). Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca Salar de Atacama. Cade-Idepe. Consultores en Ingeniería. Especie, F. D. E. A. D. E. (2014). *Phoenicoparrus andinus* (Philippi, 1854), (1990), 1–8.
- Franke-ante, R. (2013). Programa De Conservación Del Flamenco En El Santuario de Fauna y Flora Los Flamencos, Departamento De La Guajira, Costa Caribe De Colombia, (Noviembre).
- Gajardo, R. (1994). La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y distribución Geografica: 22-23.
- GFC Consultores. (2009). Anexo 5.4 Fauna: Situación del Flamenco Altoandino. EIA Modificaciones y Mejoramiento Del Sistema de Pozas de Evaporación Solar En El Salar de Atacama, 28.
- González, F. (2007). Variabilidad poblacional de los flamencos en el altiplano chileno relacionada con las precipitaciones y la temperatura, 1–97.
- Hardin, P.J., Hardin, T.J. (2010). Small-scale remotely piloted vehicles in environmental research. *Geography Compass* 4(9):1297-1311
- Jl, (Jaime Illanes y asociados consultores). (2010). Censo simultáneo de flamencos altoandinos, 13.

- Jones, G., Pearlstine, L., Percival, H. (2006). An assessment of small unmanned aerial vehicles for wildlife research. *Wildlife Society Bulletin* 34:750-758.
- Koh, L.P., Wich, S.A. (2012). Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. *Tropical Conservation Science* 5:121-132.
- Lien, J., Katona, S. (1990). *A Guide to the Photographic Identification of Individual Whales*. Primera Edición. The American Cetacean Society. Toronto, Canadá.
- Mandujano, S., Mulero-Pázmány, M., Rísquez-Valdepeña, A. (2017). Drones: Una nueva tecnología para el estudio y monitoreo de fauna y hábitats. *Agro Productividad*, México
- Martínez, D., Gonzalez, G. (2017). *Aves de Chile, Guía de campo y breve historia natural*. Edición del naturalista.
- Mascitti, V., Bonaventura, S.M. (2002). Patterns of Abundance, Distribution and Habitat Use of Flamingos in the High Andes, South America. *Waterbirds*, 25(3), 358–365.
- Rehbien, C. (30 de agosto de 2018). “210 cámaras trampa y 7 drones resguardaran áreas silvestres protegidas”. *Publimetro*. Recuperado de <https://www.publimetro.cl/cl/noticias/2018/08/30/droness-areas-protegidas.html>
- Rodríguez, E. (2006). *Conservación de flamencos altoandinos en el norte de Chile*.
- Salas, J., Guimerà, J., Cornellà, O., Guzmán, E., Tore, C., Von Igel, W. & Moreno, R. (2010). Hidrología del sistema lagunar del margen este del Salar de Atacama (Chile). *Boletín Geológico y Minero*, 121 (4): 357-372.
- Scott, M.D., R.S. Wells, A.B. Irvine & B:R. Mate. (1990) Tagging and Making Studies on Small Cetaceans. Págs. 487-514. En: Leatherwood, S. & R.R. Reeves (Eds). *The Bottlenose Dolphin*. Primera Edición. Academic Press, Inc. San Diego, California.
- Tobar, C. N., Rau, J. R., Santibáñez, A., Fuentes, N., Cursach, J. A., Vilugrón, J., Pérez-Schultheiss, J. (2017). Variación interanual en la dieta invernal del flamenco chileno *Phoenicopterus chilensis* (aves: Phoenicopteriformes) en el humedal marino de Bahía Caulín, Chiloé, Sur de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(3), 523–528. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572017000300009>
- Tobar, C., Rau, J. R., Iriarte, A., Villalobos, R., Lagos, N., Cursach, J., Gantz, A. (2012). Composition, Diversity and Size of Diatoms Consumed by the Andean Flamingo (*Phoenicoparrus Andinus*) in Salar De Punta Negra, Antofagasta Región, Northern Chile. *Ornitología Neotropical*, 23(January 2012), 243–250.
- Vas, E., Lescroël, A., Duriez, O., Boguszewski, G., Grémillet, D. (2015). Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines. *Biol. Lett.* 11: 20140754. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2014.0754>
- Vuille, M., Baumgartner, M. (1996). Hydrologic Investigations in the North Chilean Altiplano Using Landsat-MSS and- TM Data. *Geocarto International*, 8(3): 35-45p.

9 ANEXOS

ANEXO N° 1. AUTORIZACIÓN ACTIVIDADES SNASPE – CONAF



**CORPORACION NACIONAL FORESTAL
 GERENCIA DE ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS
 DPTO. ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS
 REGIÓN DE ANTOFAGASTA
 FGS/jpc**

AUTORIZACION N° 565279

**AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR ACTIVIDADES DE
 INVESTIGACIÓN EN EL SISTEMA NACIONAL DE AREAS SILVESTRES
 PROTEGIDAS DEL ESTADO.**

La Corporación Nacional Forestal, CONAF, autoriza a: HERNÁN LORCA

Carné de Identidad o Pasaporte N°: 12933661-7

Dirección Laboral: AVENIDA PRINCIPE DE GALES 6465

Domiciliado Particular (dirección): Colón 4840

Jefe del Proyecto: HERNÁN LORCA

Nombre Proyecto: MONITOREO DE AVES ACUÁTICAS MEDIANTE IMÁGENES RPAS
 (REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEM)

Y a los investigadores asociados a dicho proyecto: ROMINA ACEVEDO, CAMILA ULLOA,
 JUAN JOSÉ SOTO, JOSÉ LUIS BESA, DIEGO CONTRERAS, CÉSAR HERRERA, FELIPE
 DÍAZ, BRUNO SAVELLI, PABLO NEGRETE, TAMARA MARTÍNEZ, PAULA DÍAZ,
 ESTEBAN QUINAN.

Para realizar las siguientes actividades individualizadas en la solicitud de investigación
 presentada a esta Corporación:

MONITOREO SUPERFICIE LAGUNAS Y MONITOREO DE AVIFAUNA MEDIANTE
 RPAS O DRONE.



12



La información obtenida a través de este proyecto estará disponible para conocimiento y uso en coordinación con CONAF

Objetivos de la investigación:

Se busca REALIZAR UN MONITOREO DE LA SUPERFICIA DE LAS LAGUNAS Y FLAMENCOS DE LOS SISTEMAS HIDROLÓGICOS PEINE, LA BRAVA-LA PUNTA, SONCOR Y AGUAS DE QUELANA Y MONITOREAR LA FAUNA DEL SALAR DE ATACAMA.

Fechas de inicio y término de las actividades:

Inicio: 04-08-2017

Término: 30-07-2018

Fecha entrega informe: 31-10-2018

Apoyo solicitado a CONAF: Tanto los vuelos como las campañas de terreno serán realizadas en compañía del personal de CONAF siempre y cuando las capacidades administrativas así lo permitan. La atura del vuelo será supervisada por CONAF.

REQUISITOS GENERALES:

1. La CONAF administra los humedales sectores de Soncor y Aguas de Quelana en asociatividad con la comunidad indígena atacameña de Toconao. Los demás humedales no forman parte de la Reserva nacional Los Flamencos de manera que la CONAF no tiene atribuciones legales para autorizar o rechazar investigación en dichos sectores.
2. Se solicita considerar la realización de una charla a la comunidad indígena de Toconao, que podría coordinar la CONAF para una fecha en campañas futuras; y coordinar con CONAF el ingreso a los sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos señalados.
3. Finalizado el estudio (campañas de terreno) se solicita considerar la dictación de una charla de resultados a guardaparques y técnicos de CONAF y Comunidades Indígenas que determine la CONAF.

OBSERVACIONES ESPECÍFICAS

1. El jefe de Proyecto y los integrantes del equipo de trabajo, deberán cumplir con las indicaciones establecidas por la CONAF en el Reglamento de Investigación en el





(Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado), y con las indicaciones del personal de Guardaparques de la Reserva Nacional Los Flamencos, así como las normas establecidas en la Carta Oficial N° 49/2017 de la Dirección Regional de CONAF, de fecha 27/07/2017, dirigida a Paulette San Martín, representante de la Compañía Albemarle que se adjunta a la presente autorización.

2. El jefe del Proyecto deberá coordinar oportunamente con la Administración de la Reserva Nacional Los Flamencos, la ejecución de las campañas de terreno, con la finalidad de considerar una eventual participación de personal de esta Unidad Operativa, y establecer la coordinación necesaria con la Comunidad Indígena de Toconao.

3. El Jefe de Proyecto deberá comunicar oportunamente al personal de CONAF, cualquier cambio que desee efectuar al cronograma de trabajo, o a los procedimientos previamente declarados en el proyecto y en la Solicitud de Investigación respectiva.

4. Los datos de contacto con la administración de la RN Los Flamencos son los siguientes:

Roberto Cruz, Administrador de la Reserva Nacional Los Flamencos, e-mail: roberto.cruz@conaf.cl, celular: 982485000, o a Diego Sepúlveda, e-mail: diego.sepulveda@conaf.cl: 55-2-383320.



FIRMA

NOMBRE: **Alejandro Santoro Vargas**

CARGO: **Director Regional, CONAF Región de Antofagasta**

FECHA: **04.07.2017**



7/8/2017

ceropapel.conaf.cl/documentos/documento.php?idDocumento=56349156



CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL
 REGIÓN DE ANTOFAGASTA
 DIRECCIÓN REGIONAL ANTOFAGASTA
 VMB/FGS/CSP

CARTA OFICIAL N° 49/2017

ANTOFAGASTA, 27/07/2017

**SEÑORA
 PAULETTE SAN MARTIN
 ROCKWOOD LITHIUM (CHILE)
 SECTOR LA NEGRA S/N LOTES 1-2 KILÓMETRO 1357
 ANTOFAGASTA**

Estimada Srta. Paulette San Martin:

Junto con saludar, y de acuerdo a la propuesta técnica enviada por vuestra compañía para el cumplimiento del compromiso voluntario asociado a la RCA N°21/2016, es de nuestra consideración señalar lo siguiente:

- Tras el análisis a la propuesta Técnica "Monitoreo de Aves Acuáticas Mediante Imágenes RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) en Salar de Atacama", se determina que la metodología propuesta para determinar, mediante el uso de imagen satelital, el tamaño de los espejos lacustres, es viable y es aceptada.
- Sobre la metodología presentada para monitorear, mediante imágenes de alta resolución, la presencia de avifauna acuática de las lagunas Barros Negros, Puillar y Chaxa, Lagunas de Aguas de Quelana, La Punta y La Brava; así como también realizar una estimación de la actividad reproductiva de los flamencos, en los mismos sectores; la Oficina Regional de la Corporación Nacional Forestal de Antofagasta establece que dicho procedimiento, no es compatible con el comportamiento reproductivo de dichas aves, debido a que durante los periodos comprendidos entre Octubre y Enero se encuentran las etapas más delicadas y críticas del comportamiento de los flamencos, de las cuales depende el éxito de la reproducción. Debido a que existen antecedentes recopilados por CONAF de que no ha habido reproducción durante los últimos dos periodos, se deben tomar todos los resguardos necesarios y ser muy cautelosos para monitorear a estas aves. Es por ello que, durante el periodo anteriormente señalado (Octubre y Enero), se han restringido al máximo las actividades cercanas a los sitios de nidificación, siguiendo estrictos protocolos en torno a dichas zonas. La Oficina Regional de la Corporación Nacional Forestal, indica lo siguiente:
 - Teniendo en cuenta la fragilidad del ecosistema, debido a que en temporadas anteriores no ha existido reproducción de flamencos en el Salar de Atacama, se propone realizar 4 campañas al año mediante Drones, las cuales se realizarán, 01 en Agosto y 01 en Septiembre, para evaluar la formación de parejas, y 01 en Febrero y 01 en Marzo, para evaluar el éxito reproductivo de las especies en evaluación; ello debería cumplir con los objetivos específicos 2 y 3 planteados por el titular "Monitoreo mediante imágenes de alta resolución la presencia de avifauna acuática de las lagunas Barros Negros, Puillar y Chaxa, Lagunas de Aguas de Quelana, La Punta y La Brava" y "Realizar una estimación de la actividad reproductiva de los flamencos de los sectores de las lagunas Barros Negros, Puillar y Chaxa, Lagunas de Aguas de Quelana, La Punta y La Brava".

