



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



**VARIABILIDAD POBLACIONAL DE LOS FLAMENCOS EN
EL ALTIPLANO CHILENO RELACIONADA CON LAS
PRECIPITACIONES Y LA TEMPERATURA.**

FRANCO GONZÁLEZ VILLAR

Memoria para optar al título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias
Biológicas Animales

PROFESOR GUÍA: Dr. Pedro Cattán.

SANTIAGO DE CHILE

2007



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



**VARIABILIDAD POBLACIONAL DE LOS FLAMENCOS EN
EL ALTIPLANO CHILENO RELACIONADA CON LAS
PRECIPITACIONES Y LA TEMPERATURA.**

FRANCO GONZÁLEZ VILLAR

Memoria para optar al título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias
Biológicas Animales

CALIFICACIÓN

FIRMA

PROFESOR GUÍA: DR. PEDRO CATTAN.

PROFESOR CONSEJERO: DR. MAURICIO CANALS

PROFESOR CONSEJERO: DRA. AUDREY GREZ

SANTIAGO DE CHILE

2007

INDICE

I)	INTRODUCCIÓN	1
II)	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
III)	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	8
IV)	MATERIALES Y MÉTODOS	9
V)	RESULTADOS	14
	i) ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO	14
	a) Salar de Surire	14
	b) Salar de Huasco	26
	c) Salar de Pujsa	37
	d) Salar de Atacama	49
	ii) EFECTO DE LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA	60
	iii) EFECTO DE LA VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN	69
VI)	DISCUSIÓN	81
VII)	CONCLUSIÓN	87
VIII)	BIBLIOGRAFÍA	88
IX)	ANEXOS	91

RESUMEN

Se estudió efecto que tiene la variación de temperatura y precipitación en la abundancia poblacional de tres especies de flamencos: *Phoenicoparrus jamesi*, *Phoenicoparrus andinus*, *Phoenicopterus chilensis*. Estudios que se realizaron en el salar de Surire, salar de Huasco, salar de Pujsa y salar de Atacama, a fin de identificar el efecto que tendrían los cambios climáticos en dichos salares. Los métodos empleados consistieron en análisis de series de tiempo mediante modelos ARIMA, para evaluar la distribución y estimación de la población. Mientras que para analizar el efecto de la variación de precipitación y temperatura en la población se realizó un análisis de correlación cruzada.

Se evidenciaron efectos climáticos en la abundancia poblacional en el caso del flamenco Andino y Chileno principalmente. La estacionalidad ocurrió principalmente en la época de verano. Las estimaciones del modelo ARIMA mostraron una disminución de la población en un periodo aproximado de tres años.

ABSTRACT

The effect that the temperature and precipitation variation has in the quantity of population of three species of flamingos: *Phoenicoparrus jamesi*, *Phoenicoparrus andinus*, *Phoenicopterus chilensis*. was studied. To identify the effect that changes in weather could have in these salt deposits, there have been done studies in the following salt deposits: Salar de Surire, Salar de Huasco, Salar de Pujsa and Salar de Atacama. The methods used, consisted on analysis of series of time using ARIMA models to assess the distribution and estimation of the population. An analysis of cross-correlation has been made, in order to analyze the effect of the precipitation and temperature changes in the population.

The weather effects in the abundance of population were shown mainly in of Andino and Chileno flamingo, during the summer time. The model ARIMA's estimations shown a decrease on the population during an approximate period of three years.

I) INTRODUCCIÓN

Los flamencos corresponden a un grupo muy antiguo de aves, las cuales están representadas en el país en gran parte del altiplano chileno. Dentro de este grupo de aves podemos reconocer tres especies de importancia: *Phoenicopterus chilensis* (Molina, 1782), *Phoenicoparrus andinus* (Philippi, 1854) y *Phoenicoparrus jamesi* (Sclater, 1886).

Los estudios de las poblaciones de flamencos del país se han estado llevando a cabo desde 1985 por la Corporación Nacional Forestal bajo un programa de conservación de las tres especies. También el Grupo para la Conservación de Flamencos Altoandinos (GCFA) ha estado llevando a cabo a partir de 1997 censos simultáneos y anillamiento en alrededor de 250 humedales de importancia entre la Puna del Sur del Perú, Suroeste de Bolivia, Noreste de Argentina y Norte de Chile. Además, se han realizado talleres de capacitación para establecer un manejo integrado entre los humedales altoandinos de los cuatro países. Dado que los estudios han sido principalmente censos, es necesario incorporar estudios de factores que puedan causar alteraciones en las poblaciones de flamencos. Estos pueden ser, variaciones climáticas, de temperatura y precipitaciones, así como también factores contaminantes producidos por distintas empresas mineras del norte del país.

En este contexto, en el presente trabajo se estudiarán las eventuales relaciones de las precipitaciones y la temperatura con las variaciones del tamaño poblacional de las distintas especies de flamencos en 4 humedales de la 1ª y 2ª Región de Chile.

II) REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Antecedentes generales de los flamencos

En el mundo existen 5 especies de flamencos, y una de ella con dos subespecies. En Chile existen tres especies en vida silvestre, *Phoenicopterus chilensis* (Molina, 1782), *Phoenicoparrus andinus* (Philippi, 1854) y *Phoenicoparrus jamesi* (Sclater, 1886).

Phoenicopterus chilensis (flamenco Chileno), tiene una longitud de 100 cm., y las hembras tienen un peso aproximado de 1,9 Kg., mientras que los machos pueden llegar a pesar hasta 3,9 Kg. (Pincheira y Durand, 2005). El plumaje es blanco rosado, con la cabeza, cuello y espalda blancos manchados de rosado intenso. Las coberturas alares son de color rojo pálido, las primarias y secundarias son de color negro, siendo visibles solo cuando se encuentra en vuelo. El pico es de color amarillo pálido en la base y centro, negro en el extremo (Rodríguez *et al.*, 2002). Poseen tres dedos hacia adelante y uno hacia atrás (del Hoyo, 1992).

Phoenicoparrus andinus (flamenco Andino), posee una longitud de 115 cm., y un peso que varía de 2 a 2,4 Kg. (Pincheira y Durand, 2005). El plumaje es de color blanco a rosa pálido, con la parte anterior del cuello y pecho de color rojo vino. Las alas son de color rojo bermellón. El pico es negro en su extremo distal, con base amarilla, y una mancha roja en su parte anterior y posterior (Rodríguez *et al.*, 2002). Sus extremidades inferiores poseen solamente tres dedos hacia adelante (del Hoyo, 1992).

Phoenicoparrus jamesi (flamenco de James), tiene una longitud aproximada de 90 cm., y un peso de 2 Kg. (Pincheira y Durand, 2005). El color del plumaje es rosa pálido, el pico es de un color amarillo fuerte en su parte basal, mientras que su extremo distal es de color negro (Rodríguez *et al.*, 2002). Sus extremidades inferiores, al igual que en el caso del flamenco Andino presentan tres dedos hacia adelante (del Hoyo, 1992).

Los flamencos son especies CITES II. Su estudio y protección están a cargo del Grupo para la Conservación de Flamencos Altoandinos (GCFA) y la CONAF, que han llevado a cabo censos sistemáticos para evaluar su condición.

Distribución

Los flamencos sudamericanos del género *Phoenicoparrus*, se distribuyen principalmente en salares del altiplano y zonas precordilleranas en la puna de Argentina, Bolivia, Chile y Perú (Rodríguez *et al.*, 2002), en sectores altiplánicos del sur de Perú, y norte de Chile y Argentina. En Chile ambas especies de este género, habitan lagunas y salares altoandinos entre el límite con Perú, y las lagunas de Santa Rosa y Salar de Maricunga (Araya y Millie 1992). En general estas formaciones se denominan humedales.

Un humedal es una zona de tierras planas en la que la superficie se encuentra anegada permanente o intermitentemente y presenta una escasa profundidad. En los humedales del altiplano chileno, las precipitaciones generalmente se concentran en el invierno.

La vegetación de la zona esta compuesta por extensos matorrales de arbustos enanos o tolares, gramíneas cespitosas, plantas cojín, y formaciones azonales de vegas, la cual alcanza su mayor expresión en el entorno directo de los humedales (Rodríguez *et al.*, 2002).

El flamenco chileno (*P. chilensis*), tiene una distribución más amplia en Sudamérica, desde el suroeste de Ecuador, Bolivia y sur de Brasil hasta tierra del fuego (Pincheira y Durand, 2005). Habita en las costas marinas, en los lagos salados y en los lagos de agua dulce, y se ha encontrado desde el nivel del mar hasta los 4500 metros de elevación.

Los flamencos presentan continuos desplazamientos a lo largo del año en busca de lugares aptos para la reproducción y alimentación. En el altiplano estos lugares favorables son afectados por rigurosas condiciones climáticas, las que ocasionan el congelamiento de las lagunas por sobre los 4000 m en la época invernal (Parada, 2005). Por esta situación, los flamencos se desplazan hacia salares de baja altura asociados a Argentina, Bolivia, Chile y Perú, o ambientes de altura no afectados por el congelamiento (Rodríguez *et al.*, 2002).

Estos fenómenos climáticos también actúan sobre las colonias de nidificación de flamencos, a veces en forma favorable cuando las condiciones del tiempo son aptas para la reproducción, y muchas veces de manera desfavorable por exceso de lluvias que hacen

subir demasiado los niveles de agua en las lagunas, y cuando las temperaturas son demasiado extremas y los huevos quedan expuestos a los rayos solares por demasiado tiempo. Por otro lado sequías catastróficas podrían causar un completo abandono de los huevos (Palma, 1993). Los factores climáticos también pueden incidir en el comportamiento reproductivo, altos niveles de pluviosidad puede generar un efecto en la disponibilidad de alimento, florecimiento de algas, coloración del plumaje, lo que altera el comportamiento reproductivo (Pincheira y Durand, 2005).

Durante los meses de verano, los flamencos vuelven a realizar una redistribución de su población en busca de lugares favorables. El flamenco Andino durante los meses cálidos distribuye su población a lo largo del altiplano, a excepción de los ejemplares reproductivos que se desarrollan entre los 2000 y 3000 mt. de altura en la zona precordillerana del altiplano de Chile, principalmente en los salares de la vertiente occidental de los Andes. El flamenco de James se desplaza hacia los salares por sobre los 4000 mt. de altura, y su reproducción se realiza principalmente en Bolivia, mientras que el flamenco Chileno realiza una distribución homogénea a lo largo de Chile, y nidifica en un rango mayor dentro del altiplano, presentando colonias en Argentina, Bolivia y Chile principalmente (Parada, 2005).

Reproducción

Las tres especies de flamencos se reproducen principalmente en los meses de verano, aunque pueden hacerlo en cualquier época del año.

Parada (1990) describió 7 etapas en la reproducción: formación de las parejas, construcción de nidos, cópulas, postura, eclosión, agregación infantil y dispersión de los polluelos. Estos eventos en los flamencos altiplánicos comienzan en Agosto y terminan en Julio. Entre los sitios que han presentado mayor estabilidad respecto al establecimiento de colonias de crías, se encuentra el Salar de Atacama, el Salar de Surire, la laguna Colorada en Bolivia, y últimamente el Salar de Huasco a presentado un aumento en las colonias (Rodríguez *et al.*, 2002).

Los flamencos generalmente alcanzan su madurez sexual a los tres años, pero generalmente se reproducen a partir del sexto (Pincheira y Durand, 2005). Esto genera que

su reproducción sea muy lenta, y ante factores adversos la nidificación se vea altamente disminuida.

La mayoría de las cópulas ocurren en la etapa de construcción del nido o inmediatamente después. Generalmente ponen un solo huevo de color blanco, pero pueden llegar a poner dos; la incubación dura 30 a 32 días y es compartida por el macho y la hembra; el inicio de la incubación es sincronizado dentro de la colonia. La eclosión tarda entre 24 y 36 horas, periodo en el cual el padre y los polluelos vocalizan, y por último, a los 4 a 7 días los polluelos salen del nido y se agrupan formando grandes agregaciones (Pincheira y Durand, 2005).

Alimentación y amenazas

Son las únicas aves que filtran su alimento; los flamencos mantienen hundido el pico al revés en el agua, y recogen plantas y animales diminutos filtrando el líquido a través de unas ranuras o lamelas que tienen en el pico y la lengua. Se alimentan en lagos pocos profundos, a veces en bandadas de más de un millón de ejemplares.

Al alimentarse retienen materia particulada en la boca como algas, diatomeas, crustáceos, etc., y el agua es expulsada, lo que evita que consuman aguas alcalinas o salinas. El alimento de los flamencos contiene pigmentos específicos para mantener su coloración, ya que tienen la capacidad de oxidar β carotenos naranja o amarillo a keto carotenoides rojos (Pincheira y Durand, 2005).

Los flamencos generalmente se alimentan de algas diatomeas, crustáceos y moluscos que contienen carotenoides. Los pigmentos amarillos de especies como el flamenco de James y Andino, provienen de xantofilas obtenidas del alimento de origen vegetal (Pincheira y Durand, 2005).

Aunque las tres especies obtienen el alimento por filtración, realizan diferentes sistemas de búsqueda de alimento. Los flamencos acostumbran alimentarse en grupo, con el pico semisumergido y moviendo la cabeza a ambos lados. En ocasiones, se puede observar cierta agresividad entre los miembros de la misma especie y frente a las otras especies cuando están buscando su alimento, originada posiblemente por conflictos de territorialidad.

Entre las amenazas naturales de los flamencos, se encuentran los depredadores naturales; en Chile los principales predadores naturales son los terrestres, entre los que se encuentran los zorros (*Pseudalopex* spp.) y gatos monteses (Felidae), cuya principal presa es el flamenco Andino. Tienen acceso a las aves cuando el nivel de las aguas disminuye (Pincheira y Durand, 2005).

El ser humano es considerado una de las mayores amenazas para los flamencos, ya que genera contaminación de los lagos y lagunas por la actividad minera. La construcción de caminos y carreteras facilita la llegada de predadores terrestres, la utilización del agua para el riego, la actividad turística informal y descontrolada, lo que altera el comportamiento de los flamencos.

Etología de los vuelos

Los flamencos vuelan generalmente en formación de dos hileras que convergen en un punto generando un ángulo. Vuelan con el cuello extendido hacia delante y alargando sus largas patas hacia atrás, y mientras vuelan graznan. Tras describir varios círculos a bastante altura, los flamencos descienden a los lagos pocos profundos con las patas extendidas hacia adelante, y si es terreno seco lo hacen sobre la punta de los pies corriendo hasta disminuir la inercia (Palma, 1993).

Los flamencos no ejecutan jamás descensos en picadas, ni virajes bruscos. Sólo vuelan para ir de un sitio a otro, pues para ellos la caza no existe. Vuelan en bandadas a la salida y a la puesta de sol, y se dispersan recorriendo las lagunas de los salares altiplánicos en su constante migrar en busca de alimento. El flamenco inicia el dominio del vuelo a partir de los sesenta días. A esta edad empieza a integrarse a los grupos adultos independizándose de sus padres (Palma, 1993).

Características de los humedales altiplánicos

Los humedales de la región del altiplano están constituidos por salares, lagunas, vegas, bofedales y cursos fluviales, localizados entre los paralelos 18° y 31° de latitud sur. Estos ambientes se emplazan en la desértica principalmente sobre los 3500 metros de altitud, y en cuencas endorreicas como las del salar de Atacama y salar de Punta Negra

ubicadas en los márgenes de esta región, aproximadamente en los 2300 metros (Rodríguez *et al.*, 2002).

Las características del ambiente físico son rigurosas y se caracterizan por una baja presión parcial de oxígeno y dióxido de carbono, baja presión absoluta de vapor y alta radiación solar; suelos pobremente desarrollados con baja disponibilidad de nutrientes; bajas temperaturas con marcada variación diaria y distribución irregular de precipitaciones con marcados períodos de aridez (Rodríguez *et al.*, 2002).

La fauna que habita en la zona de la puna, presenta particulares adaptaciones al ambiente descrito, existiendo especies endémicas representativas tales como camélidos, lagomorfos y avifauna de distribución exclusivamente andina, muchas de las cuales se encuentran incluidas dentro de las especies con problemas de conservación. Asociados a los humedales se presentan los principales sitios de alimentación, reproducción y descanso de la avifauna andina (Rodríguez *et al.*, 2002).

III) OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación de las precipitaciones y la temperatura con las variaciones poblacionales de los flamencos dentro de los humedales del norte de Chile.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer tendencias poblacionales (aumento o disminución poblacional) de los flamencos en forma global y por especie (aumento, disminución, mantención), entre 1997 y 2004 en cuatro humedales del Norte de Chile.
2. Determinar si hay fluctuaciones o ciclos poblacionales de flamencos en forma global y por especie entre 1997 y 2004 en cuatro humedales del Norte de Chile.
3. Relacionar las fluctuaciones poblacionales estacionales de flamencos con la variación de la temperatura y precipitación.

IV) MATERIALES Y MÉTODOS

ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO

Materiales

Se emplearon en el estudio, los censos realizados en los humedales más significativos del norte del país por la Corporación Nacional Forestal y por el Grupo para la Conservación de Flamencos Altoandinos, entre los años 1997 y 2004.

Estos censos se realizaron en dos épocas del año, verano e invierno (Enero y Julio respectivamente) en 4 humedales de relevancia para las tres especies de flamencos: Salar de Surire (latitud 18°50'00", longitud 69°03'00", elevación 4325 metros), Salar de Huasco (latitud 20°15'00", longitud 68°00'00", elevación 3800 metros), Salar de Pujsa (latitud 23°11'29", longitud 67°31'55", elevación 4530 metros), y Salar de Atacama (latitud 23°22'00", longitud 68°10'00", elevación 2305 metros). Cada censo se realizó por un periodo aproximado de siete días. Ellos se realizaron de acuerdo al siguiente esquema:

- Para flamencos situados a una distancia menor de 1.000 m del punto de observación, se usaron binoculares 10 x 50, o a lo menos 8x 40.

- Para los ejemplares que están situados a una distancia mayor a 1 km de distancia desde el punto de observación, se usaron monoculares o telescopios zoom de 15 x 20-60.

- En cualquier esquema se usó vestimenta que se mimetiza con el medio, dada la alta sensibilidad de los flamencos a la presencia humana. Ellos fueron trajes térmicos, aptos para soportar las altas temperaturas.

- Se utilizó un Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS), tanto para la ubicación de los humedales como para la ubicación geográfica de colonias reproductivas.

La información de los datos de temperatura media mensual y precipitación mensual fueron solicitados al Subdepartamento de Meteorología y Nieve de la Dirección General de Aguas. Las estaciones de medición utilizadas serán las más cercanas a los 4 humedales en estudio (Salar de Surire, Salar de Huasco, Salar de Pujsa, y Salar de Atacama), y cuyos valores de temperatura y precipitación sean representativos de cada humedal. En aquellos

humedales en que las estimaciones de la estación de medición no fueron representativas, se ajustaron sus valores por medio de una Gradiente Media de Altura, la cual corresponde a una disminución de 4.1 °C / Km en invierno, y 6.2 °C / Km en verano (Barry y Chorley, 1980).

Métodos

Descripción del método ARIMA

El estudio de los registros temporales se realizó por medio del análisis de series de tiempo utilizando modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). A las series de tiempo se les estudió sus componentes de tendencias, ciclos, y comportamiento de distribución.

Los modelos ARIMA, corresponden a la utilización de análisis autoregresivos (modelos AR) y medias móviles MA para establecer el modelo que mejor describe la serie a predecir, al integrar a los Modelos AR y a los Modelos MA en una única expresión. Los modelos autorregresivos consisten en la realización de una regresión de la variable y_t sobre sí misma (autoregresión), es decir, sobre los valores que la variable tomó en tiempos precedentes. Un aspecto importante es el orden del modelo AR; el modelo para cuyo análisis se utiliza la variable en un periodo anterior se denomina de orden 1 o AR (1). Si se toma en el modelo como explicativos los valores de la variable en los 2 períodos anteriores, se considera un AR (2). En general, un AR (p) viene dado por:

$$y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \alpha_t$$

Donde α_t es un término de error que es una variable aleatoria con ciertas propiedades estadísticas características, ϕ_0 es un término independiente y ϕ_1 es un parámetro que multiplica al valor de la variable y en el período $t-1$.

El modelo de medias móviles (MA), explica el comportamiento de una variable y, a través de los errores al estimar el valor de la variable en los períodos anteriores. En general un modelo MA (q) viene dado por la expresión:

$$y_t = \mu + \alpha_t + \theta_1 \alpha_{t-1} + \dots + \theta_q \alpha_{t-q}$$

Donde μ es el valor constante alrededor del cual se mueve la variable, y θ es el coeficiente MA.

Por lo tanto, la variable y queda explicada en función de los valores tomados por la variable en períodos anteriores, y los errores cometidos en la estimación. Una expresión general de un modelo ARMA (p, q), que es la unión de un modelo AR (p) y un modelo MA (q), viene dado por:

$$y_t = \mu + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \alpha_t + \theta_1 \alpha_{t-1} + \dots + \theta_q \alpha_{t-q}$$

Siendo μ el valor constante alrededor del cual se mueve la variable; α_t un término de error que es una variable aleatoria con ciertas propiedades estadísticas características, θ es el coeficiente MA, ϕ_0 es un término independiente y ϕ_1 es un parámetro que multiplica al valor de la variable y en el período $t-1$.

Para la obtención del orden (p,q), se realiza una comparación entre las características de la función de autocorrelación (fac), y la función de autocorrelación parcial (facp), que son los dos instrumentos básicos en la fase de identificación del modelo ARIMA.

La función de autocorrelación (fac), mide la relación estadística entre la variable y_t , y la misma variable separada por “k” unidades de tiempo antes (y_{t-k}). A efectos de la identificación del modelo ARIMA, se debe comparar el valor que esta función presentaría para los distintos modelos teóricos, cuya función es representada por r_k :

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}$$

La función de autocorrelación parcial mide la relación que existe entre una variable como y_t con otra variable y_{t-k} , pero eliminando los efectos de las variables intermedias. La

utilidad de la función de autocorrelación parcial deriva de que en determinadas ocasiones el simple conocimiento de la función muestral no sería suficiente para la determinación del verdadero proceso generador de la serie.

A modo de análisis, el periodo espacio tiempo entre una variable, y una variable de tiempo anterior se denominará lag, que al no presentar una traducción exacta en español para el modelo ARIMA, se determinó utilizar el término original.

La fase de la estimación consiste en la obtención de unos valores numéricos para los parámetros θ_i y ϕ_i del modelo previamente identificado, de forma que contengan propiedades estadísticas adecuadas. Para ello, la metodología ARIMA realiza un proceso de búsqueda de tales valores, de prueba y error, hasta dar con los valores óptimos, puesto que las ecuaciones de resolución no son lineales.

Para comprobar el modelo, se puede realizar un periodograma integrado de los residuos, en el cual los valores deben encontrarse dentro de las bandas de confianza de Kolmogorov-Smirnov. Otra alternativa, es usar el test de Box Pierce, donde el valor de p debe ser $> 0,05$, para que los residuos sean similares a un ruido blanco.

La etapa de la predicción se realiza a partir del último dato del período muestral, y se realiza por la búsqueda de predictores que siendo funciones lineales de las observaciones, minimicen el error de predicción. Las predicciones del modelo ARIMA son más precisas para periodos cortos de estimación.

Descripción del método de correlación cruzada

La correlación cruzada es una medida de la similitud entre dos variables, frecuentemente usada para encontrar características relevantes en una variable desconocida por medio de la comparación con otra que sí se conoce, es en función del tiempo entre las señales.

El índice más utilizado para la estimación de la correlación cruzada es el siguiente:

$$r(d) = \frac{\sum_i [(x(i) - m_x) * (y(i-d) - m_y)]}{\sqrt{\sum_i (x(i) - m_x)^2} \sqrt{\sum_i (y(i-d) - m_y)^2}}$$

Donde m_x y m_y son los medios de las dos variables correlacionadas en un mismo espacio tiempo, mientras que $x(i)$ e $y(i)$ son las dos series de las variables en la que $i = 0, 1, 2, \dots, N-1$.

La interpretación del índice de correlación cruzada es la siguiente:

- $C = 1$ indica correlación cruzada positiva entre las dos variables
- $C = 0$ indica la inexistencia de correlación cruzada.
- $C = -1$ indica correlación cruzada negativa.

Para la interpretación de los análisis de correlación cruzada se utilizarán tanto los valores significativos, como los valores que expresen alguna tendencia de las variables, a pesar que no superen los límites de confianza.

Se dispuso del programa STATISTICA (versión 7.0), para el análisis pertinente.

V) RESULTADOS

i) ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO

a) Salar de Surire

El análisis de tres series de tiempo por medio de un modelo ARIMA, el cual representa un periodo 8 años entre 1997 y 2004, con dos mediciones anuales correspondientes a los meses de Enero y Julio, permitió establecer diferencias entre las tres especies.

