



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

DETECCIÓN DE *Salmonella enterica* EN PINGÜINOS PAPÚA (*Pygoscelis papua*) DEL  
TERRITORIO ANTÁRTICO CHILENO Y DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A  
ANTIBIÓTICOS

FRANCISCO ANTONIO CASTAÑEDA LUENGO

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario.  
Departamento de Medicina  
Preventiva Animal.

PROFESOR GUÍA: PATRICIO RETAMAL MERINO  
UNIVERSIDAD DE CHILE, FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y  
PECUARIAS

SANTIAGO, CHILE  
2014



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

DETECCIÓN DE *Salmonella enterica* EN PINGÜINOS PAPÚA (*Pygoscelis papua*) DEL  
TERRITORIO ANTÁRTICO CHILENO Y DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A  
ANTIBIÓTICOS

FRANCISCO ANTONIO CASTAÑEDA LUENGO

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario.  
Departamento de Medicina  
Preventiva Animal.

Nota Final: ....., .....

|                     |                           |        |
|---------------------|---------------------------|--------|
| Prof. Guía:         | Patricio Retamal Merino   | Firma: |
| Profesor Corrector: | Cristóbal Briceño Urzúa   | Firma: |
| Profesor Corrector: | Daniela Iragüen Contreras | Firma: |

SANTIAGO, CHILE  
2014

## AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, agradezco a Dios por las bendiciones que ha entregado en mi vida y por permitirme llegar hasta esta instancia, entregándome la fuerza necesaria para cumplir mis metas.

Estoy muy agradecido de la gentil colaboración de quienes me guiaron en la realización de mi memoria de título: el Dr. Patricio Retamal, la Dra. Daniela Iragüen, Marcela Fresno y la Sra. Patricia Álvarez, quienes me brindaron parte de su tiempo en forma muy amable y atenta.

Agradezco al Dr. Cristóbal Briceño, la Dra. Consuelo Borie y el Dr. Luis. Ibarra por los consejos entregados. También al personal técnico del laboratorio de enfermedades infecciosas FAVET por su buena disposición y colaboración durante el proceso experimental de mi trabajo.

Gracias a la Sra. Paula Muñoz, por su gentil aporte a mi investigación, al facilitarme un texto inaccesible e importante para complementar mi memoria.

Un muy especial agradecimiento, junto con un gran abrazo, a mi familia por entregarme su apoyo y amor durante mi vida, y por estar presentes durante mi formación profesional.

Por último, un tremendo agradecimiento y abrazo al amor de mi vida, Melinka Hernández C-P., por ser quien me motiva día a día, por su hermosa compañía, apoyo infinito y amor entregado, elementos que fueron claves para el cumplimiento de mis metas.

## ÍNDICE DE CAPÍTULOS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....   | <b>2</b>  |
| 1- Descripción del género <i>Salmonella</i> .....                                       | 2         |
| 2- El ser humano, un riesgo microbiológico para la vida silvestre en la Antártica ..... | 3         |
| 3- Resistencia a antibióticos. Un método sensible de evaluación del impacto humano ..   | 4         |
| 4- Situación de <i>Salmonella</i> en la Antártica y zonas sub-antárticas .....          | 5         |
| <b>HIPÓTESIS</b> .....  | <b>8</b>  |
| <b>OBJETIVO GENERAL</b> .....   | <b>8</b>  |
| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....  | <b>8</b>  |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....   | <b>9</b>  |
| Muestreo.....   | 9         |
| Procesamiento de muestras .....   | 9         |
| Prueba de resistencia a antibióticos .....  | 10        |
| <b>RESULTADOS</b> .....   | <b>12</b> |
| <b>DISCUSIÓN</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>CONCLUSIÓN</b> .....   | <b>17</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>ANEXOS</b> .....   | <b>21</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabla Nro. 1.</b> Muestras positivas a <i>Salmonella enterica</i> y resistencia a antibióticos observada, según zona de muestreo, expresadas en valores numéricos (N°) y porcentajes (%). ..... | <b>21</b> |
| <b>Tabla Nro. 2.</b> Susceptibilidad observada en las cepas 122, 123, 124 y 125, según antibiótico. ....   | <b>22</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura Nro. 1.</b> Zonas de muestreo ..... | <b>21</b> |
|---|-----------|

## RESUMEN

Durante la última década la presencia humana en la Antártica se ha incrementado en forma progresiva, debido al desarrollo de la industria del turismo y a la gran cantidad de asentamientos humanos que existen en la actualidad. Este fenómeno, coincide con las altas tasas de infección registradas en los últimos años y con los recientes aislamientos de microbios que infectan humanos, presentes en animales silvestres que habitan en la Antártica y zonas sub-antárticas, algunos de los cuales, han mostrado resistencia a antibióticos. Esto ha llevado a varios investigadores a pensar que el efecto antropogénico podría estar influyendo sobre estos territorios.

En esta investigación se intentó detectar la presencia de cepas de *Salmonella enterica* resistente a antibióticos en pingüinos Papúa (*Pygoscelis papua*) que habitan la Antártica Chilena. Para esto, se tomaron 200 muestras fecales de cuatro zonas de la Península Antártica con diferente grado de exposición a la presencia humana. De estas muestras, se aislaron cuatro cepas de *S. enterica*, todas ellas provenientes de las muestras tomadas en la base General Bernardo O'Higgins. Las cuatro cepas fueron resistentes al menos a tres agentes antimicrobianos, siendo una de ellas multirresistente, mostrando resistencia contra  $\beta$ -lactámicos, fluoroquinolonas y contra la asociación de Sulfametoxazol más Trimetoprim.

Los resultados de esta investigación sugieren que los asentamientos humanos estarían afectando negativamente el medioambiente antártico, alterando la flora intestinal de la vida silvestre con la presencia de patógenos zoonóticos resistentes a antibióticos.

Palabras claves: *Salmonella enterica* - pingüinos - Antártica

## ABSTRACT

During the last decade the human presence in the Antarctica has increased progressively, due to the development of the tourism industry and the increasing number of human settlements that currently exist. This phenomenon, coincides with the high infection rates registered during the last years and with the recent isolation of microbes that infect humans, present in wild animals that inhabit in Antarctic and sub-antarctic zones, some of which have showed antibiotic resistance. In consequence, it has been hypothesized that the anthropogenic effect could be a factor influencing these territories.