<http://ceropapel.conaf.cl/documentos/documento.php?idDocumento=56349156>

82

7/8/2017

ceropapel.conaf.cl/documentos/documento.php?idDocumento=56349156

- Todas las campañas deberán ser realizadas en compañía constante de CONAF con previa autorización de investigación por parte del Departamento de Áreas Silvestres Protegidas.
- Durante las campañas, no se debe tener una proximidad mínima de 1.000 metros al corazón de las lagunas.
- La altura de vuelo del Dron debe ser supervisada por CONAF, si se contempla una huida parcial o completa de avifauna del sector, por operación de DRONES, todas las campañas serán suspendidas y la metodología se catalogará como inviable.
- Las 4 campañas serán catalogadas como programa piloto, es decir, se evaluará la factibilidad en cada campaña y como conjunto, para determinar si la metodología es viable para años posteriores; de ser así, se aprobará dicho protocolo para mantener el monitoreo.
- Todo lo anterior, deberá seguir el protocolo entregado por el titular en la propuesta citada al inicio de esta carta.

Sin otro particular,

Saluda atentamente a usted



ALEJANDRO SANTORO VARGAS
DIRECTOR REGIONAL
DIRECCIÓN REGIONAL ANTOFAGASTA

C.C.:



ANEXO N° 2 RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LAS CAMPAÑAS (2017 - 2018)

RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LAS ACTIVIDADES PRIMERA CAMPAÑA (septiembre - octubre 2017)

Actividad / Componente	Nombre	Cargo	Profesión
Coordinación y revisor de informe	Paulette San Martín (Albemarle)	Jefe de Medio Ambiente	Ingeniero Ambiental MS Hidrología
Supervisión actividades	Víctor Ibacache, Gary Mancilla (Albemarle)	Encargado ambiental	-
Jefe de Proyecto CEA	Natalia Muñoz	Jefe de Área Acuática CEA	Bióloga marina Ms(c) Ciencias
Coordinador de Proyecto	Esteban Martínez	Especialista de ecosistemas acuáticos	Ingeniero Ambiental
Equipo de terreno CEA	Toradji Uraoka	Gerente de Desarrollo e Innovación	Ingeniero Civil
	Diego Contreras	Especialista de Drones / RPAS	Técnico
	Milton Munizaga	Técnico / Chofer	Técnico / Chofer
Supervisión de CONAF (por fecha)			
Fecha	Nombre	Cargo / Profesión	
Soncor, 6 de septiembre de 2017	Carlos Ochoa	Guarda parques CONAF	
Soncor, 12 de septiembre	Carlos Ochoa	Guarda parques CONAF	
Aguas de Quelana, 13 y 14 de septiembre	Alejandro Cruz	Guarda parques CONAF	
Peine y La Punta – La Brava, 14 de octubre de 2017	Carlos Ochoa	Guarda parques CONAF	

RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LAS ACTIVIDADES SEGUNDA CAMPAÑA (octubre 2017)

Actividad / Componente	Nombre	Cargo	Profesión
Coordinación y revisor de informe	Paulette San Martín (Albemarle)	Jefe de Medio Ambiente	Ingeniero Ambiental MS Hidrología
Supervisión actividades	Víctor Ibacache (Albemarle)	Encargado ambiental	-
Jefe de Proyecto CEA	Natalia Muñoz	Jefe de Área Acuática CEA	Bióloga marina. Ms(c) Ciencias
Coordinador de Proyecto	Esteban Martínez	Especialista de ecosistemas acuáticos	Ingeniero Ambiental
Equipo de terreno CEA	Diego Contreras	Especialista de Drones / RPAS	Técnico
	Milton Munizaga	Técnico / Chofer	Técnico / Chofer
Supervisión de CONAF (por fecha)			
Fecha	Nombre	Cargo / Profesión	
26 y 27 de octubre.	Carlos Ochoa	Guarda parques CONAF	

RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LAS ACTIVIDADES TERCERA CAMPAÑA (marzo - abril 2018)

Actividad / Componente	Nombre	Cargo	Profesión
Coordinación y revisor de informe	Eliana Diaz (Albemarle)	Supervisora de Medio Ambiente	Hidrogeóloga
Supervisión actividades	Víctor Ibacache/Gary Mansilla (Albemarle)	Coordinador de Terreno ambiental	-
Jefe de Proyecto CEA	Natalia Muñoz	Jefe de Área Acuática CEA	Bióloga marina. Ms(c) Ciencias
Coordinador de Proyecto	Esteban Martínez	Especialista de ecosistemas acuáticos	Ingeniero Ambiental
Equipo de terreno CEA	Mauricio Sanhueza	Especialista de Drones / RPAS	Técnico
	Harold Agloni	Técnico / Chofer	Técnico / Chofer

Actividad / Componente	Nombre	Cargo	Profesión
Supervisión de CONAF (por fecha)			
Fecha	Nombre	Cargo / Profesión	
28 y 29 marzo de 2018, y 11 y 12 de abril.	Alejandro Cruz	Guarda parques CONAF	

**RESPONSABLES Y PARTICIPANTES DE LAS ACTIVIDADES CUARTA CAMPAÑA
(mayo 2018)**

Actividad / Componente	Nombre	Cargo	Profesión
Coordinación y revisor de informe	Eliana Díaz (Albemarle)	Supervisora de Medio Ambiente	Hidrogeóloga
Supervisión actividades	Víctor Ibacache/Gary Mansilla (Albemarle)	Coordinador de Terreno ambiental	-
Jefe de Proyecto CEA	Natalia Muñoz	Jefe de Área Acuática CEA	Bióloga marina. Ms(c) Ciencias
Coordinador de Proyecto	Esteban Martínez	Especialista de ecosistemas acuáticos	Ingeniero Ambiental
Equipo de terreno CEA	Salvador López	Especialista de Drones / RPAS	Técnico
	Jorge Arroyo	Técnico / Chofer	Técnico / Chofer
Supervisión de CONAF (por fecha)			
Fecha	Nombre	Cargo / Profesión	
Supervisión CONAF	Alejandro Cruz	Guarda parques CONAF	

ANEXO Nº 3 PLANES DE VUELO RPAS

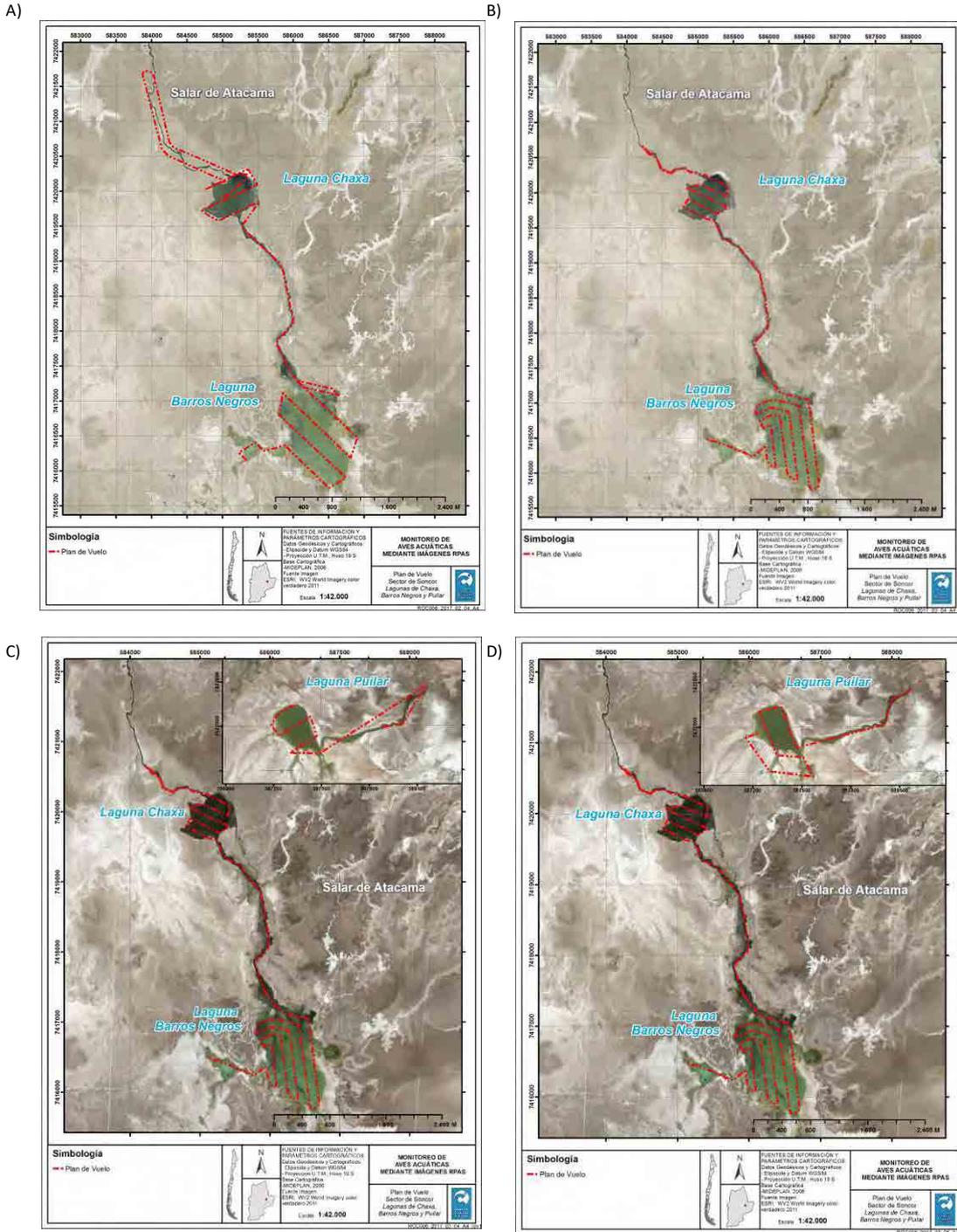


Figura 19 Sistema Soncor: A) Primera campaña; B) Segunda campaña; C) Tercera campaña, D) Cuarta campaña.