Cada lag representa una medición, empezando en Enero de 1997 con el lag 1, siguiendo en Julio de 1997 con el lag 2, y así correlativamente hasta Julio del 2004 correspondiente al lag 16.

La figura 1 muestra las variaciones para las tres especies.

El flamenco de James, presentó una abundancia en los meses de verano desde Enero de 1997 hasta Julio de 1998, luego del cual la población presentó una disminución marcada hasta Julio de 1999, en donde llegó a una población de 237 flamencos, para luego presentar una leve alza en Enero del 2000 y cambiar a un patrón invernal de abundancia a partir de Julio del 2000, llegando a un pick de 7796 flamencos en Julio del 2002 (figura n°1a).

Por su parte, el flamenco Andino, mostró una abundancia en los meses de verano a lo largo de todo el periodo de estudio, presentando dos disminuciones marcadas, una en Julio de 1999, y otra aún mayor en Julio del 2003, llegando a 107 flamencos. Mientras que en Enero del 2002 presentó un pick de 6507 flamencos (figura n°1b).

El flamenco Chileno, exhibió una abundancia en los meses de verano a lo largo de todo el periodo de estudio, presentando su mayor disminución en Julio del 2003, llegando a 876 flamencos. Mientras que en Enero de 1998 presentó su mayor abundancia con un pick de 12047 flamencos (figura n°1c).

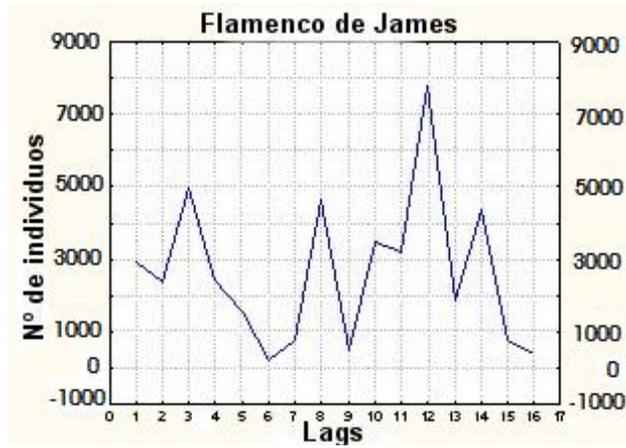
Al analizar las tres especies de flamencos dentro del salar de Surire, se logró establecer que la especie que tenía una mayor abundancia promedio entre todas las mediciones del estudio, era el flamenco de Chileno con 4708 flamencos, luego el flamenco

andino con 2945 flamencos en promedio, y por último el flamenco de James con 2643 flamencos en promedio.

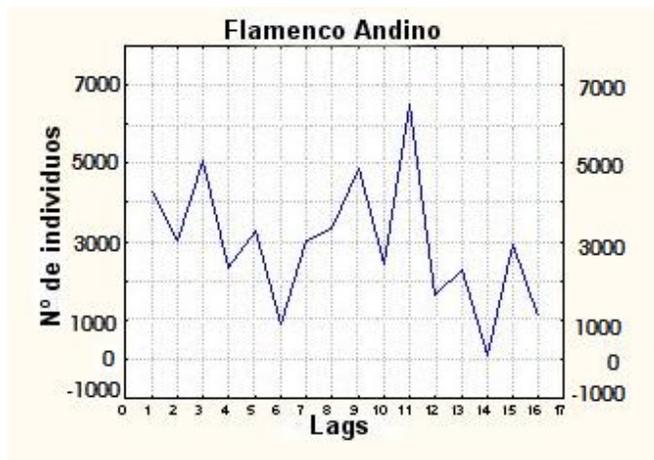
Durante la evaluación del comportamiento de la curva de abundancia entre las especies, se encontró que las tres especies presentaron un comportamiento similar en cuanto a la abundancia en los meses de verano desde Enero de 1997, hasta Julio de 1998; punto en el cual el flamenco de James cambia su comportamiento hacia una abundancia en los meses de invierno, mientras que tanto el flamenco Andino como el Chileno mantuvieron su comportamiento en cuanto a la abundancia en verano, incluso teniendo sus mínimos poblacionales la misma época, correspondiente a Julio del 2003.

Por lo anterior descrito, se puede asumir que tanto el flamenco Andino, como el flamenco Chileno tienen similares necesidades ecológicas en el eje espacial y en el alimentario, mientras que el flamenco de James presenta un comportamiento totalmente contrario a partir de Julio de 1998, por lo que existiría una competencia del flamenco de James con el flamenco Andino y Chileno, otra alternativa es que a partir de Julio de 1998 el flamenco de James simplemente pasó a ocupar otro nicho ecológico.

a)



b)



c)

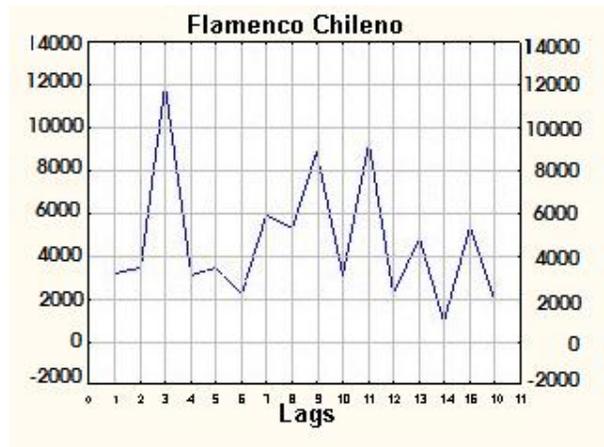


Figura n° 1: Modelos ARIMA para las tres especies de flamencos en el Salar de Surire. a) Flamenco de James; b) Flamenco Andino; c) Flamenco Chileno.

Los estudios de la autocorrelación y la autocorrelación parcial para las tres especies de flamencos en el Salar de Surire, para determinar el modelo de ARIMA más ajustado, así como también evaluar el valor predictivo de cada una de las especies en diferentes tiempos, se muestra en la figura 2.

El gráfico a) muestra que ningún valor supera el límite de confianza, pero que existe un patrón de correlación entre las variables. Al analizar la autocorrelación, se puede notar que presenta una relación negativa de la población con su población en un tiempo anterior o lag 1, pero su mayor correlación o valor predictivo ocurre en el lag 3, siendo una correlación negativa. El gráfico de la autocorrelación parcial presenta valores similares, con mayores correlaciones en los lags 3 y 6, ambos de valores de correlación negativo. Ambas estimaciones nos permiten inferir que existe un efecto de estacionalidad al determinar que existe una autocorrelación que va alternando entre valores positivos y negativos entre el lag 1 y 3.

El gráfico b) analiza la autocorrelación del flamenco Andino en el Salar de Surire, la cual presenta valores significativos en los lags 2, 3, 5, y 8, los que superan el límite de confianza en la función de autocorrelación. En la función de autocorrelación se observa una clara estacionalidad, en la cual los valores de autocorrelación van alternando entre positivos y negativos. La función de autocorrelación parcial presenta valores representativos de un patrón en los lags 2, 3, 5, y 7. Los lags 2 y 7 presentan valores positivos, mientras que los lags 3 y 5 valores negativos, sin embargo no superan el límite de confianza. Aunque la función de autocorrelación parcial no permite apreciar un patrón claro de estacionalidad, se puede apreciar un patrón en la distribución, mientras que la función de autocorrelación estima un claro patrón de estacionalidad.

El gráfico c) representa la función de autocorrelación del flamenco Chileno en el Salar de Surire. En la función de autocorrelación se observan valores significativos en los lags 3 y 8, presentando el lag 3 un valor negativo, mientras que el lag 8 presenta un valor positivo. El análisis de la función de autocorrelación parcial muestra valores significativos en los lags 1 y 3 con una distribución similar a la función de autocorrelación. Tanto la función de autocorrelación, como la función de autocorrelación parcial presentan un claro patrón de estacionalidad.

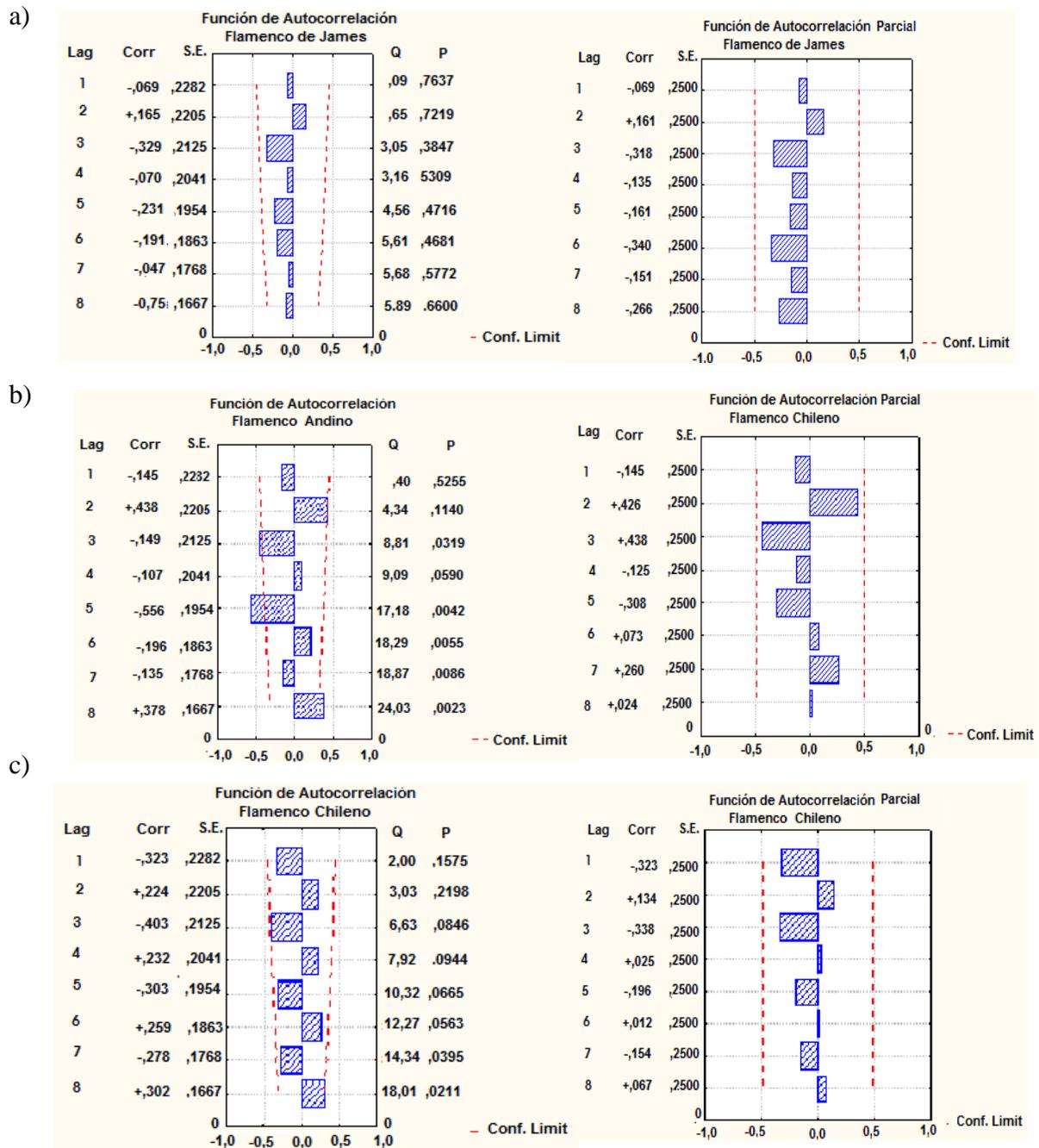


Figura n° 2: Autocorrelación y Autocorrelación parcial para las tres especies de flamencos en el Salar de Surire. a) Flamenco de James; b) Flamenco Andino; c) Flamenco Chileno.

Flamenco de James

El modelo ARIMA permite establecer la relación que existe entre una variable, y su misma variable en un espacio de tiempo anterior o lag por medio de modelos autoregresivos o medias móviles. El estadígrafo a) de la tabla n° 1 muestra la representación estadística de un modelo de medias móviles de orden 2, el cual señala que existe un p representativo en $q(2)$, lo que quiere decir que la variable queda explicada por los valores obtenidos en 2 lags anteriores, lo que corresponde a un intervalo de 1 año.

El análisis del estadígrafo b) de la tabla n° 1, muestra la estimación del modelo de medias móviles, con una predicción de 6 lags correspondiente a 3 años. Esta predicción establece una disminución marcada en la población del flamenco de James en el Salar de Surire, la cual se hace más manifiesta luego de 2 lags, y aunque en la estimación del modelo ARIMA establece que la población va a llegar a desaparecer en el Salar de Surire, hay que considerar que el error estándar es bastante alto, por lo cual es probable que ocurra una disminución en la población más que una extinción.

La tabla n° 1 c) representa los estadígrafos de la regresión entre la población del flamenco de James en el Salar de Surire y el tiempo, la que presenta valores de p significativos para el intercepto, pero no para la variable de la población, la que muestra valores de p no significativos o superiores a 0,05.

El gráfico de la figura n° 3 corresponde al gráfico de regresión, el cual muestra una disminución insignificante del flamenco de James en el tiempo.

La estimación de la regresión entre la población del flamenco de James y el tiempo, no es la más adecuada para este tipo de análisis cuando se usa por sí sola, ya que no cumple con el principio básico de independencia, porque como se explicó anteriormente, el análisis de series de tiempo supone una relación entre la población y su misma población en un tiempo anterior. Sin embargo la regresión permite dar un apoyo estadístico a la estimación del modelo ARIMA, el cual presenta un error estándar alto.

Al comparar las estimaciones de la regresión y del modelo ARIMA, se observa que a pesar que el modelo ARIMA estime una disminución marcada de la población, esta no es ratificada por el modelo de regresión, por lo que no se puede aceptar como probable la disminución de la población establecida por el modelo de ARIMA.

Tabla n° 1: Parámetros estimativos de la serie de tiempo: a) Estadígrafo ARIMA de orden 2. b) Estimación ARIMA de 6 lags. c) Estadígrafo de regresión de la población del flamenco de James del Salar de Surire en el tiempo.

a)

	Parámetro	Asintótica	Asintótica	p	Inferior	Superior
q(1)	-0,545476	0,390211	-1,39790	0,183900	-1,38239	0,291444
q(2)	-0,553427	0,231992	-2,38555	0,031735	-1,05100	-0,055855

b)

Lags	Meses	Pronóstico	Inferior	Superior	Error Estándar
17	Enero	-571,955	-5184,52	4040,611	2618,826
18	Julio	-831,762	-6085,92	4422,401	2983,099
19	Enero	0,000	-5841,46	5841,456	3316,540
20	Julio	0,000	-5841,46	5841,456	3316,540
21	Enero	0,000	-5841,46	5841,456	3316,540
22	Julio	0,000	-5841,46	5841,456	3316,540

c)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	27307339	27307339	5,955535	0,028567
Variable	1	44426	44426	0,009689	0,922984
Error	14	64192842	4585203		

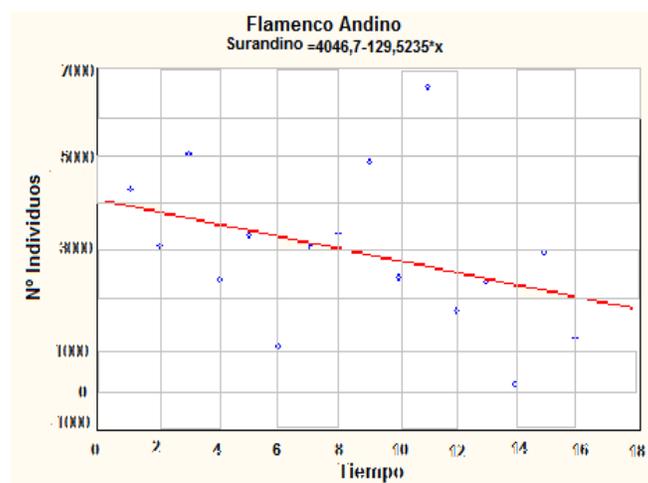


Figura n° 3: Gráfico de la población del flamenco de James del Salar de Surire en el tiempo.

Flamenco Andino

El estadígrafo a) de la tabla n° 2 muestra la representación estadística de un modelo autoregresivo de orden 2, el que muestra un p significativo en $p(2)$, por lo que la variable queda explicada en 2 lags anteriores, o un intervalo de tiempo de 1 año.

El estudio de la tabla n° 2 b) muestra la estimación del modelo autoregresivo, con una predicción en el tiempo de 3 años o 6 lags. La predicción puede dividirse en dos análisis para una mejor interpretación, una correspondiente a los meses de Enero y otra correspondiente a los meses de Julio, los que representan las estaciones de verano e invierno respectivamente. En las estimaciones de Enero se observa una marcada disminución en un periodo de 3 años, mientras que en las estimaciones de Julio la disminución que presenta la población es mas leve en el periodo de 3 años.

En el análisis del estadígrafo c) de la tabla n° 2, se puede observar la regresión entre la población del flamenco Andino en el Salar de Surire y el tiempo, el cual muestra valores significativos de p en el intercepto, mientras que para la estimación de la variable de población no muestra valores significativos de p .

El gráfico de la figura n° 4 muestra una marcada disminución de la población del flamenco Andino en el tiempo, representada por una pendiente negativa en la ecuación de regresión.

Al realizar la comparación de las estimaciones realizadas por ambos modelos, se aprecia que ambos predicen una disminución en la población del flamenco Andino en el Salar de Surire, por lo que se puede establecer como probable la disminución de la población establecida por el modelo ARIMA, aunque esta no es ratificada por el modelo autoregresivo.

Tabla n° 2: Parámetros estimativos de la serie de tiempo: a) Estadígrafo ARIMA de orden 2. b) Estimación ARIMA de 6 lags. c) Estadígrafo de regresión de la población del flamenco Andino del Salar de Surire en el tiempo.

a)

	Parámetro	Asintótica	Asintótica	p	Inferior	Superior
p(1)	0,268883	0,219996	1,222217	0,241805	-0,202962	0,740729
p(2)	0,633173	0,225459	2,808369	0,013949	0,149611	1,116736

b)

Lags	Meses	Pronóstico	Inferior	Superior	Error Estándar
17	Enero	2145,037	-1414,10	5704,176	2020,734
18	Julio	1263,758	-2421,80	4949,312	2092,507
19	Enero	1697,984	-2761,59	6157,557	2531,963
20	Julio	1256,738	-3383,19	5896,667	2634,362
21	Enero	1413,034	-3613,93	6439,998	2854,105
22	Julio	1175,674	-4024,57	6375,921	2952,488

c)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	59548294	59548294	23,42575	0,000262
Variable	1	5703957	5703957	2,24388	0,156349
Error	14	35588026	2542002		

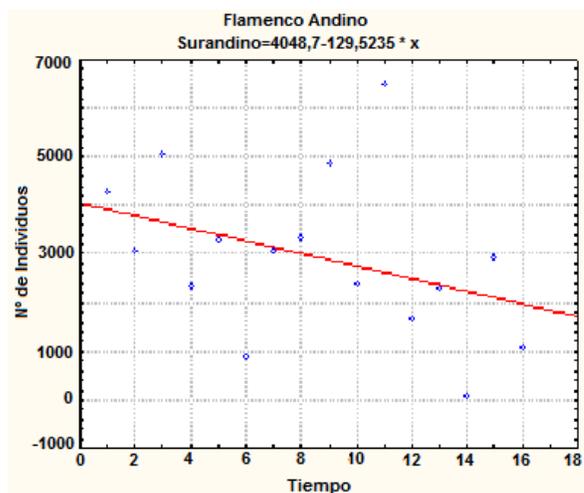


Figura n° 4: Gráfico de la población del flamenco Andino del Salar de Surire en el tiempo.

Flamenco Chileno

El análisis del estadígrafo a) de la tabla n° 3 muestra la representación estadística de un modelo autoregresivo de orden 2, el cual muestra un p significativo en $p(2)$, por lo que la variable queda explicada en 2 lags anteriores, lo que corresponde a un intervalo de 1 año.

En la tabla n° 3 b) se señala la predicción estadística determinada por el modelo ARIMA, cuya estimación muestra disminuciones en las estaciones de verano e invierno, presentando una disminución marcada en los meses de Enero, mientras que en los meses de Julio su disminución es más leve.

La tabla n° 3 c), representa el estadígrafo de regresión entre la población del flamenco Chileno en el Salar de Surire y el tiempo, la que señala un p significativo para el intercepto, mientras que para la variable de población el valor de p no es significativo.

El gráfico de la figura n° 5, corresponde a la representación de la regresión, la que muestra una marcada disminución de la población del flamenco Chileno en el tiempo, y cuya pendiente presenta un valor negativo, aunque no es significativa.

En el análisis de ambos modelos, se observa que el modelo de regresión no puede ratificar la disminución de la población estimada por el modelo ARIMA, por lo que no se puede confirmar la disminución de la población en el tiempo.

Tabla n° 3: Parámetros estimativos de la serie de tiempo: a) Estadígrafo ARIMA de orden 2. b) Estimación ARIMA de 6 lags. c) Estadígrafo de regresión de la población del flamenco Chileno del Salar de Surire en el tiempo.

a)

	Parámetro	Asintótica	Asintótica	p	Inferior	Superior
p(1)	0,242998	0,220217	1,103449	0,288438	-0,229320	0,715317
p(2)	0,632712	0,226995	2,787336	0,014538	0,145856	1,119568

b)

Lags	Meses	Pronóstico	Inferior	Superior	Error Estándar
17	Enero	3871,564	-2612,24	10355,36	3681,237
18	Julio	2163,183	-4509,30	8835,67	3788,363
19	Enero	2975,234	-5064,63	11015,09	4564,704
20	Julio	2091,648	-6214,61	10397,91	4715,956
21	Enero	2390,732	-6563,74	11345,21	5083,985
22	Julio	1904,354	-7300,69	11109,40	5226,250

c)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	117888576	117888576	12,14185	0,003646
Variable	1	4569706	4569706	0,47065	0,503890
Error	14	135929872	9709277		

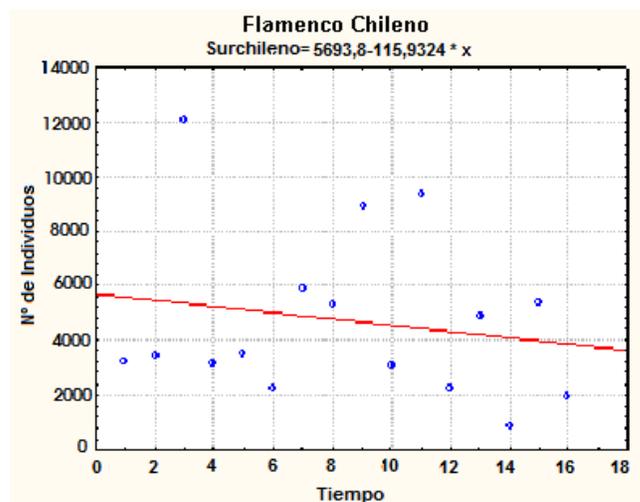


Figura n°5: Gráfico de la población del flamenco Chileno del Salar de Surire en el tiempo.

Al considerar las estimaciones realizadas por los modelos para las poblaciones de flamencos en el Salar de Surire, se observa que las tres especies de flamencos presentan una disminución en el tiempo, cuya estimación por los modelos utilizados predice una probable disminución en un periodo de 3 años, aunque no es tan claro en el caso del flamenco de James.

Al comparar el comportamiento de la población de las tres especies en el Salar, se observa que a pesar que el flamenco de James presenta la mayor disminución en su población según el modelo ARIMA, en el modelo regresivo se observa que la población presenta un comportamiento estable con una leve disminución en el tiempo, por lo que se estima que la disminución no es tan marcada como estipula el modelo ARIMA. Al analizar la población del flamenco Andino y Chileno se observa que ambas presentan una disminución en el tiempo, determinada tanto por el modelo ARIMA como por el comportamiento estimado en la regresión, por lo que se puede usar el modelo ARIMA como un estimador de una probable disminución de la población en el tiempo.

b) Salar de Huasco

El análisis de tres series de tiempo por medio de un modelo ARIMA, el cual representa un periodo 8 años entre 1997 y 2004, con dos mediciones anuales correspondientes a los meses de Enero y Julio, permitió establecer diferencias entre las tres especies.

Cada lag representa una medición, empezando en Enero de 1997 con el lag 1, siguiendo en Julio de 1997 con el lag 2, y así correlativamente hasta Julio del 2004 correspondiente al lag 16.

La figura 6 muestra las variaciones para las tres especies.