In this research the detection of the presence of antibiotic resistant *Salmonella enterica* strains in Gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) that inhabit in Chilean Antarctica was attempted. 200 fecal samples were collected from four areas of the Antarctic Peninsula, all of them exposed to the human presence at different demographic levels. From these samples, four strains of *S. enterica* were isolated from samples collected at General Bernardo O'Higgins base. The four strains were resistant to at least three antimicrobial agents, and only one of them showed simultaneous resistance against  $\beta$ -lactam antibiotics, fluoroquinolones and the association of Sulfamethoxazole with Trimethoprim.

The results of this research suggest that the human settlements would be negatively affecting the antarctic environment, altering the wildlife intestinal flora with the presence of antibiotic resistant zoonotic pathogens.

Key words: *Salmonella enterica* - penguins - Antarctica

## INTRODUCCIÓN

Existe un creciente interés científico por estudiar los efectos del impacto humano en el continente antártico, el cual ha generado alteraciones en su ecosistema, afectando suelos, flora y fauna nativa, e incluso ha facilitado la introducción de especies exóticas vegetales y animales. En cuanto a la presencia de microorganismos, se sospecha que el ser humano podría ser responsable de introducir agentes infecciosos en el territorio antártico, ya que se han aislado microbios, que son patógenos para el ser humano, en aves y mamíferos marinos de la Antártica y de zonas sub-antárticas. No obstante, no se descarta la posibilidad de que el ingreso de estos patógenos se deba a otros vectores.

Resulta interesante rescatar la propuesta que vincula al ser humano como agente causal del ingreso de microorganismos infecciosos, ya que en la última década, se ha incrementado la presencia de visitantes en la Antártica debido al turismo y a la gran cantidad de asentamientos humanos que existen en la actualidad, lo cual coincide con las mayores tasa de infección registradas en los últimos años causadas por estos microorganismos.

Este escenario mantiene alerta a la comunidad científica y motiva la búsqueda de la relación entre el efecto antropogénico en la Antártica y la presencia de ciertos agentes biológicos de posible origen humano.

En este estudio se determinó la presencia de cepas de *Salmonella enterica* en materia fecal de pingüinos Papúa (*Pygoscelis papua*) de la Antártica Chilena y se evaluó la susceptibilidad de éstas a 10 antibióticos diferentes. Para ello, se usaron muestras facilitadas por un intermediario, las cuales fueron colectadas de cuatro zonas con diferente grado de exposición a la presencia humana. A través de este análisis se espera contribuir en el conocimiento de una posible asociación entre la presencia de *S. enterica* y la actividad humana en el continente antártico.



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1- Descripción del género *Salmonella*

*Salmonella* es un género de bacterias pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, compuesta por bacilos gramnegativos, anaerobios facultativos, no esporulados (García, 2011). La mayoría de las bacterias que integran este género son móviles, contando con flagelos peritricos para su desplazamiento, pero existen algunas excepciones como *S. enterica* serovar Gallinarum (Agbaje, *et al.*, 2011; García, 2011) y algunas variantes inmóviles de otros serotipos (García, 2011). *Salmonella* spp. es capaz de fermentar glucosa, pero no lactosa (lactosa negativa), es oxidasa negativa, ureasa negativa, acetil-metil-carbinol negativa, cianuro negativa y utiliza el citrato (Agbaje *et al.*, 2011). Actualmente se reconocen dos especies: *S. enterica* y *Salmonella bongori*. *S. enterica* a su vez se subdivide en seis subespecies: subespecie *enterica*, subespecie *salamae*, subespecie *arizonae*, subespecie *diarizonae*, subespecie *houtenae* y subespecie *indica* (Murray *et al.*, 2002). Tanto *S. enterica* como *S. bongori* presentan una gran variedad de serotipos (Brooks y Carroll, 2011a), pero *S. enterica* es la especie que agrupa a la mayoría de las bacterias de este género y que son responsables de generar enfermedad en los animales (García, 2011) y el ser humano (García, 2011; Murray *et al.*, 2002), presentando cerca de 2500 serotipos (Agbaje *et al.*, 2011; Brooks y Carroll, 2011a; Moxley, 2013) de los cuales el 60% de ellos pertenecen a la subespecie *enterica* (Moxley, 2013).

*Salmonella* spp. es responsable de producir infecciones intestinales y sistémicas en las personas, infectándolas generalmente a través de la ingestión de alimentos contaminados (Murray, 2002; OIE, 2013). Lo más común es que se presente como una enfermedad entérica para el ser humano y los animales, pero puede tener presentaciones clínicas extraintestinales como septicemia aguda, aborto, artritis y enfermedad respiratoria (OIE, 2013). Afecta a un amplio rango de hospedadores debido a su gran capacidad de adaptación y también se distribuyen ampliamente en el medio ambiente (García, 2011). Algunos reservorios de *Salmonella* spp. son: roedores, aves, animales domésticos, entre otros (García, 2011). También forma parte de la flora normal en los reptiles y muchos anfibios (Fisher y Boyce, 2005).

## **2- El ser humano, un riesgo microbiológico para la vida silvestre en la Antártica**

En la última década la presencia del ser humano en el continente antártico se ha incrementado debido a la fuerte expansión de la industria del turismo, movilizándolo a miles de visitantes anualmente (Bonnedahl *et al.*, 2005; Dimitrov *et al.*, 2009; Pertierra *et al.*, 2011) alcanzando la cifra de 29.530 turistas el año 2006 (IAATO, 2008). Así como ha aumentado el número de visitas, se han incrementado el número de accidentes marítimos, registrando un alarmante aumento en las últimas campañas, poniendo en grave riesgo el medioambiente antártico por la contaminación del agua (Pertierra *et al.*, 2011).

Otro motivo por el cual el turismo representa una amenaza para la vida silvestre del continente antártico es que las visitas se enfocan en las zonas costeras, significando un riesgo para la fauna silvestre que ocupa estos lugares para realizar sus actividades diarias (Dimitrov *et al.*, 2009). Además, el turismo concentra principalmente sus visitas en la temporada de verano, que corresponde a un periodo crítico para las aves y mamíferos marinos (Dimitrov *et al.*, 2009; Pertierra *et al.*, 2011), ya que entran en juego distintos factores como las épocas de apareamiento y de muda, y los deshielos propios de la temporada, creando un escenario que favorece la diseminación de microorganismos, y justamente estas fechas coinciden con una mayor presencia de *Salmonella* spp. (Dimitrov *et al.*, 2009).

Por otra parte, los asentamientos humanos de la Antártica también representan una amenaza para el ecosistema, ya que estas instalaciones podrían diseminar microorganismos que son propios del ser humano hacia el entorno (Bonnedahl *et al.*, 2005; Palmgren *et al.*, 2000), debido a que la actual normativa de protección ambiental, contemplada en el Tratado Antártico, aun permite la descarga de residuos líquidos y alimenticios hacia el mar (González, *et al.*, 2013), los cuales son comúnmente consumidos por las aves locales (Bonnedahl *et al.*, 2005).