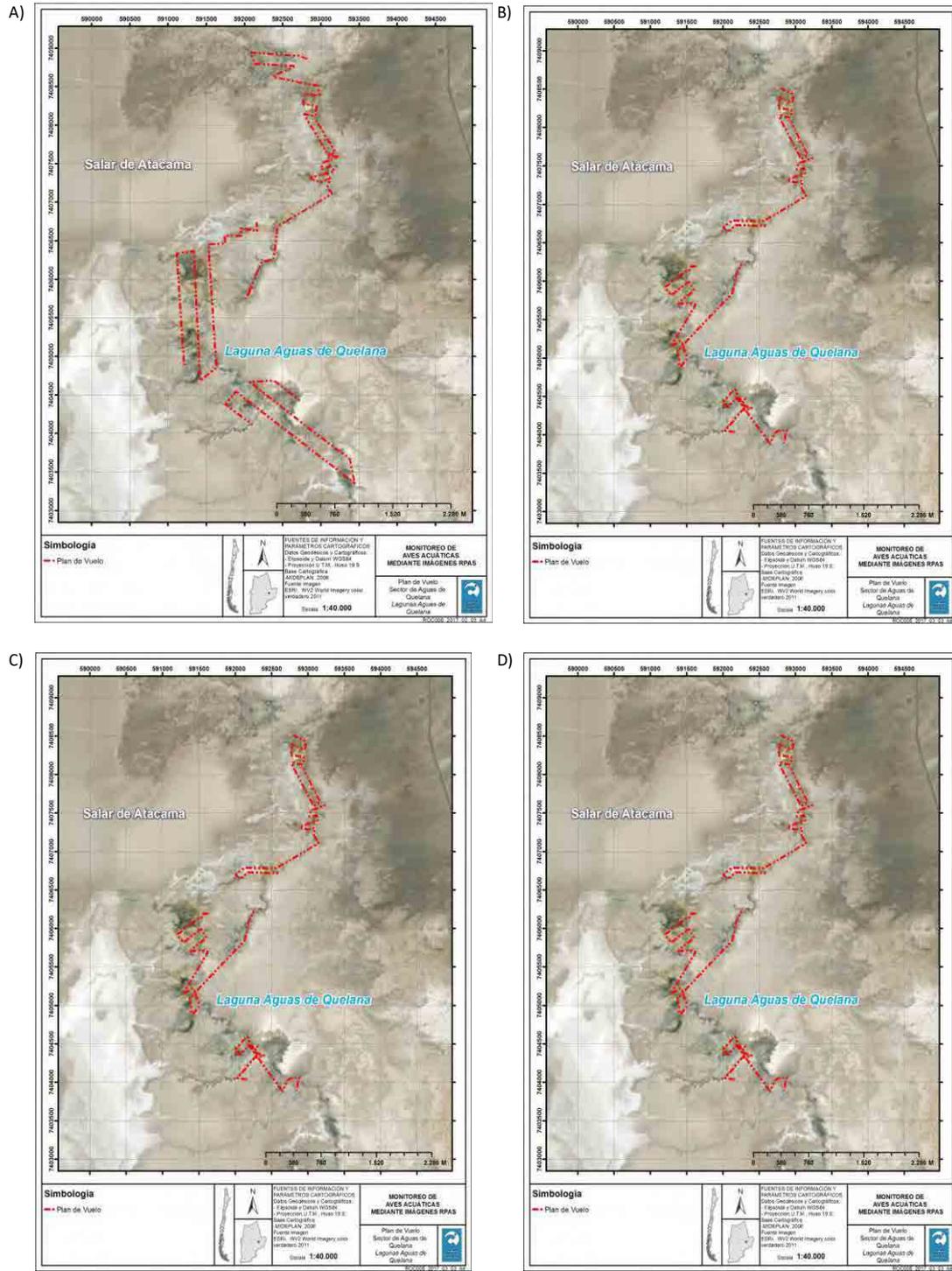


Figura 20 Sistema Aguas de Quelana: A) Primera campaña; B) Segunda campaña; C) Tercera campaña, D) Cuarta campaña.

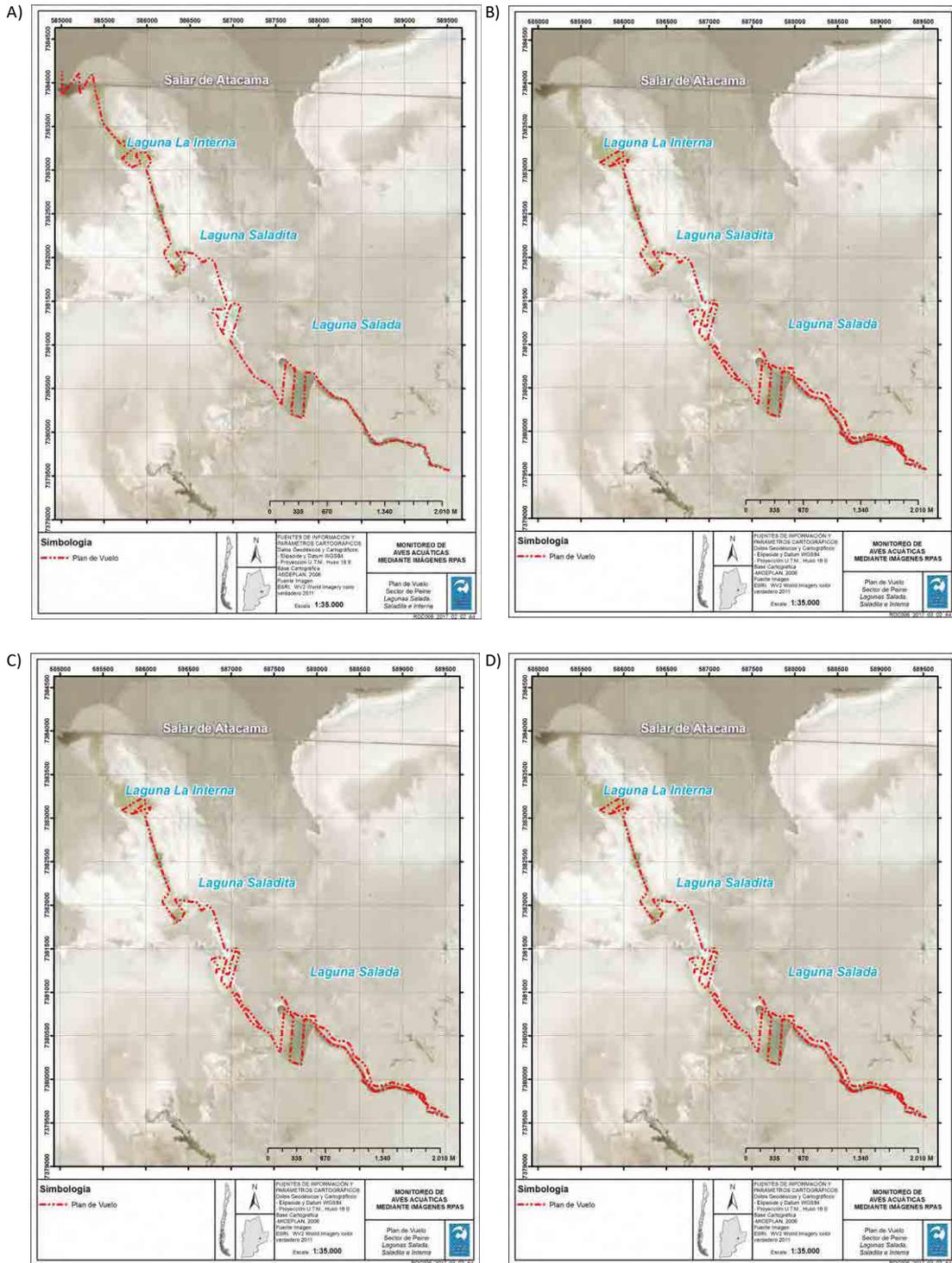


Figura 21 Sistema Peine: A) Primera campaña; B) Segunda campaña, C) Tercera campaña, D) Cuarta campaña.

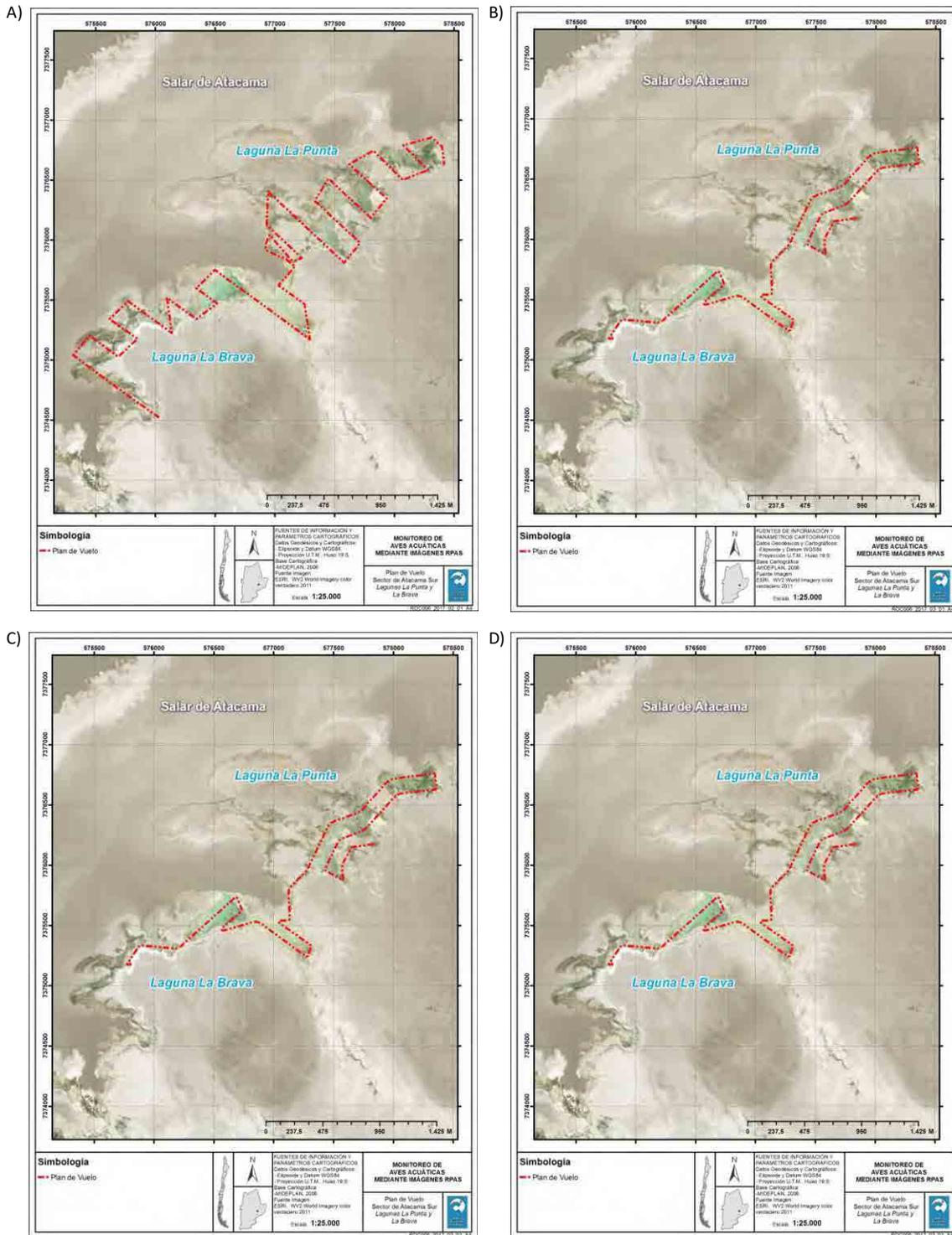


Figura 22 Sistema Atacama Sur (La Punta- La Brava): A) Primera campaña; B) Segunda campaña, C) Tercera campaña, D) Cuarta campaña.

