



**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y AGRONOMÍA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

Tesis:

“Evaluación temporal de indicadores de bienestar animal en infecciones naturales con *Piscirickettsia salmonis* en salmón del Atlántico”.

Trabajo de Título para ser presentado
como requisito para Optar al título de
Médico Veterinario

Profesor guía: Hernán Cañón Jones
Profesor corrector: Natalia Lam

Leda Luciana Loume David

SANTIAGO – CHILE

2019

Agradecimiento:

El mayor agradecimiento es a mi pareja Arantza Joga por la paciencia y ayuda durante este proceso.

Agradecimiento especial para mi Profesor Guía Dr. Hernan Cañon, por su paciencia y su constante apoyo durante el desarrollo de esta tesis.

Agradecer a mi familia el apoyo, especialmente a mi madre que siempre confió en mí.

En especial me gustaría poder agradecer a mis compañeras de estudios Fernanda Rojas y Carla Cerda, que a lo largo de estos años han pasado a ser un pilar en mi vida y unas grandes amigas, por cada palabra, por vivenciar, acompañar y apoyar todo este largo proceso, por todo el cariño, contención y amor. Porque solo ustedes saben lo hermoso que fue poder conocernos.

A mis compañeros y amigos por compartir las angustias y gratificaciones, a todos ellos gracias.

Con mucho cariño, Leda Luciana Loume David.

Dedicatoria:

A mi pareja Arantza Joga B.;

A mis padres y hermano.;

A mis amigos y amigas.

Resumen

La piscirickettsiosis es una enfermedad contagiosa sistémica de los peces teleósteos cuyo agente causal es *Piscirickettsia salmonis*, una bacteria gram negativa intracelular facultativa. Esta enfermedad se ha descrito esporádicamente en distintas áreas geográficas y especies de peces en el mundo, pero es endémica y particularmente severa en salmónidos criados en agua de mar en Chile. Responsable de una elevada mortalidad en salmónidos, con el consiguiente impacto económico en la industria.

En este trabajo de título se trabajó en centros de engorda en mar con salmones del Atlántico evaluando indicadores de bienestar basados en el animal (SRS, catarata, lesión de aleta dorsal, descamación y lesión en cuerpo y ojo), y en el medio ambiente (oxígeno, caligidosis y factor de condición) hasta los brotes de piscirickettsiosis en condiciones productivas (90 días).

Se pudo evidenciar cambios negativos en el score Welfare en centros previo a los brotes en centros que finalmente se diagnosticaron clínicamente con SRS. Por ejemplo el indicador que evidenció un mayor cambio (92,5% a un 63%) fue cataratas.

Finalmente, se demostró que el uso de mediciones continuas de bienestar a través de un score, permitiría predecir tempranamente la enfermedad y podría ser utilizado como una herramienta epidemiológica mas para el control y prevención de piscirickettsiosis.

Summary

Piscirickettsiosis is a systemic contagious disease of teleost fishes whose causative agent is *Piscirickettsia salmonis*, a facultative intracellular gram negative bacterium. This disease has been described sporadically in different geographical areas and fish species in the world, but it is endemic and particularly severe in salmonids reared in seawater in Chile. Responsible for high mortality in salmonids, with the consequent economic impact on the industry.

In this title work we worked in sea-farmed centers with salmon from the Atlantic evaluating animal-based welfare indicators (SRS, cataract, dorsal fin injury, desquamation and injury in body and eye), and in the environment (oxygen, calligidosis and condition factor) until outbreaks of piscirickettsiosis in productive conditions (90 days).

It was possible to show negative changes in the Welfare score in centers prior to outbreaks in centers that were finally diagnosed clinically with SRS. For example, the indicator that showed the greatest change (92.5% to 63%) was cataracts.

Finally, it was demonstrated that the use of continuous measures of well-being through a score would allow early prediction of the disease and could be used as an epidemiological tool for the control and prevention of piscirickettsiosis.

Índice general

Tabla de contenido

1.- Introducción	1
2.- Revisión bibliográfica	2
3.- Objetivos generales y específicos	9
4.- Materiales y métodos	9
5.-Resultados	14
6.-Discusión.....	59
7.-Conclusión	61
8- Bibliografía	62

Índice de Figuras

Figura 1.1, Porcentaje de antibiótico utilizado en la salmonicultura en Chile para el período 2005-2012 (Fuente: Sernapesca).	1
Figura 5.1 Curva de Welfare diario de los 6 centros.,.....	22
Figura 5.2, Curva de Welfare semanal de los 6 centros.	24
Figura 5.3, Curva de Welfare mensual de los 6 centros.....	25
Figura 5.4 Curva de Welfare global de los 6 centros.,	29
Figura 5.5, Curva de Welfare diario de los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).....	32
Figura 5.6, Curva de Welfare semanal de los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).	33
Figura 5.7, Curva Welfare mensual de los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).	34
Figura 5.8, Curva de Welfare global de los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).....	38
Figura 5.9, Curva Welfare del indicador Factor de condición de los 6 centros.	40
Figura 5.10, Curva de Welfare del indicador lesión de aleta dorsal de los 6 centros.....	42
Figura 5.11, de Welfare del indicador descamación de los 6 centros..	42
Figura 5.12, Curva Welfare del indicador lesión en cuerpo y ojo de los 6 centros.....	43
Figura 5.13, Curva de Welfare del indicador catarata de los 6 centros.....	44
Figura 5.14, Curva de Welfare del indicador caligidosis de los 6 centros	45

Figura 5.15, Curva de Welfare del indicador SRS para los 6 centros.	49
Figura 5.16, de Welfare del indicador oxigeno de los 6 centros..	49
Figura 5.17, Curva de Welfare del indicador factor de condición para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).	50
Figura 5.18, Curva de Welfare del indicador lesión de aleta dorsal para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).....	52
Figura 5.19, Curva de Welfare del indicador descamación para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).....	52
Figura 5.20, de Welfare del indicador lesión en cuerpo y ojo para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).....	53
Figura 5.21, Curva de Welfare para el indicador catarata para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS)..	54
Figura 5.22, Curva de Welfare del indicador caligidosis para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS)..	55
Figura 5.23, Curva de Welfare del indicador oxigeno para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS)..	59
Figura 5.24, Curva de Welfare del indicador mortalidad para 2 centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).	60
Figura 5.25, Curva de Welfare del indicador SRS para dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).....	61

Figura 5.26, Curva de bienestar global diario en 6 centros de producción en agua de mar .62

Figura 5.27, Curva de bienestar global diario en los dos centros de producción en agua de mar que fueron diagnosticados clínicamente con SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS)..... 63

Índice de Tablas

Tabla 5.1: Welfare diario de los 6 centros, 2018.....	19
Tabla 5.2: Welfare semanal de los 6 centros, 2018.	23
Tabla 5.3: Welfare mensual de los 6 centros, 2018.	24
Tabla 5.4: Welfare global de los 6 centros, 2018.	25
Tabla 5.5: Welfare diario de los dos centros con signología asociada a SRS, 2018.....	29
Tabla5. 6: Welfare semanal de dos centros con signología asociada a SRS, 2018.	33
Tabla 5.7: Welfare mensual de los dos centros con signología asociada a SRS, 2018.	34
Tabla 5.8: Welfare global de los dos centros con signología asociada a SRS, 2018.	35
Tabla 5.9: Welfare del indicador Factor de condición de los 6 centros, 2018.	39
Tabla 5.10: Welfare de los indicadores semanales de los 6 centros, 2018.....	41
Tabla 5.11: Welfare de los indicadores diarios SRS y Oxigeno para los 6 centros, 2018. .	45
Tabla 5.12: Welfare del indicador Factor de condición para los dos centros con signología asociada a SRS, 2018.	50
Tabla 5.13: Welfare de los indicadores semanales para los dos centros con signología asociada a SRS,2018..	51
Tabla 5.14: Welfare de los indicadores diarios para los dos centros con signología asociada a SRS 2018.	56

1.- Introducción

La industria salmonera chilena ha logrado un enorme crecimiento y ha pasado a ser un pilar importante de la diversificación económica nacional y en una de las bases fundamentales de la estrategia orientada a convertir a Chile en una potencia alimentaria. El país juega un rol destacado a nivel mundial en la producción de salmón, en los últimos diez años, la industria ha acumulado una tasa anualizada de crecimiento de 15%, este gran desarrollo en la salmonicultura le ha permitido situarse como uno de los líderes a nivel mundial, ocupando hoy el segundo lugar de producción, detrás de Noruega (Quiroz *et al.*, 2005).

Los productores de salmón saben que la sanidad de los peces es un factor que puede aplacar la expansión de la industria. Ello motiva la labor de investigación que se ha realizado tanto en Chile como en el extranjero para evitar la propagación de enfermedades entre los salmónidos, a través de estudios de patogenia, pruebas de diagnóstico y la búsqueda de variedades genéticas más resistentes. Cifras del Banco Mundial indican que en el mundo la acuicultura ha llegado a perder hasta tres mil millones de dólares al año por enfermedades, algunas ya endémicas, que no se trataron de manera oportuna (Anón, 2000).

A inicios de la década de los noventa, la aparición de diferentes enfermedades como la producida por *Piscirickettsia salmonis* (llamada Síndrome Rickettsial del Salmón SRS) causaron pérdidas de hasta un 90% en centros de engorda de salmónes. Esta bacteria fue aislada inicialmente en Chile en 1989, desde centros de cultivo afectados por altas mortalidades y se estima que este microorganismo estaría presente al menos desde 1981. Hasta 1992 se pensó que se trataba de una enfermedad autóctona que se presentaba solamente en el salmón coho, pero posteriormente se identificó la misma bacteria en cultivos de Escocia, Canadá y Noruega. Ahora se sabe que este agente afecta a todas las especies de salmónidos cultivados en Chile, siendo una enfermedad endémica en la mayoría de los centros de cultivo de la Décima Región (Larenas *et al.*, 2000). Recientes reportes de *P. salmonis* y de otros microorganismos similares en nuevos hospederos y regiones geográficas, han aumentado el interés en la bacteria (Fryer y Hedrick, 2003).

Con esta investigación se espera poder adelantarse al brote de SRS mediante indicadores tempranos de bienestar animal para poder armar un plan de prevención para la infección de

Piscirickettsia salmonis en salmones del atlántico y de esta manera evitar las altas pérdidas que produce esta enfermedad en centros de engorda y utilizar racionalmente los antibióticos para evitar la resistencia microbiana.

2.- Revisión Bibliográfica

2.1.-Acuicultura en el mundo y en Chile

Los principales países productores de Salmón Atlántico (*Salmo salar*) cultivado, que constituye más del 90% del mercado del salmón de piscifactoría en el mundo son Noruega, Chile, Canadá y Escocia. Las notables ventajas competitivas globales de Chile para el cultivo del salmón se relacionan al hecho de que el sur de Chile es de los pocos lugares del mundo con una importante presencia de archipiélagos o fiordos adecuadamente protegidos y con corrientes y temperatura que permiten desarrollar el cultivo (Programa Estratégico Salmón Sustentable, 2016)

En la actualidad, Noruega y Chile son los países con mayor potencial de crecimiento. Noruega producto de sus extraordinarios avances científicos y tecnológicos, y Chile por sus privilegiadas condiciones naturales, bajos costos de mano de obra y de los alimentos para peces por lo que Chile se ha establecido como productor importante desde que el salmón del Atlántico fue introducido desde Noruega y Escocia a principio de los 1980s. Chile se beneficia de bajos costos de producción y acceso fácil a la harina de pescado para la producción de alimentos para salmón, lo que le permite competir por mercados lucrativos con los productores del hemisferio norte. Actualmente, la salmonicultura representa el 36% de las exportaciones de alimentos y proporciona empleo directo e indirecto a más de 70.000 personas, muchas en zonas remotas (Mardones et al., 2018).

2.2.- Enfermedades en la acuicultura mundial y Chile

La producción de peces es vulnerable a los efectos adversos de las enfermedades y condiciones ambientales. Las enfermedades de mayor importancia sanitaria y económica en salmónidos en etapa de agua de mar son, actualmente, la caligidosis, la piscirickettsiosis (Chile, 2012) y la anemia infecciosa del salmón. Dichas enfermedades se caracterizan por provocar mortalidad en los peces, aumento de los costos de producción por concepto de prevención y control, además de la disminución en la conversión alimentaria.

2.3.- Antibióticos y acuicultura en Chile

Chile es uno de los mayores actores en acuicultura en el mundo. En la industria acuícola existe uso de varios antibióticos, y está ligado a la necesidad de prevenir (uso profiláctico) y controlar la incidencia de patógenos que afectan los sistemas de cultivo, tal como *Piscirickettsia salmonis*. Según Sernapesca (2017), los antibióticos autorizados para su uso en el país son el ácido oxolínico, amoxicilina, eritromicina, flumequina, florfenicol y oxitetraciclina. De éstos, los más utilizados son el florfenicol y la oxitetraciclina, que corresponden a un 54 y 43%, respectivamente. El uso de fluoroquinolonas se ha ido desincentivando para prevenir la posible selección de resistencia en microorganismos, ya que es un antimicrobiano de última generación y de amplio uso en medicina humana; esto se ve reflejado en el abrupto descenso en el consumo de flumequina y ácido oxolínico a partir del año 2009, con valores que rondan el 1% (figura 1). Los datos disponibles no dan cuenta de qué cantidad de estos antibióticos se consumen en la etapa de agua dulce y en la de agua de mar.

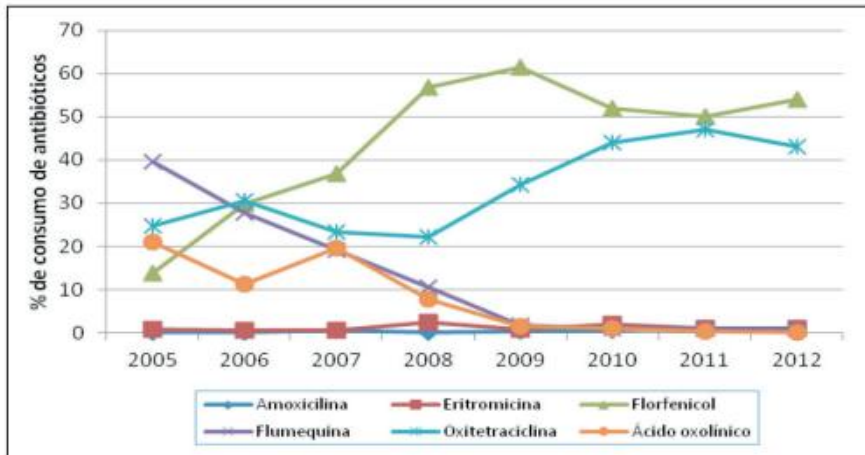


Figura 1. Porcentaje de antibiótico utilizado en la salmonicultura en Chile para el período 2005-2012 (Fuente: Sernapesca)

2.4.- Descripción de la Piscirickettsiosis

La piscirickettsiosis o SRS ha sido históricamente el problema de salud más importante de salmónidos cultivados durante la fase de producción del crecimiento en la industria chilena. SRS es causada por la bacteria *Piscirickettsia salmonis* y es responsable de aproximadamente el 50,5 a 97,2% del total de mortalidad de los salmones en la industria (Mardones et al., 2018).

El agente causal es *Piscirickettsia salmonis* es una bacteria gram negativa que replica en las vacuolas citoplasmáticas de los peces susceptibles (Fryer et al., 1992). En Chile causa brotes con elevadas mortalidades acumuladas, que van desde un 30 a un 90% (Birkbeck et al., 2004). Los signos clínicos se caracterizan por nado superficial, letargia, orillamiento y oscurecimiento de la piel. Otros peces en cambio no presentan signos clínicos aun estando enfermos (Bravo y Campos, 1989, Schäfer et al., 1990). Las lesiones microscópicas externas más relevantes incluyen descamación, palidez branquial, equimosis y petequias en la base de las aletas, nódulos y úlceras en piel de hasta 2 cm. (Bravo y Campos, 1989). Los niveles de hematocrito demuestran una anemia severa (Fryer et al., 1990). La piscirickettsiosis es una enfermedad sistémica. Lesiones renales y en bazo son observadas en los peces enfermos. Existen zonas de necrosis en los tejidos hematopoyéticos y los microorganismos son microscópicamente observables en las vacuolas citoplasmáticas (Lannan y Fryer, 1993). Se describen entre los métodos diagnósticos: Visualización de la rickettsia por medio de tinción de Giemsa (Garcés et al., 1991). Otro método es en tinción acridina –naranja que es menos sensible pero de rápida detección (Lannan y Fryer, 1991). El aislamiento de SRS, en cultivos, se ha realizado en diferentes líneas celulares obteniendo resultados a los 14 o 17 días dependiendo de la temperatura de cultivo (Cvitanich et al., 1991). Detección serológica se ha realizado inmunofluorescencia indirecta mediante suero policlonal de conejo desde sangre, riñón e hígado (Lannan et al., 1991). Inmunohistoquímica se ha realizado desde secciones de riñón, bazo, hígado, corazón y páncreas (Alday-Sanz, et al., 1994). Fryer et al. (1990) reportó que el óptimo de temperatura de crecimiento para *P. salmonis* en cultivos celulares esta alrededor de 15-18°C pero es posible observar efectos citopáticos a temperaturas que fluctúan entre 10°C y

21°C. Lannan y Fryer (1993) describieron que *P. salmonis* es sensible a temperaturas mayores a los 25°C y que la congelación también la inactiva.