El flamenco de James mostró un patrón de distribución poco claro, el cual presentó un aumento progresivo de la población desde Enero de 1997 hasta Enero de 1999, donde alcanza un máximo de 1794 flamencos. Desde Enero de 1998 hasta Enero de 2001 la población presenta una abundancia poblacional en verano, para luego cambiar a una prevalencia invernal de flamencos hasta Enero del 2003. En Julio del 2003 la población del flamenco Andino alcanzó su valor más bajo con 0 flamencos, para luego presentar bajas abundancias (figura n°6a).

Por otro lado, el flamenco Andino en el Salar de Huasco presentó abundancias de flamencos en los meses de verano desde Enero de 1997 hasta Enero del 2001, llegando a un máximo de la población en Enero del 2000 con 2621 flamencos, para luego cambiar a una abundancia invernal de distribución hasta Enero del 2002, época en la cual vuelve a cambiar su distribución a una abundancia poblacional de verano, y disminuye su población (figura n°6b).

El análisis del modelo ARIMA del flamenco Chileno determinó un ruido blanco o distribución aleatoria de la población, en la que se observa un patrón de abundancia predominante en verano, el que presentó dos patrones de abundancia invernal, uno desde Julio de 1998 a Julio del 1999, y el otro entre Enero del 2001 y Enero del 2002, presentando el máximo de la población en Enero de 1997 con 2322 flamencos, mientras que en Julio del 2004 presentó 0 flamencos (figura n°6c).

Al evaluar la abundancia de las tres especies de flamencos en el Salar de Huasco, se logra apreciar que la especie que presenta una mayor abundancia es el flamenco Chileno con 802 flamencos en promedio, luego el flamenco Andino con 676 flamencos en promedio, y por último el flamenco de James con 517 flamencos en promedio.

Al comparar el comportamiento de la curva en las tres especies de flamencos, se observa que a pesar de presentar un patrón de abundancia mixto, las tres especies presentan un comportamiento similar en cuanto a su distribución, empezando con abundancias de verano, para luego cambiar en Enero del 2001 a abundancias poblacionales de invierno, y posteriormente volver a presentar un patrón de abundancia de verano.

Por lo descrito anteriormente, se puede asumir que las tres especies de flamencos presentarían similares necesidades ecológicas en el eje espacial y en el alimentario, ya que a pesar de algunas variaciones, presentan un comportamiento similar en cuanto a su distribución.

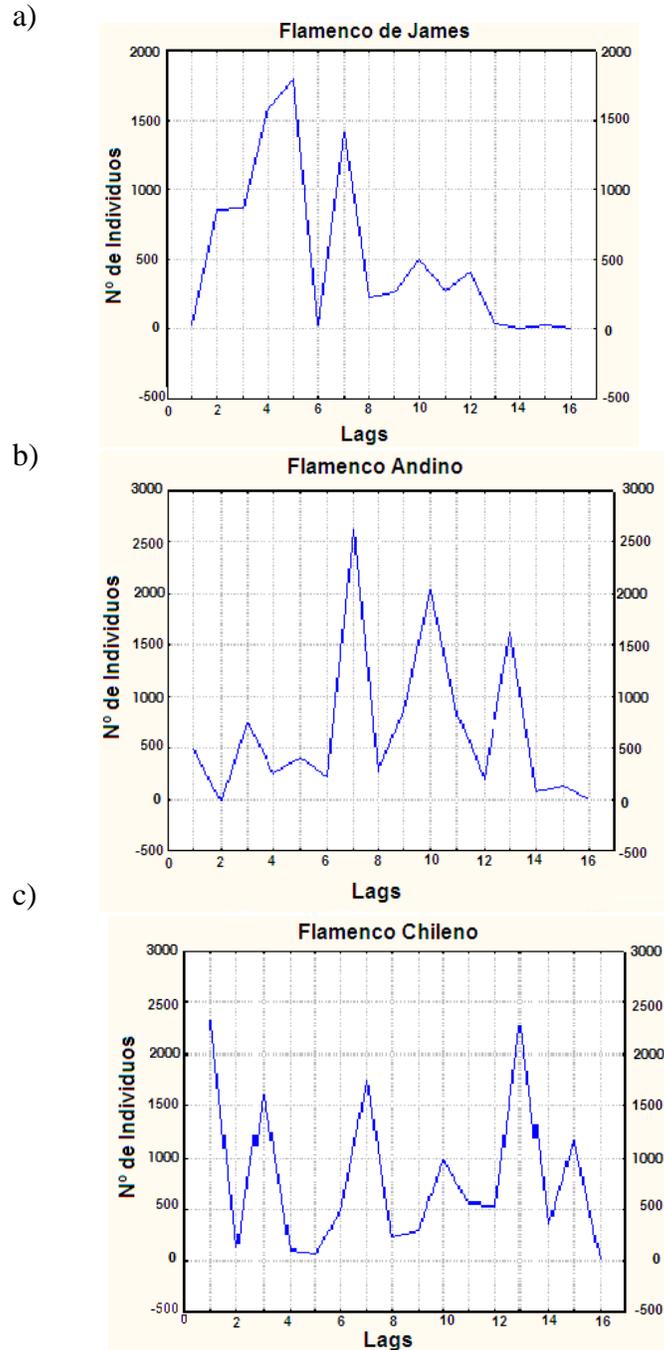


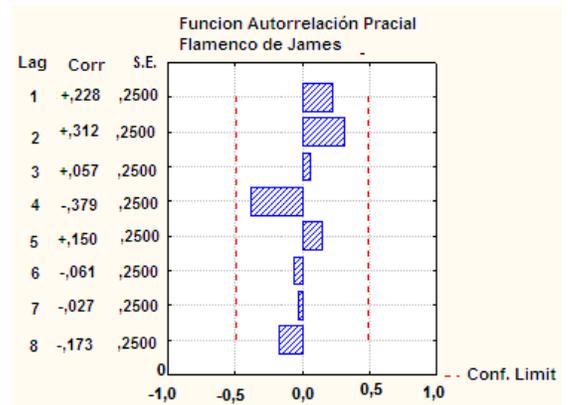
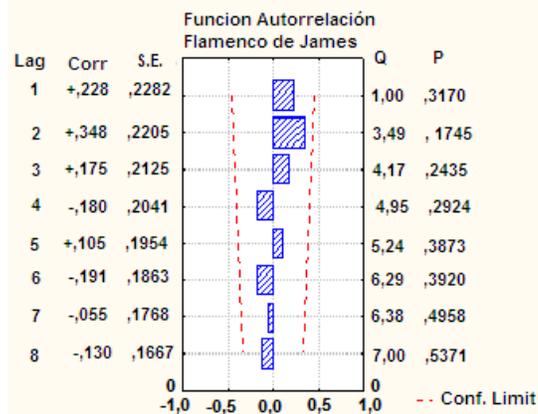
Figura n° 6: Modelos ARIMA para las tres especies de flamencos en el Salar de Huasco. a) Flamenco de James; b) Flamenco Andino; c) Flamenco Chileno.

En el gráfico a) de la figura nº 7, se aprecia que en el flamenco de James a pesar que ningún valor alcanza el límite de confianza, existe una mayor relación y positiva en el lag 2 según la función de autocorrelación, al igual que en la función de autocorrelación parcial, la cual determina que existe una alta correlación en el lag 2, aunque expresa una correlación aún mayor y negativa en el lag 4. Al observar los patrones de las funciones de autocorrelación, se observa que presentan correlaciones positivas los tres primeros lags, para luego presentar cierto patrón de estacionalidad.

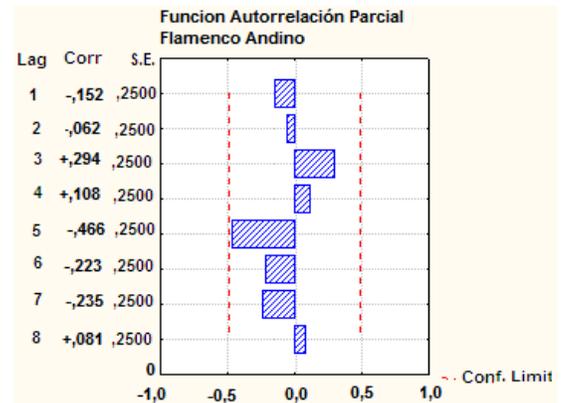
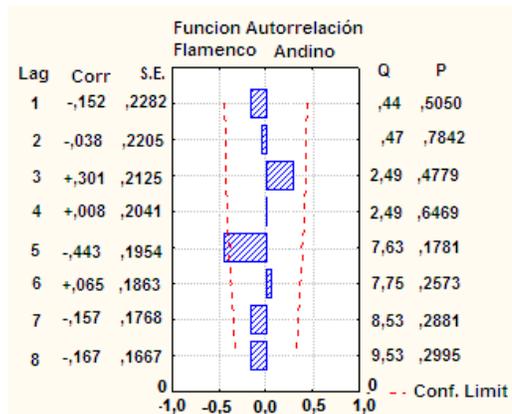
El gráfico b), muestra que en la función de autocorrelación para el flamenco Andino, el lag 5 supera el límite de confianza con una relación negativa, mientras que en la función de autocorrelación parcial el lag 5 no alcanza el límite de confianza, pero presenta un valor representativo. Al analizar los lags en conjunto, se logra apreciar que existe un patrón de distribución, el cual contempla autocorrelaciones negativas en los primeros lags, luego positivas, y posteriormente negativa nuevamente, tanto para la función de autocorrelación como la de autocorrelación parcial, lo que demuestra que no existe un claro patrón de estacionalidad.

En el gráfico c), se observa que para el flamenco Chileno ningún valor alcanza el límite de confianza, aunque en la función de autocorrelación se observa que tanto el lag 1 con un valor negativo, como el lag 6 con un valor positivo, presentan valores representativos; mientras que la función de autocorrelación parcial muestra que el lag 1, 5, y 8 presentan autocorrelaciones representativas con valores negativos. Al estudiar la función de autocorrelación, se aprecia que existe un patrón de estacionalidad, mientras que al observar la función de autocorrelación parcial, no se observa un patrón de estacionalidad, sino que una distribución negativa de las autocorrelaciones en los primeros 5 lags.

a)



b)



c)

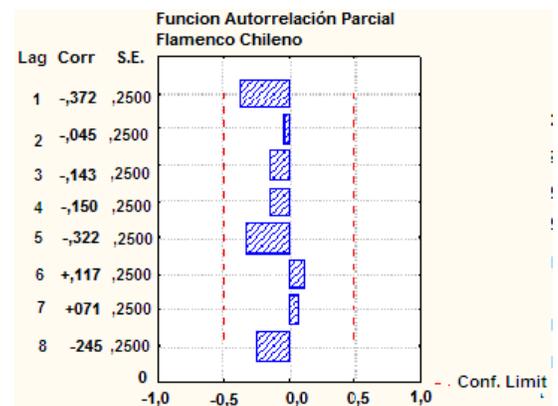
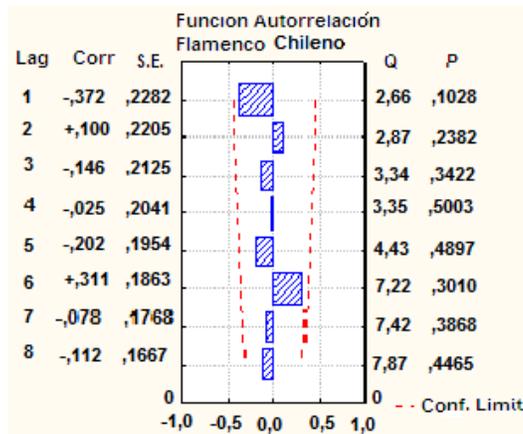


Figura n° 7: Autocorrelación y Autocorrelación parcial para las tres especies de flamencos en el Salar de Huasco. a) Flamenco de James; b) Flamenco Andino; c) Flamenco Chileno.

Flamenco de James

El estadígrafo a) de la tabla nº 4 muestra la representación estadística de un modelo de medias móviles de orden 2, el cual muestra un p significativo en $q(2)$, por lo que la variable queda explicada en 2 lags anteriores, lo que corresponde a un intervalo de 1 año.

El estudio de la tabla nº 4 b), muestra la predicción estadística del modelo ARIMA, la que estima una disminución marcada en la población a partir del lag 2. El modelo ARIMA, predice que la población del flamenco de James luego del año de estimación va a llegar a 0, pero hay que considerar que la estimación presenta un alto error estándar, por lo que es probable que ocurra una disminución en la población más que una extinción.

El análisis de la tabla nº 4 c), representa la regresión de la población del flamenco de James en el tiempo, la que presenta un valor significativo de p tanto para el intercepto como para la variable de población, por lo que la regresión es estadísticamente significativa como predictor.

El gráfico de la figura nº 8, corresponde a la regresión de la población del flamenco de James en el tiempo, en el cual se observa una disminución marcada de la población.

Al estudiar ambos modelos y sus estimaciones, se aprecia que el modelo de regresión muestra una marcada disminución en el tiempo, el cual comparado con la marcada disminución estimada por el modelo ARIMA, confirma una probable disminución de la población del flamenco de James en el tiempo.

Tabla n° 4: Parámetros estimativos de la serie de tiempo: a) Estadígrafo ARIMA de orden 2. b) Estimación ARIMA de 6 lags. c) Estadígrafo de regresión de la población del flamenco de James del Salar de Huasco en el tiempo.

a)

	Parámetro	Asintótica	Asintótica	p	Inferior	Superior
q(1)	-0,112937	0,258675	-0,43660	0,669062	-0,66774	0,441866
q(2)	-0,684969	0,215358	-3,18061	0,006673	-1,14687	-0,223072

b)

Lags	Meses	Pronóstico	Inferior	Superior	Error Estándar
17	Enero	189,9370	-913,71	1293,583	626,6053
18	Julio	59,3807	-1051,28	1170,043	630,5887
19	Enero	0,0000	-1343,52	1343,522	762,7970
20	Julio	0,0000	-1343,52	1343,522	762,7970
21	Enero	0,0000	-1343,52	1343,522	762,7970
22	Julio	0,0000	-1343,52	1343,522	762,7970

c)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	4305908	4305908	15,25413	0,001584
Variable	1	1530887	1530887	5,42333	0,035362
Error	14	3951894	282278		

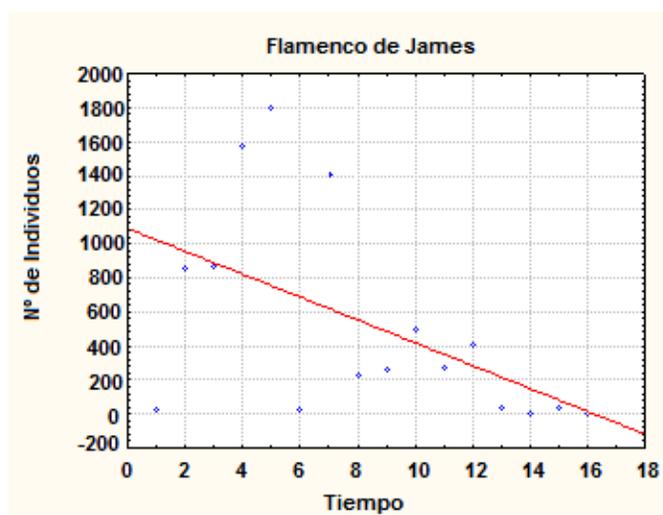


Figura n° 8: Gráfico de la población del flamenco de James del Salar de Huasco en el tiempo.

Flamenco de Andino

El estadígrafo a) de la tabla n° 5 muestra la representación estadística de un modelo de medias móviles de orden 2, el cual muestra un p significativo en $q(2)$, por lo que la variable queda explicada en 2 lags anteriores, lo que corresponde a un intervalo de 1 año.

La estimación de la tabla n° 5 b), representa las predicciones del modelo ARIMA para el flamenco Andino, la que estima una marcada disminución de la población en los dos primeros lags para luego desaparecer, el modelo también estima un alto error estándar en la predicción, por lo cual es mas probable una disminución en la población que una extinción.

El estadígrafo c) de la tabla n° 5, corresponde a la regresión del flamenco Andino en el tiempo, el que no presenta valores significativos de p para el intercepto, como tampoco para la variable de población, por lo tanto la regresión no es estadísticamente significativa como predictor.

El gráfico muestra una pequeña disminución de la población en el tiempo, con un valor negativo de la pendiente muy bajo, en el que se observa que la población tiende a mantenerse estable.

Al analizar las estimaciones de ambos modelos, se observa que tienen predicciones diferentes, pero al no ser el modelo regresivo significativo, no se puede descartar la estimación del modelo ARIMA, aunque el alto valor del error estándar del modelo ARIMA, permite suponer una probable disminución en la población del flamenco Andino más que una extinción.

Tabla n° 5: Parámetros estimativos de la serie de tiempo: a) Estadígrafo ARIMA de orden 2. b) Estimación ARIMA de 6 lags. c) Estadígrafo de regresión de la población del flamenco Andino del Salar de Huasco en el tiempo.

a)

	Parámetro	Asintótica	Asintótica	p	Inferior	Superior
q(1)	0,380121	0,208483	1,82328	0,089681	-0,06703	0,827272
q(2)	-0,748242	0,198223	-3,77474	0,002051	-1,17339	-0,323095

b)

Lags	Meses	Pronóstico	Inferior	Superior	Error Estándar
17	Enero	-43,211	-1703,56	1617,140	942,680
18	Julio	-126,490	-1902,75	1649,769	1008,488
19	Enero	0,000	-2167,61	2167,607	1230,679
20	Julio	0,000	-2167,61	2167,607	1230,679
21	Enero	0,000	-2167,61	2167,607	1230,679
22	Julio	0,000	-2167,61	2167,607	1230,679

c)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	1682196	1682196	2,618550	0,127922
Variable	1	52	52	0,000082	0,992920
Error	14	8993814	642415		

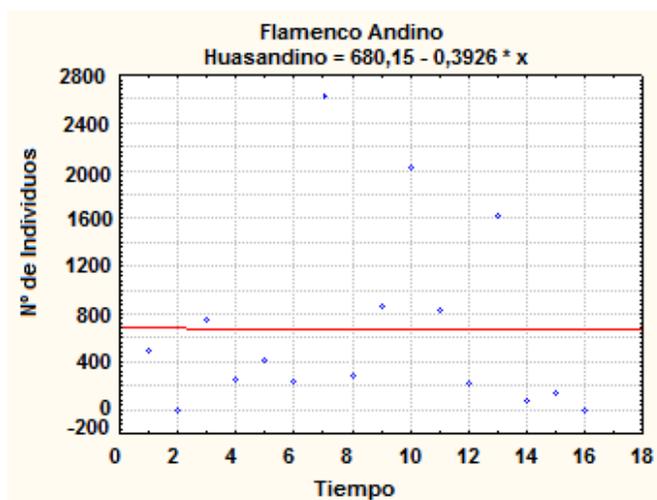


Figura n°9: Gráfico de la población del flamenco Andino del Salar de Huasco en el tiempo.

Flamenco Chileno

En la estimación de la regresión del flamenco Chileno en el tiempo, el intercepto presenta valores significativos de p, mientras que la variable de población no presenta valores significativos p, por lo que la regresión se puede usar como posible predictor.

El gráfico de la figura n° 10, muestra que existe una disminución de la población del flamenco Chileno en el tiempo, con una pendiente de regresión negativa.

La población del flamenco Chileno, al presentar una distribución aleatoria en el Salar de Huasco, no permite realizar un estudio predictivo del modelo ARIMA, y el modelo regresivo no es un adecuado estimador, ya que no cumple con el principio de independencia entre las variables, Aunque si se puede establecer que existe una disminución de la población del flamenco Chileno en el periodo de estudio.

Tabla n° 6: Parámetro estimativo de la serie de tiempo: Estadígrafo de regresión de la población del flamenco Chileno del Salar de Huasco en el tiempo.

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	3455046	3455046	5,281676	0,037479
Variable	1	140029	140029	0,214061	0,650712
Error	14	9158200	654157		

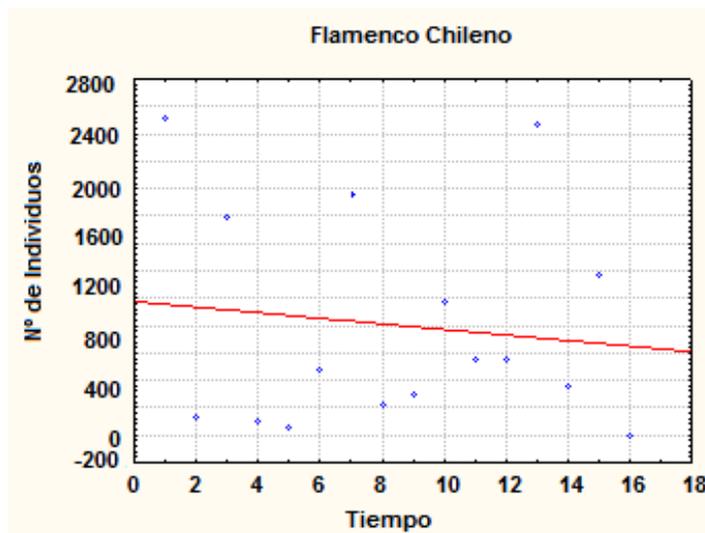


Figura n° 10: Gráfico de la población del flamenco Chileno del Salar de Huasco en el tiempo.

Al considerar las estimaciones realizadas por los modelos regresivos, se observa que las tres especies de flamencos del Salar de Huasco presentaron una disminución en el tiempo, y cuya estimación por los modelos ARIMA, predice una probable disminución en un periodo de 3 años para el flamenco de James y Andino, mientras que para el flamenco Chileno no se puede predecir.

Al comparar las predicciones realizadas por el modelo ARIMA para el flamenco de James y el flamenco Andino, se aprecia que ambas presentan disminuciones marcadas. En el caso del flamenco de James, la disminución en la población es ratificada por el modelo de regresión, por consiguiente se puede utilizar el modelo ARIMA como estimador de una probable disminución de la población en el caso del flamenco de James, sin embargo en el caso del flamenco Andino, el modelo ARIMA no está respaldado por el modelo regresivo, por lo cual la estimación de una disminución en la población no es probable estadísticamente.

c) Salar de Pujsa

El análisis de tres series de tiempo por medio de un modelo ARIMA, el cual representa un periodo 8 años entre 1997 y 2004, con dos mediciones anuales correspondientes a los meses de Enero y Julio, permitió establecer diferencias entre las tres especies.

Cada lag representa una medición, empezando en Enero de 1997 con el lag 1, siguiendo en Julio de 1997 con el lag 2, y así correlativamente hasta Julio del 2004 correspondiente al lag 16.

La figura 11 muestra las variaciones para las tres especies.

En el modelo ARIMA del flamenco de James, se observó una predominancia poblacional en los meses de verano, alcanzando su mayor abundancia en Enero del 2001 con 4590 flamencos, mientras que en los meses de Julio presentó abundancias bajo los 100 flamencos, con excepción de Julio del 2002, en que su población no fue censada, por lo que su valor esta sobrestimado por el modelo ARIMA (figura nº11a).

El modelo ARIMA del flamenco Andino, presentó una mayor abundancia de flamencos en los meses de verano, presentando su mayor abundancia en Enero de 1998 con 1897 flamencos, mientras que en los meses invernales de Julio, sus abundancias no superaron los 27 flamencos, y al igual que en la población del flamenco de James, la población no fue censada en Julio del 2002 (figura nº11b).

Por su parte, el flamenco Chileno, exhibió una abundancia en los meses de verano, presentando dos disminuciones marcadas, una en Enero del 2000, y otra en Enero del 2003. Su mayor abundancia la presentó en Enero de 1998 con 1968 flamencos, mientras que en los meses de Julio la abundancia de la población no superó los 24 flamencos, y al igual que en las dos especies anteriores, en Julio del 2002 la población no fue censada (figura nº11c).

Al analizar la abundancia de las tres especies de flamencos, se observa que el flamenco de James presentó una mayor abundancia con 1800 flamencos en promedio, luego el flamenco Chileno con 341 flamencos en promedio, y por último el flamenco Andino con 341 flamencos en promedio.

Al evaluar el comportamiento de la curva de distribución de las tres especies de flamencos, se observa que todas presentan una mayor abundancia poblacional en los meses

de verano a lo largo del periodo de estudio, presentando el flamenco de James abundancias constantes, mientras que tanto el flamenco Andino como el flamenco Chileno, presentan disminuciones marcadas de su abundancia en ciertas épocas del estudio.

Por consiguiente, se puede establecer que por su curva de distribución, las tres especies de flamencos presentan similares necesidades ecológicas en el eje espacial y en el alimentario, sin embargo, el flamenco de James presenta un comportamiento de distribución diferente al flamenco Andino y Chileno, con lo que se puede inferir que tanto el flamenco Andino como el flamenco Chileno, se ven afectados de la misma manera por los cambios ocurridos en Salar de Pujsa, mientras que el flamenco de James tiene un comportamiento diferente a dichos cambios.