Distintas especies de pingüinos, que habitan en las cercanías de estos asentamientos, han presentado anticuerpos contra enfermedades que afectan a aves domésticas (Palmgren *et al.*, 2000). También se han hallado microorganismos que infectan humanos alrededor de estas instalaciones (Bonnedahl *et al.*, 2005), en sus vertederos y en sus residuos líquidos (Palmgren *et al.*, 2000). Además, se ha evidenciado que los asentamientos humanos son capaces de influir sobre los niveles de resistencia a antibióticos de los microorganismos

acuáticos que se encuentran en sus alrededores, como también, de microorganismo que han sido aislados a partir de animales que habitan en las cercanías de estos lugares (Miller *et al.*, 2009).

Bonnedahl *et al.* (2005) indican que los asentamientos humanos en la Antártica podrían significar un riesgo mayor que la presencia de turistas, ya que los turistas, por la normativa vigente en el Tratado Antártico, no pueden tener interacción directa con los animales, mientras que en las estaciones antárticas existe una permanente posibilidad de que los pingüinos estén expuestos al efecto de la actividad humana. Además en su investigación no hallaron ningún microorganismo vinculado al ser humano en zonas de alta presencia de turistas.

### **3- Resistencia a antibióticos. Un método sensible de evaluación del impacto humano**

El estudio de la resistencia a antimicrobianos en las poblaciones bacterianas es una herramienta útil para evaluar el impacto humano sobre los ecosistemas (Pedraza, 2011).

Según Miller *et al.* (2009), la evaluación de la resistencia antimicrobiana del bacterioplancton de la Antártica podría ser quizás uno de los métodos más sensibles para evaluar el efecto antropogénico sobre este medio ambiente. Complementando lo anterior, Baquero *et al.* (2008), mencionan que es importante estudiar la resistencia a antibióticos en microorganismos acuáticos para observar el impacto humano sobre el medio ambiente.

Evidencias experimentales y epidemiológicas indican que el factor que induciría la selección de bacterias resistentes a antibióticos es la presencia de sustancias antimicrobianas en el medio ambiente (Cabello, 2004). Este factor injurioso (presión selectiva inducida por antibióticos) actúa sobre las bacterias, suprimiendo la población susceptible, mientras que favorece la proliferación de los mutantes resistentes. (Brooks y Carroll, 2011b; Millanao *et al.*, 2011).

Según lo indicado por Bonnedahl *et al.* (2008), la presión de selección producida por los antibióticos o el contacto con humanos serían un prerrequisito para una alta prevalencia de bacterias resistentes, por lo tanto, altos niveles de resistencia pueden ser relacionados con el incremento del contacto con humanos. Sin la presencia humana el nivel de resistencia sería indetectable (Pedraza, 2011) o dejaría de existir (Cabello, 2004). Sin embargo, la presencia

humana no es la única forma por la cual surgirían variantes resistentes, ya que se sabe que ocasionalmente aparecen bacterias que muestran resistencia a antibióticos sin haber estado sometidas a una presión selectiva inducida por el ser humano (Bonnedahl *et al.*, 2008; Pallecchi *et al.*, 2008; Pedraza, 2011). Esto podría explicarse por la capacidad de resistencia intrínseca propia de una especie (Bonnedahl *et al.*, 2008; Pedraza, 2011) o por una selección inducida ante la presencia natural de antibióticos en el medio ambiente (Bonnedahl *et al.*, 2008; Pallecchi *et al.*, 2008; Pedraza, 2011). Esto ocurre debido a la presencia de microorganismos en el ambiente que portan genes de resistencia para protegerse de sus propios elementos sintetizados, al igual que las bacterias que compartan el mismo nicho (Pedraza, 2011).

#### **4- Situación de *Salmonella* en la Antártica y zonas sub-antárticas**

Palmgren *et al.* (2000) estudiaron la presencia de *Salmonella* spp. en cinco especies de animales silvestres de la Isla Pájaro, ubicada en Islas Georgia del sur. Ellos observaron que la prevalencia de *Salmonella* aumentó de un 2% a un 10% entre 1996 y 1998. La especie animal que influyó principalmente en estos resultados corresponde al lobo marino antártico (*Arctocephalus gazella*) que registró un aumento de un 5% a un 22% entre esos años. Palmgren *et al.* (2000), en su investigación, también hacen referencia a la baja heterogeneidad presentada dentro de cada serotipo de *S. enterica*, lo cual se hace evidente por la gran similitud en el patrón de bandas electroforéticas dentro de cada uno de ellos. La baja heterogeneidad podría deberse a una alta adaptación genética, una baja presión selectiva inducida por el medio ambiente o una reciente introducción de *S. enterica* en el área. Además, la mayoría de los aislados de *S. enterica* serovar Enteritidis que se encontraron en este estudio pertenecían a los fagotipos 4 y 4-like, siendo el fagotipo 4 el más comúnmente encontrado a nivel mundial en humanos con cuadros de salmonelosis, lo cual podría indicar que los aislados tienen un origen humano y por lo tanto podrían haber sido recientemente introducidos por la actividad humana (Palmgren *et al.* 2000). En muestras tomadas el mismo año, Vigo *et al.* (2011) aislaron *S. enterica* serovar Enteritidis y *S. enterica* serovar Newport de 8,9% de petreles gigantes antárticos (*Macronectes giganteus*) y en el verano del 2003 aislaron *S. enterica* serovar Enteritidis en 1,5% de pingüinos Adelia (*Pygoscelis adeliae*); en 5,5% de aves del género *Stercorariu*; en 5,4% de

gaviotas dominicanas (*Larus dominicanus*) y en 5,6% de focas de weddell (*Leptonychotes weddellii*).

Bonnedahl *et al.* (2005), en muestras tomadas en febrero del año 2002, no detectaron *Salmonella* spp. en ninguna de las seis colonias de pingüinos que muestrearon, siendo algunas de ellas muy frecuentadas por turistas. Tampoco se aislaron de otras aves muestreadas en el mismo estudio. Años más tarde, Dimitrov *et al.* (2009) detectaron *S. enterica* en dos de tres colonias de pingüinos Papúa sólomente visitadas por científicos, con una tasa elevada de infección (43,8% en población de estación Peter Lenie y 31,3% en población de Punto Rakussa). Los autores, además observaron en este estudio, que los humanos influyen en la diversidad microbiana de la flora intestinal de pingüinos Papúa, ya que en las dos colonias con resultados positivos, existe cercanía a una colonia de pingüinos Adelia, muy frecuentada por turistas, mientras que la población que arrojó resultados negativos, se encuentra más apartada de esa colonia. Además, Dimitrov *et al.* (2009) destacan que los serotipos predominantes correspondían a *S. enterica* serovar Typhimurium y *S. enterica* serovar Enteritidis, las cuales resultan ser cepas patógenas para el ser humano. Ambos serotipos son la causa más común de salmonelosis en humanos (Palmgren *et al.*, 2000).