En la actualidad, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca) junto a la Industria Salmonera tienen un gran interés en controlar la piscirickettsiosis, ya que es considerada una de las enfermedades más importantes que afecta la producción de salmones, causando altos niveles de mortalidad y elevadas pérdidas económicas.

La prevención de enfermedades estrategias de prevención de la enfermedad incluyen la reducción del estrés, la mejora de las prácticas de cría (de menor densidad, evitar el transporte / contacto entre las granjas, restringir los movimientos de los barcos pocillos, peces y personas, la separación de clases anuales, etc.), la detección de reproductores, y la vacunación. La prevención y reducción de la propagación de patógenos animales dependen en gran medida de los principios de buena bioseguridad, descontaminación, desinfección y saneamiento (Muniesa et al., 2018).

2.5.- Bienestar animal general y específico en peces

El bienestar animal (BA) se entiende como un estado de salud no solamente física sino también mental, se dirige a estudiar dos aspectos esenciales para alcanzar el objetivo propuesto: evaluar el estado bueno o malo en el que se encuentran los animales (establecer medidas objetivas de diagnóstico sobre su salud física y mental) y conocer, para cada caso y especie, cuáles son las necesidades y requerimientos del medio necesarios para garantizar su bienestar. A partir de los años 70, iniciaron los primeros estudios sobre el tema de bienestar animal de tal manera que desde entonces, la Comunidad Científica Internacional, ha considerado que este tema, está íntimamente ligado a la presencia de ciertos procesos fisiológicos, especialmente aquellos relacionados al estrés en los animales (Del Campo, 2006). El concepto de BA está basado en la relación armoniosa del animal con el medio. En esta relación, entran a jugar un papel importante su estado físico y psicológico, así como la capacidad de entrar en funcionamiento los sistemas de reparación del cuerpo, las defensas inmunológicas, la respuesta al estrés fisiológico y a una variedad de respuestas de comportamiento (Solano et al., 2004).

El bienestar animal es el estado completo de armonía de los animales en el medio en que se encuentren; la manera de reaccionar frente a los factores ambientales, considerando el confort, instalaciones, alimentación-nutrición y movilización, tanto para el manejo como para el sacrificio humanitario (Bonacic, 2002). El estrés ha sido utilizado como indicador de la pérdida de BA y es definido como la acción de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente sobre los sistemas nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo de un animal, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas, en especial, altera la homeostasis interna induciendo cambios en la actividad del sistema nervioso autónomo y el eje hipotálamo-pituitaria-adrenocortical-HPA (Broom., 2005). La mayoría de los factores vinculados a la producción animal inciden sobre el bienestar de los mismos. Entre los aspectos productivos de mayor influencia sobre el bienestar animal que merecen ser analizados consideramos las instalaciones, las vías de accesos, la capacitación del personal, la alimentación, el manejo, la sanidad. Bajo determinadas circunstancias los aspectos citados pueden influir negativamente sobre las condiciones de vida de los animales, y generar situaciones de estrés agudo o crónico que repercuten, no solo sobre la calidad de las condiciones de vida de los animales, sino también en la eficiencia productiva y reproductiva general (Felices, 2000).

El BA, es de fundamental importancia para el desempeño reproductivo y productivo de los animales, su ausencia puede repercutir sobre retraso a la pubertad, manifestaciones irregulares del ciclo estral y de la ovulación, problemas en la fecundación y etapa temprana de la gestación, problemas durante el puerperio y retorno a la actividad reproductiva posparto, así como disminución en la producción láctea y ganancia de peso (Temple, 1998; Arechiga, 2003; Córdova, 2005).

Los indicadores operativos de bienestar animal usados en la acuicultura tienen que ser prácticos y útiles para investigadores y acuicultores. Aunque varían según la especie y el sistema de producción, el proceso de identificación de indicadores se inicia con una lista de medidas u observaciones que se llevan a cabo habitualmente en la instalación. Esto incluye las medidas de temperatura, oxígeno, salinidad, pH del agua, densidad animal, así como otros aspectos relacionados con el control de predadores, el tipo de pienso suministrado, el

factor de conversión, el comportamiento alimentario de los peces, o el índice de mortalidad (Villaroel, 2012).

En una reunión del proyecto COST 867 (UE) sobre bienestar animal en peces, se ha pedido a los científicos puntuar el nivel de riesgo para los peces de diferentes fases de la producción piscícola, en una escala de 1 a 6 (1, riesgo bajo, 6 riesgo alto) para diferentes especies. En general todo coincidían que el transporte y el sacrificio eran puntos críticos importantes, comparado con la cría de reproductores, por ejemplo. No obstante, la duración del proceso debería tomarse en cuenta y también la severidad, como también ha concluido la European Food Safety Authority (EFSA). Este tipo de análisis de riesgos ha ayudado a establecer los llamados indicadores operativos de bienestar animal (IOB).

Si el acuicultor desea mejorar o documentar el bienestar de los peces, necesitan métodos para evaluar el bienestar de los animales que puedan ser factibles en una granja. Un sistema de evaluación de bienestar debería describir el bienestar de los peces cultivados y permitir que el agricultor evalúe el desarrollo a lo largo del tiempo y responda apropiadamente. Los indicadores de bienestar que son relevantes para su inclusión en un sistema de evaluación de bienestar operacional deben basarse en la ciencia, deben medir el bienestar durante períodos de tiempo extendidos, deben medirse en una granja comercial dentro de un marco realista y deben ser relevantes como un sistema de apoyo a la decisión del agricultor. Para cumplir con estos requisitos, los indicadores de bienestar deben proporcionar información sobre posibles problemas de bienestar y las causas del deterioro del bienestar (Rousing et al., 2001). Los indicadores de bienestar conductual tienen la ventaja de ser rápidos y fáciles de observar y, por lo tanto, son buenos candidatos para su uso en la granja. Los ejemplos de comportamiento que se usan comúnmente como indicador de bienestar son los cambios en el comportamiento anticipatorio de los alimentos, el consumo de alimento, la actividad de la natación y la tasa de ventilación (Huntingford et al., 2006). Dicha evaluación cualitativa se puede convertir en medidas cuantitativas a través de grabaciones de video y software para la recopilación de datos, el análisis y la presentación, mientras que los análisis de imagen facilitan la vigilancia continua del comportamiento. De esta manera, el

comportamiento se puede utilizar como no invasivo y como un signo temprano de posibles problemas de bienestar.

2.6.- Salud animal

La salud animal es un concepto muy ligado a la economía. En el caso de los humanos se define salud: como un estado de óptimo bienestar físico y mental, concepto también plenamente aplicable a los animales ya que para lograr un estado de óptima producción y productividad, está plenamente demostrado que el conocimiento de los comportamientos animales (etología) y el bienestar y el confort, elevan la producción de los animales y también la productividad, muchas veces con inversiones sencillas y duraderas; por ejemplo el uso de la sombra en zonas tropicales, reduce el estrés calórico, como uno de los causantes de contribuir a la pérdidas económicas en la producción de carne y leche y por otras enfermedades a las cuales el estrés (estado de alerta) contribuye, tales como el estrés fisiológico, el de la lactancia, parto, destete y transporte.

2.7.- Epidemiología Veterinaria

Según Howe (1988), la epidemiología veterinaria y la economía tienen propósitos comunes, puesto que ambas están interesadas en la búsqueda de la eficiencia.

Epidemiología es una ciencia que está centrada en el estudio de la distribución y frecuencia de las enfermedades y factores que la determinan en una población. La enfermedad se distribuye en tres espacios: 1) físico: que establece dónde ocurre; 2) tiempo: que condiciona cuándo ocurre y 3) individuo: que establece quién posee la enfermedad (machos, hembras). En tanto la frecuencia responde al cuánto de una determinada enfermedad, muchos o pocos afectados. Es decir que esta ciencia en su estudio mira a enfermos y sanos dentro de la población observada. La epidemiología puede centrarse en tres tipos de estudios a) descriptivos dónde se limita a informar que ocurre dentro de una población con más o menos detalles de la enfermedad, pero no establece por qué ocurre el evento; b) analíticos, donde trata de analizar el por qué ocurre el evento y por qué es diferente en un lugar y en otro y c) predictiva, donde establece qué podría pasar en el futuro a partir de situaciones

presentes o pasadas. Dentro de las medidas de frecuencia relativa tenemos la prevalencia, que es una medida estática que informa la proporción de individuos enfermos en un momento dado, y la incidencia que determina cómo se difunde la enfermedad dentro de una población. Cuando queremos conocer si existe algún tipo de asociación entre las medidas de frecuencia y algún factor de exposición tenemos tres tipos de medidas a) de fuerza de asociación que establece que tan asociado está un factor de exposición con un evento o enfermedad (por ejemplo si las descargas vaginales están o no asociadas al tipo de piso de las parideras). Dentro de estas medidas tenemos al riesgo relativo individual y poblacional y a los odds ratio individual y poblacional; b) efecto de asociación: determina el impacto que produce esa enfermedad en los individuos expuestos al evento. Entre estas medidas encontramos el riesgo atribuible, fracción atribuible y fracción atribuible estimada; finalmente c) medida de efecto de asociación total: que establece el efecto que produce esa causa en toda la población. Las medidas de efecto de asociación total son la fracción atribuible poblacional y la fracción atribuible poblacional estimada (Thrusfield, 1988).

La disciplina epidemiológica está relacionada por definición con el proceso de enfermedad en poblaciones animales. El objetivo básico de los estudios epidemiológicos es ver la forma y medios como reducir la frecuencia de la enfermedad en dichas poblaciones y cómo evitar que se produzcan aumentos imprevistos de esa frecuencia. Por ello, es que la epidemiología tiene como fundamento el enfoque preventivo en medicina veterinaria y su enseñanza debe formar parte integral del currículum de los profesionales (Putt and Wilesmith, 1987). El enfoque de la estrategia epidemiológica y medicina preventiva, se puede visualizar desde dos vertientes distintas, que en muchos casos se interconectan entre sí, la epidemiología cualitativa que estudia la ecología de la enfermedad o también la llamada historia natural de la enfermedad, cuales son las vías de transmisión, como se mantienen los agentes biológicos y las infecciones en los animales y la epidemiología cuantitativa que incorpora los Estudios Observacionales, Modelos y Evaluaciones del Impacto Económico de las enfermedades en los animales (Thrusfield, 1988).

Estudios recientes señalan que aun existe un desconocimiento sobre *Piscirickettsia salmonis* como agente causal de enfermedades de salmón y se necesita mayor investigaciones al respecto (Mardones, et al., 2018).

3- Objetivos generales y específicos

3.1.- Objetivo General

Evaluar los indicadores de bienestar animal en infecciones naturales con *Piscirickettsia salmonis* en salmón del Atlántico.

3.2.- Objetivos específicos

-Evaluar la presencia de *P. salmonis* en salmón del Atlántico antes y durante los brotes en condiciones productivas.

-Evaluar indicadores de bienestar basados en el animal y en el medio ambiente antes y durante los brotes de piscirickettsiosis en condiciones productivas.

-Determinar cambios en indicadores de bienestar que permitan un diagnóstico epidemiológico temprano de la enfermedad.

4.- Material y métodos

Muestras y registros diarios, semanales y mensuales de los centros de cultivo para medición de cambios en indicadores de bienestar más abajo descritos.

4.1.-Análisis de indicadores de bienestar asociados al ambiente

-Oxígeno disuelto:

Corresponde a la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua, generalmente expresada como mg/L o porcentaje de saturación (%). Su concentración se ve afectada por la salinidad y temperatura del agua y se le considera como el elemento más importante de la calidad de agua donde viven los peces, toda vez que el metabolismo aeróbico del pez depende de la disponibilidad de oxígeno en el agua.

Forma de medir y regularidad: Se midió el oxígeno disuelto diariamente en balsa jaula y a una profundidad media de la balsa jaula utilizando un oxigenometro calibrado.

-Caligidosis:

Corresponde a la presencia o ausencia de parasitosis por *C. rogercresseyi*, y su nivel de infestación. Las enfermedades parasitarias son debilitantes y estresantes para el pez, quien además debe destinar recursos energéticos para controlar la infestación, disminuyendo el crecimiento. A su vez, y dependiendo del grado de infestación, puede llevar a la muerte de los peces por descompensación de la homeostasis interna.

Forma de medir y regularidad: Se estimó semanalmente la presencia/ausencia de caligidosis y su grado de infestación promedio. Esto se realizará en 6 jaulas de producción y aprovechando la medición semanal del Programa de Vigilancia obligatorio por Sernapesca. A su vez, de forma óptima este muestreo se debe realizar a 30 peces de cada jaula, pero como mínimo a 10 peces.

-Factor de condición:

Descripción: corresponde a una relación entre el largo del pez y su peso. Indica un desarrollo corporal adecuado a la etapa de vida del pez. Desviaciones de este factor indican algún problema en el manejo productivo y/o sanitario, colocando en estados desmejorados de bienestar a los peces producidos.

Forma de medir y regularidad: Se midió semanalmente el factor de condición promedio de cada balsa jaula, aprovechando los muestreos habituales del centro de producción. De forma general este se mide como:

$$K = \frac{10^N W}{L^3}$$

Donde:

K = factor de condición

W = peso del animal(g)

L = largo boca-base de cola (mm)

N = 5 (constante)

Sin embargo, se podrá ocupar la metodología habitual que ocupe el centro de producción.

A su vez, de forma óptima este muestreo se debe realizar a 30 peces de cada jaula, pero como mínimo a 10 peces.

4.2.-Análisis de indicadores de bienestar de tipo físicos

-Lesiones en aleta dorsal:

Corresponde a la presencia de peces con alguna lesión en sus aletas. Estas se visualizan como erosión, mordidas, apertura de rayos, sangre en la aleta dorsal. La causa de una lesión de aleta es multivariada, siempre ligada a una disminución en el estado de bienestar del animal (nutrición, alimentación, agresividad, abrasión, calidad de agua, dolor, entre otros)

Forma de medir y regularidad: Se midió semanalmente junto a muestreos propio del centro de producción, el porcentaje de peces con daño en aleta dorsal. A su vez, de forma óptima este muestreo se debe realizar a 30 peces de cada jaula, pero como mínimo a 10 peces.

-Descamación:

Corresponde al desprendimiento de escamas desde el pez. Para que esto ocurra se debe romper las barreras naturales de la piel del pez que incluyen, mucus, células escamosa y mucosas, por lo que se asume un daño importante a esta primera barrera quedando más expuesto los peces a la interacción con su medio, principalmente bacterias, virus y parásitos como también cambios en la homeostasis interna, que disminuyen el estado de bienestar de los peces.

Forma de medir y regularidad: Se midió semanalmente junto a muestreos propio del centro de producción, el porcentaje de peces con una descamación superior al 50% de su cuerpo. A su vez, de forma óptima este muestreo se debe realizar a 30 peces de cada jaula, pero como mínimo a 10 peces.

-Lesiones corporales y ojo:

Corresponde a la presencia de peces con alguna lesión en su cuerpo u ojo. Estas se visualizan como erosión, mordidas, sangre, entre otros. La causa de una lesión en cuerpo es multivariada, siempre ligada a una disminución en el estado de bienestar del animal (nutrición, alimentación, enfermedades infectocontagiosas, agresividad, abrasión, calidad de agua, dolor, entre otros).