ANEXO N° 4 INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES

1. Se deberá avisar a las oficinas de regionales CONAF que corresponda todas las actividades de terreno y toma de imágenes, con a lo menos 15 días de anticipación, tanto de la fecha de arribo a las unidades, como de la duración de las visitas.
2. Durante la primera actividad de terreno de toma de imágenes se consensuará en conjunto con CONAF la altura de vuelo, asegurando mínima alteración de los flamencos de la zona, la cual será utilizada en las capturas de imágenes subsiguientes.
3. Todas las actividades de terreno y toma de imágenes se realizarán en compañía de personal de CONAF, si sus capacidades administrativas así lo permiten.
4. Al ingreso a la unidad del SNASPE, el/ la investigador/a responsable deberá presentarse ante el/ la Administrador/ a del área, para formalizar el inicio de su investigación. De igual modo, se deberá dar cuenta de la salida de la unidad, e informar sobre las actividades realizadas (WGS 84).
5. Se seguirá el protocolo de vehículos de la unidad del SNASPE, ingresando en vehículo blanco y respetando la velocidad máxima de 30 km/hr.
6. El equipo investigador deberá atenerse a las indicaciones sobre período, lugar y método de trabajo autorizados por CONAF. Se deberá tener especial consideración con los reglamentos propios de la unidad y los horarios del personal.
7. Cualquier cambio total o parcial de las actividades a ejecutar dentro de las Áreas Silvestres Protegidas del Estado, deberá contar con la autorización previa de la autoridad de CONAF que le otorgó el permiso original.
8. Los/ las investigadores/ as sólo podrán realizar los actos que se le autoricen en virtud del permiso otorgado, y deberán responder de todos los daños o perjuicios que causen a terceros, no teniendo CONAF o sus funcionarios responsabilidad alguna en los hechos.
9. Los equipos investigadores extranjeros deberán contar con una contraparte chilena (co-investigador/a o colaborador/a) o con una institución chilena patrocinante y considerar el financiamiento de su participación.
10. En aquellos casos que sea de interés para CONAF, las investigaciones deberán incorporar uno/a profesional y/ o guardaparques designados por CONAF, como contraparte del proyecto. Este acuerdo quedará estipulado en la autorización de investigación o será ratificado mediante un Convenio Específico, en que se detallará el papel que desempeñará el/ la profesional de CONAF.
11. Concurrir a las reuniones, que eventualmente se establezcan en el respectivo permiso, a que los cite CONAF para informar sobre el estado de avance de las investigaciones.

12. Dictar charlas o conferencias sobre la investigación que se lleve a cabo cuando CONAF así lo haya establecido en el permiso respectivo.
13. Devolver las instalaciones, equipos u otros elementos facilitados en la fecha que CONAF indique, en las mismas condiciones en que fueron prestados, salvo el desgaste propio de su uso legítimo.
14. Si por alguna razón, el/ la investigador/ a se ve en la imposibilidad de finalizar su proyecto de investigación, deberá dar cuenta de esta situación a la instancia que lo autorizó.

ANEXO N° 5 PROTOCOLO DE TOMAS DE IMÁGENES

 Protocolo de tomas de imágenes		Fecha	2 de agosto 2017
		Aprobación	Dr. Msc Fernando Novoa Cortez
N°	Operación RPAS	Aprobación / Verificación	
1	Las 4 campañas mediante DRONE se realizarán 01 de agosto, 01 de septiembre, 01 de febrero y 01 de marzo. Estas campañas se definirán como PROGRAMA PILOTO, y se evaluará la factibilidad de continuidad del programa en cada una de las campañas.	Se enviará las fechas de inicio y fin de la campaña a CONAF con dos semanas de antelación a la ejecución de la actividad.	
2	Se elaborará un reporte de personal CEA que asistirá a la campaña de terreno.	Se enviará listado de personal CEA a CONAF con dos semanas de antelación a la ejecución de la actividad.	
3	Todas las campañas de monitoreo se realizarán en compañía de personal CONAF, previa autorización por parte del Departamento de Áreas Silvestres Protegidas.	El encargado de CONAF deberá firmar documento de inicio de actividad y cierre de actividad	
4	Se definirá en gabinete el plan de vuelo (coordinada de despegue del RPAS y líneas de vuelo).	Envío de plan de vuelo a CONAF dos semanas antes de su ejecución	
5	El armado de los equipos de trabajo, RPAS y sus componentes y estación de tierra (laptop), monitor de video, se deberá realizar en sitios distante a 500 mt como mínimo de las colonias y 1000 mt del corazón de la laguna.	La ubicación de los puntos de armados serán enviados a CONAF con dos semanas de antelación a la ejecución.	
6	La verificación de las cargas de baterías, ya sean del RPAS y de sus componentes se realizará fuera del área del salar.	Lista de chequeo interna / Encargado de verificación jefe de Terreno.	
7	Previo al vuelo se cerrará un perímetro del área de despegue, para esto se utilizarán conos pequeños de color naranja, se verificará que nadie se encuentre a menos de 15 metros de esa zona (Home Point).	Encargado de ejecución Jefe de Terreno	
8	La trayectoria del vuelo debe tener una distancia mayor a 100 mt de las colonias evaluadas (valor que será definido en la primera campaña).	Encargado de ejecución Jefe de Terreno	
9	La aproximaciones verticales del RPAS se encuentran prohibidas	Encargado de ejecución Jefe de Terreno	
10	La altura de vuelo deberá ser supervisada por CONAF, si se contempla una huida parcial o completa de avifauna del sector, por operación del DRONE, todas las campañas serán suspendidas y la metodología será catalogada como inviable.	Encargado de ejecución Jefe de Terreno / Personal CONAF	
11	Informe de ejecución de actividad: incluye líneas de vuelo ejecutadas, distancia a la colonia y observaciones respecto al comportamiento de individuos.	Encargado de ejecución Jefe de Terreno	

ANEXO N° 6 IMÁGENES SATELITALES PLEIADES 1A (CAMPAÑA DE INVIERNO, AGOSTO 2017)