Entre los años 2011 y 2012, en la investigación de Pardo (2013) se logró aislar cuatro cepas de *S. enterica* de un total de 645 muestras de material fecal de pingüinos magallánicos (*Spheniscus magellanicus*) en la región de Magallanes y Antártica Chilena, registrando una tasa de infección de 0,61%. Los serotipos encontrados resultaron ser Agona y Enteritidis. De ellos, sólo el serotipo Agona mostró resistencia a antimicrobianos, observándose fenotipos de resistencia a Ceftiofur, Cefotaxima y Ampicilina.

Entre esos mismos años, en la investigación realizada por González *et al.* (2013) no se encontró la presencia de *Salmonella* spp. en muestras fecales tomadas de pingüinos Papúa de dos localidades de la Península Antártica y de una localidad de las Islas Shetland del Sur.

Entre los años 2012 y 2013, en el estudio de Meza (2013), se logró aislar ocho cepas de *S. enterica* de un total de 2.114 muestras de material fecal de pingüinos magallánicos en la región de Magallanes y Antártica Chilena. Sus resultados arrojaron una tasa de infección de

0.38 % causada por los serotipos Agona y Enteritidis. Además se observaron fenotipos de resistencia a antimicrobianos para Tetraciclina, Ampicilina, Ceftiofur y Cefotaxima.

Otra teoría que se postula sobre el origen de *Salmonella* spp. en el continente antártico y zonas sub-antárticas hace referencia a otras especies de aves silvestres como posibles vectores biológicos. Estas aves, al abarcar una mayor amplitud territorial, podrían vectorizar el agente desde zonas distantes en que efectivamente se encuentre este microorganismo, introduciéndolo en la Antártica (Dimitrov *et al.*, 2009; Palmgren *et al.*, 2000).

Según Dimitrov *et al.* (2009), la presencia de *Salmonella* spp. en los pingüinos podría ser usada como indicador de impacto humano directo o indirecto en la fauna nativa del continente antártico. Estos animales podrían ser buenos centinelas, ya que en general, las aves acuáticas poseen una amplia distribución geográfica, su identificación es relativamente fácil y son un componente fundamental de los ecosistemas acuáticos. Además, son especialmente sensibles a los cambios que se producen por la influencia del ser humano sobre sus hábitats (Jerez, 2012).

## **HIPÓTESIS**

Existen cepas de *Salmonella enterica* con resistencia a antibióticos en pingüinos Papúa (*Pygoscelis papua*) que habitan en la Antártica Chilena.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la presencia de cepas de *S. enterica* resistentes a antibióticos en pingüinos Papúa que habitan en la Antártica Chilena.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar cepas de *S. enterica* en las colonias de pingüinos Papúa que habitan en la isla Kopaitic, base General Bernardo O'Higgins, base Gabriel González Videla y Puerto Neko, ubicadas en la Antártica Chilena.
2. Determinar fenotipos de resistencia a antibióticos en las cepas de *S. enterica* aisladas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Muestreo**

Para este estudio se colectaron un total de 200 muestras de material fecal de pingüinos Papúa durante los meses de enero y febrero del año 2014. Las zonas de muestreo fueron cuatro: base Bernardo O'Higgins, isla Kopaitic, base Gabriel González Videla y Puerto Neko, todas ellas ubicadas en el Territorio Antártico Chileno (Ver anexo, Figura Nro. 1). De cada una de ellas se tomaron 50 muestras utilizando tómulas estériles, las cuales fueron introducidas en medio de transporte Cary Blair. Una vez llegada las tómulas al laboratorio, se refrigeraron a 4° C hasta su procesamiento. Las muestras obtenidas de la base Bernardo O'Higgins y la isla Kopaitic se colectaron directamente desde la cloaca de los animales, mientras que en la base Gabriel González Videla y Puerto Neko fueron obtenidas desde el medio ambiente.

La base militar Bernardo O'Higgins (63°19'15'' S, 57°51'01''W) se localiza en el extremo noroeste de la Península Antártica. La base Gabriel González Videla (64°49'00'' S, 62°51'00' W) es una base científica chilena ubicada en la costa Danco, al norte de la Península Antártica. Puerto Neko está ubicado en la zona centro-oeste de la Península Antártica y corresponde al punto más visitado por los turistas dentro de esta área geográfica. La zona centro-oeste comprende un grupo de puntos turísticos y corresponde a la segunda área geográfica más visitada por turistas. La isla Kopaitic (63°17'00'' S, 57°55'00'' W), es una isla ubicada a un km de la base militar Bernardo O'Higgins. En esta zona no hay presencia de turistas, ni asentamientos humanos, sólo hay presencia de científicos ocasionalmente.

### **Procesamiento de muestras**

El procesamiento de las muestras se realizó según el procedimiento estándar del Laboratorio de Enfermedades Infecciosas del Departamento de Medicina Preventiva Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile (Fresno *et al.*, 2013). Brevemente, cada muestra fue suspendida en el medio de pre-enriquecimiento selectivo: Agua Peptonada Fosfatada (APT) adicionada con novobiocina a una concentración de 20µg/mL. Estas suspensiones se incubaron por 18-24 hrs. a 37°C. Luego,



los cultivos fueron inoculados en el Medio Semisólido Modificado Rappaport Vassiliadis (MSRV) adicionado con novobiocina a concentración de 20µg/mL y se incubaron por 24 hrs. a 41,5°C. Posteriormente, se tomó una asada de aquellas placas con crecimiento sospechoso (halo de difusión por crecimiento bacteriano) para sembrarlas por agotamiento en el agar Xilosa-Lisina-Desoxicolato (XLD) y se incubaron por 24 hrs. a 37°C. Las colonias sospechosas se identificaron mediante una reacción de polimerasa en cadena (PCR) para el gen *invA* con el fin de corroborar la presencia de *S. enterica*. Las cepas obtenidas fueron identificadas con un número que les asignó el Director del Laboratorio de Enfermedades Infecciosas.