Forma de medir y regularidad: Se midió semanalmente junto a muestreos propio del centro de producción, el porcentaje de peces con daño en cuerpo y ojo. A su vez, de forma óptima este muestreo se debe realizar a 30 peces de cada jaula, pero como mínimo a 10 peces.

4.3.- Analisis de *Piscirickettsia salmonis*.

Se muestreó hígado, bazo, riñón anterior, riñón posterior y cerebro, previo y durante infestaciones de *Piscirickettsia salmonis* de 10 peces vivos y 5 muerto de las mimas jaulas durante todos los muestreos mediante el diagnostico de PCR *Piscirickettsia salmonis*.

4.4.- Análisis estadísticos

Modelo matemático para la evaluación del bienestar y análisis estadístico.

Con los datos obtenidos se está realizando una estadística descriptiva semanal. Para evidenciar diferencias de cada conducta a través del tiempo se utilizará pruebas de t comparadas. Con el fin de modelar la evolución de las conductas se utilizo modelos lineales o no lineales que se ajusten mejor a los resultados obtenidos. Para todos los cálculos se utilizará el programa estadístico de libre acceso R (R Core Team, 2018).

El modelo utilizado dentro del sistema de evaluación y seguimiento de bienestar elegido fue un modelo lineal simple, donde cada IOBs pondera con la misma fuerza al score final de welfare:

$$SW = I_1 * P_1 + I_2 * P_2 + \dots + I_n * P_n$$

donde:

SW = Score de welfare.

I = Valor del indicador n

P = Ponderación del indicador n

5.- Resultados

5.1. Experiencia del tesista en terreno:

Se realizaron una reunión con el equipo de muestreo y dos salidas a terrenos tal como se detalla a continuación:

Día 1 (12/9/18) Puerto Montt. Reunión con la gerente de Proyectos de EPIVET

Día 2 (13/9/18) Chiloé. Muestreo centro de engorda de Camanchaca.

-6:00 Salida desde Puerto Montt hacia Chiloé.

-10:00 Llegada al centro de engorda Camanchaca. Reunión con el Jefe de centro.

-11:00 Observación de las balsas jaula: Estado de limpieza de las jaulas, comportamiento anormal de individuos orillados y/o con nado letárgico.

-12:30 Se trabaja con las muestras entregadas por el centro 10 peces vivos y 5 de la mortalidad

Análisis de indicadores físicos.

Necropsia completa.

Toma de muestra para PCR de los 15 peces de cerebro, hígado, bazo, riñón anterior y posterior.

- 16:30 Retiro de registros de indicadores ambientales del centro.

- 17:00 Finalización de la actividad en el centro de engorda Camanchaca.

Día 3 (14/9/18) Chiloé. Muestreo centro de engorda Marine Harvest.

-9:30 Llegada al centro de engorda Marine Harvest. Reunión con el Jefe de centro.

-10:30 Observación de las balsas jaula: Estado de limpieza de las jaulas, comportamiento anormal de individuos orillados y/o con nado letárgico.

-11:30 Se trabaja con las muestras entregadas por el centro 10 peces vivos y 5 de la mortalidad

Análisis de indicadores físicos.

Necropsia completa.

Toma de muestra para PCR de los 15 peces de cerebro, hígado, bazo, riñón anterior y posterior.

- 14:30 Retiro de registros de indicadores ambientales del centro.
- 15:00 Finalización de la actividad en el centro de engorda Marine Harvest.

5.2. Tablas y curvas de resultados de Welfare.

En las siguientes tablas se encuentran los resultados obtenidos de Welfare diario, semanal, mensual y global de los 6 centros y de los dos centros con signología asociada a SRS con sus respectivas curvas de Welfare.

5.2.1a Tabla del Welfare diario de los 6 centros.

En la Tabla 5.1 se observa el promedio de los 6 centros de Welfare diario sin cambios significativos.

Tabla 5. 1. Welfare diario de los 6 centros, 2018

DÍA	% Welfare Diario
1	22,58%
2	23,00%
3	23,42%
4	23,83%
5	23,42%
6	23,42%
7	23,42%
8	23,00%
9	23,42%
10	22,58%
11	23,00%
12	23,00%
13	23,83%
14	23,00%
15	23,00%
16	23,83%
17	23,83%
18	23,00%
19	23,00%

20	23,00%
21	23,00%
22	23,00%
23	23,83%
24	23,83%
25	23,83%
26	23,00%
27	23,83%
28	23,83%
29	23,83%
30	23,83%
31	23,00%
32	23,83%
33	23,83%
34	23,00%
35	23,42%
36	23,83%
37	23,83%
38	23,83%
39	23,83%
40	23,83%
41	23,83%
42	23,83%
43	23,83%
44	23,83%
45	23,83%
46	23,00%
47	22,17%
48	23,83%
49	23,83%
50	23,83%
51	23,83%
52	23,83%
53	23,83%
54	23,83%
55	23,83%
56	23,00%
57	23,00%
58	23,00%
59	23,00%

60	23,00%
61	23,00%
62	22,17%
63	26,60%
64	30,13%
65	30,13%
66	28,88%
67	30,13%
68	30,13%
69	28,88%
70	30,13%
71	28,88%
72	28,88%
73	28,88%
74	28,88%
75	30,13%
76	30,13%
77	28,88%
78	30,13%
79	30,13%
80	30,13%
81	28,88%
82	26,38%
83	27,63%
84	27,63%
85	27,63%
86	27,63%
87	26,38%
88	27,63%
89	27,63%
90	26,38%
91	23,25%
92	25,17%
93	25,17%
94	26,00%
95	26,00%
96	26,00%
97	26,00%
98	31,50%
99	31,50%

100	31,50%
101	31,50%
102	31,50%
103	31,50%
104	31,50%
105	31,50%
106	31,50%
107	31,50%
108	31,50%
109	30,25%
110	30,25%
111	30,25%
112	30,25%
113	30,25%

5.2.b Curva de Welfare diario de los 6 centros.

En el gráfico 5.1 se observa un alza del Welfare diario para el promedio de los 6 centros donde la ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0008x + 0,2157$.

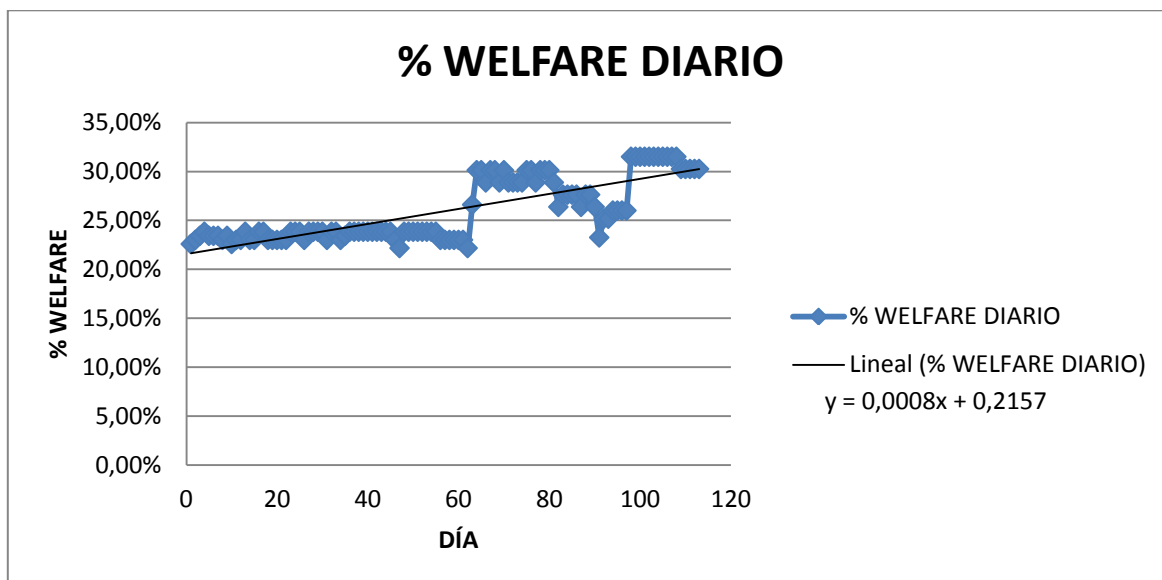


Gráfico 5. 1. Curva de Welfare diario de los 6 centros.

5.2.2a Tabla del Welfare semanal de los 6 centros.

En la tabla 5.2 se observa un alza en el Welfare del promedio de los 6 centros.

Tabla 5. 2. Welfare semanal de los 6 centros, 2018.

Semana	% Welfare Semanal
1	51%
2	42%
3	38%
4	40%
5	49%
6	51%
7	43%
8	49%
9	44%
10	52%
11	52%
12	49%
13	49%
14	56%
15	57%
16	69%
17	63%

5.2.2b Curva Welfare semanal de los 6 centros

En el gráfico 5.2 se observa que la tendencia de la curva es similar a la línea de tendencia donde la ecuación es $y = 0,0119x + 0,3963$.

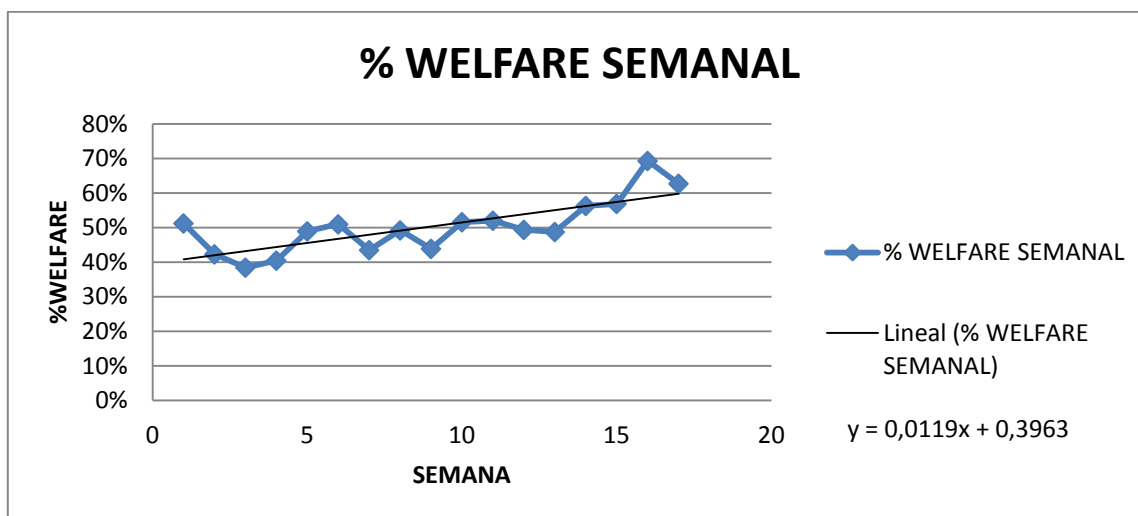


Gráfico5. 2. Curva de Welfare semanal de los 6 centros.

5.2.3a Tabla del Welfare mensual de los 6 centros.

En la tabla 5.3 se observa una disminución del Welfare mensual para el promedio de los 6 centros.

Tabla 5. 3. Welfare mensual de los 6 centros, 2018.

Mes	% Welfare Mensual
1	23%
2	27%
3	28%
4	17%

5.2.3b Curvas Welfare mensual de los 6 centros.

En el gráfico 5.3 la curva del Welfare mensual disminuye en el último mes cayendo por debajo del Welfare mensual inicial, la ecuación de la línea de tendencia es $y = -1,7417x + 28,25$.

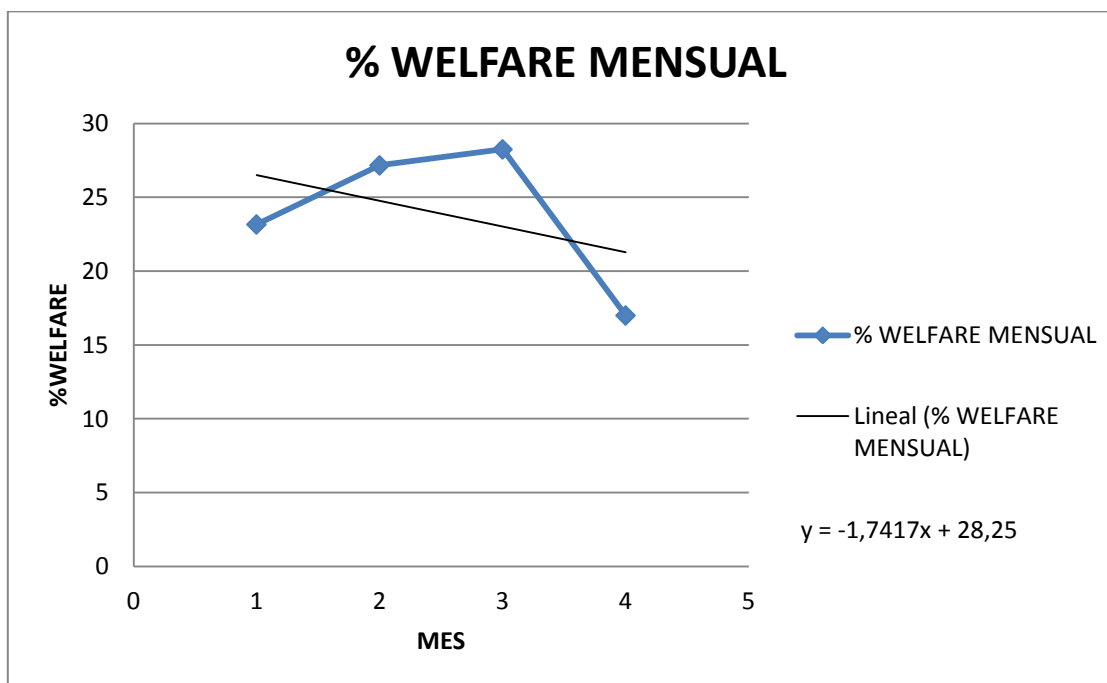


Gráfico 5. 3. curva de Welfare mensual de los 6 centros.

5.2.4a Tabla del Welfare global de los 6 centros.

En la tabla 5. 4 se observa un leve aumento en el Welfare global del promedio de los 6 centros.

Tabla 5. 4. Welfare global de los 6 centros, 2018.

Día	% Welfare Global
1	32,24%
2	32,38%
3	32,52%
4	32,66%

5	32,52%
6	31,87%
7	31,87%
8	29,40%
9	29,54%
10	29,26%
11	29,40%
12	29,40%
13	30,35%
14	30,08%
15	28,12%
16	28,40%
17	28,40%
18	28,12%
19	28,12%
20	29,20%
21	29,20%
22	26,54%
23	26,82%
24	26,82%
25	26,82%
26	26,54%
27	26,88%
28	26,88%
29	29,18%
30	29,18%
31	28,90%
32	30,83%
33	30,59%
34	30,36%
35	30,50%
36	31,15%
37	31,15%
38	31,15%
39	31,15%
40	31,15%
41	30,92%
42	30,85%
43	31,49%

44	31,49%
45	31,49%
46	31,21%
47	30,94%
48	31,55%
49	31,11%
50	33,40%
51	33,40%
52	33,40%
53	33,40%
54	33,40%
55	32,95%
56	32,99%
57	31,34%
58	31,34%
59	31,34%
60	31,34%
61	31,34%
62	31,40%
63	32,83%
64	36,62%
65	36,62%
66	36,20%
67	36,62%
68	36,62%
69	36,13%
70	36,55%
71	36,34%
72	36,34%
73	36,34%
74	36,34%
75	36,65%
76	36,65%
77	36,23%
78	35,88%
79	35,88%
80	35,88%
81	35,46%
82	34,05%
83	34,46%

84	34,46%
85	34,84%
86	34,84%
87	34,42%
88	34,84%
89	36,02%
90	35,60%
91	34,56%
92	36,40%
93	36,40%
94	36,68%
95	36,68%
96	31,41%
97	31,41%
98	41,83%
99	40,56%
100	40,56%
101	40,56%
102	40,56%
103	40,56%
104	40,56%
105	40,56%
106	44,70%
107	44,70%
108	44,70%
109	44,29%
110	44,29%
111	44,29%
112	44,29%
113	42,09%
114	52,13%
115	52,13%
116	52,13%
117	52,13%
118	52,13%
119	52,13%

5.2.4b Curvas del Welfare global de los 6 centros.

En el gráfico 5.4 se observa que la curva del Welfare global se asemeja a la línea de tendencia. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0014x + 0,2595$.