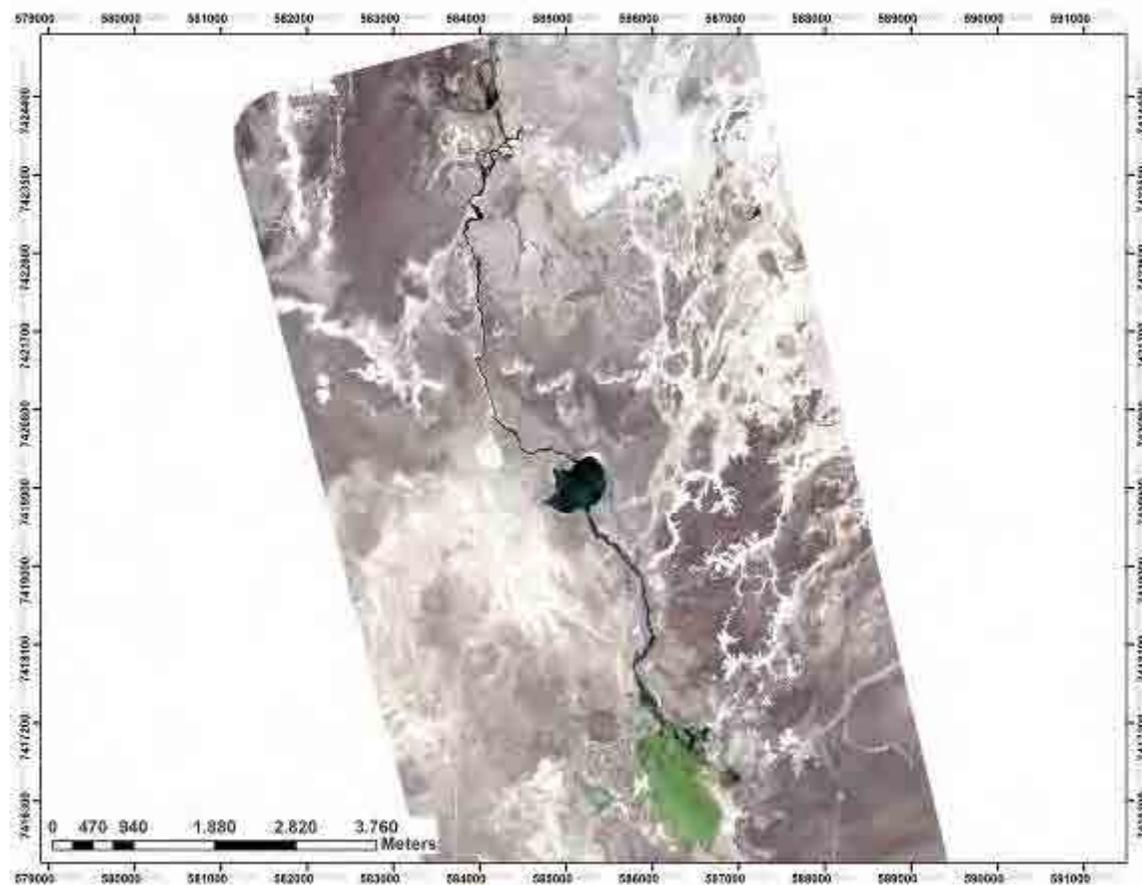


Figura 23 Sistema Soncor

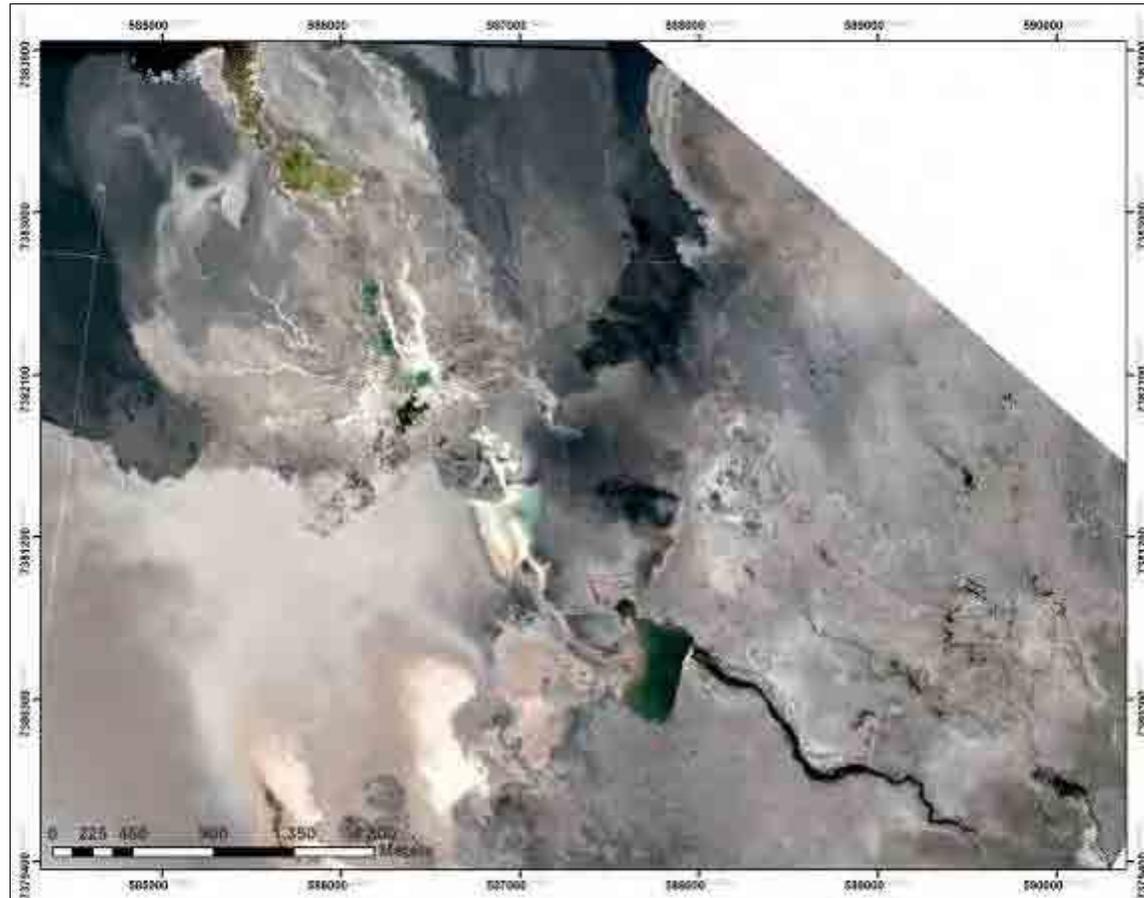


Figura 24 Sistema Peine

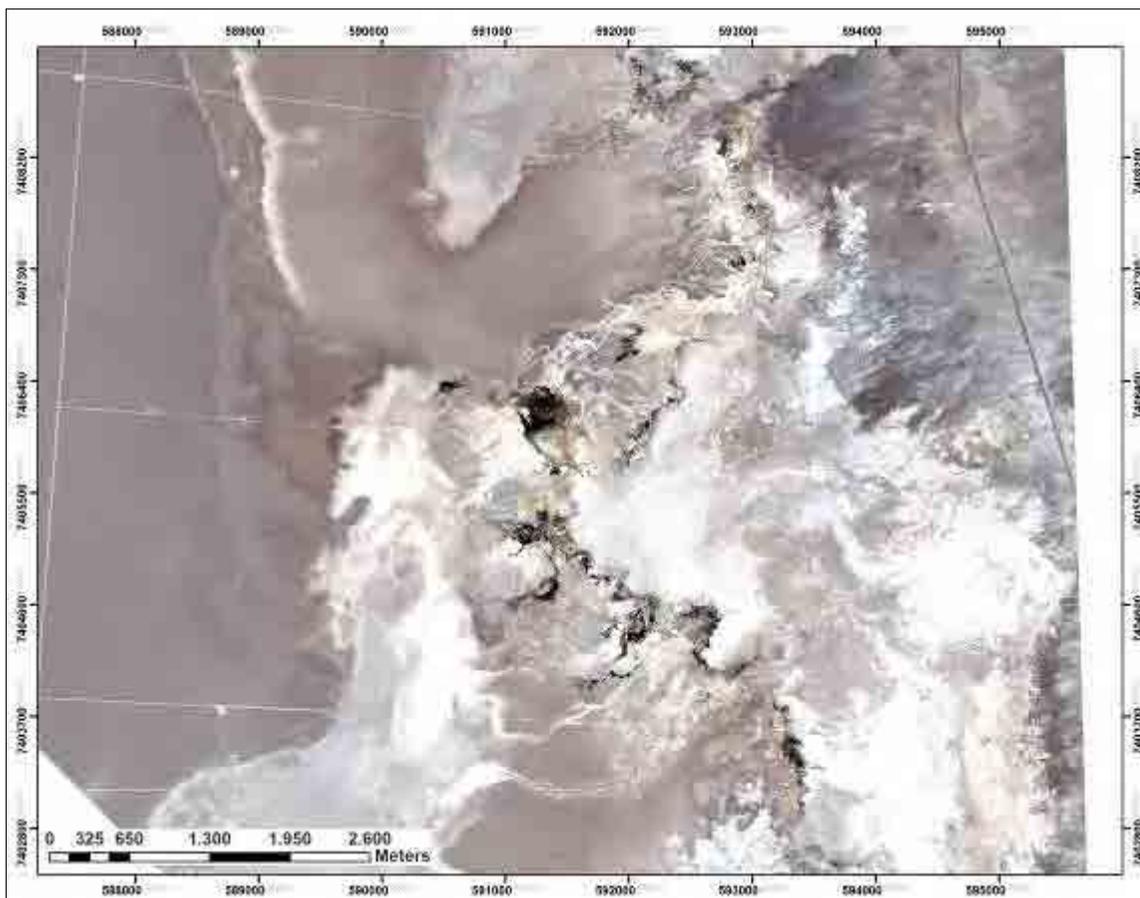


Figura 25 Sistema Aguas de Quelana

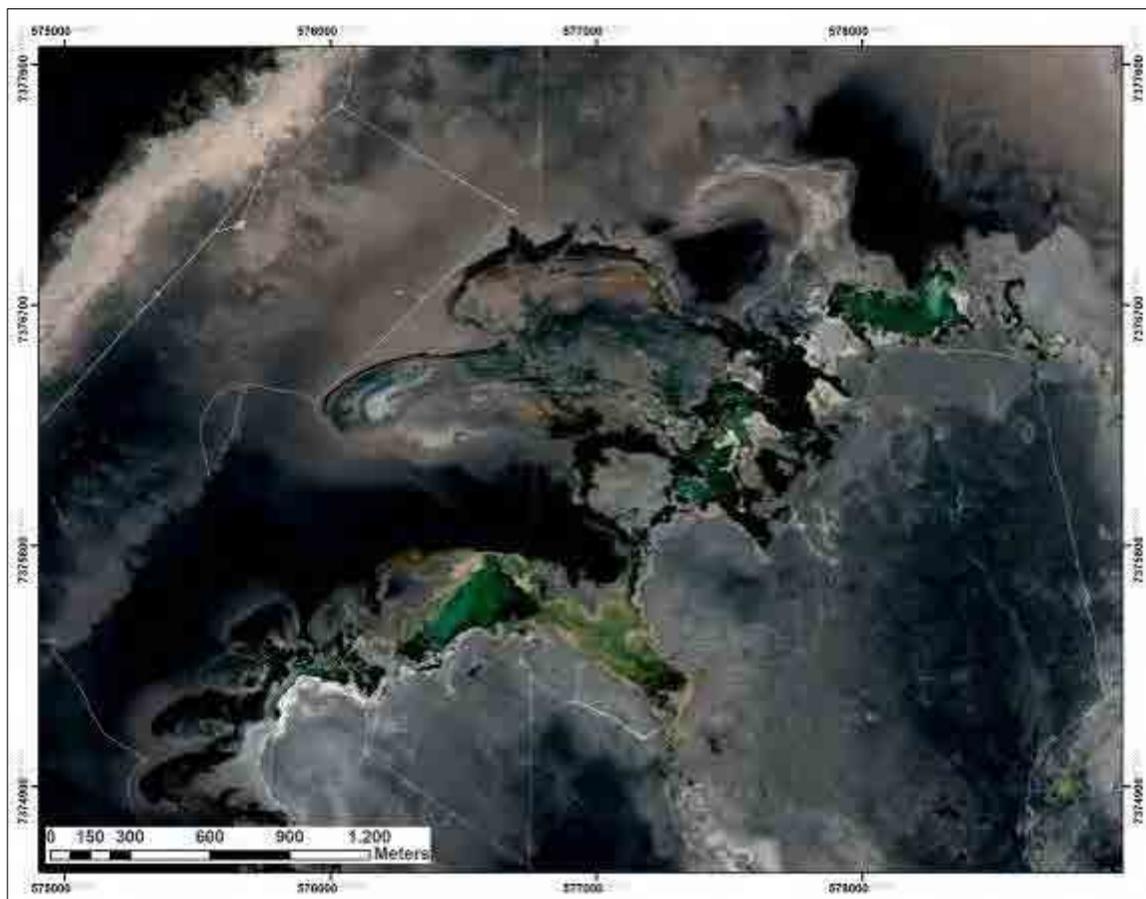


Figura 26 Sistema Atacama Sur (La Punta y La Brava)

ANEXO N° 7 FOTOGRAFÍAS DE LOS VUELOS DE PRUEBAS A DIFERENTES ALTURAS PRIMERA CAMPAÑA (250 m, 200m, 150m y 100 m)



Figura 27. Vuelo de prueba a 250 m, laguna Barros Negros, 6 de septiembre de 2017



Figura 28. Vuelo de prueba a 200 m, laguna Barros Negros, 6 de septiembre de 2017



Figura 29. Vuelo de prueba a 150 m, laguna Barros Negros, 6 de septiembre de 2017



Figura 30. Vuelo de prueba a 100 m, laguna Barros Negros, 6 de septiembre de 2017

ANEXO N° 8 FOTOGRAFÍAS DE COMPORTAMIENTO DE FLAMENCOS AL VUELO DEL DRONE



Figura 31 Sistema Peine, laguna Saladita (aproximadamente 200m de distancia, 16 de mayo 2018)



Figura 32 Sistema Aguas de Quelana (aproximadamente 200m de distancia, 23 de agosto de 2017)



Figura 33 Sistema Atacama sur, laguna La Punta (aproximadamente 360 m de distancia, 23 de agosto de 2017)



Figura 34 Sistema Soncor, laguna Chaxa (aproximadamente 200 m de distancia, 14 de mayo de 2018)

ANEXO Nº 9 DISTRIBUCIÓN DE FLAMENCOS EN LOS DISTINTOS SISTEMAS HIDROBIOLÓGICOS

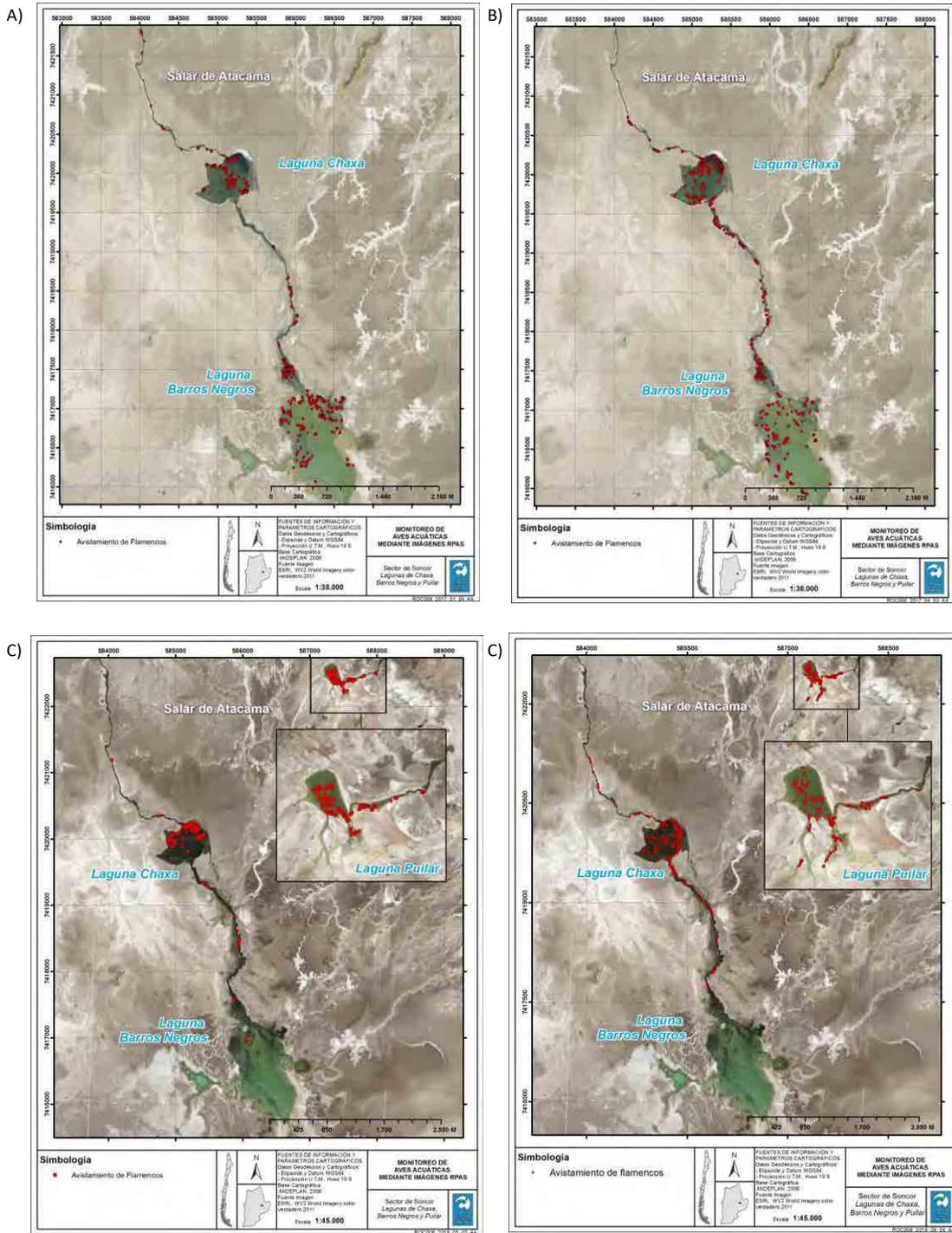


Figura 35 Sistema Soncor: A) Primera campaña; B) Segunda campaña; C) Tercera campaña, D) Cuarta campaña.