### **Prueba de resistencia a antibióticos**

La prueba de resistencia a antibióticos se realizó empleando el método de difusión en placa indicado en el ensayo de Kirby-Bauer, el cual contempla las recomendaciones establecidas por el Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI) e incorpora leves modificaciones (CLSI, 2006). Brevemente, Las cepas obtenidas fueron suspendidas en 2 mL de APT y se incubaron por 18-24 hrs. a 37° C, luego dicha suspensión se inoculó en 5 mL de APT y se incubó a 37° C hasta alcanzar un OD<sub>600</sub> de 0,25 ( $1-5 \times 10^8$  UFC/mL) que se determinó mediante la utilización de un espectrofotómetro. Esta técnica reemplazó el método basado en la escala de turbidez de Mc Farland que recomienda el CLSI. Una vez que se alcanzó la turbidez buscada, se extrajo parte de esta suspensión con una tórula de algodón estéril y se sembró en forma uniforme en el agar Muller-Hinton. Una vez secas las placas se procedió a colocar los siguientes sensidiscos impregnados con antibióticos: Ampicilina (10 µg), Amoxicilina con ácido clavulánico (20/10 µg), Cefotaxima (30 µg) Gentamicina (10 µg) Sulfatenoxazol con trimetoprim (1,25/23,75 µg) Tetraciclina (30 µg), Ciprofloxacino (5 µg), Cefradina (30 µg), Ceftiofur (30 µg), y Enrofloxacino (10 µg). Se utilizó la cepa de *Escherichia coli* ATCC25922 como cepa control. Luego de la aplicación de los sensidiscos, se dejaron las placas en incubación por 18-24 hrs a 36±1° C dentro de una estufa. Concluido esto, se midió el diámetro de los halos de inhibición de crecimiento bacteriano, de cada cepa, formados alrededor de los sensidiscos, expresando las medidas en milímetros de diámetro. Estas mediciones se clasificaron en las categorías Sensible (S), Sensibilidad Intermedia (SI) y Resistente (R) usando como pauta los valores de referencia estándar

establecidos por el CLSI. Con ello, se determinó la susceptibilidad de las cepas frente a los diferentes antimicrobianos y se tabularon empleando la misma nomenclatura (S, SI y R); (Ver anexo, Tabla Nro. 2). Se definió como cepa multirresistente a aquella que presentara resistencia contra tres o más antimicrobianos pertenecientes a familias diferentes.

## RESULTADOS

De un total de 200 muestras de material fecal de pingüinos Papúa, colectados de cuatro zonas dentro del Territorio Antártico Chileno durante los meses de enero y febrero del año 2014, se logró aislar cuatro cepas de *S. enterica*. Todas las cepas aisladas provenían de las muestras tomadas en la base General Bernardo O'Higgins, representando una tasa de reacción de un 8% en la colonia de pingüinos Papúa muestreados en esa zona (50 ejemplares), lo que corresponde a una tasa de reacción de un 2% en la población total muestreada (200 ejemplares); (Ver anexo, Tabla Nro. 1). En la prueba de resistencia a antibióticos se observó que todas las cepas fueron resistentes al menos a tres agentes antimicrobianos, siendo una de ellas multirresistente, la cual presentó resistencia contra  $\beta$ -lactámicos, fluoroquinolonas y contra la asociación de Sulfametoxazol más Trimetoprim (Ver anexo, Tabla Nro. 2).

## DISCUSIÓN

Las cuatro zonas geográficas en las que se colectaron las muestras poseen características distintivas en cuanto al nivel de presencia humana (número de personas) y el tipo de actividad que en ellas se realiza. La base General Bernardo O'Higgins (GBO) es una base militar chilena, de carácter permanente, con presencia humana durante todo el año, capaz de albergar un máximo de 50 personas durante el verano (MRE, 2007) y representa una fuente permanente de contaminación humana a la cual se expone la vida silvestre, ya que en los asentamientos humanos está permitida la descarga de residuos líquidos y alimenticios hacia el mar, dando paso a que el ser humano intervenga sobre el ecosistema antártico (Bonnedahl *et al.*, 2005; González *et al.*, 2013). La base Gabriel González Videla (GGV) es un asentamiento humano de carácter estacional, funcionando sólo durante la temporada de verano, con la capacidad de albergar un máximo de 23 personas. Su presencia implica similares consecuencias a las de la base GBO, con la diferencia de que la base GGV alberga un menor número de personas y se establece por un periodo de tiempo determinado. Puerto Neko es un punto turístico altamente frecuentado, donde todos los años hay un constante recambio de visitantes. Al igual que la base GGV, el turismo se realiza en una temporada determinada dentro del año. Además, esta actividad está sujeta a estrictas medidas de protección medio ambiental que pretenden mitigar el impacto humano sobre el ecosistema, entre ellas, manejar de los desechos humanos dentro del buque, prohibir el contacto con animales, no dejar ninguna pertenencia en los lugares visitados y prohibir la eliminación de residuos al sur de la convergencia antártica (Bonnedahl *et al.*, 2005). La isla Kopaitic es un lugar en la cual no hay presencia de turistas ni asentamientos humanos, sólo llegan científicos ocasionalmente a realizar estudios.

Considerando que la principal forma de diseminación de *S. enterica* al continente antártico es por medio de la eliminación de desechos humanos, ya que este agente se transmite por vía fecal-oral, la forma en que cada entidad (turismo, asentamientos humanos, científicos en terreno) dispone los desechos humanos podría entregar luces de cuál es la actividad humana que mayores repercusiones trae al medio ambiente, siendo incluso más importante que el nivel de presencia humana, el cual también es un factor que contribuye a la

diseminación de microbios, ya que mientras mayor sea el número de visitantes aumenta el riesgo de contagio o ingreso del agente.

De las cuatro zonas muestreadas, sólo las muestras de la base GBO arrojaron resultados positivos a *S. enterica*, por lo tanto, es posible pensar que la base GBO genere un mayor impacto ambiental en el ecosistema antártico en comparación a los otros puntos de muestreo.

Basándose en la lógica antes mencionada, en términos generales, se puede atribuir mayor grado de responsabilidad a los asentamientos humanos que a las actividades turísticas en la diseminación de agentes patógenos zoonóticos. Sin embargo, para aclarar esta hipótesis se requieren más estudios.

A pesar de que tanto la base GGV como la base GBO son asentamientos humanos, solo la base GBO arrojó resultados positivos. Esto podría deberse a que la base GBO es de carácter permanente y además alberga un mayor número de individuos.