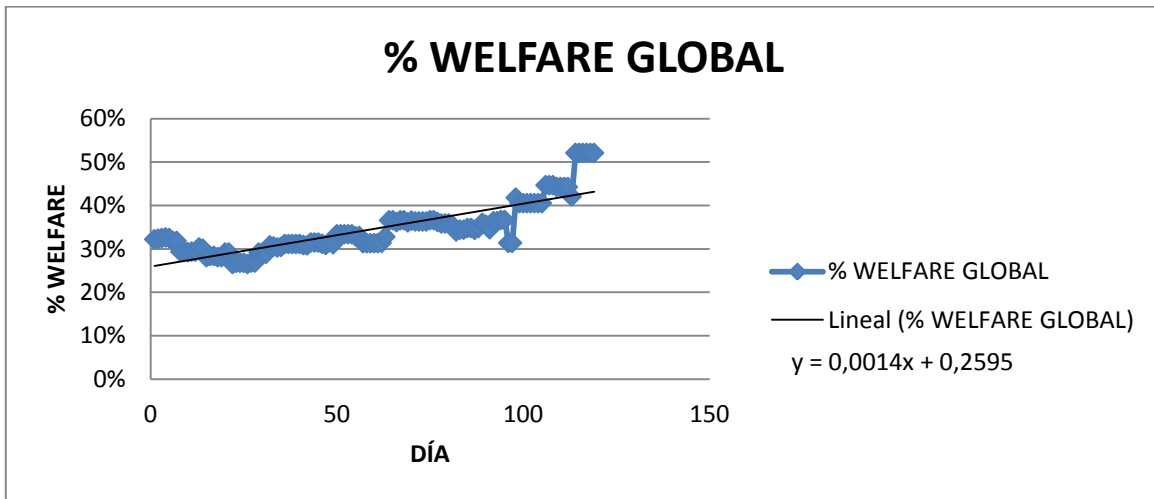


Gráfico 5. 4. Curva de Welfare global de los 6 centros.

5.3 Tablas y curvas del Welfare diario de los dos centros con signología asociada a SRS.

5.3.1a Tabla del Welfare diario de los dos centros con signología asociada a SRS.

En la tabla 5.5 se observa una caída drástica del Welfare diario de los dos centros con signología asociada a SRS a partir del día 90.

Tabla 5.5. Welfare diario de los dos centros con signología asociada a SRS, 2018.

Día	% Welfare Diario
1	28%
2	29%
3	30%
4	30%
5	30%

6	30%
7	30%
8	28%
9	30%
10	28%
11	28%
12	28%
13	30%
14	28%
15	28%
16	30%
17	30%
18	28%
19	28%
20	28%
21	28%
22	28%
23	30%
24	30%
25	30%
26	28%
27	30%
28	30%
29	30%
30	30%
31	28%
32	30%
33	30%
34	28%
35	29%
36	30%
37	30%
38	30%
39	30%
40	30%
41	30%
42	30%
43	30%
44	30%
45	30%

46	28%
47	25%
48	30%
49	30%
50	30%
51	30%
52	30%
53	30%
54	30%
55	30%
56	30%
57	30%
58	30%
59	30%
60	30%
61	30%
62	28%
63	30%
64	29%
65	29%
66	29%
67	29%
68	29%
69	26%
70	29%
71	26%
72	26%
73	26%
74	26%
75	29%
76	29%
77	26%
78	29%
79	29%
80	29%
81	29%
82	21%
83	24%
84	24%
85	24%

86	24%
87	21%
88	24%
89	24%
90	21%
91	16%
92	15%
93	15%
94	15%
95	15%
96	15%
97	15%

5.3.1b Curvas Welfare diario de los dos centros con signología asociada a SRS.

En el gráfico 5.5 se observa una caída del Welfare diario de los dos centros con signología asociada a SRS por debajo de la línea de tendencia. Ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0009x + 0,3167$.

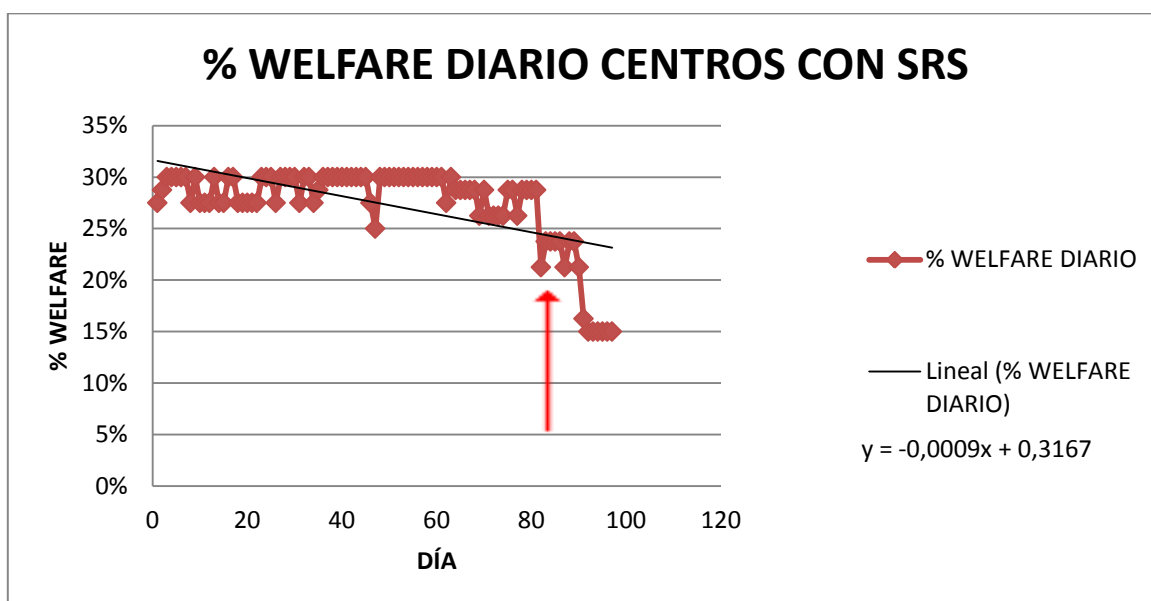


Gráfico 5.5. Curva de Welfare diario de los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.3.2a Tabla del Welfare semanal de los dos centros con signología asociada a SRS.

En la tabla 5.6 se observa una leve disminución del Welfare semanal para los dos centros con signología asociada a SRS en la novena semana.

Tabla 5.6. Welfare semanal de dos centros con signología asociada a SRS, 2018.

Semana	% Welfare Semanal
1	26%
2	24%
3	30%
4	36%
5	42%
6	42%
7	40%
8	40%
9	36%

5.3.2b Curvas Welfare semanal de los dos centros con signología asociada a SRS.

En el gráfico 5.6 se observa una declinación en la curva del Welfare semanal para los dos centros con signología asociada a SRS en la semana 9. La ecuación de la línea de tendencia es

$$y = 0,191x + 0,2571.$$

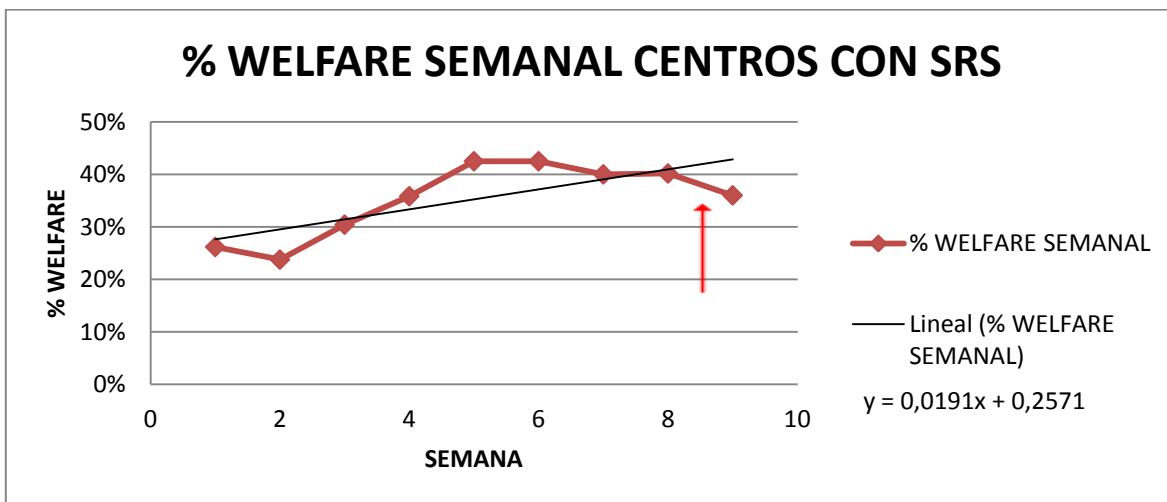


Gráfico 5.6, Curva de Welfare semanal de los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.3.3a Tabla del Welfare mensual de los dos centros con signología asociada a SRS.

En la tabla 5.7 se observa una disminución entre en mes dos y mes tres del Welfare mensual de los dos centros con signología asociada a SRS.

Tabla 5.7. Welfare mensual de los dos centros con signología asociada a SRS, 2018.

Mes	% Welfare Mensual
1	17
2	25
3	17

5.3.3b Curvas Welfare mensual de los dos centros con signología asociada a SRS.

En el grafico 5.7 se observa una declinación en la curva obteniendo en el mes tres el mismo Welfare que el mes uno. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 19,667x$.

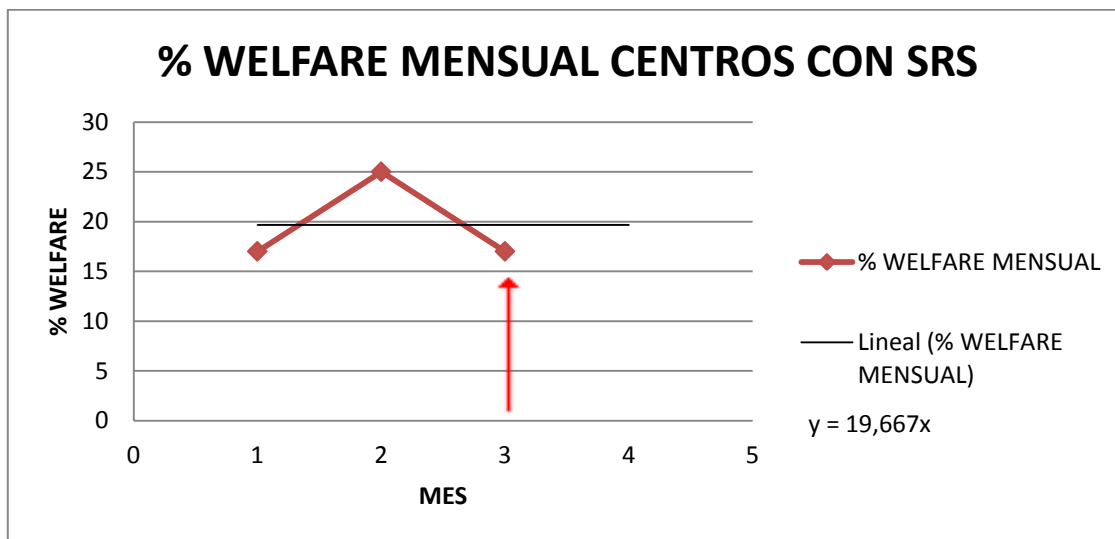


Gráfico 5.7. Curva Welfare mensual de los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.3.4a Tabla del Welfare global de los dos centros con signología asociada a SRS.

En la tabla 5.8 se observa relativamente constante los valores de Welfare global para los dos centros con sinología asociada a SRS hasta el día 96 donde los valores caen drásticamente.

Tabla 5.8. Welfare global de los dos centros con signología asociada a SRS, 2018.

Día	% Welfare Global
1	23%
2	24%
3	24%
4	24%
5	24%
6	22%
7	22%
8	23%
9	23%
10	23%
11	23%
12	23%
13	25%
14	25%
15	25%
16	26%
17	26%
18	25%
19	25%
20	28%
21	28%
22	26%
23	27%
24	27%
25	27%
26	26%
27	27%
28	27%
29	28%
30	28%

31	27%
32	31%
33	31%
34	30%
35	30%
36	33%
37	33%
38	33%
39	33%
40	33%
41	32%
42	32%
43	32%
44	32%
45	32%
46	31%
47	30%
48	32%
49	32%
50	32%
51	32%
52	32%
53	32%
54	32%
55	30%
56	30%
57	30%
58	30%
59	30%
60	30%
61	30%
62	31%
63	31%
64	30%
65	30%
66	30%
67	30%
68	30%
69	29%
70	30%

71	29%
72	29%
73	29%
74	29%
75	29%
76	29%
77	29%
78	28%
79	28%
80	28%
81	28%
82	24%
83	25%
84	25%
85	27%
86	27%
87	27%
88	27%
89	30%
90	29%
91	27%
92	26%
93	26%
94	26%
95	26%
96	11%
97	11%

5.3.4b Curvas Welfare global de los dos centros con signología asociada a SRS.

En el gráfico 5.8 la curva cae al día 96 coincidiendo con los casos diagnosticados clínicamente de SRS. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0001x + 0,272$.

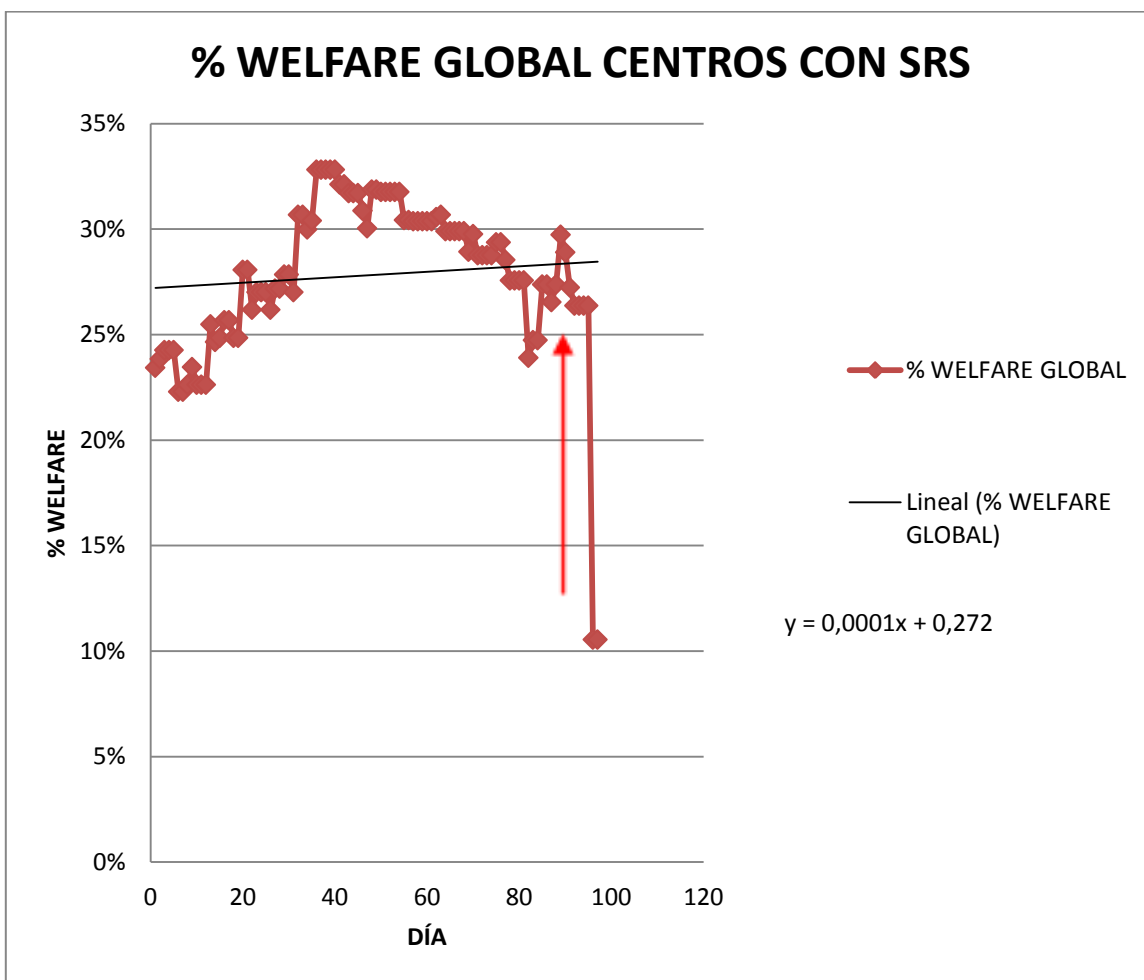


Gráfico 5.8. Curva de Welfare global de los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.4. Tablas y curvas de resultados de los indicadores de bienestar animal.