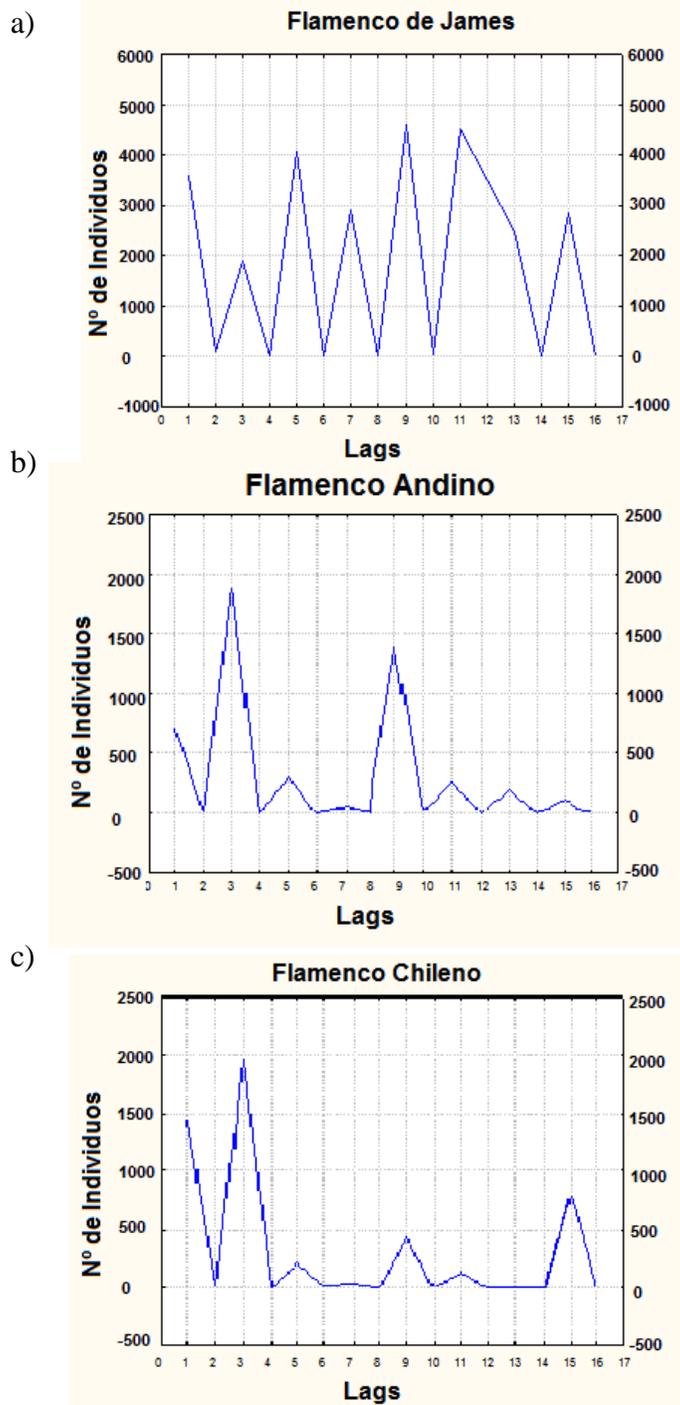


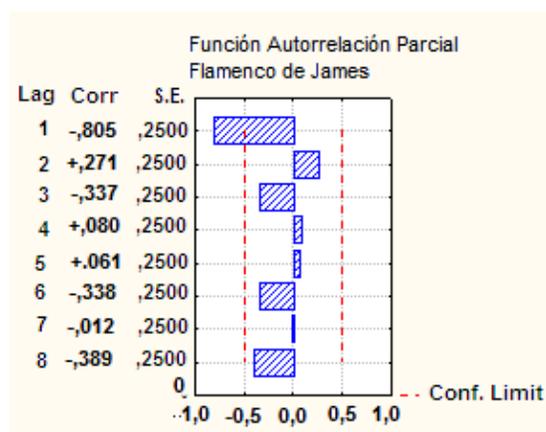
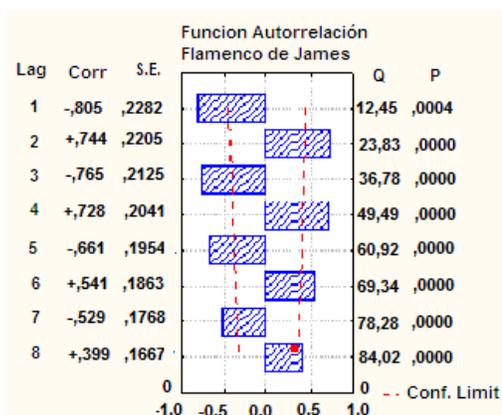
Figura n° 11: Modelos ARIMA para las tres especies de flamencos en el Salar de Pujsa. a) Flamenco de James; b) Flamenco Andino; c) Flamenco Chileno.

En el gráfico a), correspondiente al flamenco de James, se observan valores significativos en todos los lags de la función de autocorrelación, ya que todas las autocorrelaciones superan el límite de confianza, mientras que en la función de autocorrelación parcial se aprecia un valor significativo en el lag 1, presentando valores representativos en los lags 2, 3, 6, y 8. Al evaluar el patrón de distribución en el modelo de autocorrelación, se observa un claro patrón de estacionalidad, mientras que en la función de autocorrelación parcial el patrón estacional no es tan claro.

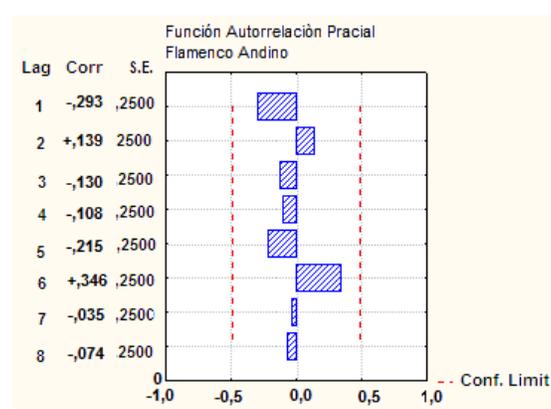
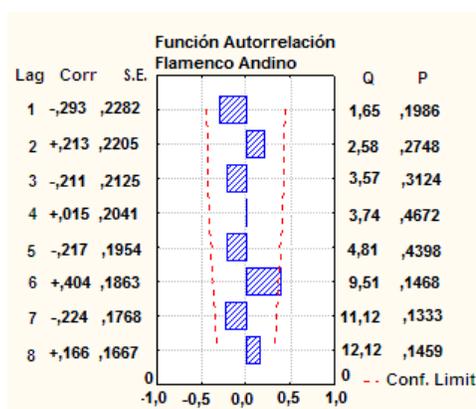
El gráfico b), correspondiente al flamenco Andino en el Salar de Pujsa, muestra que en la función de autocorrelación el lag 6 supera el límite de confianza con un valor positivo, mientras que la función de autocorrelación parcial, a pesar que no muestra valores significativos, se observan valores representativos en los lags 1 y 6. Al analizar la distribución de la función de autocorrelación, se observa un claro patrón de estacionalidad, con valores representativos en varios de los lags, mientras que en la función de autocorrelación parcial no se observa un claro patrón de estacionalidad, pero si un patrón de distribución.

El gráfico c), correspondiente al flamenco Chileno, muestra un valor significativo en el lag 2 de la función de autocorrelación con un valor positivo, y valores que alternan entre positivos y negativos. Al evaluar la función de autocorrelación parcial, no se observan valores significativos, pero si valores representativos, principalmente en el lag 2 con un valor positivo. Al analizar la distribución de la función de autocorrelación, se observa un patrón de estacionalidad, y al evaluar la función de autocorrelación parcial, se aprecia una distribución estacional menos evidente.

a)



b)



c)

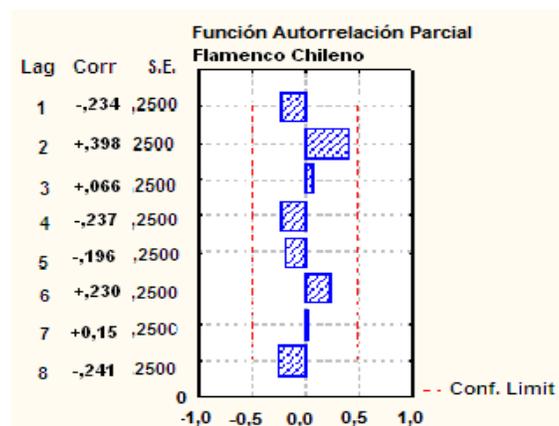
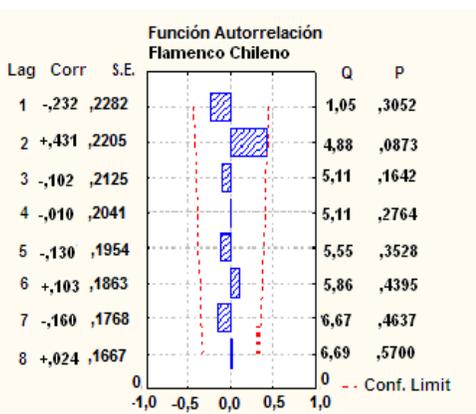


Figura n° 12: Autocorrelación y Autocorrelación parcial para las tres especies de flamencos en el Salar de Pujsa. a) Flamenco de James; b) Flamenco Andino; c) Flamenco Chileno.

Flamenco de James

El estadígrafo a) de la tabla n° 7 muestra la representación estadística de un modelo autoregresivo de orden 2, el cual muestra un p significativo en $p(2)$, por lo que la variable queda explicada en 2 lags anteriores, lo que corresponde a un intervalo de 1 año.

La estimación de la tabla n° 7 b), muestra la predicción del modelo ARIMA, la que debe estimarse en dos épocas (verano e invierno) para una mejor estimación. Al analizar la estimación para los meses de Enero, se observa una disminución en un periodo de tres años, mientras que en los meses de Julio el modelo predice un leve aumento en un periodo de tres años.

El estadígrafo c), correspondiente a la regresión de la población del flamenco de James en el tiempo, estima valores de p significativos para el intercepto, mientras que la variable de población no presenta valores significativos de p, por lo cual no se podría usar como predictor.

El gráfico muestra una disminución marcada de la población del flamenco de James en el tiempo, con una pendiente de regresión negativa.

Al analizar las estimaciones del modelo ARIMA y el modelo de regresión, se aprecia que ambos modelos predicen una disminución de la población del flamenco de James en el Salar de Pujsa, pero al no ser significativo el modelo regresivo, este no puede ratificar la probable disminución en la población del flamenco de James pronosticada por el modelo ARIMA.

Tabla nº 7: Parámetros estimativos de la serie de tiempo: a) Estadígrafo ARIMA de orden 2. b) Estimación ARIMA de 6 lags. c) Estadígrafo de regresión de la población del flamenco de James del Salar de Pujsa en el tiempo.

a)

	Parámetro	Asintótica	Asintótica	p	Inferior	Superior
p(1)	0,055098	0,188926	0,291640	0,774838	-0,350108	0,460304
p(2)	0,764018	0,196315	3,891798	0,001628	0,342965	1,185072

b)

Lags	Meses	Pronóstico	Inferior	Superior	Error Estándar
17	Enero	2169,812	-1080,87	5420,498	1845,607
18	Julio	119,553	-3136,06	3375,169	1848,406
19	Enero	1664,363	-2436,41	5765,136	2328,252
20	Julio	183,045	-3926,89	4292,976	2333,452
21	Enero	1281,690	-3254,67	5818,045	2575,558
22	Julio	210,469	-4336,83	4757,770	2581,772

c)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	14789744	14789744	4,071538	0,063200
Variable	1	507552	507552	0,139726	0,714153
Error	14	50854594	3632471		

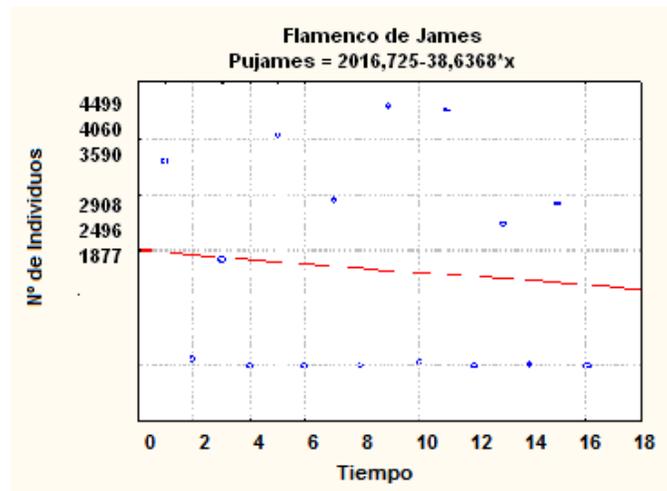


Figura nº 13: Gráfico de la población del flamenco de James del Salar de Pujsa en el tiempo.

Flamenco Andino

El estadígrafo a) de la tabla n° 8 muestra la representación estadística de un modelo de medias móviles de orden 2, el cual muestra un p significativo en $q(2)$, por lo que la variable queda explicada en 2 lags anteriores, lo que corresponde a un intervalo de 1 año.

La tabla n° 8 b), representa la predicción del modelo ARIMA para el flamenco Andino en el Salar de Pujsa, la cual estima una marcada disminución de la población a partir de dos lags, en los que el modelo ARIMA predice una extinción de la población, pero a causa del alto error estándar, se considera como probable una disminución marcada en la población más que una extinción.

El estadígrafo c), corresponde a la regresión de la población del flamenco Andino en el tiempo, en el que se observan valores significativos de p para el intercepto, mientras que la variable de población no presenta valores significativos de p , por lo cual no se podría utilizar el modelo de regresión como predictor.

El gráfico n° 14 representa la estimación del modelo de regresión, la cual presenta una marcada disminución de la población en el tiempo, con una pendiente negativa en la función de regresión.

Al comparar los análisis de ambos modelos, se aprecia que ambos predicen una marcada disminución de la población en el tiempo, pero al no ser el modelo de regresión significativo, este no puede respaldar la estimación del modelo ARIMA.

Tabla n° 8: Parámetros estimativos de la serie de tiempo: a) Estadígrafo ARIMA de orden 2. b) Estimación ARIMA de 6 lags. c) Estadígrafo de regresión de la población del flamenco Andino del Salar de Pujsa en el tiempo.

a)

	Parámetro	Asintótica	Asintótica	p	Inferior	Superior
q(1)	-0,017686	0,102945	-0,17181	0,866049	-0,23848	0,203108
q(2)	-0,999653	0,229552	-4,35480	0,000660	-1,49199	-0,507313

b)

Lags	Meses	Pronóstico	Inferior	Superior	Error Estándar
17	Enero	-237,206	-1181,86	707,450	536,3371
18	Julio	-53,462	-998,27	891,341	536,4210
19	Enero	0,000	-1335,82	1335,818	758,4230
20	Julio	0,000	-1335,82	1335,818	758,4230
21	Enero	0,000	-1335,82	1335,818	758,4230
22	Julio	0,000	-1335,82	1335,818	758,4230

c)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	1562831	1562831	5,328134	0,036769
Variable	1	557928	557928	1,902135	0,189475
Error	14	4106435	293317		

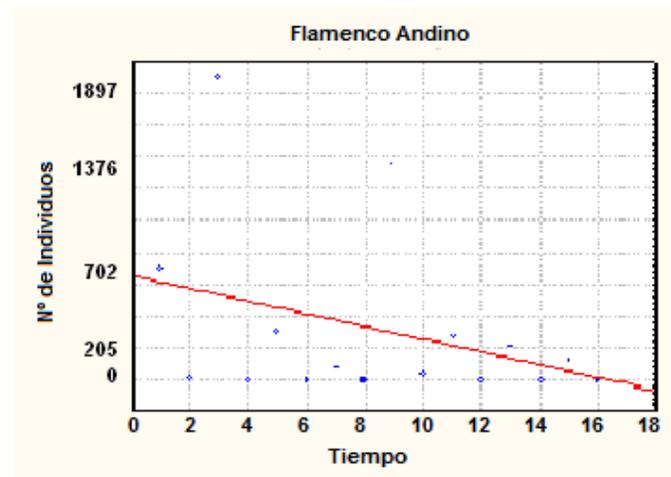


Figura n° 14: Gráfico de la población del flamenco Andino del Salar de Pujsa en el tiempo.

Flamenco Chileno

El estadígrafo a) de la tabla n° 9 muestra la representación estadística de un modelo autoregresivo de orden 2, el cual muestra un p significativo en $p(2)$, por lo que la variable queda explicada en 2 lags anteriores, lo que corresponde a un intervalo de 1 año.

La predicción del modelo ARIMA para el flamenco Chileno, se realizará en dos periodos, uno en los meses de Enero, y otro en los meses de Julio para una mejor comprensión. En los meses de Enero se estima una marcada disminución de la población en un periodo de tres años, mientras que en los meses de Julio la población tiende a mantenerse constante en los tres años de estimación.

El estadígrafo c), representa la regresión del flamenco Chileno en el tiempo, en el que se aprecia que el intercepto presenta valores significativos de p , mientras que la variable de población no presenta valores significativos de p . Por lo tanto, el modelo de regresión no se puede usar como predictor para compararlo con el modelo ARIMA.

El gráfico corresponde a la estimación del modelo de regresión para el flamenco Chileno, en el que se observa una marcada disminución de la población en el tiempo, con una pendiente negativa de la función de regresión.

Al analizar la estimación del modelo ARIMA y el modelo de regresión, se aprecia que ambos modelos presentan una disminución de la población en el tiempo, pero al no ser el modelo de regresión significativo, este no puede respaldar la estimación del modelo ARIMA.

Tabla n° 9: Parámetros estimativos de la serie de tiempo: a) Estadígrafo ARIMA de orden 2. b) Estimación ARIMA de 6 lags. c) Estadígrafo de regresión de la población del flamenco Chileno del Salar de Pujsa en el tiempo.

a)

	Parámetro	Asintótica	Asintótica	p	Inferior	Superior
p(1)	0,003907	0,237464	0,016452	0,987106	-0,505403	0,513217
p(2)	0,543068	0,249705	2,174836	0,047275	0,007503	1,078632

b)

Lags	Meses	Pronóstico	Inferior	Superior	Error Estándar
17	Enero	439,8850	-616,96	1496,732	600,0347
18	Julio	1,7186	-1055,14	1058,574	600,0393
19	Enero	238,8941	-963,76	1441,545	682,8160
20	Julio	1,8666	-1200,79	1204,526	682,8207
21	Enero	129,7430	-1112,66	1372,142	705,3833
22	Julio	1,5206	-1240,88	1243,925	705,3864

c)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	1983208	1983208	6,296902	0,025010
Variable	1	822231	822231	2,610672	0,128451
Error	14	4409297	314950		

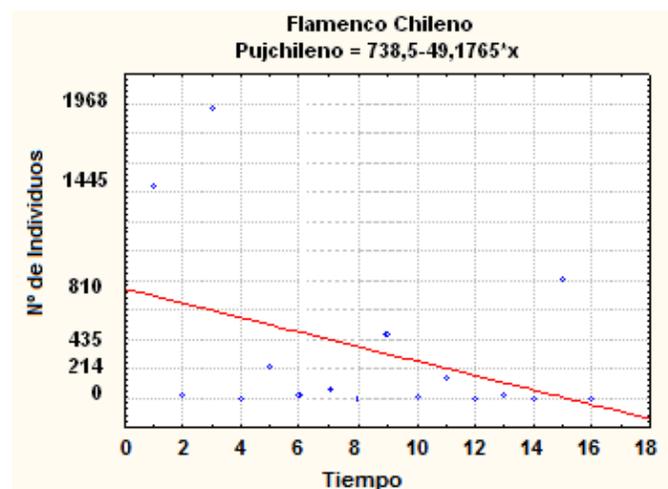


Figura n° 15: Gráfico de la población del flamenco Chileno del Salar de Pujsa en el tiempo.

Al considerar las estimaciones realizadas por los modelos, se observa que las tres especies de flamencos del Salar de Pujsa presentan una disminución en el tiempo, y cuya estimación por los modelos utilizados, predice una probable disminución en un periodo de 3 años.

En el estudio de las estimaciones del modelo ARIMA para las tres especies de flamencos, se aprecia que para las tres especies los modelos expresan disminuciones que no son respaldadas por el modelo de regresión, la disminución estimada por el modelo ARIMA para el flamenco de James no es tan marcada como la determinada para el flamenco Andino y Chileno. En el caso del flamenco andino, se espera que la disminución sea marcada, pero que no llegue a la extinción como expresa el modelo ARIMA.

d) Salar de Atacama

El análisis de tres series de tiempo por medio de un modelo ARIMA, el cual representa un periodo 8 años entre 1997 y 2004, con dos mediciones anuales correspondientes a los meses de Enero y Julio, permitió establecer diferencias entre las tres especies.

Cada lag representa una medición, empezando en Enero de 1997 con el lag 1, siguiendo en Julio de 1997 con el lag 2, y así correlativamente hasta Julio del 2004 correspondiente al lag 16.

La figura 16 muestra las variaciones para las tres especies.

En el flamenco de James, se estimó una mayor abundancia poblacional en los meses de invierno, con un máximo de la población en Julio del 2001 con 1705 flamencos, mientras que en Enero de 1997 presentó su abundancia más baja con 7 flamencos (figura n°16a).

Por otro lado, el flamenco Andino mostró un mayor número de flamencos en verano, con un máximo en Enero del 2004 con 7045 flamencos, y en Julio del 2003 tuvo su menor abundancia con 372 flamencos (figura n°16b).

El modelo ARIMA del flamenco Chileno, presentó una distribución poblacional mixta con una mayor abundancia poblacional en los meses de invierno, también se puede observar una disminución marcada de la población en los últimos tres años de estudio. El máximo de la población se encuentra en Julio de 1997 con 1060 flamencos, mientras que en Julio del 2004 presentó su menor abundancia con 122 flamencos (figura n°16c).

Al estudiar la abundancia de las tres especies de flamencos, se observó que la especie que tenía una mayor abundancia era el flamenco Andino con 1597 flamencos en promedio, la segunda especie en abundancia es el flamenco de James con 495 flamencos en promedio, y por último el flamenco Chileno con 445 flamencos en promedio.

Al analizar el comportamiento de la curva en las tres especies de flamencos, se aprecia que el flamenco Andino tiene una distribución poblacional de verano, mientras que tanto el flamenco de James como el Chileno presentan una distribución de abundancia invernal con pequeñas variaciones en sus curvas.

Por lo descrito anteriormente, se puede interpretar que tanto el flamenco de James como el flamenco Chileno, presentan similares necesidades ecológicas en el eje espacial y en el alimentario con una mayor abundancia poblacional en los meses de invierno, mientras que el flamenco Andino probablemente presenta necesidades diferentes con una mayor abundancia en verano.