Por otra parte, hay que considerar que la técnica usada para el procesamiento pudo influir sobre los resultados obtenidos, debido a que el procesamiento de las muestras se extendió por varios meses, pudiendo ocurrir una pérdida de viabilidad bacteriana. Por esto, no se puede descartar la situación de que el patógeno buscado haya estado presente en alguno de los otros puntos geográficos o que la tasa de reacción en la base GBO haya sido mayor a la obtenida. Sin embargo, se debe considerar que *Salmonella* spp. es un género de bacterias muy resistentes a las condiciones medioambientales, teniendo una extraordinaria capacidad de adaptación a diversos ambientes. Esto le permite una amplia distribución en la naturaleza, colonizar un amplio rango de hospederos (Domínguez, *et al.*, s.f.), sobrevivir en forma libre en suelos húmedos y sombríos (Ruiz, 2009) y sobrevivir a temperatura de refrigeración por largos períodos (MPS, 2011), como también en las gélidas aguas de la Antártica (Palmgren *et al.*, 2000). Además es un agente muy poco exigente en sus requerimientos nutricionales (Domínguez *et al.*, s.f.; Ruiz, 2009).

Otra variable es el método de colección de la muestra, el cual fue desigual entre aquellas tomadas en enero (cloacales) con respecto a las tomadas en febrero (ambientales), lo cual pudo haber incidido sobre los resultados obtenidos. Una forma de despejar esta variable es emplear sólo una técnica de muestreo o ambas a la vez para cada zona. Esta última

entregaría información adicional, ya que permite ver cómo influye la técnica de muestreo en los resultados.

En cuanto a la prueba de resistencia a antibióticos, se observó que todas las cepas fueron resistentes al menos a tres agentes antimicrobianos, donde la más resistente de ellas presentó resistencia contra antimicrobianos pertenecientes a tres familias diferentes (cepa multirresistente) (Ver anexo, Tabla Nro. 2). Estos niveles de resistencia sugieren que el ser humano, particularmente, los asentamientos humanos, estarían influyendo negativamente sobre el ecosistema antártico, ejerciendo una presión selectiva en el medio ambiente, posiblemente por la descarga de aguas residuales con restos de antibióticos. Dicha presión selectiva contribuiría a la selección paulatina de mutantes resistentes (Brooks y Carroll, 2011b; Millanao *et al.*, 2011) dentro de la población de bacterias presentes en el medio acuático, representando un reservorio natural de genes con determinantes de resistencia, capaces de transferirse de forma horizontal entre diferentes bacterias acuáticas no patógenas, patógenos de animales, patógenos zoonóticos y patógenos humanos (Angulo, 2000; Baquero *et al.*, 2008; Millanao *et al.*, 2011). Por otra parte, dicha resistencia pudo haberse originado en el intestino de humanos tratados con antibióticos en la Antártica, dispersándose en este caso bacterias resistentes. Esta resistencia se pudo generar por mutaciones cromosómicas y transferencia horizontal de genes de resistencia entre microorganismos comensales y microorganismos patógenos, como por ejemplo, *Salmonella* spp.

Otro escenario posible es que la resistencia observada no se haya originado dentro del territorio antártico, sino en otras partes del mundo, es decir, que hayan sido vectorizados desde a fuera del continente microorganismos resistentes y multiresistentes, los que se habrían propagado en el medioambiente antártico, posiblemente a través de la descarga de residuos líquidos y desperdicios humanos (heces, alimentos, etc.) hacia el mar o a través de fómites contaminados que entran en contacto con los suelos antárticos.

Cualquiera sea el escenario, los hallazgos del presente estudio sugieren que las medidas implementadas por las autoridades no son suficientes para combatir el efecto antropogénico o que la aplicación de estas medidas no se está realizando de la forma adecuada por parte de las diferentes entidades (empresas de turismo, asentamientos humanos, científicos en terreno).

Con respecto a otras posibles rutas de entrada de *S. enterica* a la Antártica, diversos autores plantean que la vida silvestre podría estar implicada en la diseminación de microorganismos resistentes como consecuencia de su exposición al efecto antropogénico (Palmgren *et al.*, 2000; Pedraza, 2011). Distintos estudios han confirmado la presencia de *Salmonella* spp. en animales silvestres de comportamiento migratorio, cuyos rangos geográficos abarcan variadas zonas en la que hay presencia de actividad humana (Palmgren *et al.*, 2000; Fresno *et al.*, 2013; Vigo *et al.*, 2011). Entre estos, es destacable el papel que juegan las aves migratorias como una probable ruta de entrada de microorganismos exóticos, ya que estas cubren amplias extensiones geográficas (Palmgren *et al.*, 2000; Vigo *et al.*, 2011) y a lo largo de su recorrido pasan sobre desperdicios humanos, ríos y lagos contaminados y campos fertilizados con abono derivado de la producción animal (Vigo *et al.*, 2011). Además representan comúnmente un reservorio natural de *Salmonella* spp. (García, 2011). Cabe destacar que algunas de estas aves recorren las costas chilenas en su longitud y es sabido que en Chile el litoral, las aguas de sus ríos y sus lagos presentan contaminación con los más variados patógenos bacterianos de humanos y animales, varios de los cuales son resistentes a antibióticos (Cabello, 2004).

Un posible candidato que pudiera vectorizar *S. enterica* a la Antártica es el pingüino Papúa, ya que se distribuye ampliamente por las zonas sub-antárticas, abarcando la zona sur de Chile y Argentina, hasta la Península Antártica. Esta distribución geográfica las hace propensas a exponerse al efecto antropogénico propio del extremo sur de Sudamérica. En estas zonas hay muchos asentamientos humanos, entre ellos, existen empresas dedicadas a la piscicultura, cuya presencia puede ser un factor de riesgo para la aparición de bacterias resistente que podrían estar infectando a los pingüinos. De acuerdo a Millanao *et al.*, (2011) el uso industrial de antibióticos, incluyendo el rubro de la piscicultura, constituye probablemente la principal causa de la proliferación de bacterias resistentes a antibióticos en Chile, debido a la alta presión selectiva que generan sobre el medio ambiente.

## CONCLUSIÓN

Se confirma la presencia de cepas de *S. entérica* con fenotipos de resistencia antimicrobiana en pingüinos Papúa que habitan en la Antártica Chilena. Estos resultados sugieren que los asentamientos humanos están afectando negativamente el medio ambiente antártico alterando la flora intestinal de la vida silvestre con patógenos zoonóticos resistentes a antibióticos, en este caso, *Salmonella enterica*.



## BIBLIOGRAFÍA

**AGBAJE, M.; BEGUM, R.; OYEKUNLE, M.; OJO, O.; ADENUBI, O.** 2011. Evolution of *Salmonella* nomenclature: a critical note. *Folia Microbiol.* 56: 497-503.

**ANGULO, F.** 2000. Agentes antimicrobianos en acuicultura: impacto potencial en la salud pública. *Enf. Infec. Y Micro.* 20(6) 217-219.