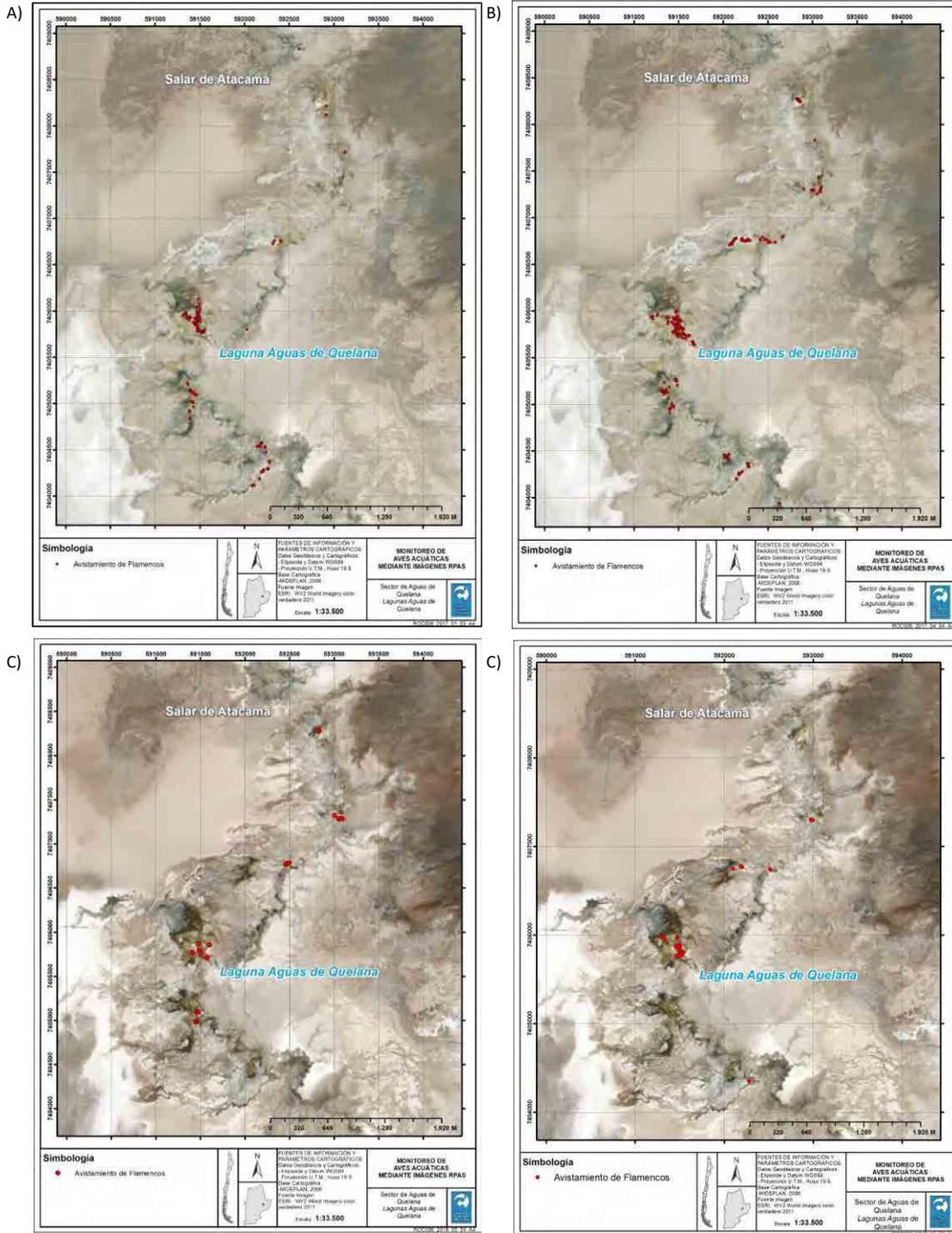


Figura 36 Sistema Aguas de Quelana: A) Primera campaña; B) Segunda campaña; C) Tercera campaña, D) Cuarta campaña.

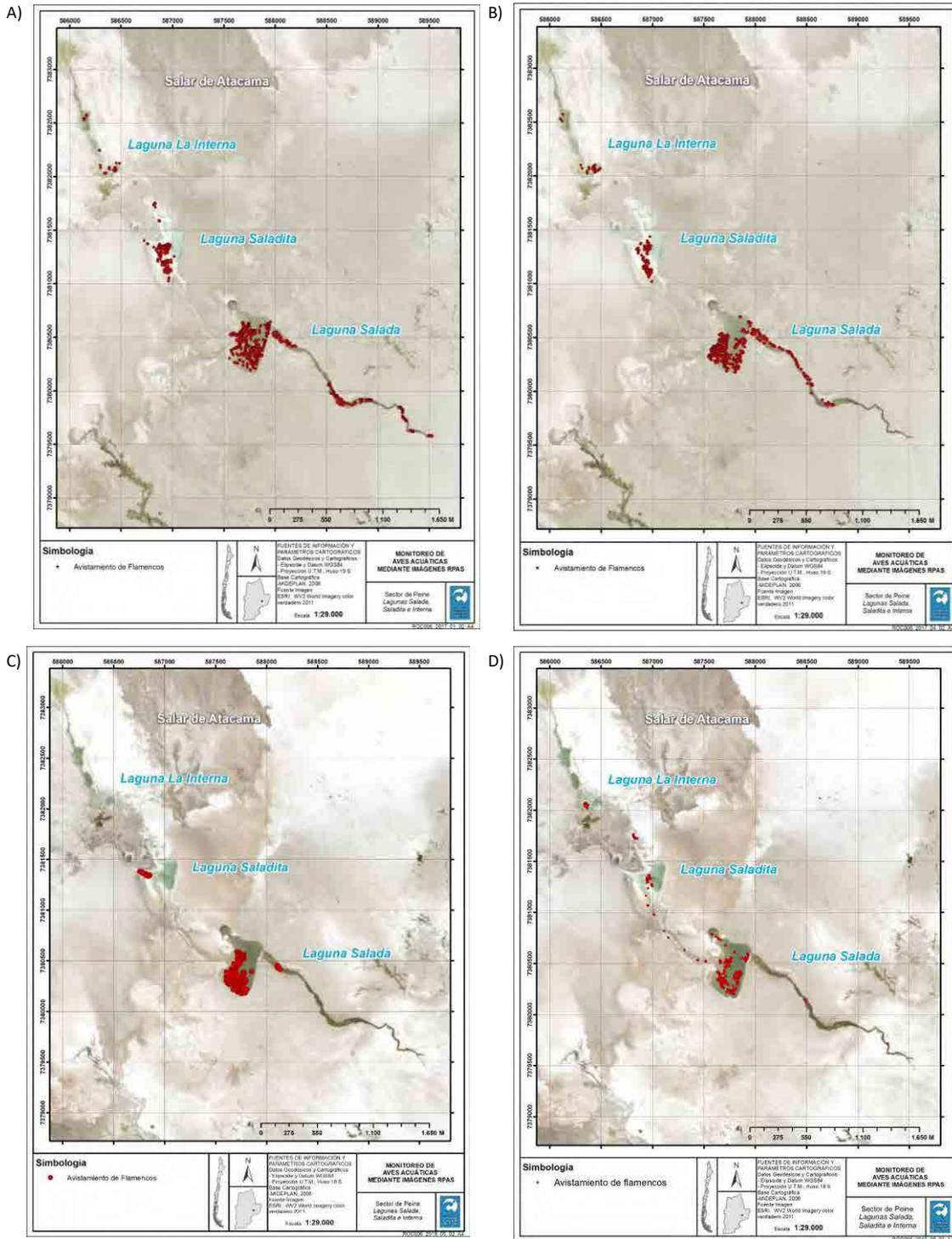


Figura 37 Sistema Peine: A) Primera campaña; B) Segunda campaña; C) Tercera campaña, D) Cuarta campaña.

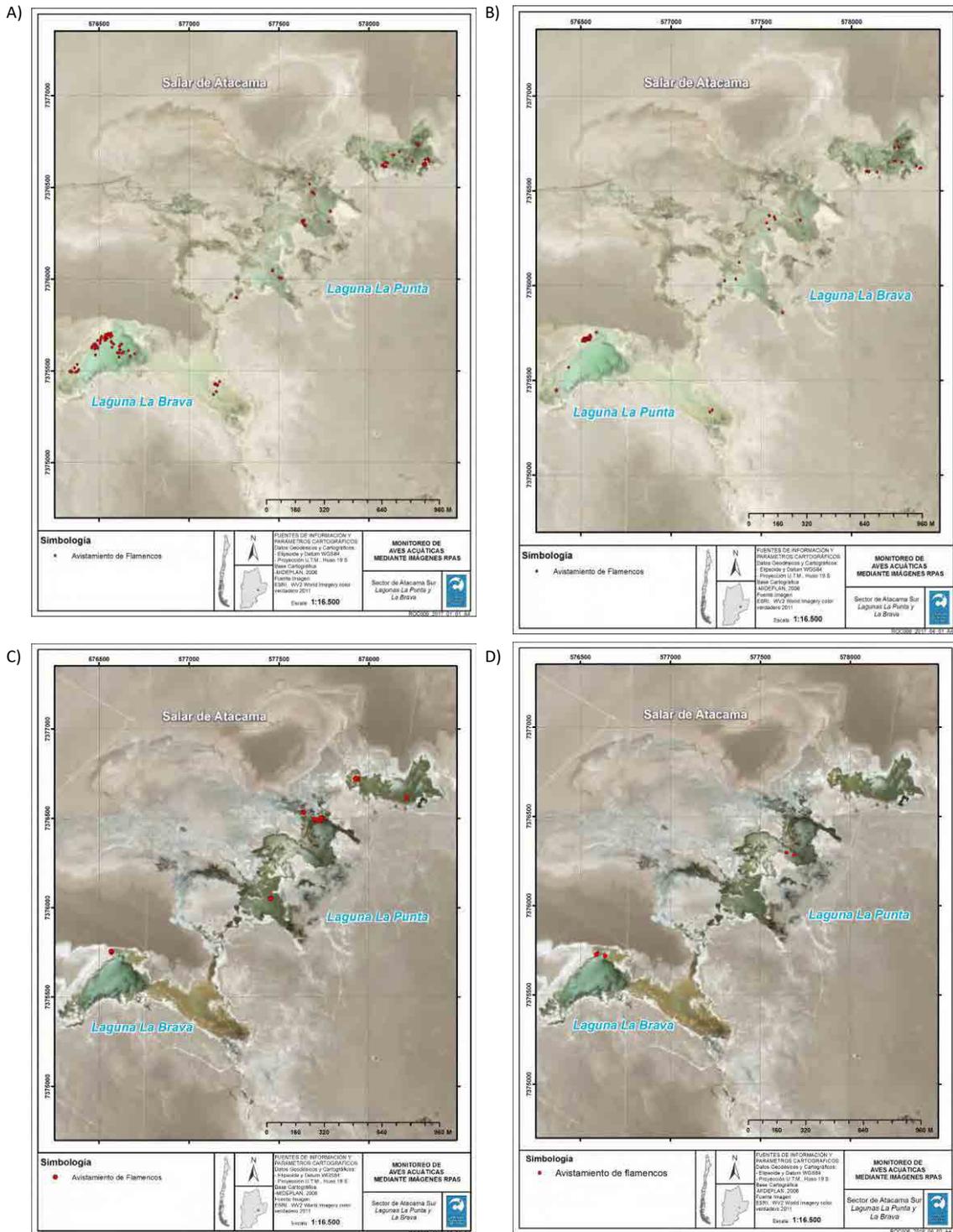


Figura 38 Sistema Atacama Sur (La Punta - La Brava): A) Primera campaña; B) Segunda campaña; C) Tercera campaña, D) Cuarta campaña