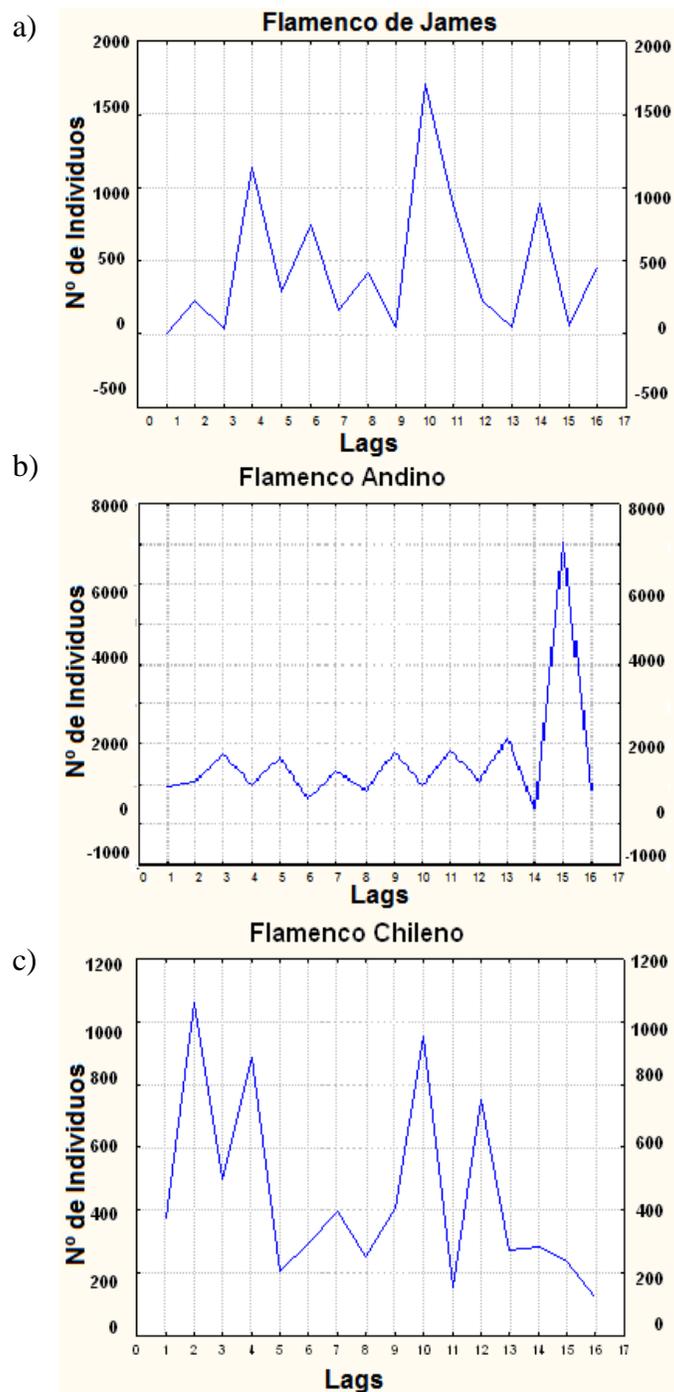


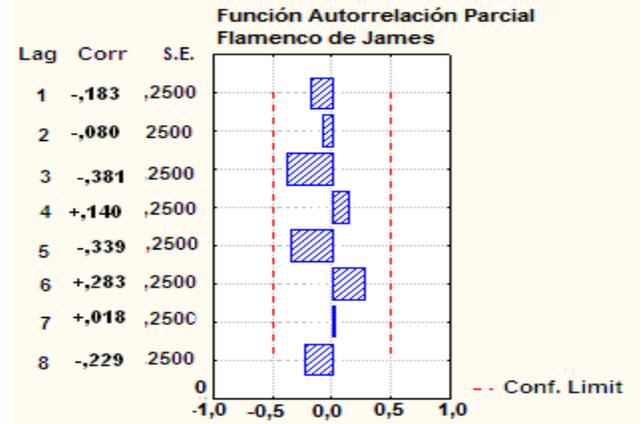
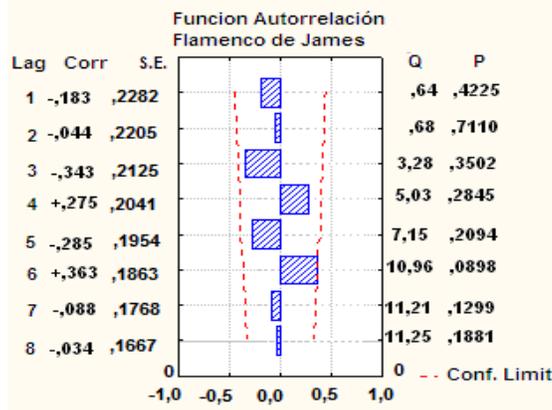
Figura n° 16: Modelos ARIMA para las tres especies de flamencos en el Salar de Atacama. a) Flamingo de James; b) Flamingo Andino; c) Flamingo Chileno.

El gráfico a) correspondiente a la figura nº 17, muestra en el flamenco de James la función de autocorrelación un valor significativo y positivo en el lag 6, mientras que en los lags 3, 4, y 5, presenta valores representativos de una autocorrelación. Al estudiar la función de autocorrelación parcial no se observan valores significativos, pero si valores representativos en los lags 3, 5, y 6. Al evaluar la distribución de la autocorrelación no se observa un patrón de estacionalidad, pero si un patrón de distribución, en que los tres primeros lags presentan valores negativos, para luego alternar entre valores positivos y negativos de distribución.

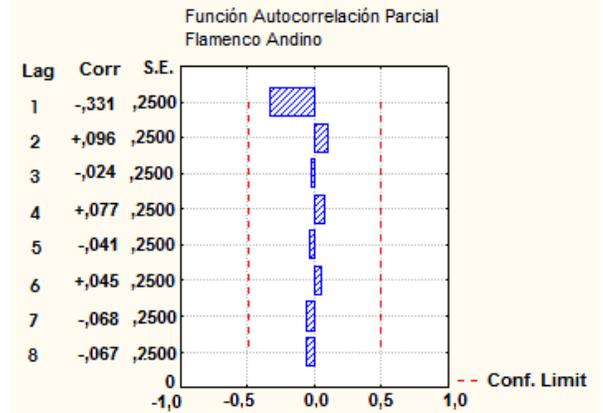
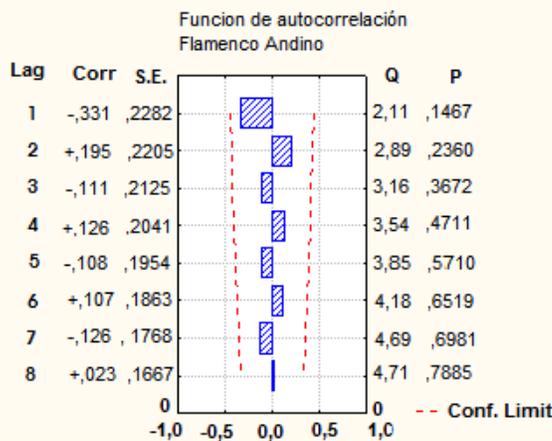
En el gráfico b), no se aprecian en el flamenco Andino valores significativos para la función de autocorrelación, pero si un valor representativo en el lag 1 con un valor negativo, al analizar la función de autocorrelación parcial, no se observan valores significativos, pero se observa un valor representativo en lag 1 con un valor negativo. Al estudiar la distribución de la función de autocorrelación, se observa un patrón estacional de distribución, al igual que en la función de autocorrelación parcial, en la cual se aprecia un patrón de distribución estacional.

El gráfico c), estima para el flamenco Chileno un valor significativo en el lag 8 de la función de autocorrelación con un valor positivo, la cual no presenta un claro patrón de estacionalidad, pero si un patrón de distribución con valores positivos en los lags 2 y 8, mientras que en los otros lags presentan valores negativos. Al estudiar la función de autocorrelación parcial, se observan valores representativos en los lags 2, 4, 6 y 8, sin un claro patrón estacional, pero presenta un patrón de distribución con valores positivos en los lags 2, 6 y 8.

a)



b)



c)

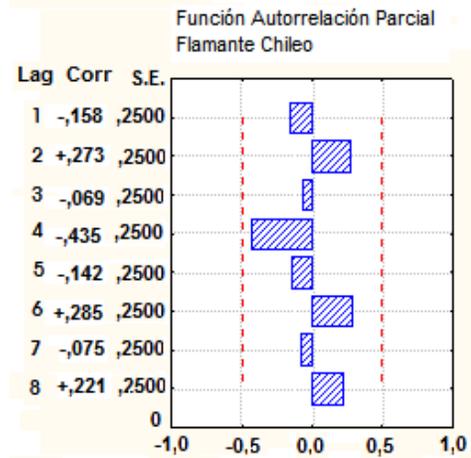
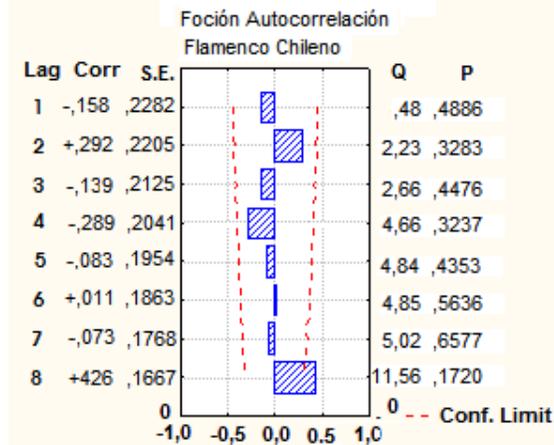


Figura n° 12: Autocorrelación y Autocorrelación parcial para las tres especies de flamencos en el Salar de Atacama. a) Flamenco de James; b) Flamenco Andino; c) Flamenco Chileno.

Flamenco de James

La tabla n° 10, corresponde a la estimación de la regresión del flamenco de James en el tiempo, la cual muestra que el intercepto no presenta un valor significativos de p, como tampoco para la variable de población, por lo que no se puede usar como posible predictor.

El gráfico de la figura n° 18, muestra que existe un aumento de la población del flamenco Chileno en el tiempo, con una pendiente de regresión positiva.

La población del flamenco de James, al presentar una distribución aleatoria en el Salar de Atacama, no permite realizar una estimación del modelo ARIMA, y el modelo regresivo no es un adecuado estimador, ya que no cumple con el principio de independencia entre las variables.

Tabla n° 10: Parámetro estimativo de la serie de tiempo: Estadígrafo de regresión de la población del flamenco de James del Salar de Atacama en el tiempo.

a)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	447047	447046,9	1,785417	0,202799
Variable	1	56103	56103,1	0,224065	0,643256
Error	14	3505431	250388,0		

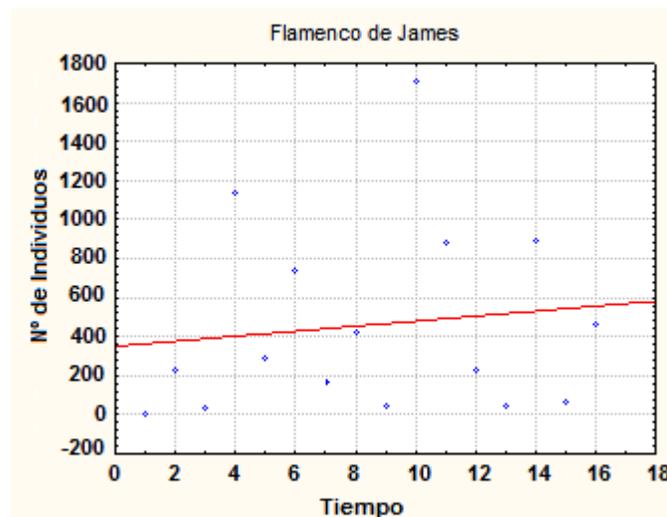


Figura n° 18: Gráfico de la población del flamenco de James del Salar de Atacama en el tiempo.

Flamenco Andino

El estadígrafo a) de la tabla n° 11, corresponde a la representación estadística de un modelo autoregresivo de orden 2, el cual muestra un p significativo en $p(2)$, por lo que la variable queda explicada en 2 lags anteriores, lo que corresponde a un intervalo de 1 año.

La tabla n° 19 b), estima la predicción del modelo ARIMA, la que debe estimarse en dos épocas (verano e invierno) para una mejor evaluación. Al analizar la estimación para los meses de Enero, se observa una leve disminución de la población en un periodo de tres años, mientras que en los meses de Julio el modelo predice un leve aumento en un periodo de tres años.

El estadígrafo c), corresponde a la regresión de la población del flamenco de Andino en el tiempo, estima que el intercepto no presenta valores significativos de p , como tampoco la variable de población, por lo tanto la función de regresión no se podría usar como predictor.

El gráfico muestra un aumento en la población del flamenco Andino en el tiempo, con una pendiente de regresión positiva.

Al evaluar las estimaciones del modelo ARIMA y el modelo de regresión, se observa que el modelo regresivo estima un continuo aumento de la población en el tiempo, mientras que el modelo ARIMA estima una leve disminución, con una población que tiende a mantenerse constante. Por lo tanto, el modelo regresivo no respalda la estimación del modelo ARIMA, pero al no ser el modelo regresivo significativo, no se puede descartar una probable disminución en la población del flamenco Andino.

Tabla n° 11: Parámetros estimativos de la serie de tiempo: a) Estadígrafo ARIMA de orden 2. b) Estimación ARIMA de 6 lags. c) Estadígrafo de regresión de la población del flamenco Andino del Salar de Atacama en el tiempo.

a)

	Parámetro	Asintótica	Asintótica	p	Inferior	Superior
p(1)	0,008811	0,197930	0,044516	0,965122	-0,415707	0,433329
p(2)	0,990956	0,341266	2,903766	0,011556	0,259014	1,722898

b)

Lags	Meses	Pronóstico	Inferior	Superior	Error Estándar
17	Enero	6988,632	4484,45	9492,82	1421,775
18	Julio	888,034	-1616,25	3392,32	1421,830
19	Enero	6933,250	3407,57	10458,93	2001,739
20	Julio	941,091	-2584,86	4467,04	2001,892
21	Enero	6878,837	2579,73	11177,95	2440,859
22	Julio	993,189	-3306,41	5292,79	2441,138

c)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	1617293	1617293	0,716006	0,411687
Variable	1	3921389	3921389	1,736072	0,208793
Error	14	31622790	2258771		

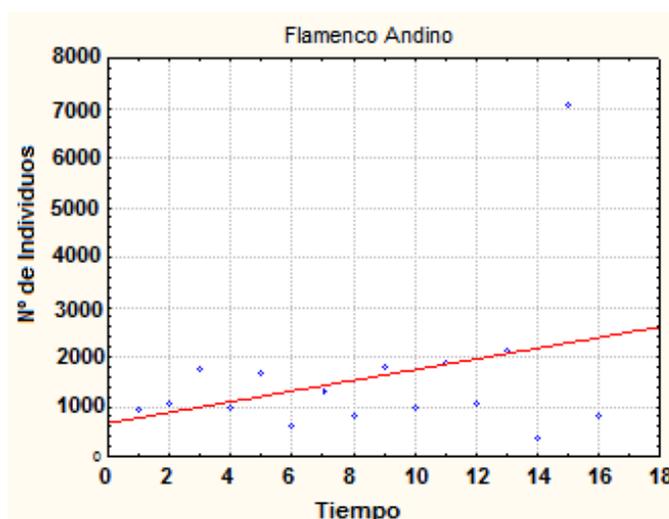


Figura n° 19: Gráfico de la población del flamenco Andino del Salar de Atacama en el tiempo.

Flamenco Chileno

El estadígrafo a) de la tabla n° 12 muestra la representación estadística de un modelo de medias móviles de orden 2, el cual muestra un p significativo en $q(2)$, por lo que la variable queda explicada en 2 lags anteriores, lo que corresponde a un intervalo de 1 año.

La predicción del modelo ARIMA del flamenco Chileno en el Salar de Atacama, predice una marcada disminución de la población a partir de dos lags, lo que corresponde a un periodo de 1 año, en los que el modelo ARIMA estima una extinción de la población, pero a causa del alto error estándar, se considera como probable una disminución marcada en la población más que una extinción.

El estadígrafo c), corresponde a la regresión de la población del flamenco Chileno en el tiempo, estima un valor de p significativo para el intercepto, mientras que la variable de población no presenta valores significativos de p , por lo tanto no se podría usar como predictor.

El gráfico muestra una marcada disminución de la población del flamenco Chileno en el tiempo, con una pendiente de regresión negativa.

Al analizar las estimaciones del modelo ARIMA y el modelo de regresión, se observa que el modelo ARIMA muestra una marcada disminución en el tiempo, el cual no se puede ratificar con el modelo de regresión por no ser significativo, por lo que no se puede confirmar una posible disminución de la población del flamenco Chileno en el tiempo.

Tabla n° 12: Parámetros estimativos de la serie de tiempo: a) Estadígrafo ARIMA de orden 2. b) Estimación ARIMA de 6 lags. c) Estadígrafo de regresión de la población del flamenco Chileno del Salar de Atacama en el tiempo.

a)

	Parámetro	Asintótica	Asintótica	p	Inferior	Superior
q(1)	-0,376415	0,333029	-1,13028	0,277352	-1,09069	0,337860
q(2)	-0,767034	0,249691	-3,07193	0,008281	-1,30257	-0,231500

b)

Lags	Meses	Pronóstico	Inferior	Superior	Error Estándar
17	Enero	44,8199	-643,556	733,1958	390,8318
18	Julio	145,1747	-590,354	880,7032	417,6031
19	Enero	0,0000	-905,425	905,4250	514,0633
20	Julio	0,0000	-905,425	905,4250	514,0633
21	Enero	0,0000	-905,425	905,4250	514,0633
22	Julio	0,0000	-905,425	905,4250	514,0633

c)

	Grados	SS	MS	F	p
Intercepto	1	1608454	1608454	20,10139	0,000515
Variable	1	225982	225982	2,82418	0,115020
Error	14	1120239	80017		

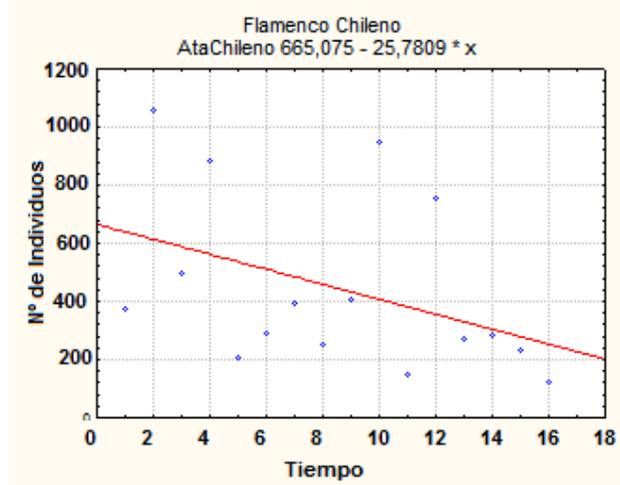


Figura n° 20: Gráfico de la población del flamenco Chileno del Salar de Atacama en el tiempo.

El estudio de las estimaciones realizadas por los modelos, exhibe que tanto el flamenco de James como el Andino presentan un leve aumento de la población según el modelo regresivo, mientras que el flamenco Chileno muestra una disminución de la población, pero al no ser significativo en ninguno de los casos no se puede usar como predictor.

Al evaluar las estimaciones del modelo ARIMA, se observa que el flamenco Chileno presenta una marcada disminución en el tiempo, mientras que el flamenco Andino tiende a mantenerse estable con una leve disminución en su población. En el flamenco de James no se puede estimar la predicción del modelo ARIMA, ya que presenta una distribución aleatoria de su población.

El estudio realizado por el modelo ARIMA muestra en la tabla n° 13 el análisis de las estimaciones en los cuatros salares, la cual estima que manteniéndose las mismas tendencias, las tres especies de flamencos presentarán disminuciones en el tiempo, con una disminución más leve en el caso del flamenco de James en algunos salares.

Tabla n° 13: Tabla resumen de la estimación ARIMA para los flamencos de James, Andino y Chileno en los cuatros salares analizados.

Estimación	F. de James	F. Andino	F. Chileno
Salar de Surire	Disminución leve	Disminución	Disminución
Salar de Huasco	Disminución	Disminución	Aleatoria
Salar de Pujsa	Disminución leve	Disminución	Disminución
Salar de Atacama	Aleatoria	Mantención	Disminución

ii) EFECTO DE LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA

Salar Surire

La relación entre la variación de la población del flamenco de James y la variación de temperatura, se estimó por medio de la función de correlación cruzada, la que no mostró valores significativos de correlación, pero presentó valores importantes en los lags -3 (0,498) y -1 (0,416).

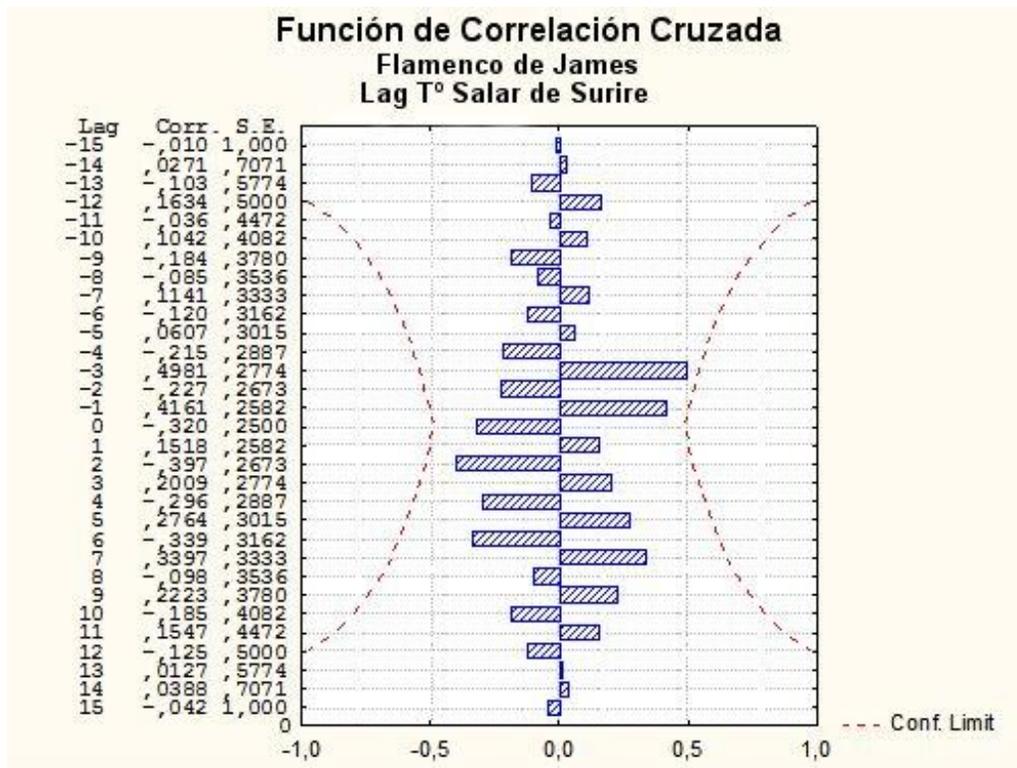


Figura n° 21: correlación cruzada entre la población del flamenco de James en el Salar de Surire, y la temperatura en el Salar de Surire.

La estimación de la correlación cruzada entre la variación de la población del flamenco Andino y la variación de temperatura, determinó valores significativos en los lags -4 (0,592), -2 (0,540) y 0 (0,545) con valores positivos, como también se observaron valores significativos y negativos en los lags -1 (-0,677) y 1 (-0,649).

Al estudiar la correlación cruzada, se observó una directa correlación entre la variación en la población del flamenco Andino, y la variación de la temperatura, la cual presentó un desfase de 30 meses entre la aparición de los cambios de temperatura, y la variación en la población de flamencos.

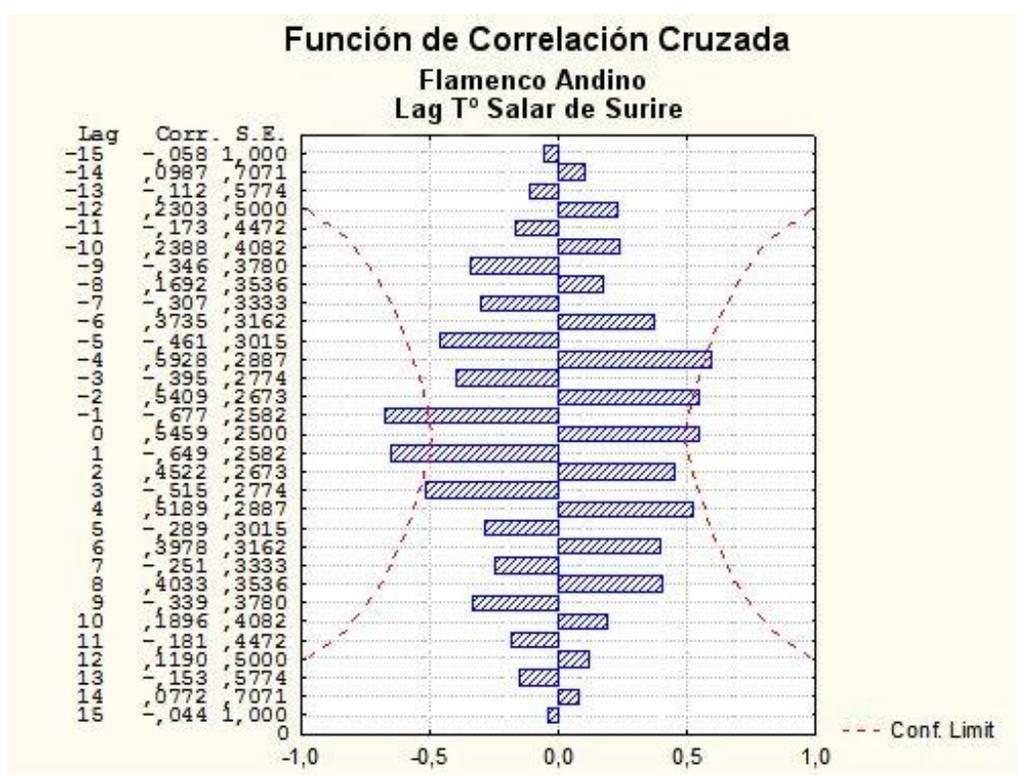


Figura nº 22: correlación cruzada entre la población del flamenco Andino en el Salar de Surire, y la temperatura en el Salar de Surire.

La estimación de la relación que existe entre la variación de la población del flamenco Chileno y la variación de la temperatura, se realizó por medio de la función de correlación cruzada, la cual estimó una correlación significativa y positiva en el lag 0 (0,597), mientras que presentó correlaciones significativas y negativas en los lags -1 (-0,572) y 1 (-0,727).