En la siguientes tablas se encuentran los resultados obtenidos de los indicadores de bienestar mensual, semanal y diarios del grupo total N= 6 y de los 2 centros (N= 2) con signología asociada a SRS con sus respectivas curvas de bienestar.

5.4.1a Tabla de Welfare mensual de los 6 centros del indicador Factor de condición.

En esta tabla 5.9 se observan el Welfare del indicador Factor de condición N= 6 durante 4 meses.

Tabla 5.9. Welfare del indicador Factor de condición de los 6 centros, 2018.

Semana	% Welfare Factor de condición
1	60,5 %
2	64,83%
3	55%
4	50%

5.4.1b Curva de los 6 centros del indicador Mensual Factor de condición.

En el gráfico 5.9 se observa como el Welfare mensual del indicador factor de condición de los 6 centros respeta la línea de tendencia. La ecuación de la línea es $y = -4,1333x + 67,917$.

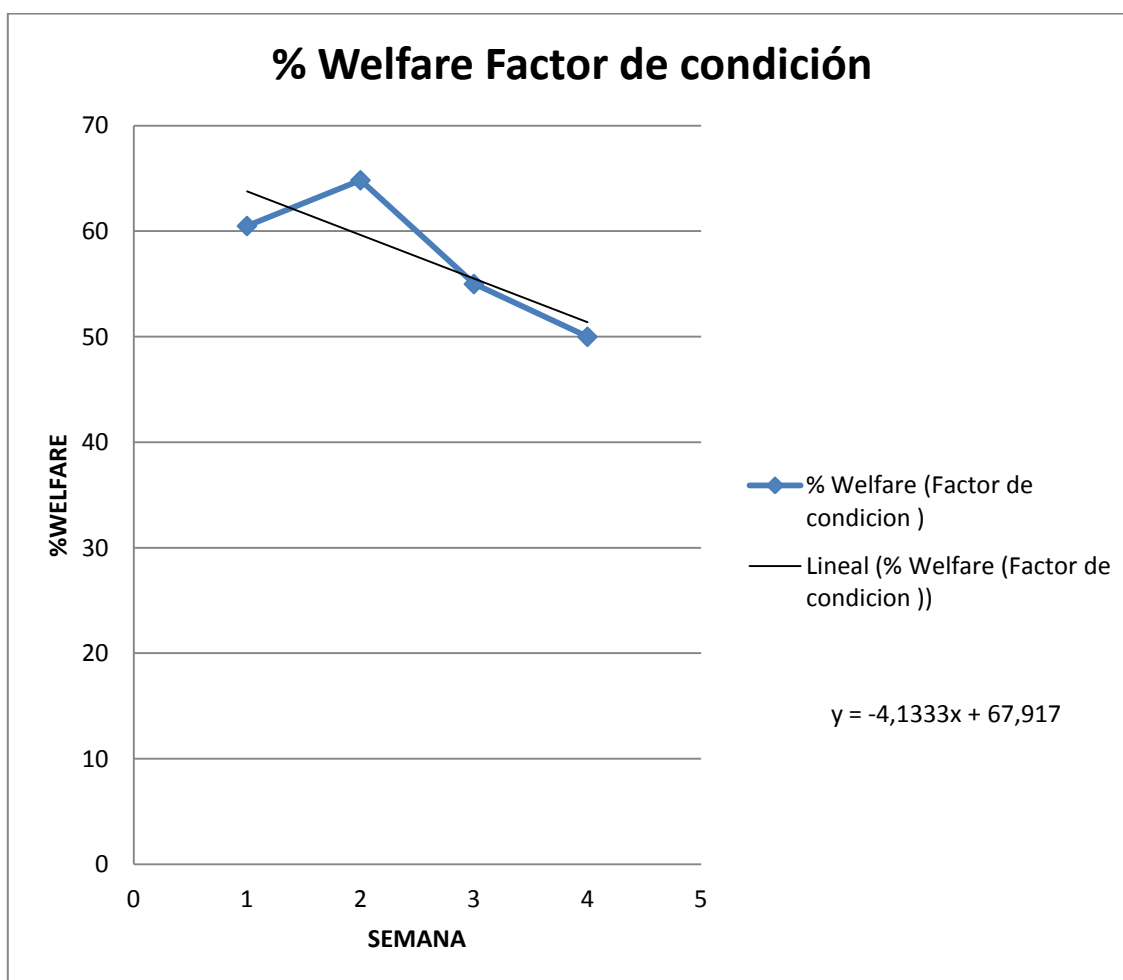


Gráfico 5.9. Curva Welfare del indicador Factor de condición de los 6 centros.

5.4.2a Tabla de los 6 centros de los indicadores semanales.

En la Tabla 5.10 se observan todos los 5 indicadores semanales: Welfare lesión cuerpo y ojo, catarata, lesión aleta dorsal (AD), caligidosis y descamación.

Tabla 5.10. Welfare de los indicadores semanales de los 6 centros, 2018.

Semana	% Welfare Lesión en cuerpo y ojo	% Welfare Catarata	%Welfare Lesión AD	% Welfare Caligidosis	% Welfare Descamación
1	50%	96%	94%	88%	45%
2	46%	92%	93%	83%	27%
3			95%	83%	
4	50%	85%	81%	90%	31%
5			84%	950%	
6	28%	84%	75%	95%	45%
7	50%	88%	93%	79%	59%
8	56%	84%	87%	83%	56%
9	51%	84%	92%	79%	41%
10	48%	71%	84%	80%	51%
11	28%	80%	85%	100%	73%
12	68%	61%	83%	100%	67%
13	47%	52%	83%	75%	55%
14	79%	66%	94%	100%	54%
15	63%	44%	82%	100%	49%
16	61%	72%	91%	100%	59%
17	54%	64%	91%	100%	24%
18	79%	61%	91%	75%	49%
19	45%	80%	91%	75%	63%

5.4.2b Curva de Welfare semanal del indicador Lesión de aleta dorsal (AD) de los 6 centros.

En el gráfico 5.10 se observa como la curva de Welfare de lesión de AD se aproxima a la línea de tendencia. Ecuación de la línea de tendencia $y = 0,2394x + 89,282$.

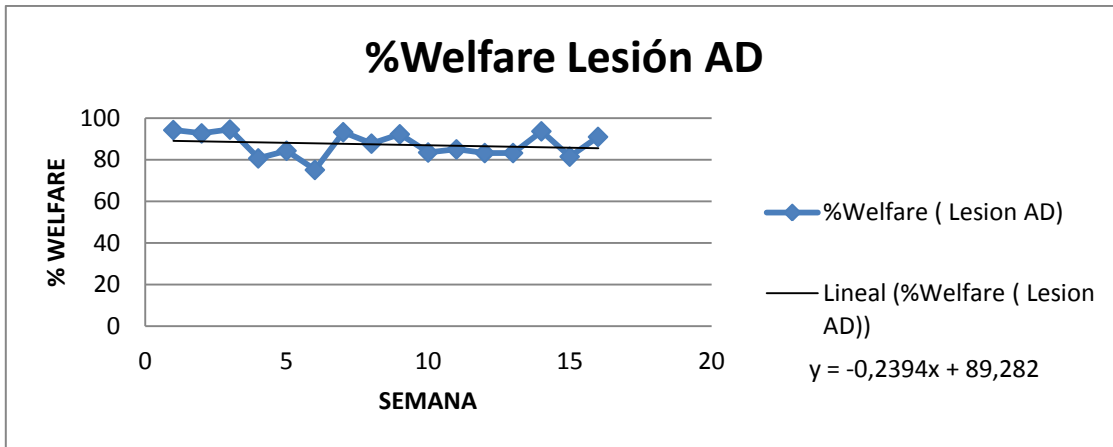


Gráfico 5.10. Curva de Welfare del indicador lesión de aleta dorsal de los 6 centros.

5.4.2c Curva de Welfare semanal del indicador descamación de los 6 centros.

En el gráfico 5.11 se observa el Welfare semanal para el indicador descamación. La curva presenta mucha variabilidad a lo largo de las semanas, produciéndose el pic más bajo en la semana 17. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0083x + 0,4083$.

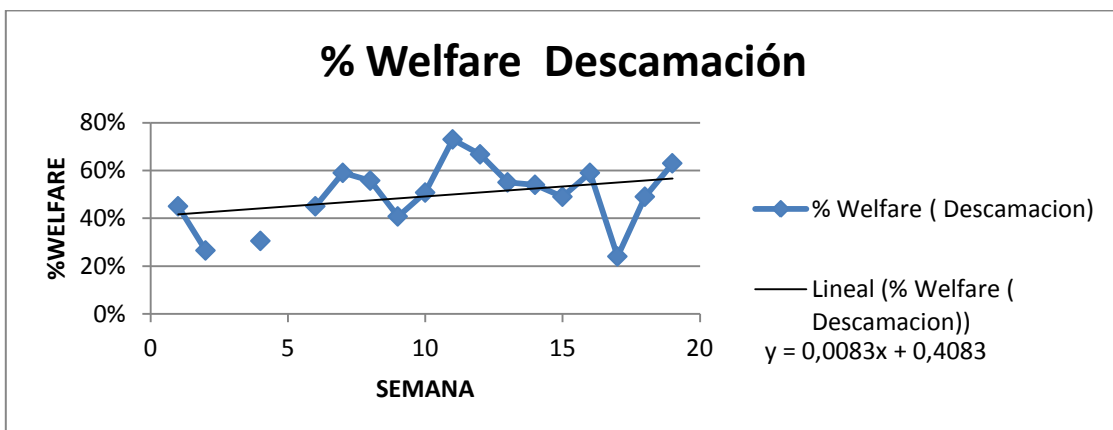


Gráfico 5.11. Curva de Welfare del indicador descamación de los 6 centros.

5.4.2d Curva de Welfare semanal del indicador lesión cuerpo y ojo de los 6 centros.

En el gráfico 5.12 se observa el Welfare semanal para el indicador lesión cuerpo y ojo. La curva presenta mucha variabilidad a lo largo de las semanas, produciéndose el pico más bajo en la semana 11. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,011x + 0,4133$.

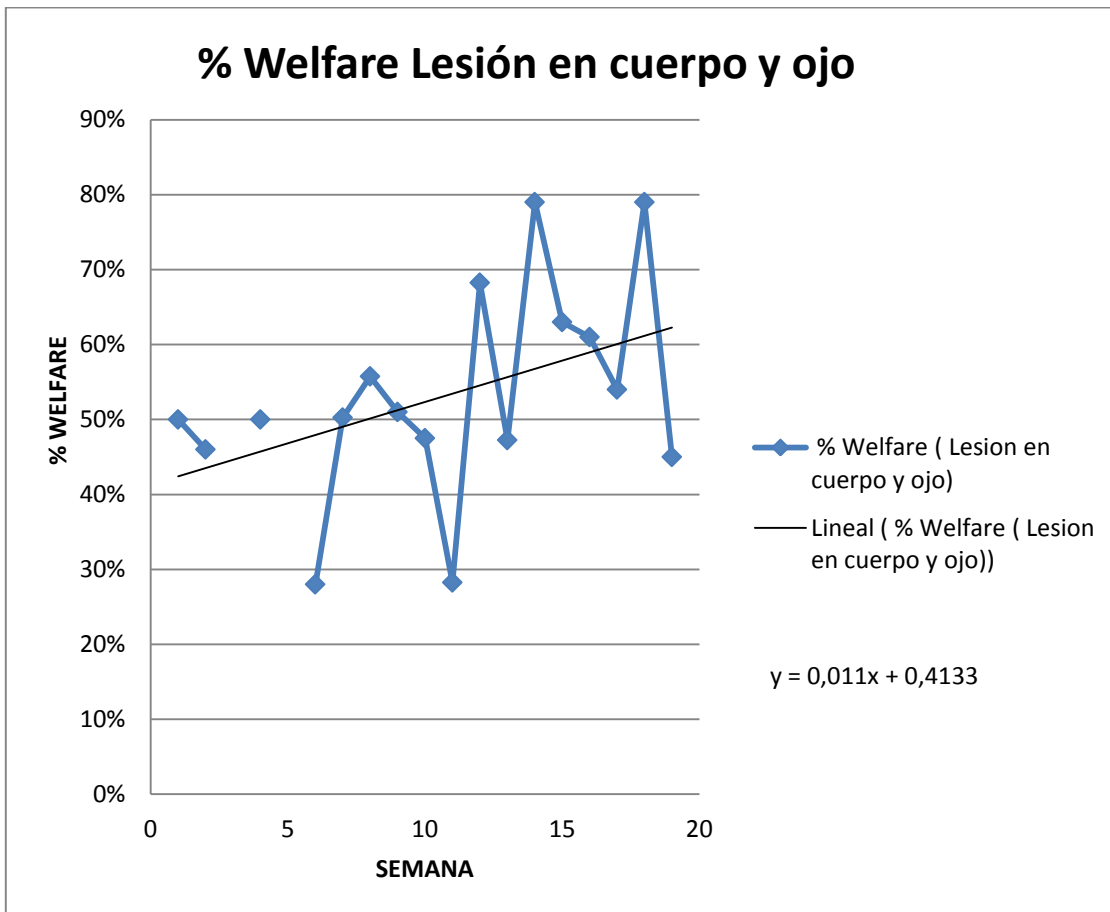


Gráfico 5.12. Curva Welfare del indicador lesión en cuerpo y ojo de los 6 centros.

5.4.2e Curva de Welfare semanal del indicador catarata de los 6 centros.

En el gráfico 5.13 se observa como la curva del Welfare para el indicador catarata se acopla a la línea de tendencia hasta la semana 9 donde comienzan las variaciones de disminución para luego en la semana 14 volver a valores sobre la línea de tendencia. Ecuación de la línea de tendencia $y = 0,0205x + 0,9266$.

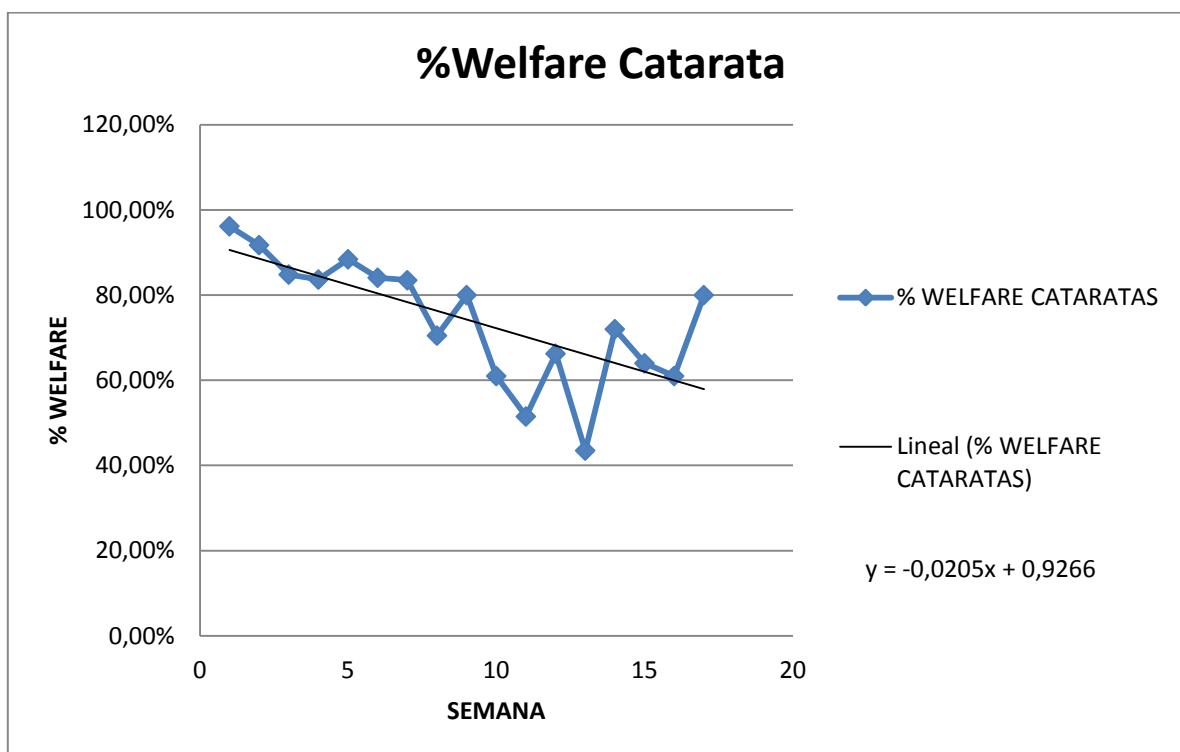


Gráfico 5.13. Curva de Welfare del indicador catarata de los 6 centros.