ANEXO N° 10 DENSIDAD POBLACIONAL DE FLAMENCOS PARA LAS 4 CAMPAÑAS

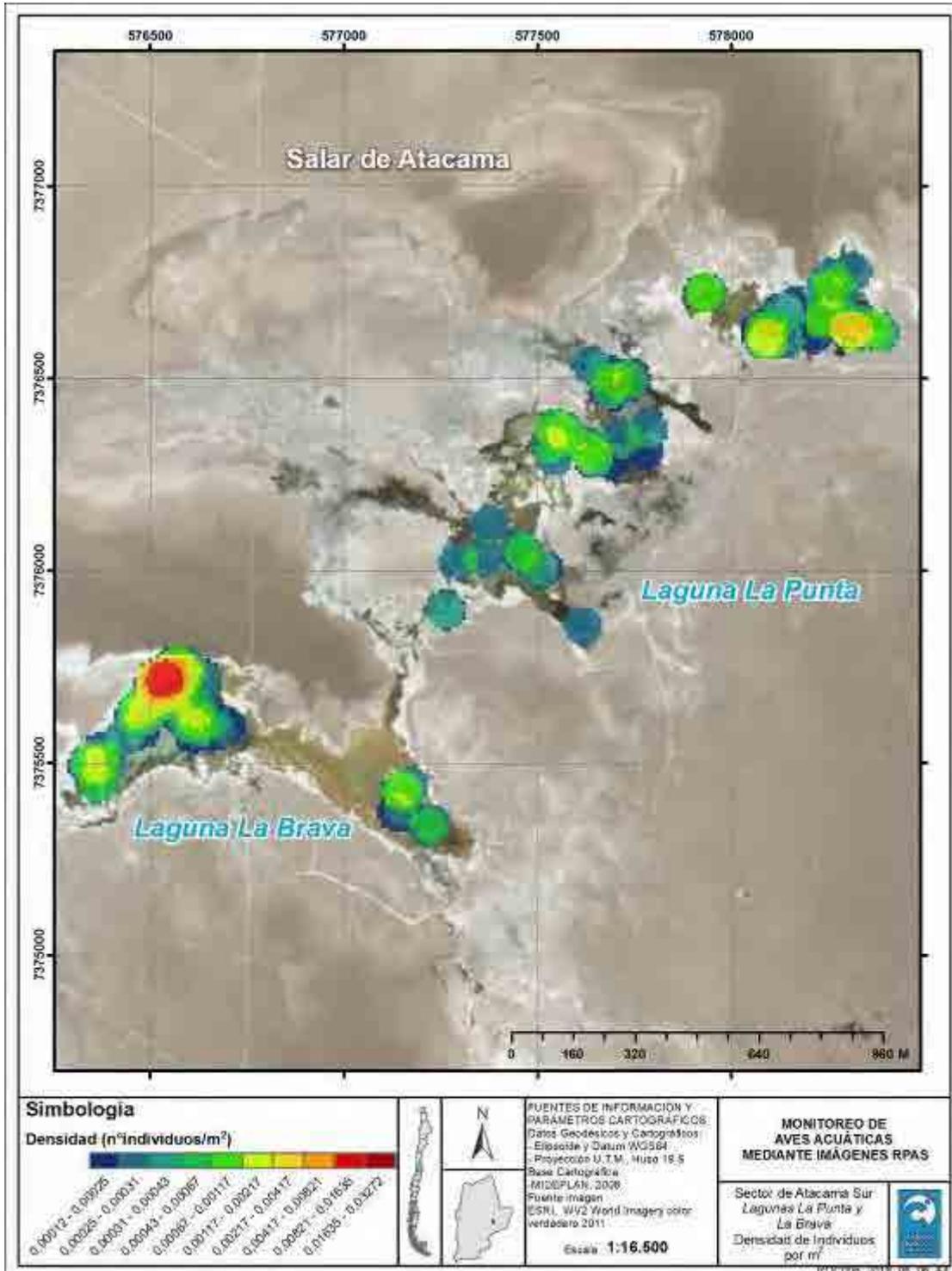


Figura 39. Densidad de flamencos en el sistema Atacama Sur (La Punta y La Brava).

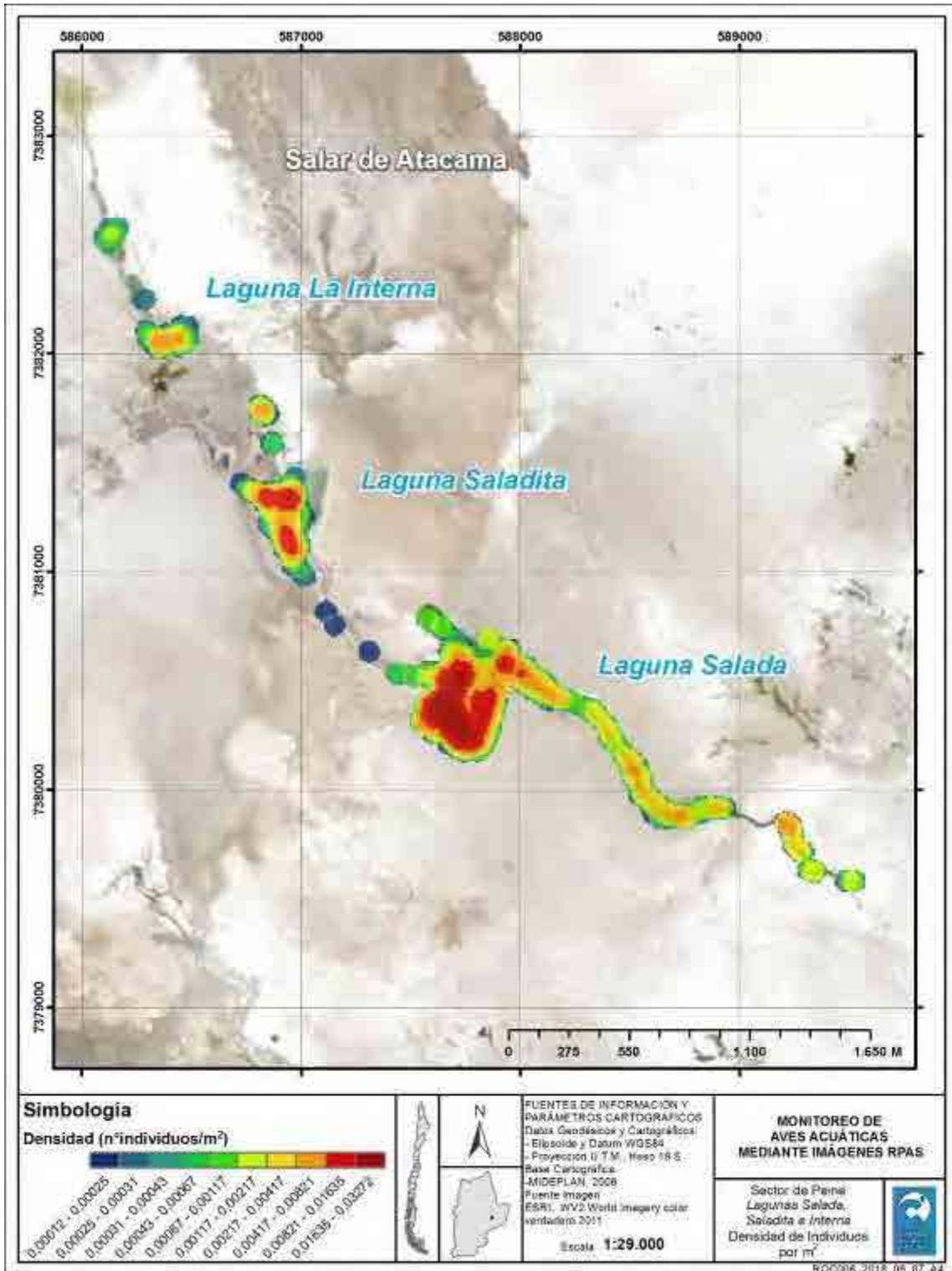


Figura 40. Densidad de flamencos en el sistema Peine.

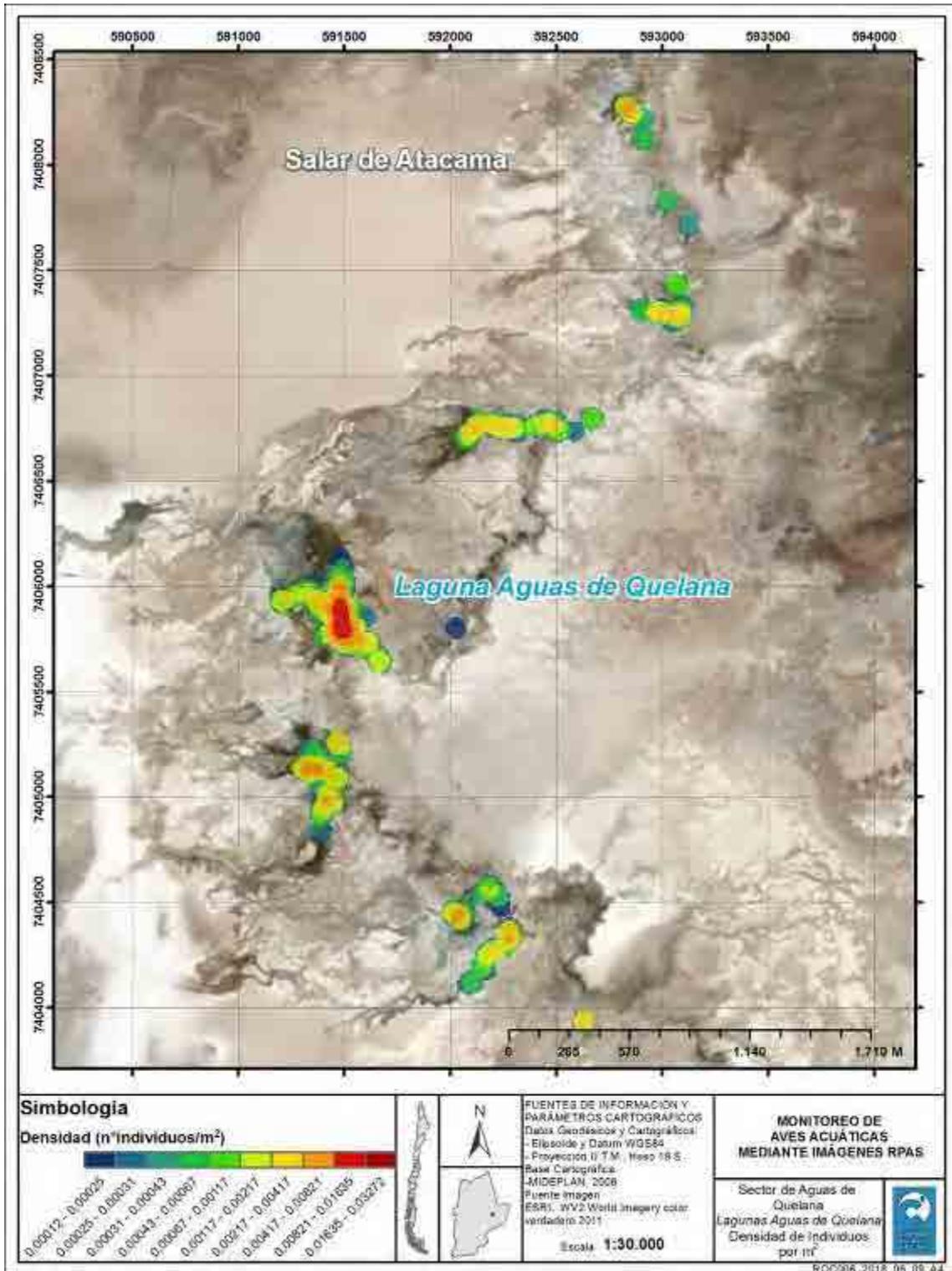


Figura 41. Densidad de flamencos en el sistema Aguas de Quelana.