**BAQUERO, F.; MARTÍNEZ, J.; CANTÓN, R.** 2008. Antibiotics and antibiotic resistance in water environments. *Curr. Opin. biotech.* 19: 260-265.

**BONNEDAHL, J.; BROMAN, T.; WALDENSTRÖM, J.; PALMGREN, H.; NISKANEN, T.; OLSEN, B.** 2005 In search of human-associated bacterial pathogens in Antarctic wildlife: Report from six penguin colonies regularly visited by tourists. *Polar Biol.*: 759-763.

**BONNEDAHL, J.; OLSEN, B.; WALDENSTRÖM, J.; BROMAN, T.; JALAVA, J.; HUOVINEN, P.; ÖSTERBLAD.** 2008. Antibiotic susceptibility of faecal bacteria in Antarctic penguins. *Ambio.* 34 (6): 430-432.

**BROOKS, G.; CARROLL, K.** 2011a. Bacilos gramnegativos entéricos (*Enterobacteriaceae*). **In:** Jawetz, Melnick y Adelberg *Microbiología Médica*. 25a ed. Mc Graw-Hill. pp. 213-226.

**BROOKS, G.; CARROLL, K.** 2011b. Quimioterapia antimicrobiana. **In:** Jawetz, Melnick y Adelberg *Microbiología Médica*. 25a ed. Mc Graw-Hill. pp. 339-372

**CABELLO, F.** 2004. Antibióticos y acuicultura en Chile: consecuencias para la salud humana y animal. *Rev. Med. Chile* 132: 1001-1006.

**CLINICAL LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (CLSI).** 2006. Performance standards for Antimicrobial disk Susceptibility Test; approved standard – 9th ed. CLSI document M2-A9. 26: 1. Clinical Laboratory Standards Institute, Wayne, PA.

**DIMITROV, K.; METCHEVA, R.; KENAROVA, A.** 2009. Salmonella presence – An indicator of direct and indirect human impact on gentoo in Antarctica. *Biotechnol. & Biotechnol. EQ.*: 246-249.

**DOMÍNGUEZ, L.; TELLES, S.; PORRERO, C.** s.f. La salmonela y el sector porcino. *La Tierra. Cuader.* pp: 47-49.

**FISHER, R.; BOYCE, T.** 2005. Gastrointestinal syndromes. **In:** Moffet's. *Pediatric infectious diseases: A problema-oriented approach*. 4<sup>ta</sup> ed. LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS. pp. 420-467.

**FRESNO, M.; BARRERA, B.; GORNALL, V.; LILLO, P.; PAREDES, N.; ABALOS, P.; FERNÁNDEZ, A.; RETAMAL, P.** 2013. Identification of diverse *Salmonella*

Serotypes, Virulotypes, and Antimicrobial Resistance Phenotypes in Waterfowl From Chile. *Vector-Borne Zoonot.* 13: 4p.

**FRESNO, M.; BARRETO, M.; GUTIÉRREZ, S.; DOUGNAC, C.; ABALOS, P.; RETAMAL, P.** 2014. Serotype-associated polymorphisms in a partial *rpoB* gene sequence of *Salmonella enterica*. *Can. J. Microbiol.* 60: 177–18.

**GARCÍA, C.** 2011. Salmonelosis porcina en España: prevalencia, factores de riesgo y resistencia antimicrobiana. Tesis Doctoral. León, España. U. de León, Departamento de Sanidad Animal. 197p.

**GOBIERNO DE CHILE, MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES (MRE).** 2007. Intercambio de información pre temporada 2006 - 2007 del gobierno de Chile, de acuerdo con la resolución 6 (2001). [en línea]. <[www.ats.aq/devAS/..%5Cdocuments%5Cie%5Cclpre07s.doc](http://www.ats.aq/devAS/..%5Cdocuments%5Cie%5Cclpre07s.doc)> [Consulta: 24-11-2014].

**GONZÁLEZ, D.; HERNÁNDEZ, J.; MORENO, L.; HERRMANN, B.; PALMA, R.; LATORRE, A.; MEDINA, G.; KINSELLA, M.; MARTÍN, N.; ARAYA, K.; TORRES, I.; FERNÁNDEZ, N.; OLSEN, B.** 2013. Health evaluation of wild gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) in the Antarctic Peninsula. *Polar Biol.* 36: 1749-1760.

**INTERNATIONAL ASSOCIATION ANTARCTICA TOUR OPERATORS (IAATO).** 2008. 1992-1997 Antarctic tourist trends. Landed (includesship and land-based passengers numbers. 1997-98 onwards includes some commercial yacht activity) March 14, 2008. [en línea]. <<http://iaato.org/tourism-statistics>> [consulta: 7-06-2014].

**JEREZ, S.** 2012. Los pingüinos: bioindicadores de la contaminación ambiental en la península Antártica e islas asociadas. Tesis doctoral en toxicología, medicina veterinaria. Murcia, España. U. de Murcia. Fc. de Veterinaria. 230p.

**MEZA, K.** 2013. Aislamiento de cepas de *Salmonella enterica* desde pingüinos de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) de la Región de Magallanes y Antártica Chilena y determinación de resistencia a antibióticos. Memoria título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. p.

**MILLANAO, A.; BARRIENTOS, M.; GÓMEZ, C.; TOMOVA, A.; BUSCHMANN, A.; DÖLZ, H.; CABELLO, F.** 2011. Uso inadecuado y excesivo de antibióticos: Salud pública y salmonicultura en Chile. *Rev. Med. Chile* 139: 107-118.

**MILLER, R.; GAMMON, K.; DAY, M.** 2009. Antibiotic resistant among bacteria isolated from seawater and penguin faecal samples collected near Palmer Station, Antarctica. *Can. J. Microbiol.*: 37-45.

**MOXLEY, R.** 2013. Family Enterobacteriaceae. **In:** Mcvey, S.; Kennedy, M.; Chengappa, M. *Veterinary Microbiology*. 3ra ed. Wiley-Blackwell. pp. 75-84.

**MURRAY, P.; ROSENTHAL, K.; KOBAYASHI, G.; PFALLER, M.** 2002. Microbiología médica. 4ta ed. MMII, Mosby, Inc. Madrid, España. 262-270.

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SANIDAD ANIMAL (OIE).** 2013. Salmonellosis. [en línea] cap. 2.9.9. **In:** Manual de las pruebas de diagnóstico y de las vacunas para los animales terrestres 2013. <<http://www.oie.int/es/normas-internacionales/manual-terrestre/acceso-en-linea/>> [consulta: 26-05-2014].