5.4.2f Curva de Welfare semanal del indicador caligidosis de los 6 centros.

En el gráfico 5.14 de Welfare semanal del indicador caligidosis se observan pequeños cambios sobre la curva. Ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,1477x + 86,988$

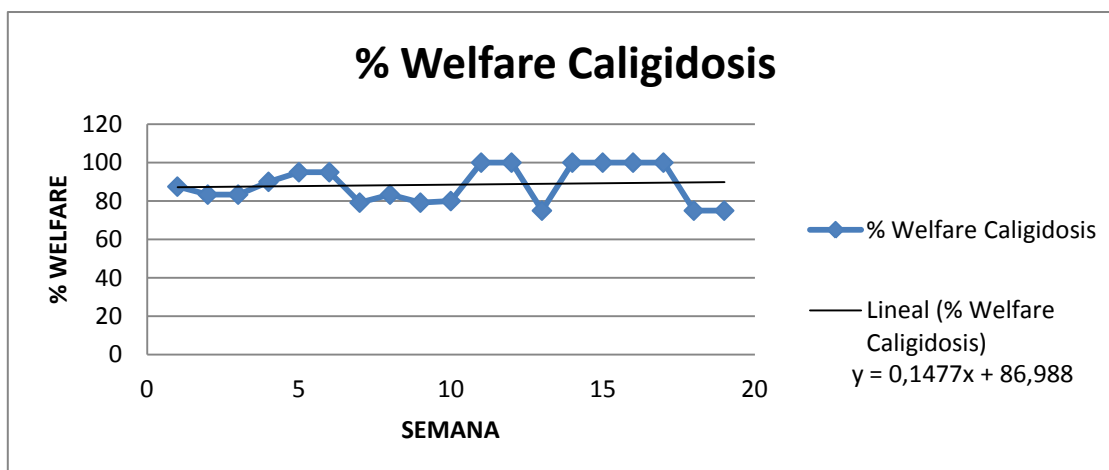


Gráfico 5.14. Curva de Welfare del indicador caligidosis de los 6 centros.

5.4.3 Tabla de Welfare de los 6 centros de los indicadores de bienestar animal diarios.

En la tabla 5.11 se observan el Welfare diario para los 6 centros con los indicadores de bienestar animal SRS y oxígeno.

Tabla 5.11. Welfare de los indicadores diarios SRS y Oxígeno para los 6 centros, 2018.

Día	% Welfare SRS	% Welfare Oxígeno
1	100,00%	83,33%
2	100,00%	100,00%
3	100,00%	100,00%
4	100,00%	100,00%
5	100,00%	100,00%
6	100,00%	100,00%
7	100,00%	100,00%
8	100,00%	83,33%
9	100,00%	100,00%
10	100,00%	83,33%

11	100,00%	83,33%
12	100,00%	83,33%
13	100,00%	100,00%
14	100,00%	83,33%
15	100,00%	83,33%
16	100,00%	100,00%
17	100,00%	100,00%
18	100,00%	83,33%
19	100,00%	83,33%
20	100,00%	83,33%
21	100,00%	83,33%
22	100,00%	83,33%
23	100,00%	100,00%
24	100,00%	100,00%
25	100,00%	100,00%
26	100,00%	83,33%
27	100,00%	100,00%
28	100,00%	100,00%
29	100,00%	100,00%
30	100,00%	100,00%
31	100,00%	83,33%
32	100,00%	100,00%
33	100,00%	100,00%
34	100,00%	83,33%
35	100,00%	100,00%
36	100,00%	100,00%
37	100,00%	100,00%
38	100,00%	100,00%
39	100,00%	100,00%
40	100,00%	100,00%
41	100,00%	100,00%
42	100,00%	100,00%
43	100,00%	100,00%
44	100,00%	100,00%
45	100,00%	100,00%
46	100,00%	83,33%
47	100,00%	66,67%
48	100,00%	100,00%
49	100,00%	100,00%
50	100,00%	100,00%

51	100,00%	100,00%
52	100,00%	100,00%
53	100,00%	100,00%
54	100,00%	100,00%
55	100,00%	100,00%
56	100,00%	83,33%
57	100,00%	83,33%
58	100,00%	83,33%
59	100,00%	83,33%
60	100,00%	83,33%
61	100,00%	83,33%
62	100,00%	66,67%
63	100,00%	100,00%
64	100,00%	100,00%
65	100,00%	100,00%
66	100,00%	83,33%
67	100,00%	100,00%
68	100,00%	100,00%
69	100,00%	83,33%
70	100,00%	100,00%
71	100,00%	83,33%
72	100,00%	83,33%
73	100,00%	83,33%
74	100,00%	83,33%
75	100,00%	100,00%
76	100,00%	100,00%
77	100,00%	83,33%
78	100,00%	100,00%
79	100,00%	100,00%
80	100,00%	100,00%
81	100,00%	83,33%
82	80,00%	100,00%
83	80,00%	100,00%
84	80,00%	100,00%
85	80,00%	100,00%
86	80,00%	100,00%
87	80,00%	83,33%
88	80,00%	100,00%
89	80,00%	100,00%
90	80,00%	100,00%

91	60,00%	83,33%
92	0,00%	100,00%
93	0,00%	100,00%
94	0,00%	100,00%
95	0,00%	100,00%
96	0,00%	100,00%
97	0,00%	100,00%
98		100,00%
99		100,00%
100		100,00%
101		100,00%
102		100,00%
103		100,00%
104		100,00%
105		100,00%
106		100,00%
107		100,00%
108		100,00%
109		100,00%
110		100,00%
111		100,00%
112		100,00%
113		100,00%

5.4.3a Curva de Welfare diario del indicador de bienestar animal SRS de los 6 centros.

En el gráfico 5.15 se observa una disminución abrupta en el Welfare diario del indicador de bienestar de SRS al día 90 cuando comienzan con la signología asociada. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0047x + 1,1451$.

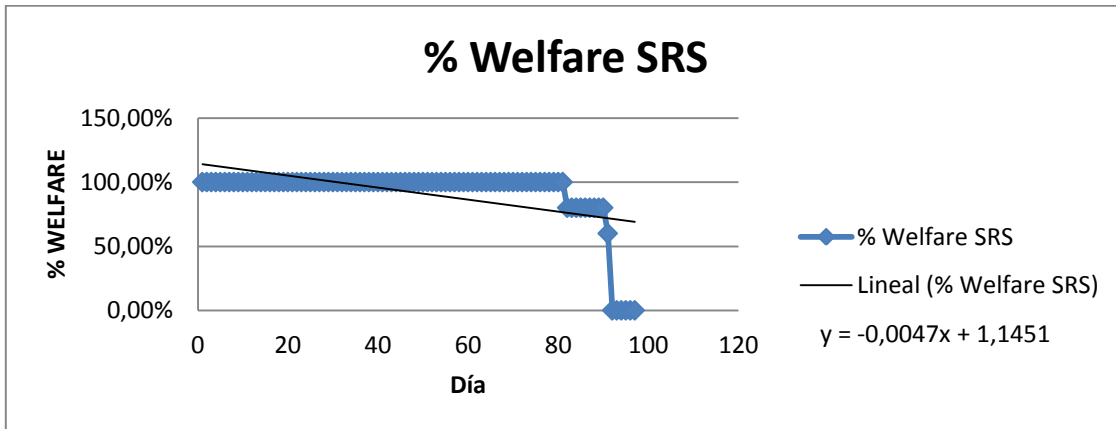


Gráfico 5.15. Curva de Welfare del indicador SRS para los 6 centros.

5.4.3b Curva de Welfare diario del indicador de bienestar animal oxígeno de los 6 centros.

En el gráfico 5.16 se observan leves variaciones diarias de este indicador. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0006x + 0,9142$.

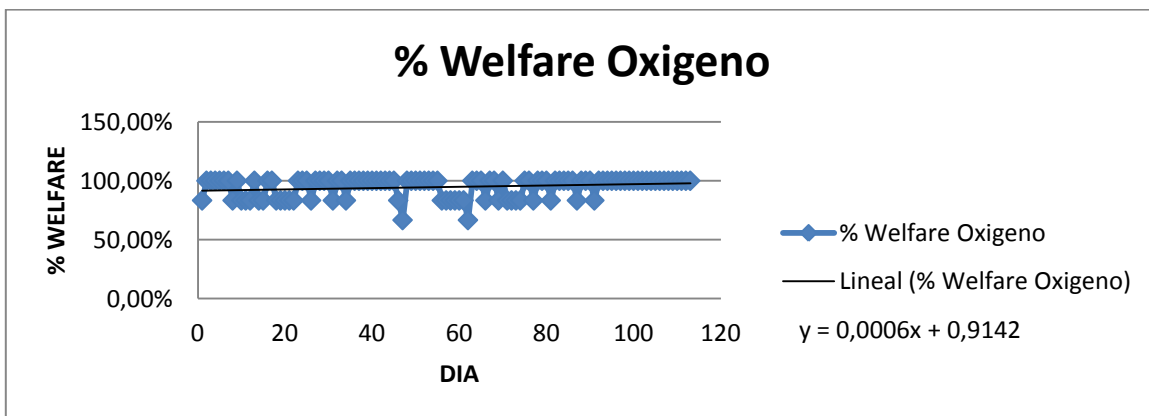


Gráfico 5.16. Curva de Welfare del indicador oxígeno de los 6 centros.

5.5. Tablas y curvas de Welfare diario, semanal y mensual para los dos centros con signología asociada a SRS.

5.5.1a Tabla de Welfare de los dos centros de los indicadores de bienestar animal mensuales.

En la tabla .12 se observa la disminución en el Welfare mensual de los dos centros con signología asociada a SRS al cuarto mes.

Tabla 5.12. Welfare del indicador Factor de condición para los dos centros con signología asociada a SRS, 2018.

Mes	% Welfare Factor de condición (centros con SRS)
1	75
2	78,375
3	71,875
4	50

5.5.1b Curva de Welfare mensual de los dos centros con signología asociada a SRS del indicador de bienestar Factor de condición.

En el gráfico 5.17 se observa la disminución a partir del tercer mes de Welfare para el indicador Factor de condición. La ecuación de la línea de tendencia es $y = -8,15x + 89,188$.

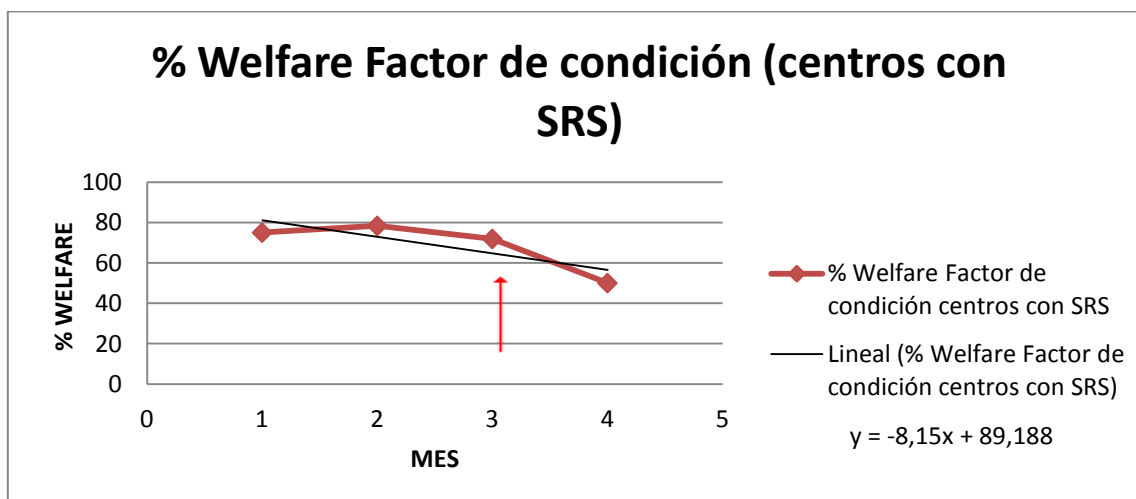


Gráfico 5.17, Curva de Welfare del indicador factor de condición para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.5.2a Tabla de los indicadores de bienestar animal semanales de los dos centros con signología asociada a SRS.

En la tabla 5.13 se observan todos los indicadores semanales: Welfare lesión cuerpo y ojo, catarata, lesión aleta dorsal (AD), caligidosis y descamación.

Tabla 5.13. Welfare de los indicadores semanales para los dos centros con signología asociada a SRS,2018.

Semana	% Welfare Descamación	% Welfare Lesión en cuerpo y ojo	% Welfare Catarata	%Welfare Lesión AD	% Welfare Caligidosis
1	24,50%	48,50%	80,00%	66,50%	62,50%
2	11,00%	51,00%	100,00%	69,00%	62,50%
3	33,50%	76,50%	86,50%	86,50%	62,50%
4	49,00%	24,50%	82,50%	57,50%	62,50%
5	54,00%	41,50%	80,00%	80,00%	87,50%
6	70,00%	60,00%	95,00%	90,00%	100,00%
7	53,50%	60,00%	76,50%	83,00%	100,00%
8	53,00%	53,00%	83,50%	91,50%	100,00%
9	75,50%	53,50%	92,50%	71,00%	87,50%
10	73,50%	77,00%	90,00%	81,50%	87,50%
11	46,50%	8,50%	63,00%	93,50%	50,00%
12	28,50%	54,00%	82,50%	71,50%	87,50%
13	73,50%	93,50%		100,00%	62,50%
14	85,00%	80,00%			62,50%
15					100,00%
16					100,00%

5.5.2b Curva de Welfare semanal del indicador de bienestar animal lesión de AD de los dos centros con signología asociada a SRS.

En el gráfico 5.18 se observan variaciones leve pero al termino de la semana 15 un aumento en el Welfare para este indicador. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0163x + 0,6869$.

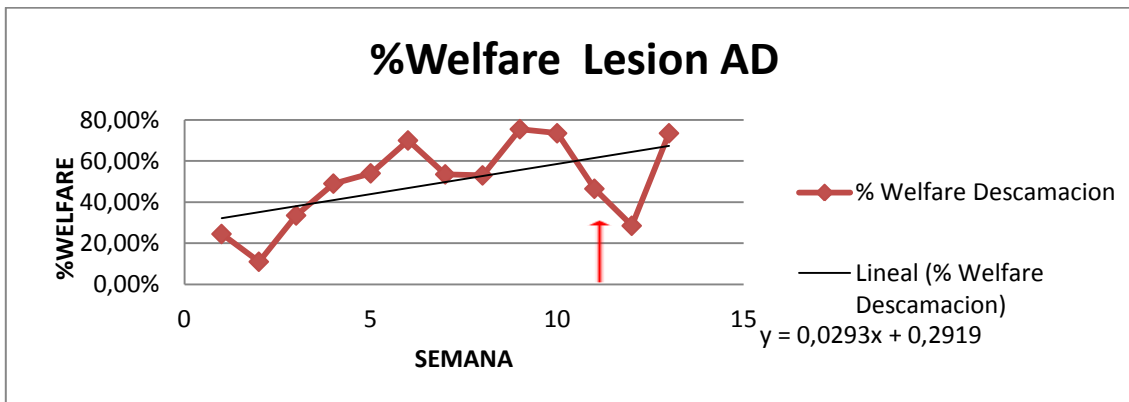


Gráfico 5.18. Curva de Welfare del indicador lesión de aleta dorsal para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.5.2c Curva de Welfare semanal del indicador de bienestar animal “descamación” de los dos centros con signología asociada a SRS.

En el gráfico 5.19 se observa un incremento del Welfare en el indicador de bienestar descamación. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0335x + 0,2708$.