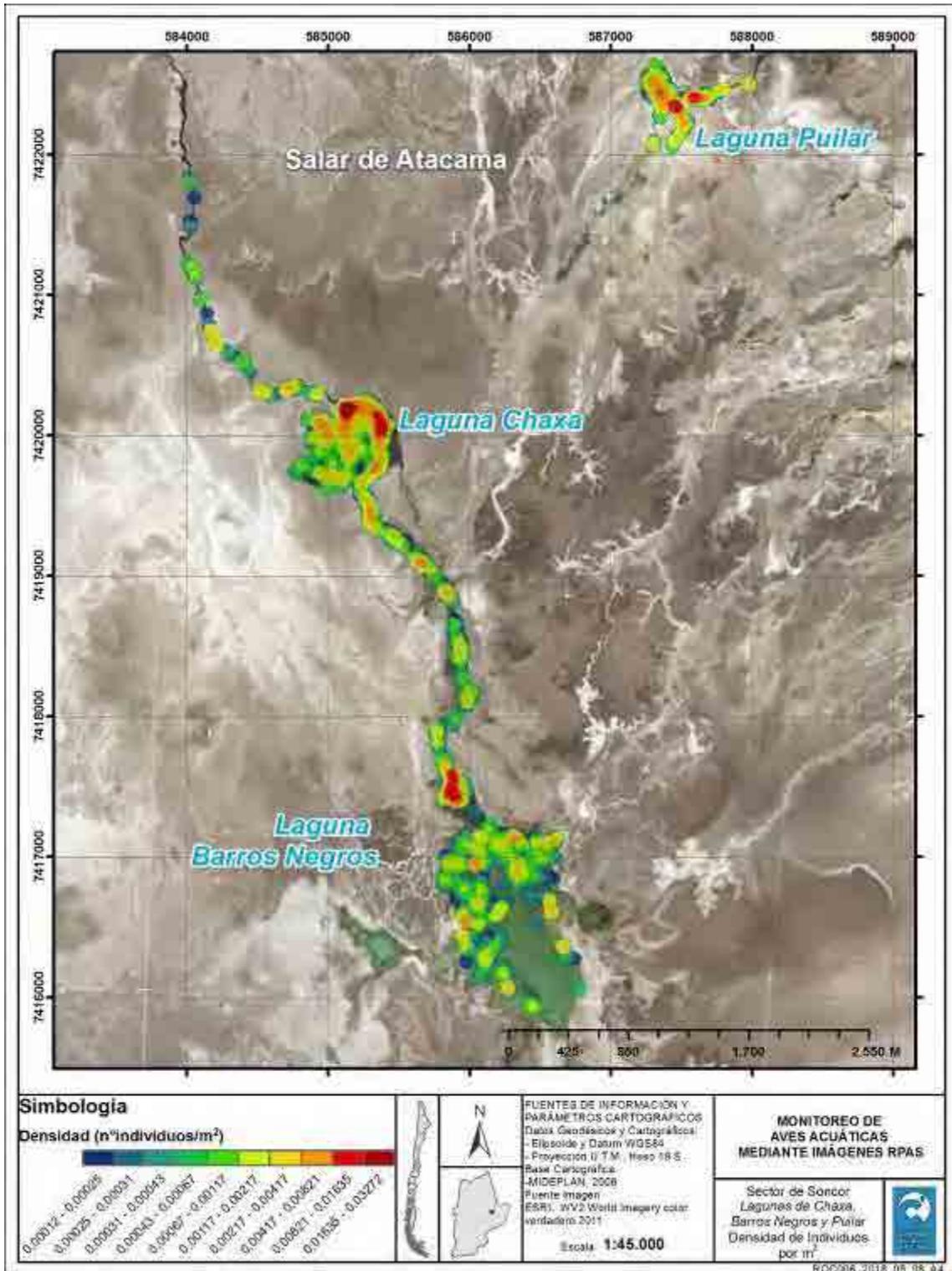


Figura 42. Densidad de flamencos en el sistema Soncor, lagunas Chaxa y Barros Negros.

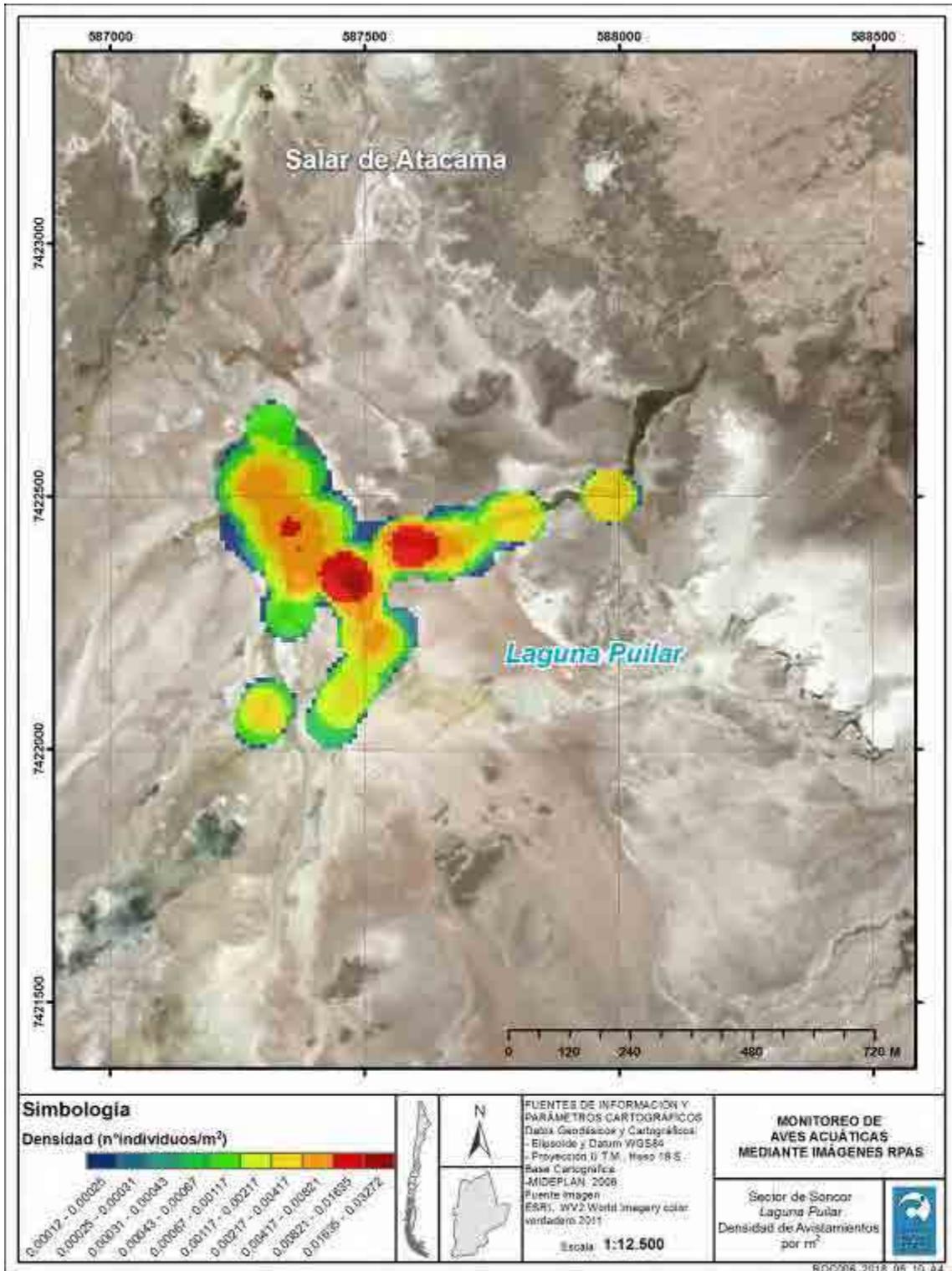


Figura 43. Densidad de flamencos en el sistema Soncor, laguna Puilar.

ANEXO N° 11 COMPORTAMIENTO DE FLAMENCOS OBSERVADO EN TERRENO



Figura 44. Ejemplares en estado juvenil en la laguna Saladita en el sistema Peine.



Figura 45. Ejemplares de la especie *Phoenicoparrus andinus* realizando la marcha nupcial en la laguna Saladita en el sistema Peine.



Figura 46. Ejemplares de la especie *Phoenicoparrus andinus* realizando la marcha nupcial en el sistema Aguas de Quelana. Imagen proporcionada por Alejandro Cruz (CONAF)



Figura 47. Agrupamiento de flamencos fuera del cuerpo de agua de la laguna Chaxa del sistema Soncor.

**ANEXO N° 12 HALLAZGOS DE LA ETAPA REPRODUCTIVA DE FLAMENCOS DETECTADOS EN LA TERCERA CAMPAÑA
(marzo – abril 2018)**

SISTEMA PEINE, LAGUNA SALADA



Figura 48 Huevo no eclosionado, Sistema Peine, laguna salada
Huevo no eclosionado



Figura 49 Huevo eclosionado, Sistema Peine, laguna salada
Huevo eclosionado de color café



Figura 50 Mortandad de pollo correspondiente a otra temporada, Sistema Peine, laguna salada
Mortandad de pollo correspondiente a otra temporada

SISTEMA SONCOR, LAGUNA BARROS NEGROS



Figura 51 Mortandad de pollo correspondiente a la temporada, Sistema Soncor, laguna Barros Negros
Mortandad de pollo correspondiente a la temporada



Figura 52 Pollos correspondientes a la temporada, Sistema Soncor, Laguna Barros Negros
Pollos correspondiente a la temporada



Figura 53 Huevo no eclosionado y mortandad de pollo, Sistema Sencor, Laguna Barros Negros

SISTEMA SONCOR, LAGUNA CHAXA



Figura 54 Pollos correspondientes a la temporada, Sistema Soncor, laguna Chaxa
Pollos correspondiente a la temporada

SISTEMA SONCOR, LAGUNA PUILAR



Mortandad de pollo



Figura 55 Mortandad de pollo y Figura 56 Nidos y Huevos no eclosionados de color café, Sistema Soncor, laguna Puitan

ANEXO N° 13 ARCHIVOS DIGITALES ADJUNTOS**Listado:**

Contenido	Archivo
Mosaicos de Sistemas Hidrológicos	.jpg
Puntos del conteo de flamencos	.kmz