Al realizar un análisis de la correlación cruzada, se observó un efecto directo entre la variación de temperatura y la variación en la población del flamenco Chileno, con un desfase de 12 meses entre la aparición de cambios en la temperatura, y la variación en la población del flamenco Chileno en Salar de Surire.

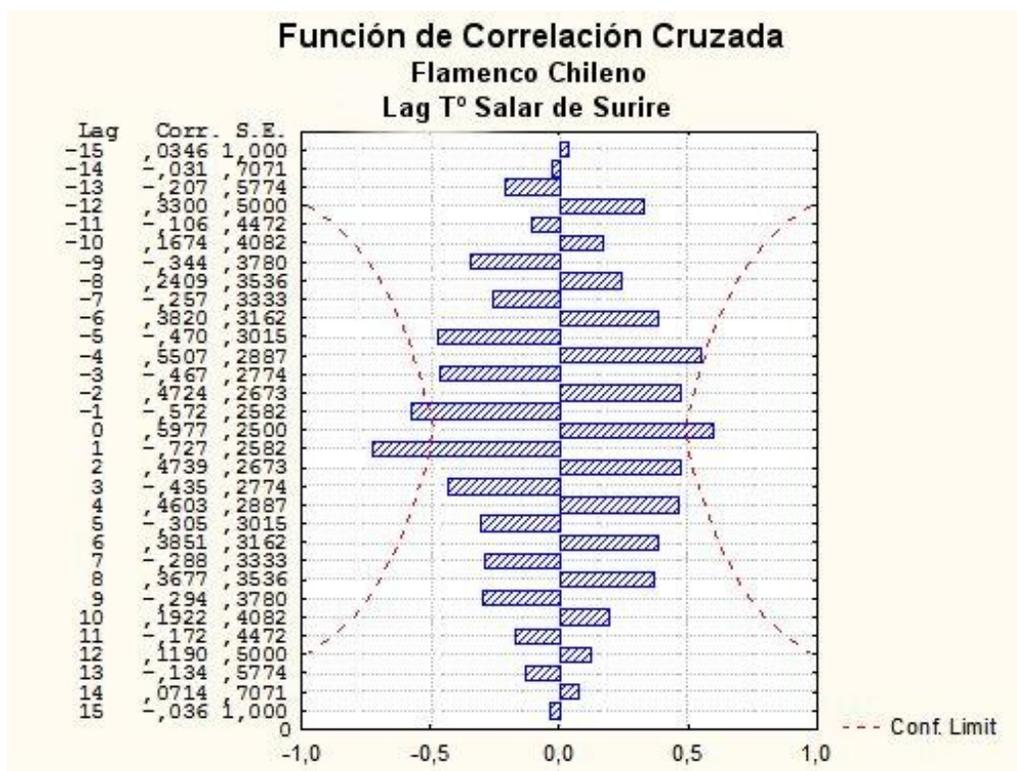


Figura n° 23: correlación cruzada entre la población del flamenco Chileno en el Salar de Surire, y la temperatura en el Salar de Surire.

Salar de Huasco

La correlación entre la variación de la población del flamenco de James y la variación de temperatura, no tuvo valores significativos de correlación, al no presentar valores significativos de una correlación, no es correcta su interpretación.

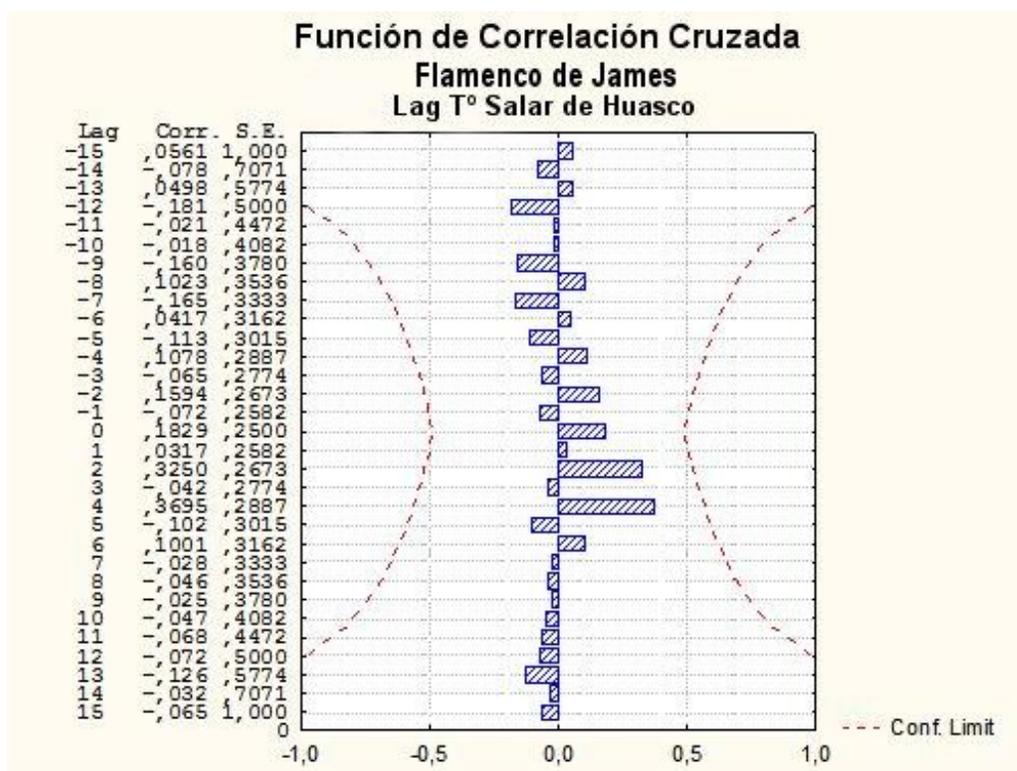


Figura n° 24: correlación cruzada entre la población del flamenco de James en el Salar de Huasco, y la temperatura en el Salar de Huasco.

La relación que existe entre la variación de la población del flamenco de Andino y la variación de la temperatura, se estimó por medio de la función de correlación cruzada, al evaluar sus resultados no se observaron valores significativos de correlación, pero se apreciaron valores representativos de una tendencia en los lags -1 (-0,418), 0 (0,384), y 1 (-0,376).

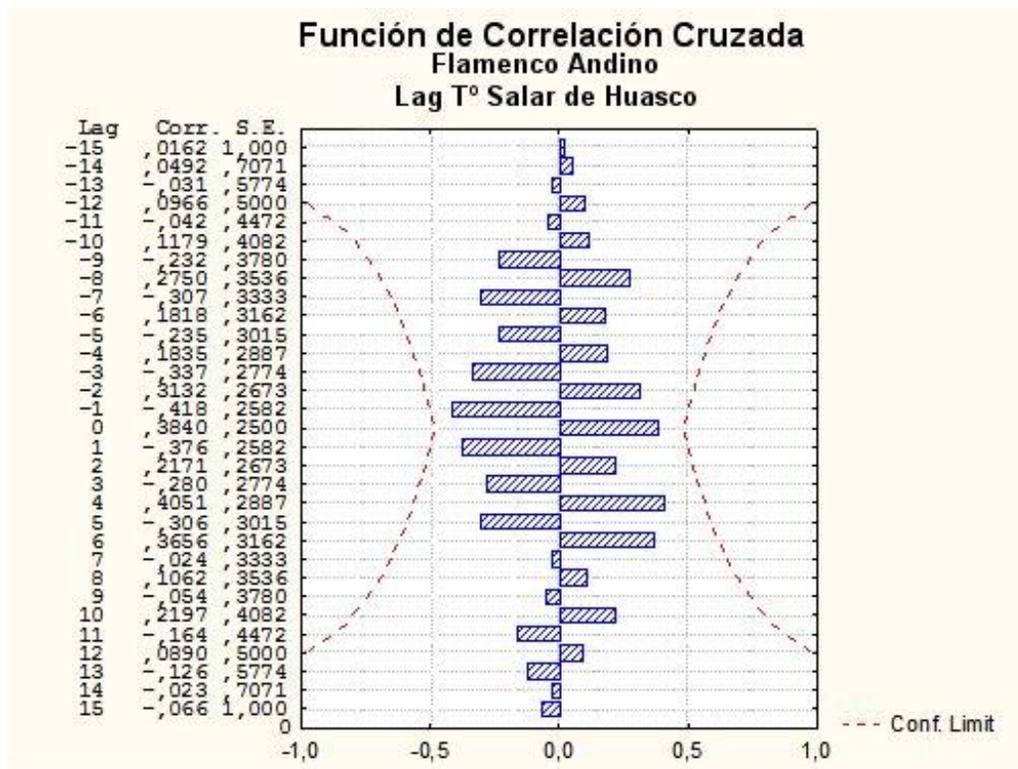


Figura n° 25: correlación cruzada entre la población del flamenco Andino en el Salar de Huasco, y la temperatura en el Salar de Huasco.

La estimación de la relación que existe entre la variación de la población del flamenco Chileno y la variación de la temperatura, se realizó por medio de la función de correlación cruzada, la que presentó valores significativos de correlación en el lag 0 (0,647) con un valor positivo, y en el lag -1 (-0,485) con un valor negativo.

Al analizar los resultados de la correlación cruzada, se apreció un efecto directo entre la variación de la población y la variación de temperatura, con un desfase de 6 meses entre la aparición de los cambios en la temperatura, y la variación en la población del flamenco Chileno en Salar de Huasco.

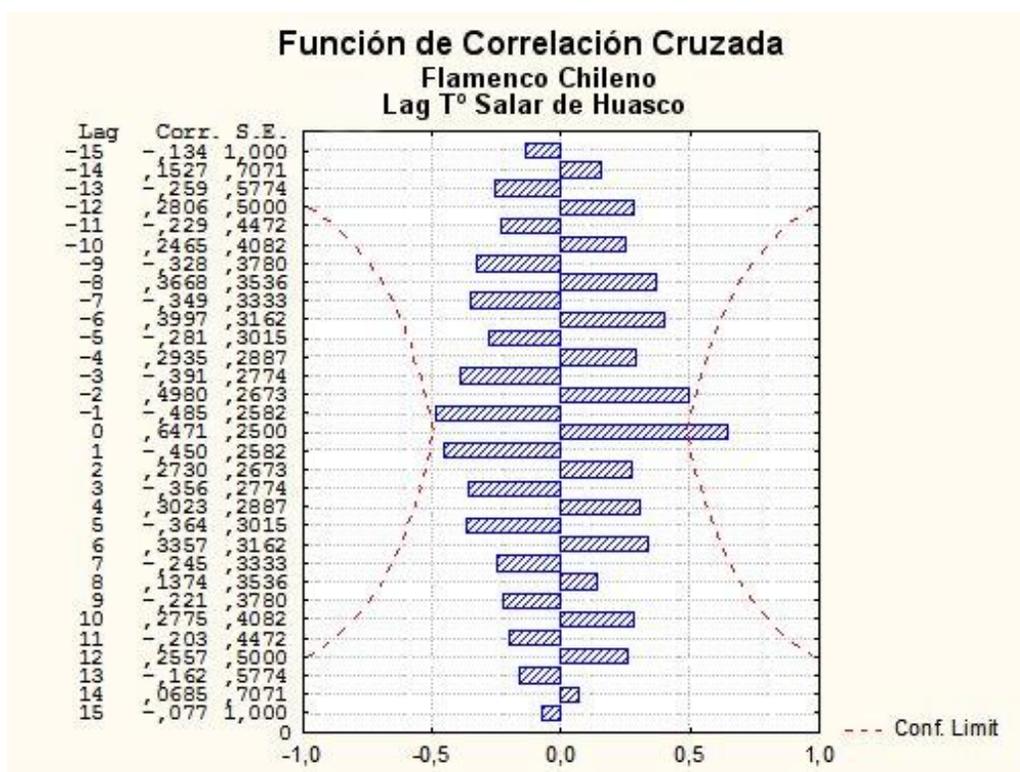


Figura n° 26: correlación cruzada entre la población del flamenco Chileno en el Salar de Huasco, y la temperatura en el Salar de Huasco.

Salar de Atacama

El análisis de la relación que existe entre la variación de la población del flamenco de James y la variación de la temperatura presentó valores significativos de correlación en los lags -2 (-0,637) y 4 (-0,606) con un valor negativo.

El estudio de los valores estimados por la correlación cruzada, estimaron que existe un desfase en el efecto que tiene la temperatura sobre la variación de la población, es decir la variación de temperatura genera una variación de la población en un periodo de 36 meses.

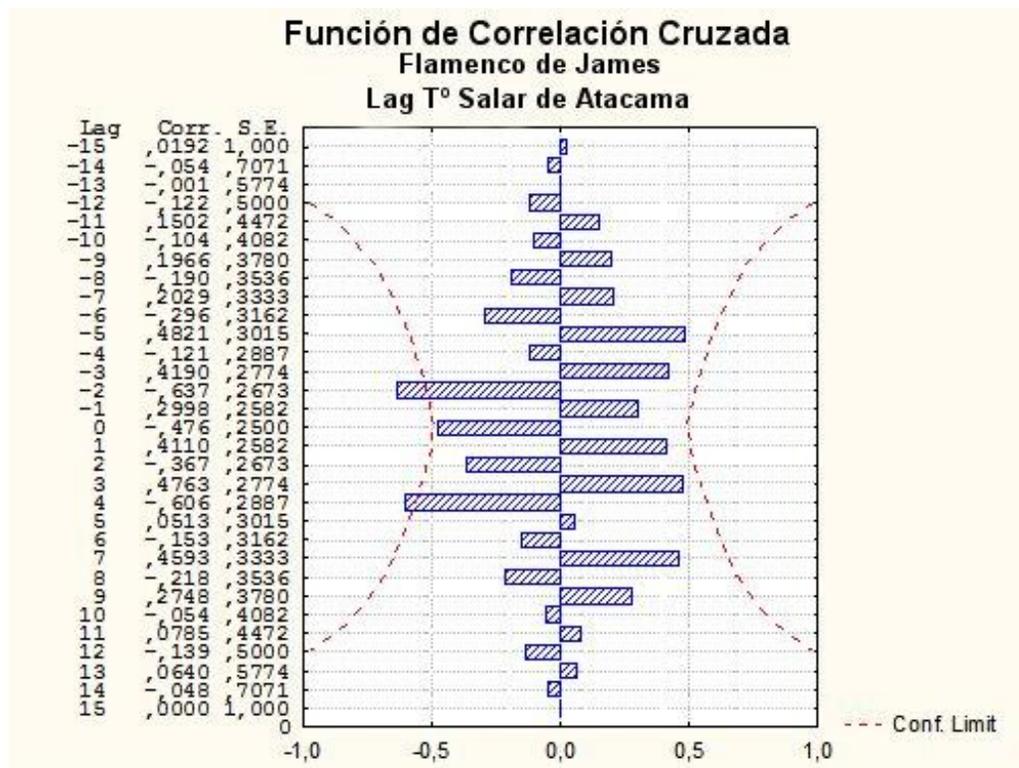


Figura n° 27: correlación cruzada entre la población del flamenco de James en el Salar de Atacama, y la temperatura en el Salar de Atacama.

La representación gráfica de la correlación cruzada, mostró la correlación que existe entre la variación de la población del flamenco de Andino y la variación de la temperatura en el Salar de Atacama, la que presentó valores significativos de correlación en el lag 9 (-0,743) con un valor negativo.

Al analizar los valores calculados por la correlación cruzada, se apreció un desfase en el efecto que tiene la temperatura sobre la variación de la población, en otras palabras la variación de temperatura genera una variación en la población del flamenco Andino en un periodo de 54 meses.

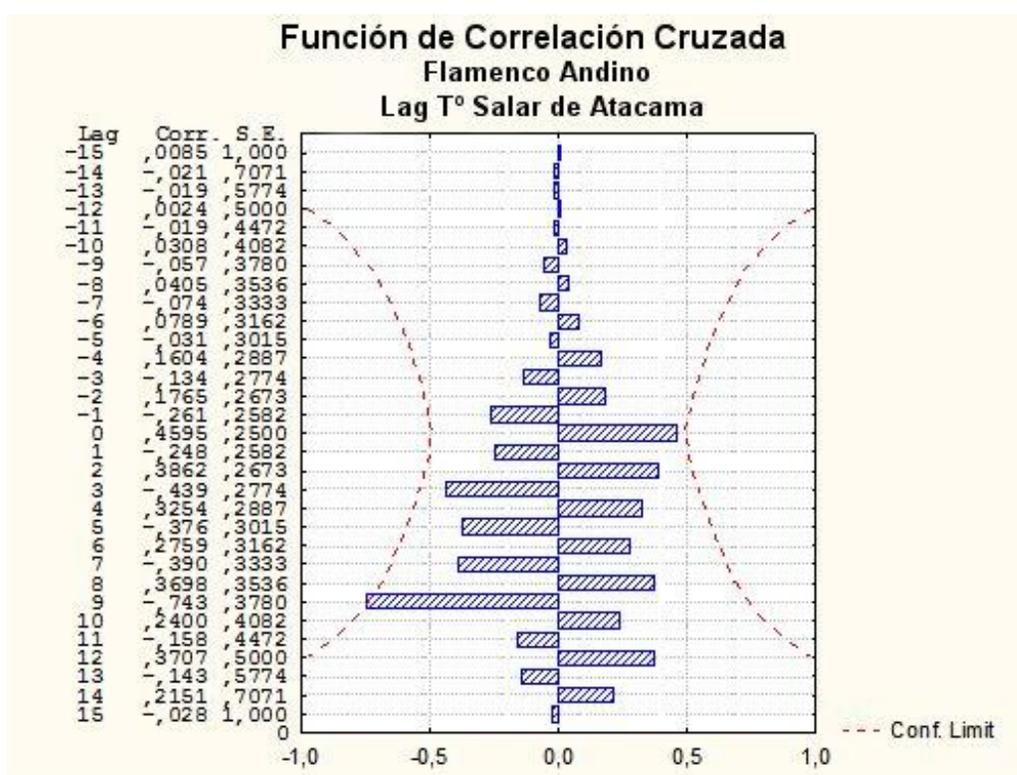


Figura n° 28: correlación cruzada entre la población del flamenco Andino en el Salar de Atacama, y la temperatura en el Salar de Atacama.

La estimación de la correlación entre la variación de la población del flamenco Chileno y la variación de la temperatura en el Salar de Atacama, presentó valores significativos de correlación en el lag -1 (0,507) con un valor positivo.

Al estudiar los valores presentados por la correlación cruzada, se observó que existe un desfase en el efecto que tiene la temperatura sobre la variación de la población, por lo tanto la variación de temperatura genera una variación en la población que se expresa en un periodo de 6 meses.

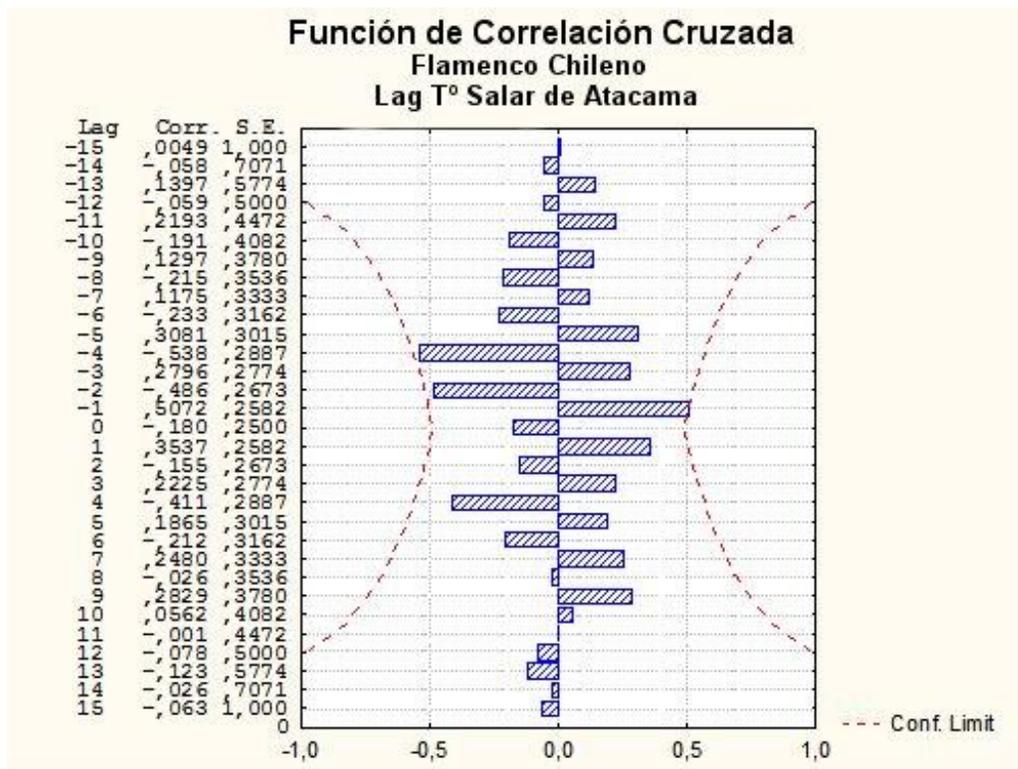


Figura n° 29: correlación cruzada entre la población del flamenco Chileno en el Salar de Atacama, y la temperatura en el Salar de Atacama.

iii) EFECTO DE LA VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN

Salar de Surire

La estimación de la correlación cruzada entre la variación de la población del flamenco de James y la variación de la precipitación en el Salar de Surire, no presentó valores significativos de correlación, pero presentó valores representativos de una tendencia en los lags 3 (0,417), 11 (0,417) con valores positivos, y en el lag 6 (-0,504) con un valor negativo.

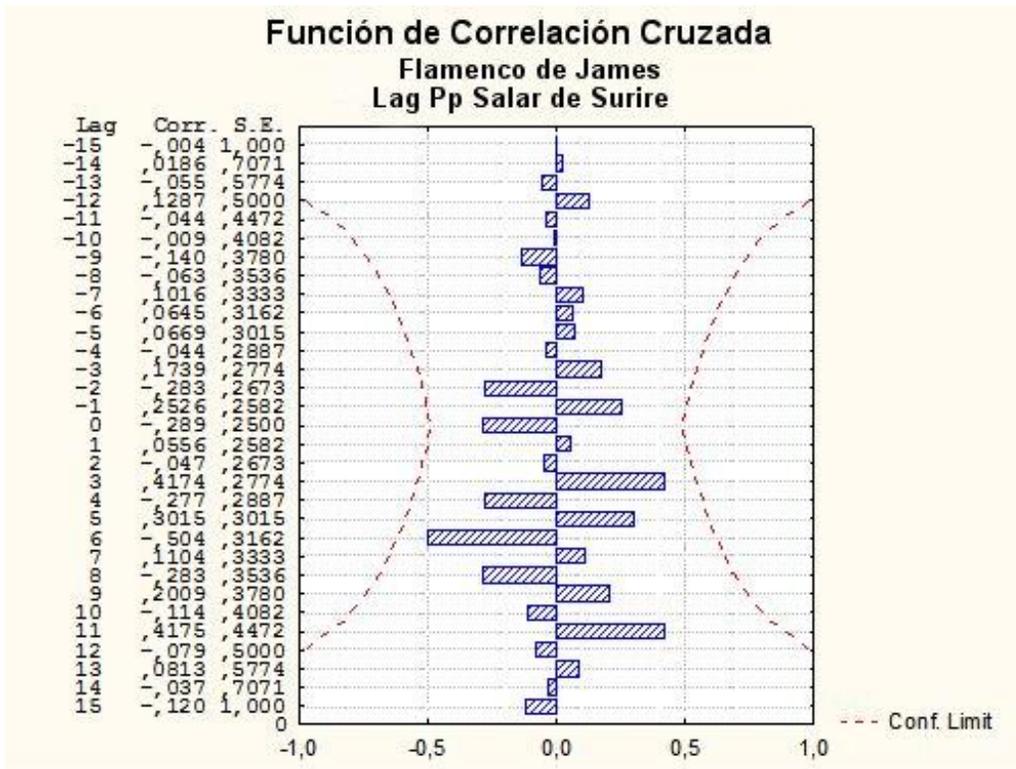


Figura nº 30: correlación cruzada entre la población del flamenco de James en el Salar de Surire, y las precipitaciones en el Salar de Surire.

El análisis de la correlación entre la variación de la población del flamenco Andino y la variación de la precipitación por medio de la función de correlación cruzada, estimó valores significativos de correlación en el lag 0 (0,521) y 2 (0,737) con un valor positivo.

Al estudiar los valores estimados por la correlación cruzada, se observó un desfase en el efecto que tiene la precipitación sobre la variación de la población del flamenco Andino, es decir la variación de las precipitaciones genera una variación de la población en un periodo de 12 meses.