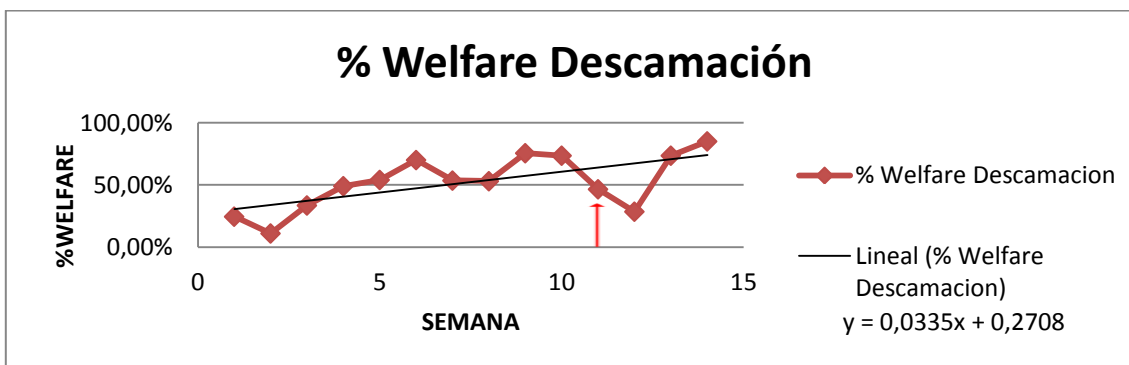


Gráfico 5.19. Curva de Welfare del indicador descamación para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.5.2d Curva de Welfare semanal del indicador de bienestar animal lesión en cuerpo y ojo de los dos centros con signología asociada a SRS.

En el gráfico 5.20 se observa la curva con mucha variabilidad en el tiempo, mostrando los pico de menor Welfare en las semanas 4 y 11. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0157x + 0,4406$.

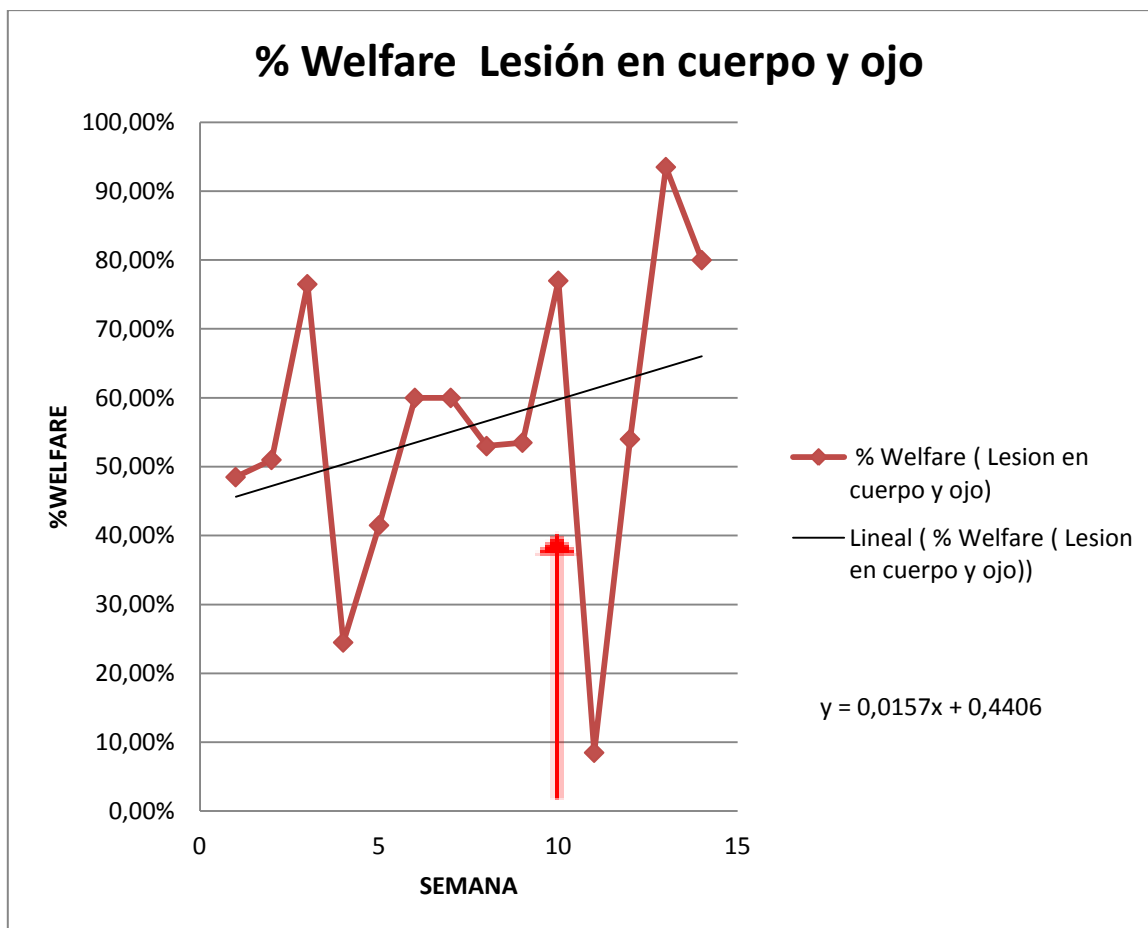


Gráfico 5.20. Curva de Welfare del indicador lesión en cuerpo y ojo para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.5.2d Curva de Welfare semanal del indicador de bienestar animal “catarata” de los dos centros con signología asociada a SRS.

En el gráfico 5.21 se observa la curva con poca variabilidad en el tiempo, mostrando el pico de menor Welfare en la semana 11. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0084x + 0,8977$.

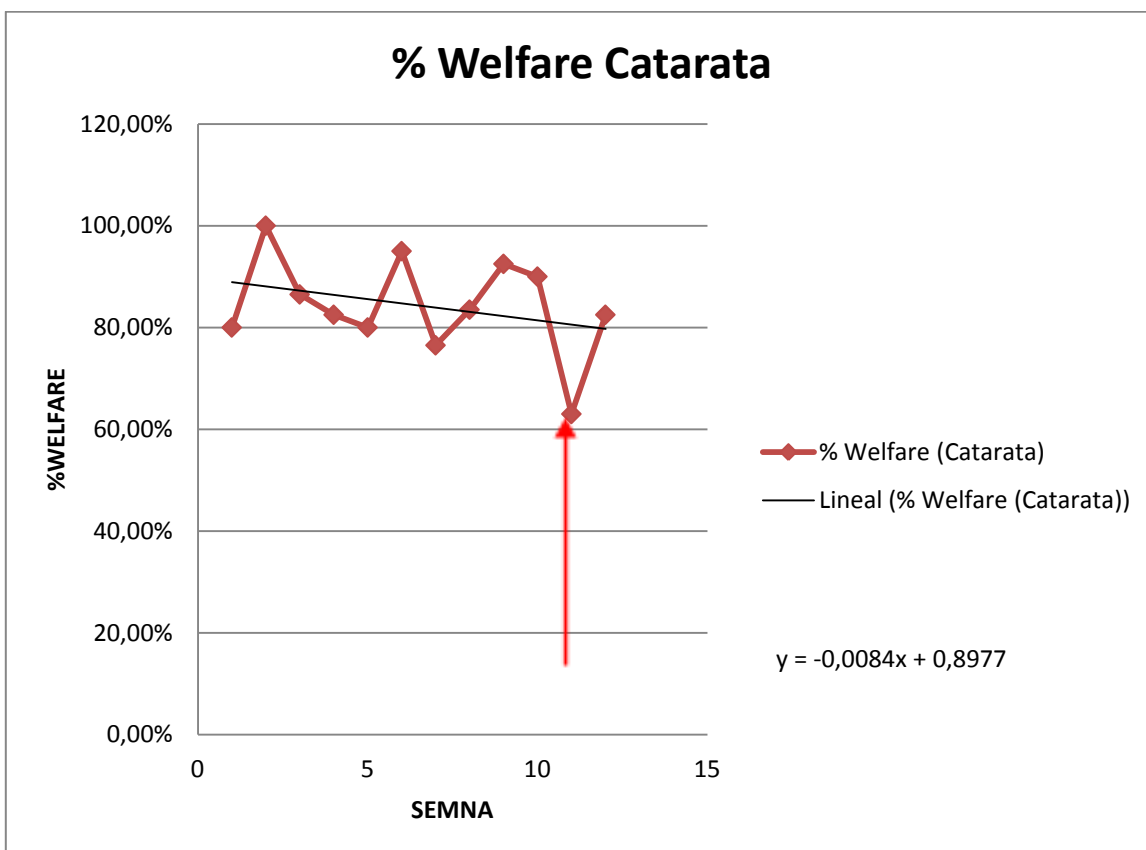


Gráfico 5.21. Curva de Welfare para el indicador catarata para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.5.2e Curva de Welfare semanal del indicador de bienestar animal caligidosis de los dos centros con signología asociada a SRS.

En el gráfico 5.22 se observa la curva con moderada variabilidad en el tiempo, mostrando el pic de menor Welfare en la semana 11. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,011x + 0,7031$.

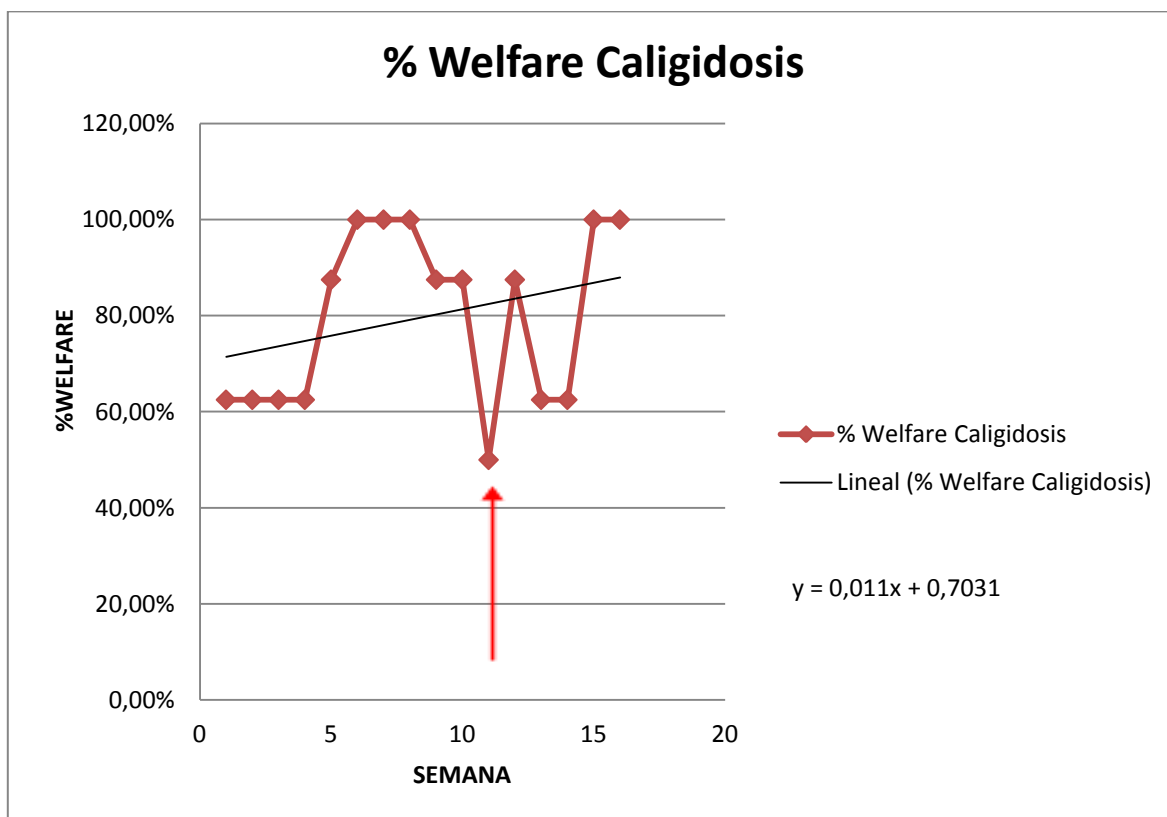


Gráfico 5.22. Curva de Welfare del indicador caligidosis para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.5.3a Tabla de Welfare de los dos centros con signología asociada a SRS de los indicadores de bienestar animal diarios.

En la tabla 5.14 se observa el Welfare mensual de los dos centros con signología asociada a SRS de los indicadores de bienestar oxígeno, mortalidad y SRS.

Tabla 5.14. Welfare de los indicadores diarios para los dos centros con signología asociada a SRS.

Día	% Welfare Oxígeno	% Welfare Mortalidad	% Welfare SRS
1	75,00%	100,00%	100,00%
2	100,00%	100,00%	100,00%
3	100,00%	100,00%	100,00%
4	100,00%	100,00%	100,00%
5	100,00%	100,00%	100,00%
6	100,00%	100,00%	100,00%
7	100,00%	100,00%	100,00%
8	75,00%	100,00%	100,00%
9	100,00%	100,00%	100,00%
10	75,00%	100,00%	100,00%
11	75,00%	100,00%	100,00%
12	75,00%	100,00%	100,00%
13	100,00%	100,00%	100,00%
14	75,00%	100,00%	100,00%
15	75,00%	100,00%	100,00%
16	100,00%	100,00%	100,00%
17	100,00%	100,00%	100,00%
18	75,00%	100,00%	100,00%
19	75,00%	100,00%	100,00%
20	75,00%	100,00%	100,00%
21	75,00%	100,00%	100,00%
22	75,00%	100,00%	100,00%
23	100,00%	100,00%	100,00%
24	100,00%	100,00%	100,00%
25	100,00%	100,00%	100,00%
26	75,00%	100,00%	100,00%
27	100,00%	100,00%	100,00%
28	100,00%	100,00%	100,00%
29	100,00%	100,00%	100,00%
30	100,00%	100,00%	100,00%
31	75,00%	100,00%	100,00%

32	100,00%	87,50%	100,00%
33	100,00%	100,00%	100,00%
34	75,00%	100,00%	100,00%
35	100,00%	100,00%	100,00%
36	100,00%	100,00%	100,00%
37	100,00%	100,00%	100,00%
38	100,00%	100,00%	100,00%
39	100,00%	100,00%	100,00%
40	100,00%	100,00%	100,00%
41	100,00%	100,00%	100,00%
42	100,00%	100,00%	100,00%
43	100,00%	100,00%	100,00%
44	100,00%	100,00%	100,00%
45	100,00%	100,00%	100,00%
46	75,00%	100,00%	100,00%
47	50,00%	100,00%	100,00%
48	100,00%	100,00%	100,00%
49	100,00%	100,00%	100,00%
50	100,00%	100,00%	100,00%
51	100,00%	100,00%	100,00%
52	100,00%	100,00%	100,00%
53	100,00%	100,00%	100,00%
54	100,00%	100,00%	100,00%
55	100,00%	100,00%	100,00%
56	100,00%	100,00%	100,00%
57	100,00%	100,00%	100,00%
58	100,00%	100,00%	100,00%
59	100,00%	100,00%	100,00%
60	100,00%	100,00%	100,00%
61	100,00%	100,00%	100,00%
62	75,00%	100,00%	100,00%
63	100,00%	100,00%	100,00%
64	100,00%	87,50%	100,00%
65	100,00%	87,50%	100,00%
66	100,00%	87,50%	100,00%
67	100,00%	87,50%	100,00%
68	100,00%	87,50%	100,00%
69	75,00%	87,50%	100,00%
70	100,00%	87,50%	100,00%
71	75,00%	87,50%	100,00%

72	75,00%	87,50%	100,00%
73	75,00%	87,50%	100,00%
74	75,00%	87,50%	100,00%
75	100,00%	87,50%	100,00%
76	100,00%	87,50%	100,00%
77	75,00%	87,50%	100,00%
78	100,00%	87,50%	100,00%
79	100,00%	62,50%	100,00%
80	100,00%	87,50%	100,00%
81	100,00%	87,50%	100,00%
82	100,00%	87,50%	50,00%
83	100,00%	87,50%	50,00%
84	100,00%	87,50%	50,00%
85	100,00%	87,50%	50,00%
86	100,00%	87,50%	50,00%
87	75,00%	62,50%	50,00%
88	100,00%	87,50%	50,00%
89	100,00%	62,50%	50,00%
90	100,00%	62,50%	50,00%
91	75,00%	62,50%	0,00%
92	100,00%	50,00%	0,00%
93	100,00%	50,00%	0,00%
94	100,00%	50,00%	0,00%
95	100,00%	50,00%	0,00%
96	100,00%	50,00%	0,00%
97	100,00%	50,00%	

5.5.3b Curva de Welfare de los dos centros con signología asociada a SRS del indicador de bienestar animal “oxígeno”.