**PALLECCHI, L.; BARTOLONI, A.; PARADISI, F.; ROSSOLINI, G.** 2008. Antibiotic resistance in the absence of antimicrobial use: mechanisms and implications. Expert Rev. Anti-Infe. The. 6.5: p725.

**PALMGREN, H.; McCAFFERTY, D.; ASPÁN, A.; BROMAN, T.; SELLIN, M.; WOLLIN, R.; BERGSTRÖM, S. OLSEN, B.** 2000. Salmonella in sub-Antarctica: low heterogeneity in salmonella serotypes in South Georgian seals and birds. Epidemiol. Infect.: 257-262.

**PARDO, C.** 2013. Caracterización de cepas de *Salmonella entérica* en pingüinos de la región de Magallanes y la antártica chilena y, comparación genotípica con cepas aisladas de otras especies. Tesis Magister en Ciencias Animales y Veterinarias, Mención Patología Animal. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 60p.

**PEDRAZA, S.** 2011. Impacto de las actividades humanas en el estado sanitario de fócidos y otarios en la península Antártica. Ecosistemas 20(1): 87-93.

**PERTIERRA, L.; TEJEDO, P.; BENAYAS, J.; BOADA, M.** 2011. Evolución del turismo en la Antártida: Impactos y tendencias futuras. Quercus. 300: 52-60.

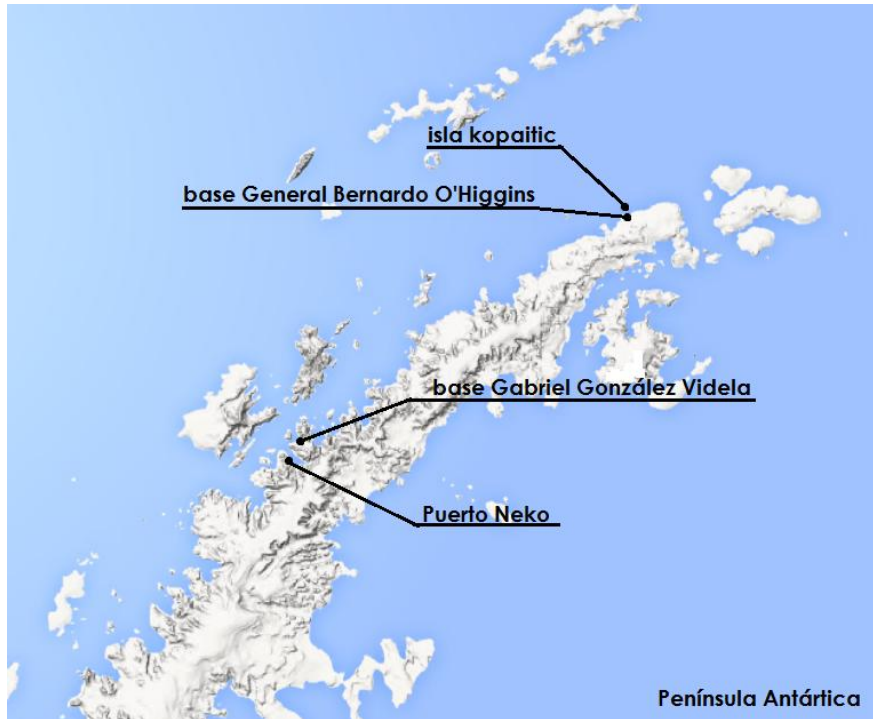
**REPUBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL (MPS).** 2011. Perfil de riesgo *Salmonella* spp. (no tifoideas) en pollo entero y en piezas. [en línea]. <[http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/uruguay/Documentos%20de%20la%20Oficina/Curso BPPPA/Literatura/Colombia,%20PERFIL%20DE%20RIESGO%20SALMONELLA%20SPP.pdf](http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/uruguay/Documentos%20de%20la%20Oficina/Curso%20BPPPA/Literatura/Colombia,%20PERFIL%20DE%20RIESGO%20SALMONELLA%20SPP.pdf)> [Consulta: 11-11-14].

**RUIZ, N.** 2009. Identificación de *Salmonella* spp. en tortugas motelo (*Geochelone denticulata*) de un criadero de la ciudad de Iquitos, región Loreto. Memoria Título Médico Veterinario. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 58 p.

**VIGO, G.; LEOTTA, G.; CAFFER, M.; SALVE, A.; BINSZTEIN, N.; PICHEL, M.** 2011. Isolation and characterization of *Salmonella enterica* from Antarctic Wildlife. Polar Biol. 34: 675-681.

## ANEXOS

**Figura Nro. 1.** Zonas de muestreo



En esta imagen se observan los cuatro puntos geográficos de donde se colectaron las muestras de heces de pingüinos Papúa. Península Antártica, Territorio Antártico Chileno.

**Tabla Nro. 1.** Muestras positivas a *Salmonella enterica* y resistencia a antibióticos observada, según zona de muestreo, expresadas en valores numéricos (N°) y porcentajes (%).

| Zona de muestreo                | N° de muestras | Muestras positivas<br>N° (%) | Aislados resistentes<br>N° (%) |
|---------------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|
| Base General Bernardo O'Higgins | 50             | 4 (8%)                       | 4 (100%)                       |
| Base Gabriel González Videla    | 50             | 0                            | 0                              |
| Isla Kapaitic                   | 50             | 0                            | 0                              |
| Puerto Neko                     | 50             | 0                            | 0                              |
| <b>Total</b>                    | <b>200</b>     | <b>4 (2%)</b>                | <b>4 (100%)</b>                |

**Tabla Nro. 2.** Susceptibilidad observada en las cepas 122, 123, 124 y 125, según antibiótico.

| Antibióticos               | Susceptibilidad por cepa |     |     |     |
|----------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|
|                            | 122                      | 123 | 124 | 125 |
| Amox. + AC. <sup>a</sup>   | -                        | R   | R   | R   |
| Ampicilina                 | -                        | R   | -   | R   |
| Cefadroxilo                | R                        | R   | R   | R   |
| Cefotaxima                 | R                        | -   | SI  | R   |
| Cefradina                  | -                        | R   | -   | -   |
| Ceftiofur                  | R                        | -   | R   | R   |
| Enrofloxacino              | -                        | -   | -   | R   |
| Gentamicina                | -                        | -   | -   | -   |
| Sulf. + Trim. <sup>b</sup> | -                        | -   | -   | R   |
| Tetraciclina               | -                        | R   | SI  | SI  |

R: cepa resistente, SI: cepa con sensibilidad intermedia, “-”: cepa sensible.

<sup>a</sup> Amoxicilina con Acido Clavulánico

<sup>b</sup> Sulfametoxazol con Trimetoprim