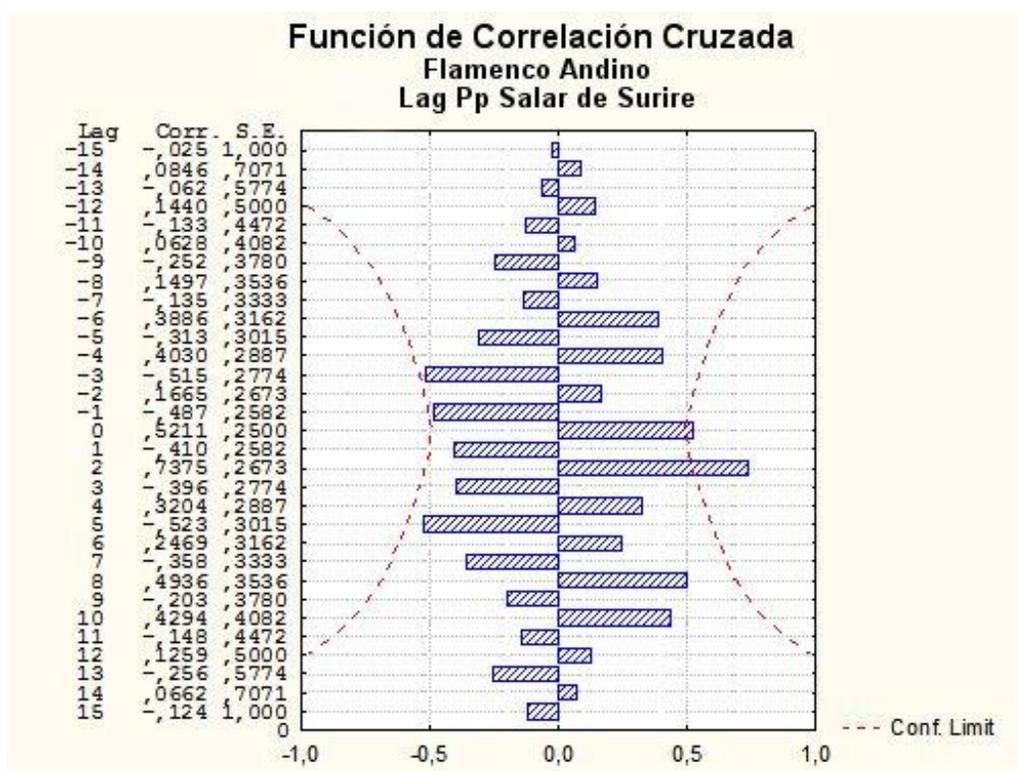


Figura n° 31: correlación cruzada entre la población del flamenco Andino en el Salar de Surire, y las precipitaciones en el Salar de Surire.

La representación de la correlación cruzada entre la variación de la población del flamenco Chileno y la variación de la precipitación en el Salar de Surire, presentó valores significativos de correlación en el lag 0 (0,529) y 2 (0,717) con un valor positivo, y en el lag 1 (-0,541) con un valor negativo.

El análisis de los valores presentados por la correlación cruzada, mostró un desfase en el efecto que tiene la precipitación sobre la variación de la población del flamenco Chileno, por lo tanto la variación de la precipitación genera una variación en la población, la que se expresa en un periodo de 12 meses.

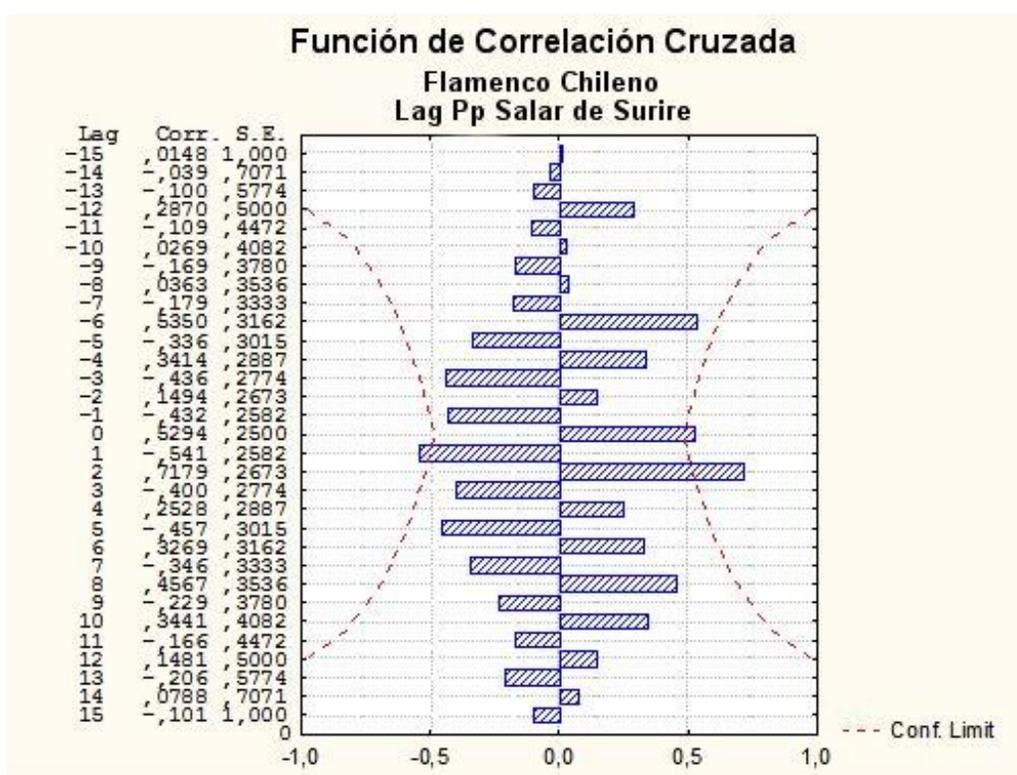


Figura n° 32: correlación cruzada entre la población del flamenco Chileno en el Salar de Surire, y las precipitaciones en el Salar de Surire.

Salar de Huasco

El estudio de la correlación entre la variación de la población del flamenco de James y la variación de la precipitación, no estimó valores significativos de correlación, pero presentó un valor estimativo de una tendencia en el lag 4 (0,540) con un valor positivo.

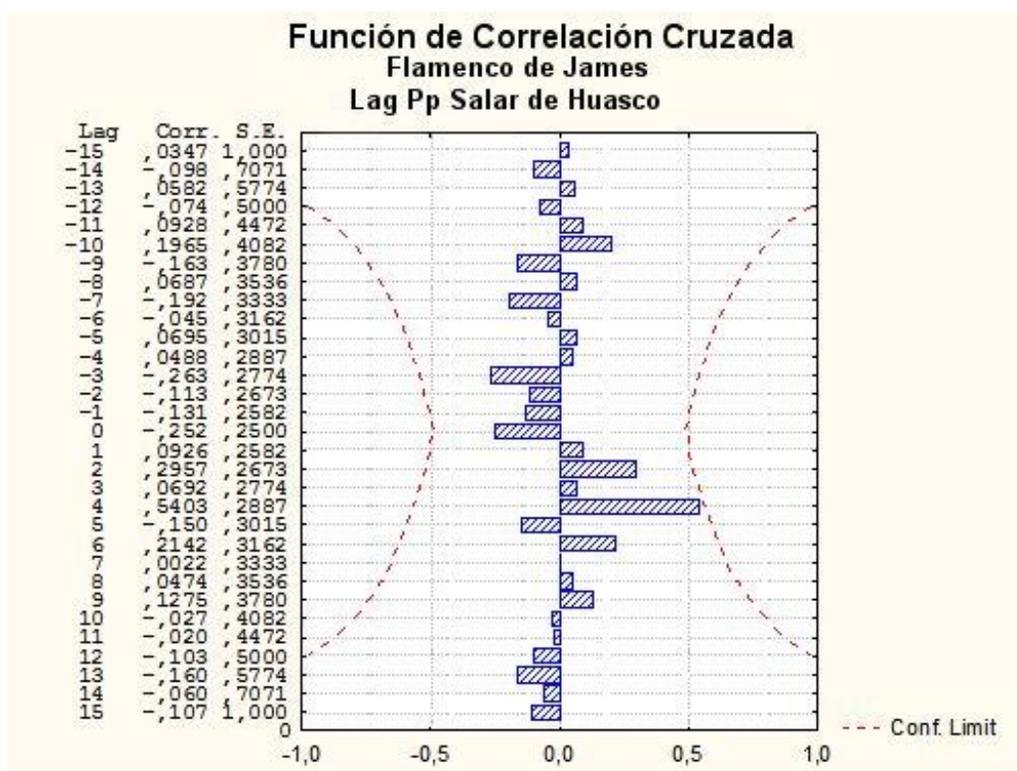


Figura n° 33: correlación cruzada entre la población del flamenco de James en el Salar de Huasco, y las precipitaciones en el Salar de Huasco.

La estimación de la relación que existe entre la variación de la población del flamenco de Andino y la variación de la precipitación se realizó por medio de la función de correlación cruzada, al estudiar sus resultados no se observaron valores significativos de correlación, pero se apreciaron valores representativos de una tendencia en los lags -2 (0,470) y 4 (0,424) con un valor positivo.

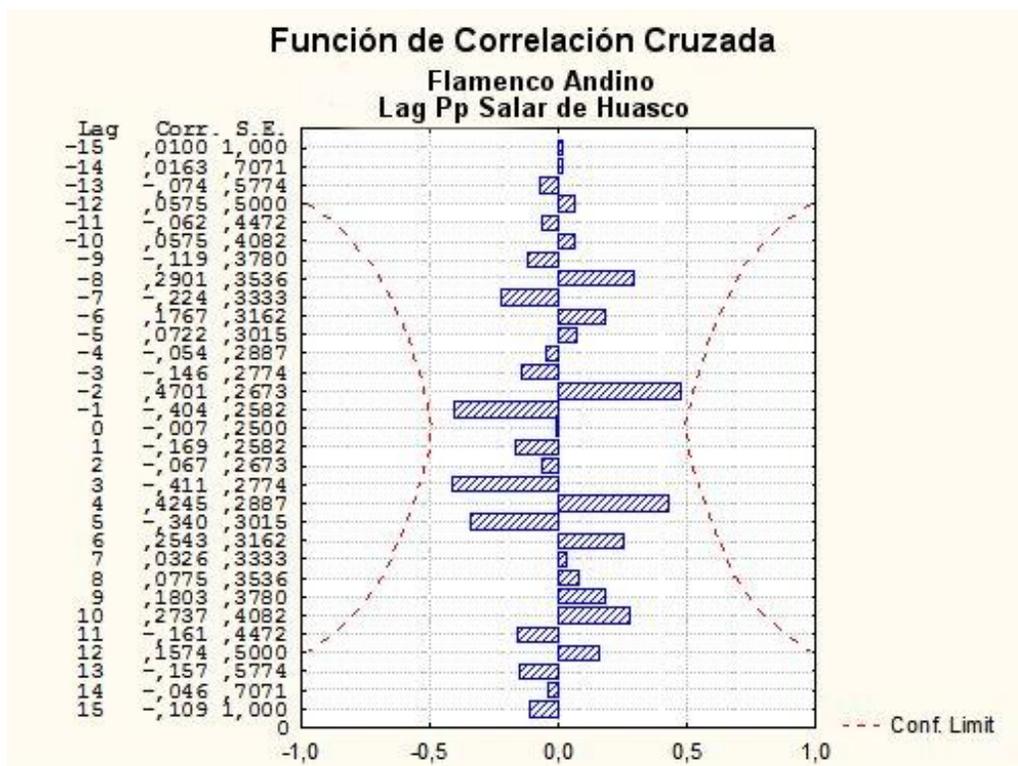


Figura n° 34: correlación cruzada entre la población del flamenco Andino en el Salar de Huasco, y las precipitaciones en el Salar de Huasco.

El estudio de la correlación entre la variación de la población del flamenco Chileno y la variación de la precipitación en el Salar de Huasco, presentó valores significativos en los lags -2 (0,697) y 0 (0,568) con un valor positivo.

Al analizar los valores presentados por la correlación cruzada, se observó que existe un desfase en el efecto que tiene la precipitación sobre la variación de la población del flamenco Chileno, por lo tanto la variación de la precipitación genera una variación en la población, la cual presenta un desfase que se expresa en un periodo de 12 meses.

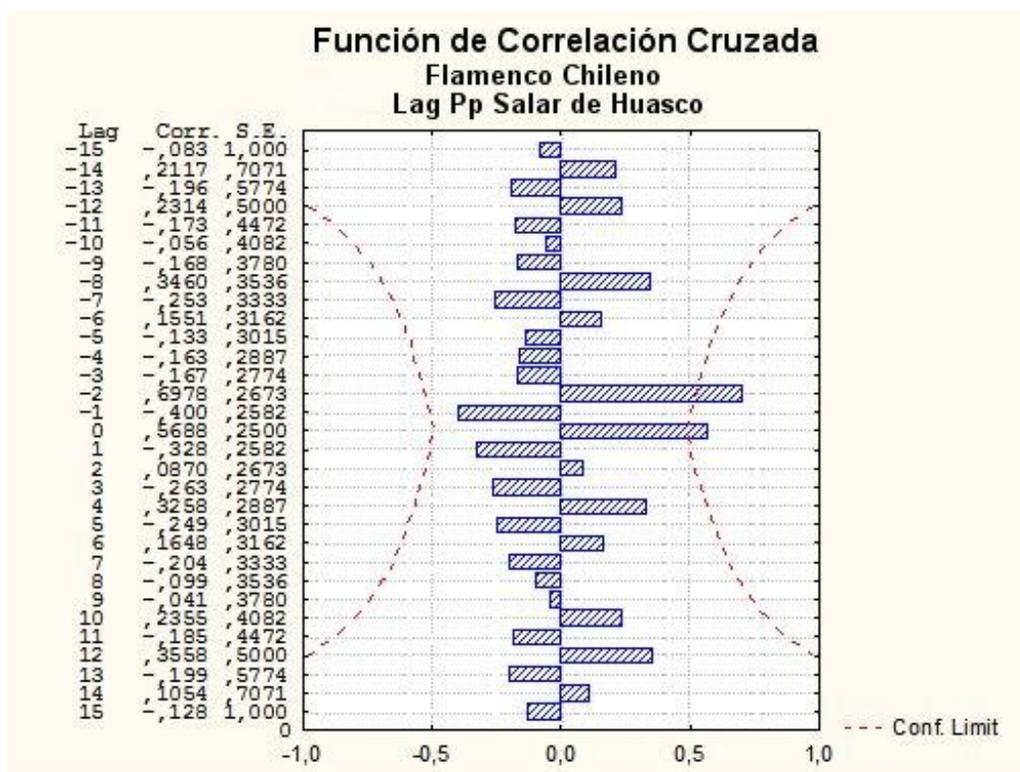


Figura n° 35: correlación cruzada entre la población del flamenco Chileno en el Salar de Huasco, y las precipitaciones en el Salar de Huasco.

Salar de Pujsa

La estimación de la correlación cruzada que existe entre la variación de la población del flamenco de James y la variación de la precipitación en el Salar Pujsa, no exhibió valores significativos de correlación.

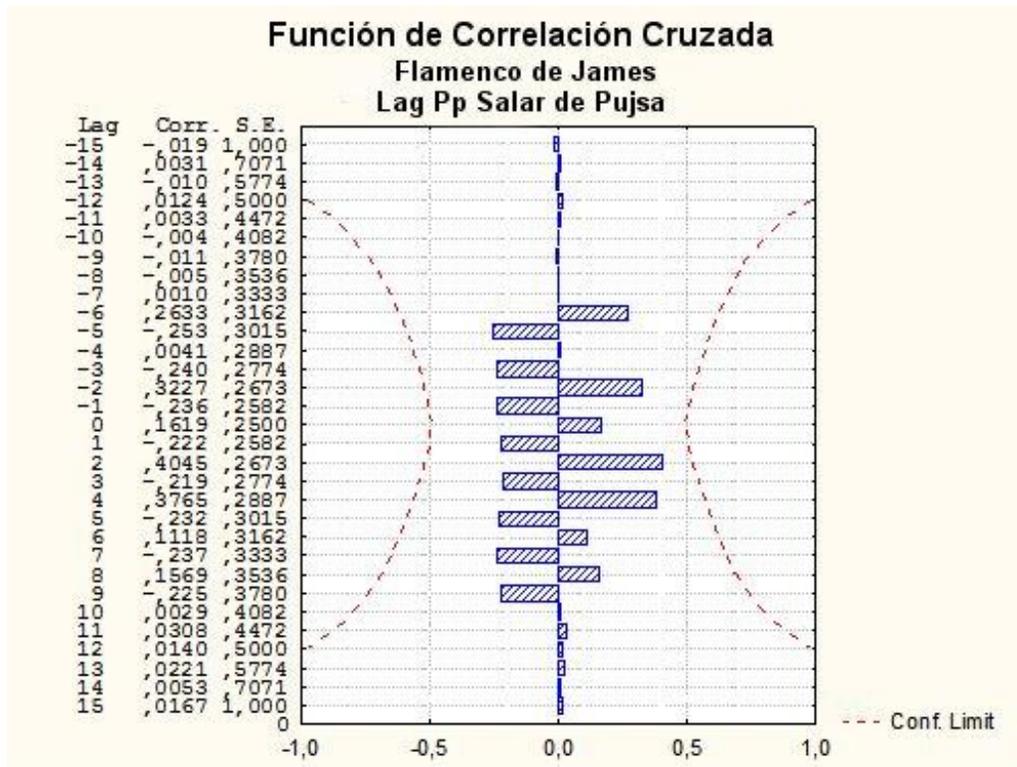


Figura n° 36: correlación cruzada entre la población del flamenco de James en el Salar de Pujsa, y las precipitaciones en el Salar de Pujsa.

El análisis de la correlación entre la variación de la población del flamenco Andino y la variación de la precipitación en el Salar de Pujsa, presentó valores significativos de correlación en el lag -4 (0,719) con un valor positivo.

Al estudiar la correlación cruzada, se observó que existe una directa correlación entre la variación en la población del flamenco Andino, y la variación de la precipitación, la cual presentó un desfase de 24 meses entre la aparición de los cambios de precipitación y la variación en la población de flamencos.

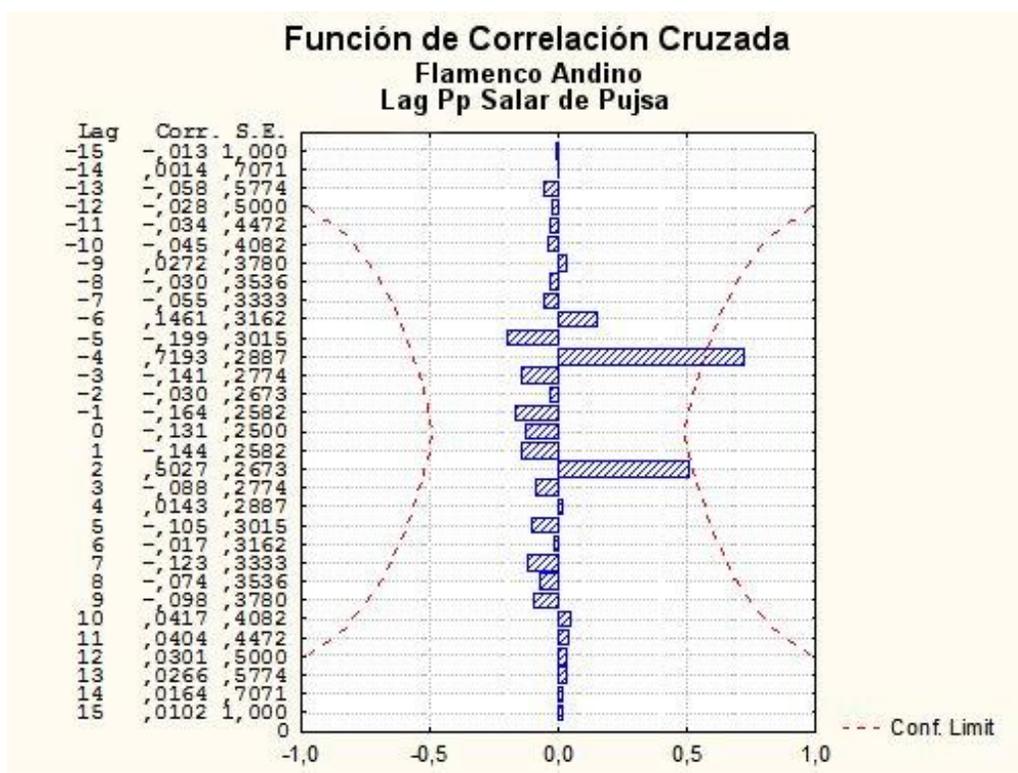


Figura n° 37: correlación cruzada entre la población del flamenco Andino en el Salar de Pujsa, y las precipitaciones en el Salar de Pujsa.

El estudio de la correlación entre la variación de la población del flamenco Chileno y la variación de la precipitación, estimó una correlación significativa y positiva en el lag -4 (0,719).

Al realizar un análisis de la correlación cruzada, se observó un efecto directo entre la variación de la precipitación y la variación en la población del flamenco Chileno, con un desfase de 24 meses entre la aparición de cambios en la precipitación, y la variación en la población del flamenco Chileno en Salar de Pujsa.

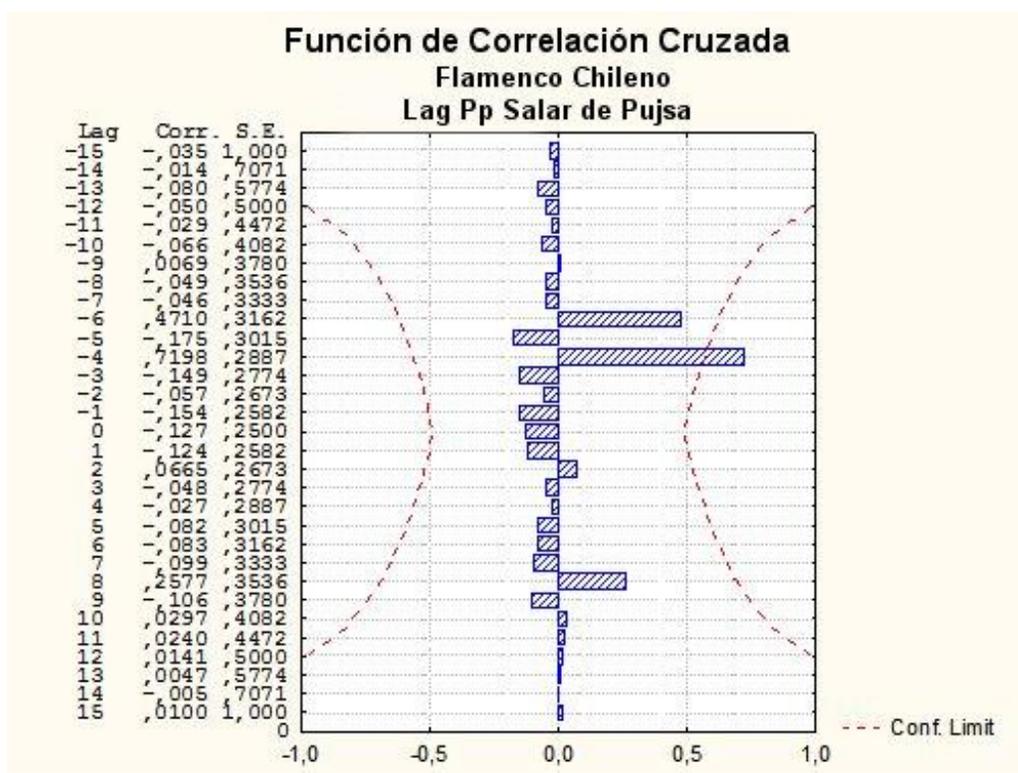


Figura n° 38: correlación cruzada entre la población del flamenco Chileno en el Salar de Pujsa, y las precipitaciones en el Salar de Pujsa.

Salar de Atacama

En el estudio de la correlación que existe entre la variación de la población del flamenco de James y la variación de la precipitación, se apreció un valor significativo de correlación en el lag 3 (0,598) con un valor positivo.

Al analizar los resultados de la correlación cruzada, se observó un efecto directo entre la variación de la población y la variación de precipitación, con un desfase de 18 meses entre la aparición de los cambios en las precipitaciones, y la variación en la población del flamenco de James en el Salar de Atacama.

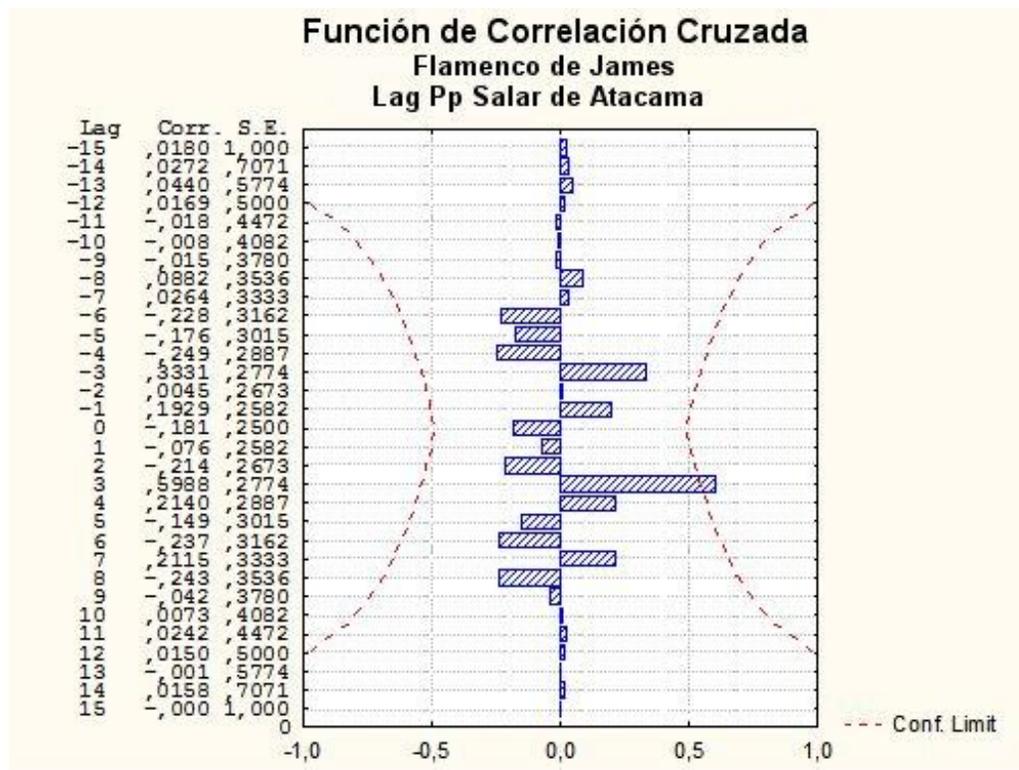


Figura n° 39: correlación cruzada entre la población del flamenco de James en el Salar de Atacama, y las precipitaciones en el Salar de Atacama.

El estudio de la correlación entre la variación de la población del flamenco Andino y la variación de la precipitación, presentó un valor significativo de correlación en el lag 8 (0,900) con un valor positivo.

Al estudiar los valores estimados por la correlación cruzada, se observó un desfase en el efecto que tiene la precipitación sobre la variación en la población del flamenco Andino, es decir la variación de las precipitaciones genera una variación de la población en un periodo de 48 meses.

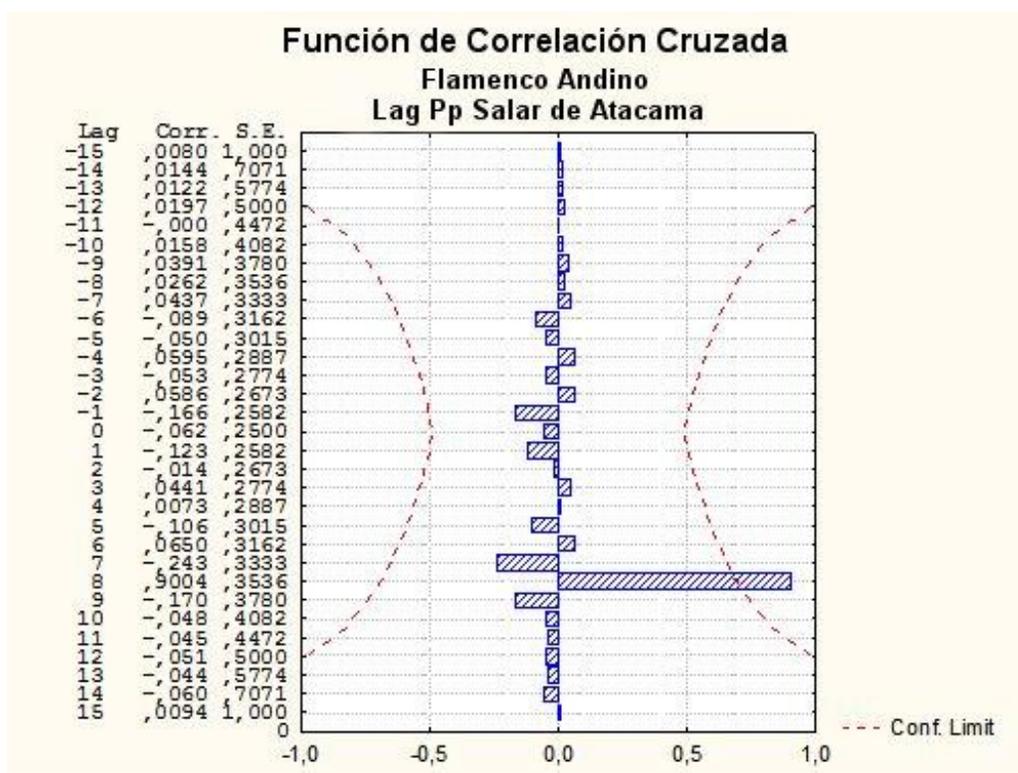


Figura n° 40: correlación cruzada entre la población del flamenco Andino en el Salar de Atacama, y las precipitaciones en el Salar de Atacama.

En la estimación de la correlación entre la variación de la población del flamenco Chileno, y la variación de la precipitación en el Salar de Atacama por medio de la función de correlación cruzada, no se observaron valores significativos de correlación, pero se encontraron valores representativos de una tendencia en los lags -5 (0,500) y 3 (0,454) con un valor positivo.

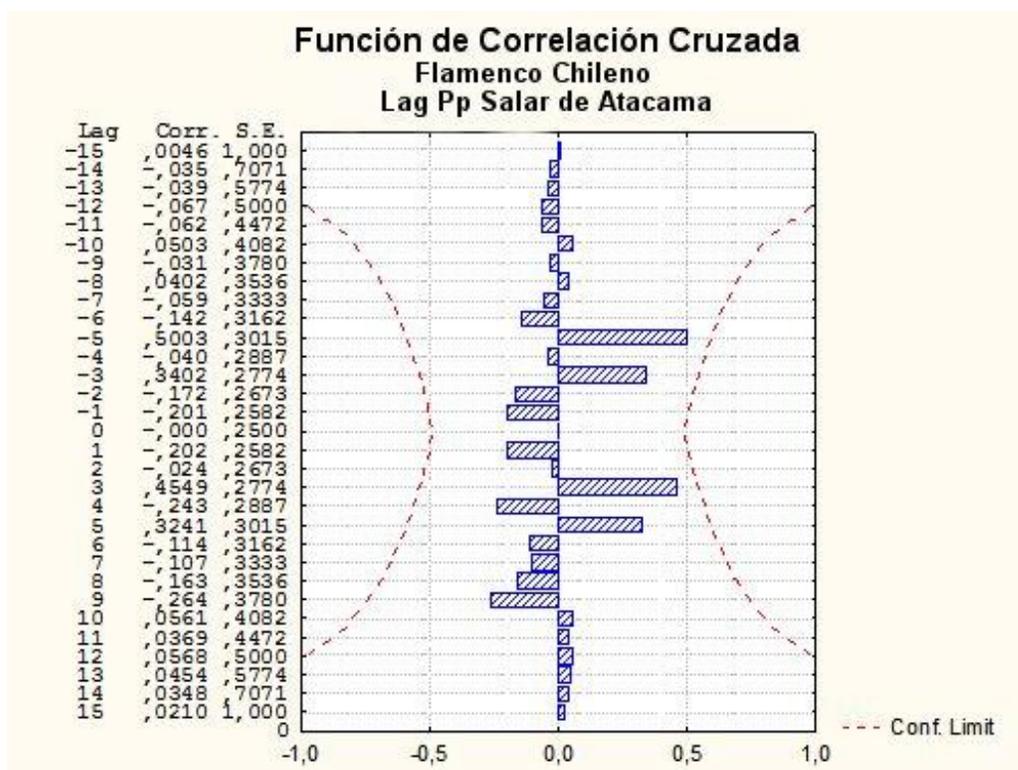


Figura n° 41: correlación cruzada entre la población del flamenco Chileno en el Salar de Atacama, y las precipitaciones en el Salar de Atacama.

VI) DISCUSION

Fluctuación de las poblaciones de flamencos en diferentes salares

En los salares analizados, se observaron diferencias en la distribución de la población de una misma especie de flamencos en los diferentes salares, así como también en la distribución de las diferentes especies dentro de un mismo salar.

Al estudiar el comportamiento que tiene el flamenco de James, se aprecian diferencias de distribución poblacional en los diferentes Salares, presentando patrones mixtos y con distribución similar en los salares de Surire y Huasco. Mientras que en el Salar de Pujsa se observa un claro patrón de abundancia en los meses de verano, y por el contrario en el Salar de Atacama existe una abundancia poblacional invernal.

Las variaciones de la población del flamenco de James, se podría explicar por diferentes factores que inciden en los salares, como pueden ser factores climáticos, los que pueden generar desplazamientos a lo largo del año en busca de lugares aptos para la reproducción y alimentación. En el altiplano estos lugares favorables son afectados por rigurosas condiciones climáticas, las que ocasionan el congelamiento de las lagunas por sobre los 4000 m en la época invernal, lo que podría explicar el aumento de la población en el Salar de Atacama que presenta una elevación de 2305 m (Parada, 2005).

El análisis del efecto que tienen los factores climáticos sobre los cambios en la población del flamenco de James en los salares estudiados, se estableció por medio de un análisis de correlación cruzada, el que mostró que la temperatura no se puede establecer como un factor de variación poblacional en los salares de Surire y Huasco, aunque si tiene un efecto en el Salar de Atacama, mientras que en el Salar de Pujsa no se pudo determinar su efecto. Por lo tanto, al ser la temperatura un factor de variación poblacional en solo uno de los salares estudiados, no se puede establecer como un componente cierto en la diferencia de distribución que presenta el flamenco de James en los salares analizados.

El otro factor climático estudiado por medio de la función de correlación cruzada, corresponde al efecto de la precipitación sobre la variación en la población del flamenco de James en los salares analizados, se encontró que la precipitación no es un factor que explica la variación de la población en los salares de Surire, Huasco y Pujsa, mientras que la

precipitación se puede establecer como factor en la variación poblacional del Salar de Atacama. El análisis establece que la precipitación explica el cambio en la población del flamenco de James en uno solo de los salares, por lo que el factor de precipitación no podría explicar las diferencias que existen en la distribución del flamenco de James entre los cuatro salares estudiados.

En estudios realizados por la CONAF con estimaciones hasta el año 2002, se observó la misma distribución del flamenco de James que la estimada por el proyecto, con abundancias similares en invierno y verano en los salares de Surire y Huasco, mientras que en el salar de Pujsa estimó abundancias en los meses de verano, y en el salar de Atacama abundancias en los meses de invierno (Rodríguez *et al.*, 2002).

Al evaluar el efecto que tienen los cambios climáticos estudiados, se observa que la variación que presenta la población del flamenco de James en los cuatro salares analizados, no puede ser explicada por los factores de temperatura y precipitación que presenta cada salar en particular, por lo tanto la diferencia en las distribución de las poblaciones del flamenco de James en los salares analizados debería ser explicada por otro factor.

El flamenco Andino presenta distribuciones temporales similares en los cuatro salares estudiados, con una mayor abundancia en los meses de verano en los salares de Surire, Pujsa y Atacama, mientras que el Salar de Huasco presenta un patrón mixto de distribución, pero con un claro patrón de abundancia en verano. A diferencia del flamenco de James, la población del flamenco Andino presenta una distribución similar de su población en los cuatro salares analizados por el modelo ARIMA.

Esta distribución coincide en términos generales con lo expuesto por la CONAF en su informe del año 2002, con mayores agregaciones en los meses de verano en los salares de Surire, Pujsa y Atacama (Rodríguez *et al.*, 2002).

Entre los factores que podrían explicar los cambios en la distribución de la población se encuentra la temperatura, la cual en el análisis estadístico mostró ser un factor sobre la variación de la población en los salares de Surire y Atacama, mientras que en el Salar de Huasco no se observó un efecto estadísticamente significativo, y el Salar de Pujsa no pudo ser determinado.

El análisis de la precipitación como factor en la variación de la población del flamenco Andino, estimó que existe un efecto en los salares de Surire, Pujsa y Atacama, mientras que en el Salar de Huasco no se apreció un efecto estadísticamente significativo. Por lo tanto se podría explicar la variación en la distribución poblacional del flamenco Andino, por las variaciones que sufren las precipitaciones a lo largo del año en los diferentes salares.

El estudio determinó que en tres de los cuatros salares analizados se observó un efecto de las precipitaciones sobre la variación de la población, mientras que en dos de los tres salares evaluados se observó un efecto de la temperatura sobre la variación en la población del flamenco Andino. Por lo tanto, se puede establecer como probable un efecto de los factores climáticos como son la temperatura y precipitación sobre la variación en la distribución del flamenco Andino en los salares estudiados.

La evaluación del flamenco Chileno en los salares analizados estableció que no presentan el mismo comportamiento de distribución poblacional, tanto el Salar de Surire, como el Salar de Pujsa presentan abundancias poblacionales de verano, mientras que el Salar de Atacama presentó un patrón mixto de distribución poblacional con predominio invernal, el estudio del Salar de Huasco determinó un patrón aleatorio de distribución, pero con predominios de verano.

El estudio realizado por la CONAF en el año 2002 estimó una distribución diferente a la propuesta por el proyecto, con mayores abundancias en los meses de verano en el salar de Pujsa y Huasco, en el salar de Surire presentaba abundancias similares en los meses de invierno y verano, mientras que en el salar de Atacama mayores agregaciones de flamencos en los meses invernales (Rodríguez *et al.*, 2002).

El proyecto analizó algunos factores que podrían generar estos cambios de distribución, específicamente la temperatura y precipitación. El análisis de la temperatura determinó ser un factor de variación en los salares de Surire, Huasco y Atacama, mientras que su efecto no pudo ser determinado en el Salar de Pujsa.

En la investigación del efecto de la precipitación sobre la variación en la distribución de la población, se observó que tenía un efecto en los salares de Surire, Huasco

y Pujsa, en cambio el Salar de Atacama no presentó un efecto estadísticamente significativo.

Al analizar los factores de temperatura y precipitación, se estimó que la temperatura era un factor en la variación poblacional en los tres salares analizados, mientras que se observó un efecto de la precipitación en tres de los cuatro salares estudiados, lo que podría explicar la diferencia de distribución poblacional del flamenco Chileno entre los salares evaluados.

En conclusión, el estudio demostró que algunas especies de flamencos, como el flamenco de James y el flamenco Chileno, presentan diferentes distribuciones de población en los distintos salares estudiados, mientras que el flamenco Andino presenta un comportamiento de abundancia en verano constante en los salares estudiados. Estas variaciones de distribución poblacional entre los salares puede ser explicada por variaciones de temperatura y precipitación en el caso del flamenco Chileno, al igual que la distribución constante de la población del flamenco Andino puede ser explicada por estos factores, mientras que la variación poblacional del flamenco de James posiblemente se debe a factores no analizados en el proyecto.

Fluctuación de las poblaciones de flamencos en cada salar

El análisis del Salar de Surire, mostró un comportamiento de distribución de verano en las tres especies de flamencos hasta Julio de 1998, época en que el flamenco de James cambia a una distribución invernal.

Para explicar los factores que pudieran causar esta diferencia de distribución a lo largo del año, se analizaron los factores climáticos de temperatura y precipitación.

Al efectuar una comparación de las tres especies de flamencos en el Salar de Surire, se observa que la variación de la temperatura no tiene el mismo efecto en las distintas poblaciones de flamencos. Tanto el flamenco Andino, como el flamenco Chileno presentan una correlación directa y significativa con la variación de temperatura, mientras que el flamenco de James no presenta valores significativos, por lo que en este caso la temperatura no tendría un efecto en la variación de la población.

Al evaluar la precipitación como factor de variación en la población del Salar de Surire, se aprecia que la variación de la precipitación tiene un efecto en las poblacionales del flamenco Andino y Chileno, las que presentan una correlación directa y significativa con la variación de la precipitación, aunque con distintos desfases en su estimación, mientras que el flamenco de James no presenta una relación significativa con las precipitaciones.

Por lo tanto, las variaciones poblacionales que sufren las tres especies de flamencos en el Salar de Surire, pueden ser explicadas por variaciones de temperatura y precipitación en el caso del flamenco Andino y Chileno, lo que explicaría los cambios en la distribución que presentan estas especies en el Salar de Surire, mientras que las variaciones en la población del flamenco de James, se debería explicar por factores no analizados en este proyecto.

El estudio del Salar de Huasco, estimó una distribución poblacional mixta en las tres especies de flamencos, con abundancias de verano al principio del estudio, para cambiar luego a una distribución invernal, y posteriormente a una distribución de verano nuevamente, aunque presentando el flamenco Chileno una distribución principalmente aleatoria.

Entre los factores que pueden explicar estos cambios en la distribución de la población, se encuentra la temperatura, en cuyo estudio se encontró un efecto sobre la distribución en la población del flamenco Chileno, mientras que no presentó valores significativos para el flamenco de James y Andino.

El análisis de la precipitación, estimó que existía un efecto de la variación de esta sobre la distribución en la población del flamenco Chileno, mientras que el análisis no estimó un valor estadísticamente significativo de la precipitación sobre la variación poblacional del flamenco de James y Andino.

Al evaluar el efecto que tienen los factores climáticos sobre la variación en la distribución de la población de flamencos en el Salar de Huasco, se aprecia que la temperatura y la precipitación tienen un efecto directo sobre la distribución poblacional del flamenco Chileno, mientras que las variaciones poblacionales del flamenco de James y Andino, se explicaría por factores no analizados en el estudio.

El análisis de la distribución en las poblaciones de flamencos del Salar de Pujsa, mostró que las tres especies de flamencos presentaron patrones similares de distribución, con abundancias de verano durante el periodo de estudio.

En el estudio de los factores que explicarían la distribución poblacional de verano, se analizó el factor climático de precipitación. La estimación del efecto de la temperatura, no se realizó por la falta de datos estadísticamente significativos de temperatura.

Al efectuar una comparación de las tres especies de flamencos en el Salar de Pujsa, se observó que la variación de la precipitación no tiene el mismo efecto en las distintas poblaciones de flamencos. Tanto el flamenco Andino, como el flamenco Chileno presentaron una correlación directa y significativa con la variación de la precipitación, mientras que el flamenco de James no presentó valores significativos.

Por lo anterior, se podría establecer la variación en las precipitaciones como un factor que influye sobre la distribución del flamenco Andino y Chileno, pero al no estimar el factor de temperatura, no se puede evaluar si existen otros factores climáticos que afecten la distribución poblacional.

El estudio del Salar de Atacama, mostró un comportamiento de distribución de verano del flamenco Andino, mientras que tanto el flamenco de James como el Chileno, presentaron abundancias poblacionales en los meses de invierno.

Al analizar los factores climáticos de temperatura y precipitación, y su efecto sobre la distribución en la población de las tres especies de flamencos, se encontró que la temperatura era un factor estadísticamente significativo en la población de las tres especies de flamencos, mientras que al examinar el efecto de la variación de las precipitaciones sobre la población de flamencos, se encontró que actuaba como un factor directo en el caso del flamenco de James y Andino, mientras que para el flamenco Chileno no presentó un efecto significativo.

Por lo tanto, la variación en la distribución de la población de flamencos en el Salar de Atacama, se podría explicar por factores climáticos de variación de temperatura y precipitación en el caso del flamenco de James y Andino, mientras que el flamenco Chileno sería mayormente afectado por la variación de temperatura, ya que la variación en la precipitación no presenta valores estadísticamente significativos.

VII) CONCLUSIÓN

- Los análisis de series de tiempo permitieron establecer tendencias poblacionales, con diferencias entre las especies de flamencos, y entre los humedales estudiados.
- El modelo ARIMA permitió establecer fluctuaciones poblacionales con un ciclo regular de distribución en algunas especies de flamencos, las que mayormente presentaron abundancias poblacionales en verano.
- La variación de la población de flamencos demostró estar directamente relacionada con el efecto de temperatura y precipitación en los casos del flamenco Andino y Chileno.

VIII) BIBLIOGRAFÍA

- Aceituno, P. 1992. El fenómeno del niño y otras anomalías del sistema océano-atmósfera. Geoinformativo. N°26. pp 39-43.
- Aceituno, P.; Garreaud, R. 1994. Impacto de los fenómenos El Niño y La Niña en regímenes fluviométricos andinos. Actas del XVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Santiago, Chile. pp 7-11.
- Araya, B.; Millie, G. 1992. Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 405 pp.
- Barry, R.; Chorley, R. 1980. Atmósfera, tiempo y clima. Editorial Omega. Barcelona, España. pp 67-70.
- Daniel, W. 2002. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. Editorial Limusa Wiley. México, México. pp 122-130.
- Del Hoyo, J.; Elliot, A.; Sargatal, J. 1992. Handbook of the birds of the world. Lynx edicions. Barcelona, España. pp 83-91.
- Fuentes, E. 1989. Ecología: Introducción a la teoría de poblaciones y comunidades. Editorial Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. pp 210-234.
- Glass, G.; Willson, V.; Gottman, J. 1974. Design and analysis of time series experiment. Colorado University. 237 pp.
- O'Donovan, T. 1982. Short term forecasting: An introduction to the Box-Jenkins approach. J. Wiley and Sons. Nueva York, Estados Unidos. 218 pp.
- Palma, R. 1993. Biología y comportamiento de los flamencos del Salar de Surire. Corporación Nacional Forestal. Arica, Chile. pp 40-48.

- Parada, M. 1987. Conservación de flamencos en el norte de Chile, periodo comprendido entre Mayo de 1985 y Abril de 1987. Corporación Nacional Forestal. Antofagasta, Chile.
- Parada, M. 1990. Flamencos en el norte de Chile; distribución, abundancia y fluctuaciones estacionales del número. Actas del I Taller internacional de especialistas en flamencos sudamericanos. Corporación Nacional Forestal y Sociedad Zoológica de Nueva York. Antofagasta, Chile. pp 52-61.
- Parada, M. 2005. Incubación, alimentación artificial y reinserción de polluelos de flamencos. En: Cría en cautividad de fauna chilena. Ed. Iriarte A.; Tala C.; González B.; Zapata B.; González G.; Maino M. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp 227-247.
- Petterssen, S. 1976. Introducción a la meteorología. Quinta edición. Editorial Espasa-Calpe. Madrid, España. 450 pp
- Pincheira, B.; Durand D. 2005. Flamencos: Antecedentes generales y su manejo en cautiverio. En: Cría en cautividad de fauna chilena. Ed. Iriarte A.; Tala C.; González B.; Zapata B.; González G.; Maino M. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp 215-226.
- Portflitt, G. 1992. Conservación de flamencos en el norte de Chile, evaluación poblacional. Corporación Nacional Forestal. Antofagasta, Chile.
- Rodríguez, E.; Contreras, J.; Amado, N.; Santoro, A.; Valenzuela, I.; Caqueo, B. 2002. Conservación de flamencos en el norte de Chile. Corporación Nacional Forestal. Antofagasta, Chile. pp 7-35.

- Sielfeld, W. 1998. Población de flamencos en el Salar de Huasco durante el verano 1993-1994. Boletín Chileno de ornitología Nº5. Unión de ornitólogos de Chile. Santiago, Chile. pp 10-15.

IX) ANEXO N° 1

Modelo ARIMA

Modelos autoregresivos

$$y_t = f(y_{t-1})$$

$$y_t = f(y_{t-1}, a_t)$$

$$y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + a_t$$

$$\hat{y}_t = \hat{\phi}_0 + \hat{\phi}_1 y_{t-1}$$

$$\text{AR (1)} \quad y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + a_t$$

$$\text{AR (2)} \quad y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + a_t$$

$$\text{AR (3)} \quad y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \phi_3 y_{t-3} + a_t$$

$$\text{AR (p)} \quad y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + a_t$$

Modelos de medias móviles

$$\text{MA (1)} \quad y_t = \mu + a_t + \theta_1 a_{t-1}$$

$$\text{MA (q)} \quad y_t = \mu + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

Modelos ARMA

$$y_t = \mu + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

Función de autocorrelación

$$\rho_1 = \frac{\text{cov}(y_t, y_{t-1})}{\sqrt{\text{var}(y_t) \cdot \text{var}(y_{t-1})}}$$

$$\rho_1 = \frac{\text{cov}(y_t, y_{t-1})}{\text{var}(y_t)}$$

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(y_t, y_{t-k})}{\text{var}(y_t)}$$

$$\rho_0 = \frac{\text{cov}(y_t, y_t)}{\text{var}(y_t)} = \frac{\text{var}(y_t)}{\text{var}(y_t)} = 1$$

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (y_t - \bar{y})(y_{t+k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}$$