En el gráfico 5.23 se observa un disminución brusca del Welfare diario del indicador oxígeno al día 45. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0008x + 0,8909$.

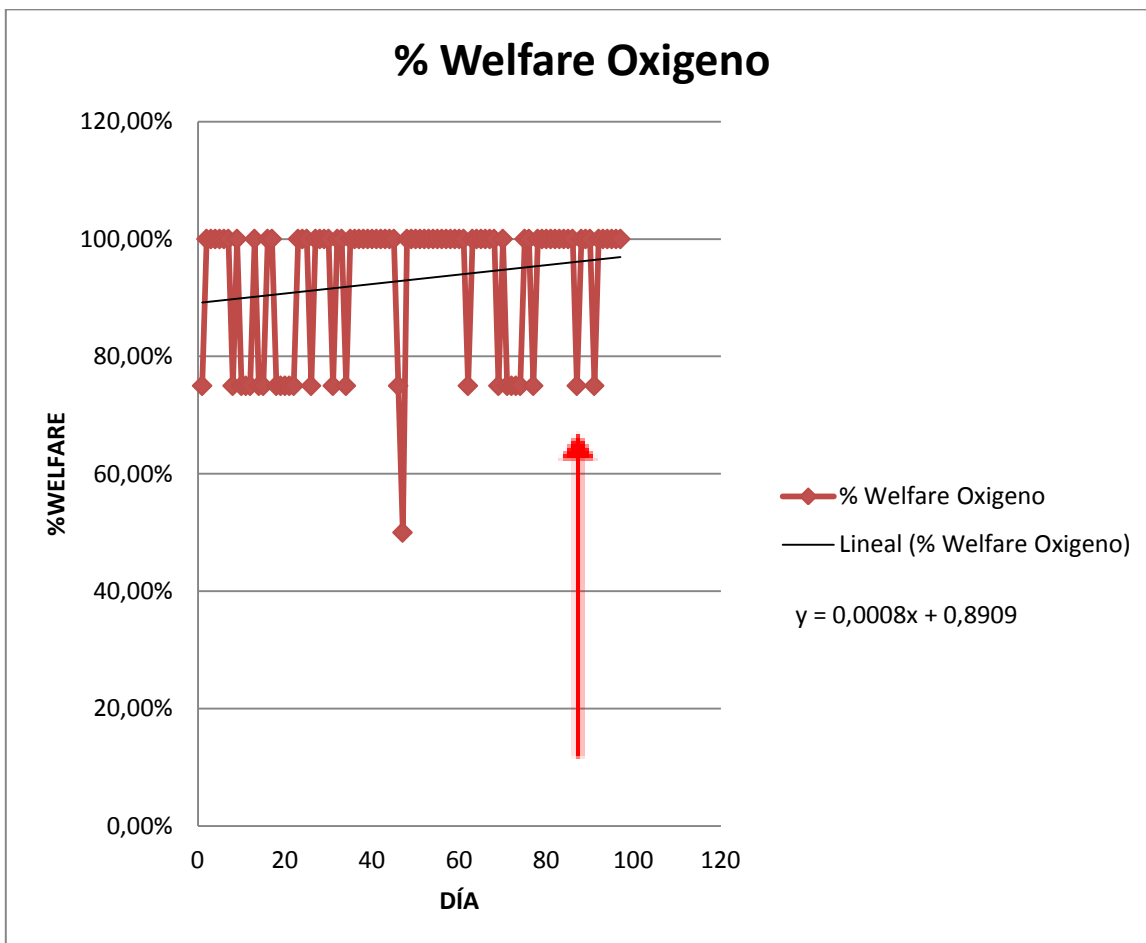


Gráfico 5.23. Curva de Welfare del indicador oxígeno para los dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.5.3c Curva de Welfare de los dos centros con signología asociada a SRS del indicador de bienestar animal mortalidad.

En el gráfico 5.24 se observa un disminución muy pronunciada al día 90. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,0037x + 1,1004$.



Gráfico 5.24. Curva de Welfare del indicador mortalidad para dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.5.3d Curva de Welfare de los dos centros con signología asociada a SRS del indicador de bienestar animal SRS.

En el gráfico 5.25 se observa un disminución muy pronunciada al día 80 donde luego llega el Welfare a 0% al día 90. La ecuación de la línea de tendencia es $y = 0,006x + 1,1793$.

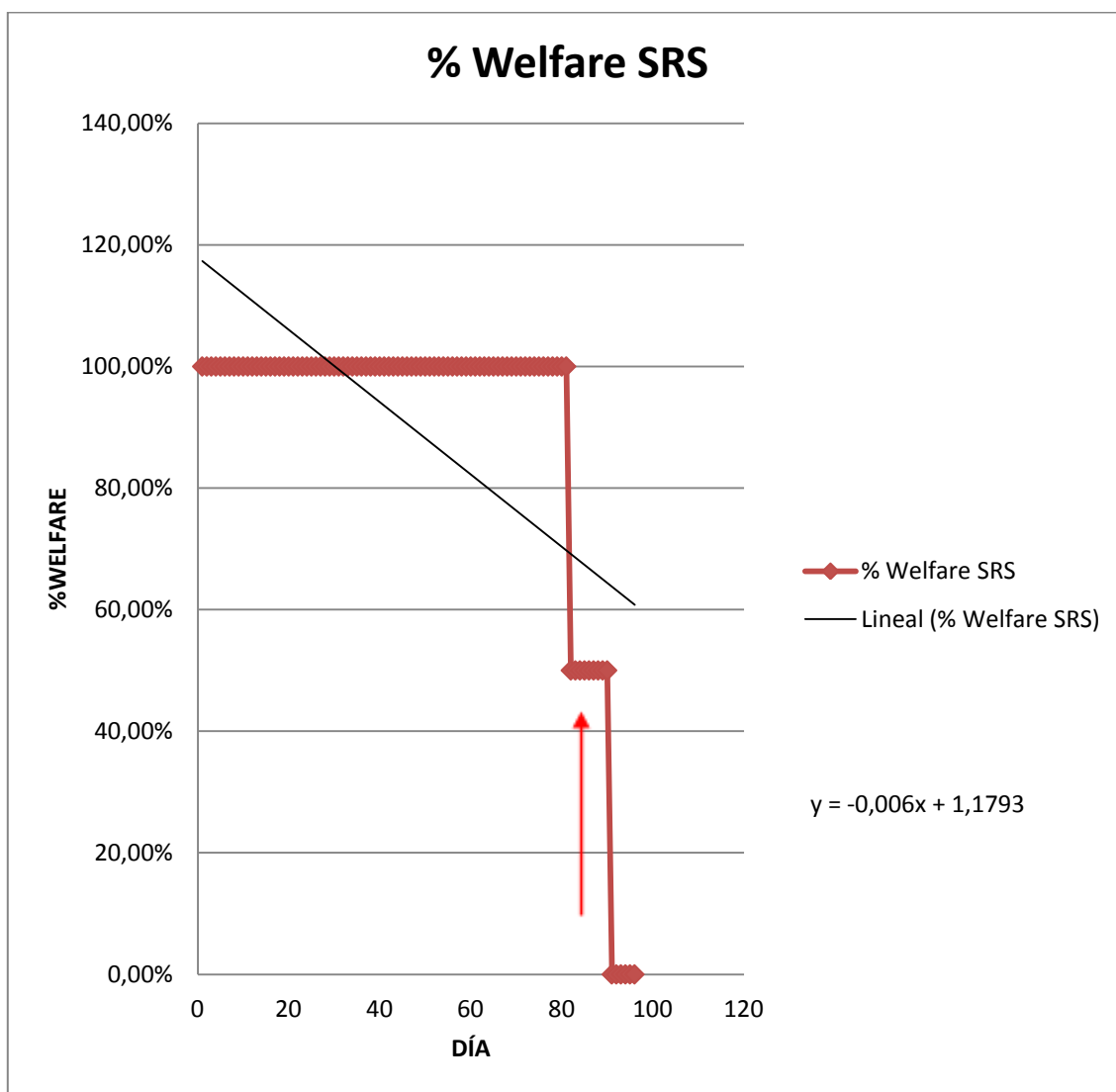


Gráfico 5.25. Curva de Welfare del indicador SRS para dos centros con signología asociada a SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

5.6 Análisis estadísticos de la curvas de Welfare global para los 6 centros y de la curva de Welfare global para los dos centros con SRS.

En la Gráfico 5.26, se observa la curva que mejor se ajusta a los datos de Welfare global diario considerando los 6 centros de producción (aquellos que no se enfermaron y los que sí), obteniéndose la siguiente fórmula:

$y = 2E-08x^4 - 4E-06x^3 + 0,0003x^2 - 0,0082x + 0,3495$, y con un ajuste muy bueno ($R^2 = 0,9232$).

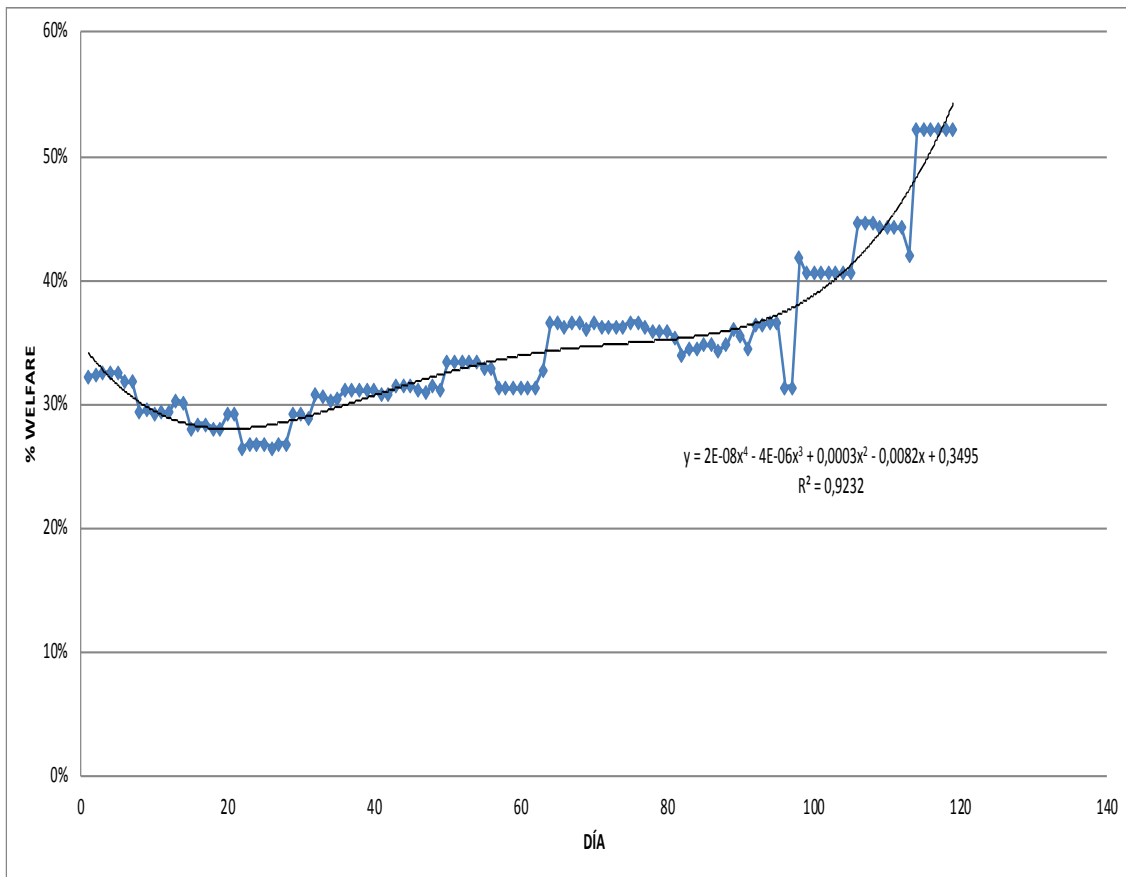


Gráfico 5.26. Curva de bienestar global diario en 6 centros de producción en agua de mar.

En el gráfico 5.27, se observa la curva que mejor se ajusta a los datos de Welfare global diario considerando solamente los centros que se diagnosticaron clínicamente con SRS, obteniéndose la siguiente fórmula:

$y = -3E-11x^6 + 8E-09x^5 - 8E-07x^4 + 3E-05x^3 - 0,0005x^2 + 0,0034x + 0,2279$, y con un ajuste bueno ($R^2 = 0,7904$).

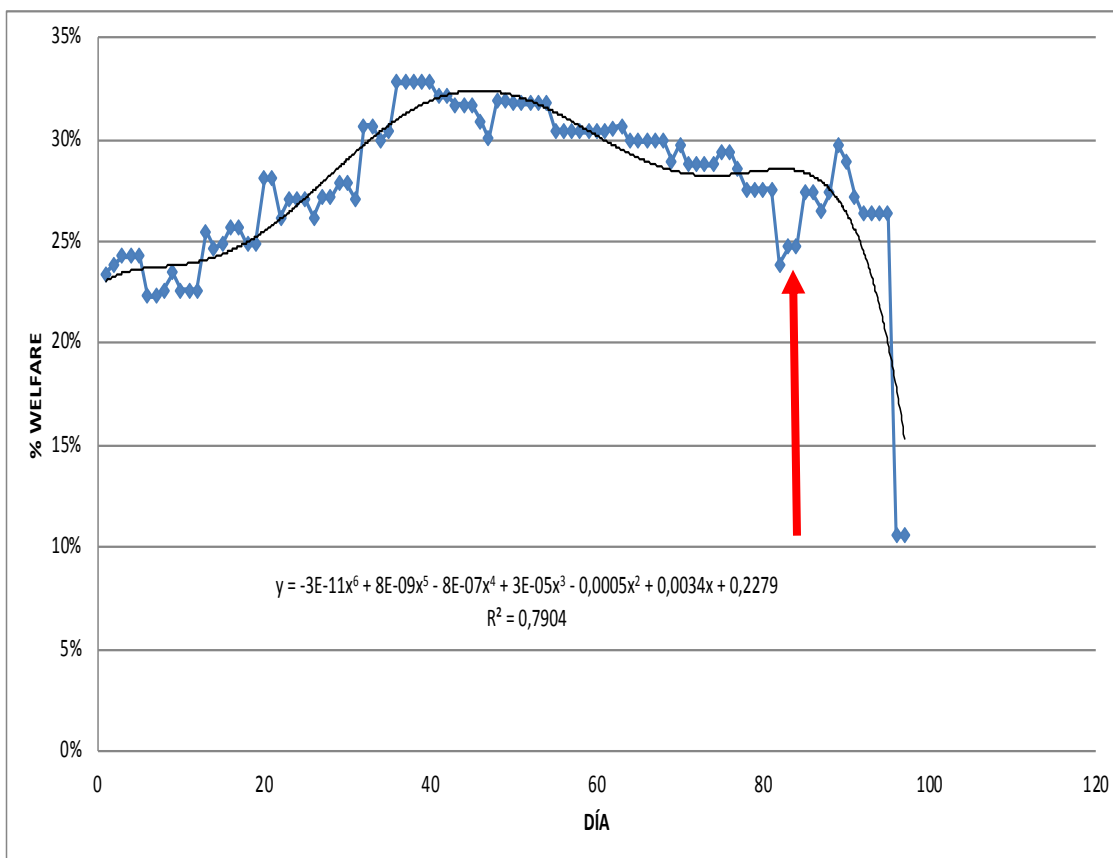


Gráfico 5.27. Curva de bienestar global diario en los dos centros de producción en agua de mar que fueron diagnosticados clínicamente con SRS (flecha roja indica momento de primer diagnóstico clínico SRS).

6.- Discusión

El estudio demostró que hubo una disminución del bienestar global en la medida que se acercaba al momento del brote de SRS (Gráfico 5.8, tabla 5.8). Según la revisión bibliográfica hecha por este tesista, estos resultados son los primeros en señalar disminución de indicadores de bienestar en relación a brotes de SRS. Sin embargo, otros estudios donde se midió bienestar utilizando cortisol como indicador de bienestar, mostraron que este cambia desfavorablemente en la medida que los peces se enferman de caligidosis (Ellis et al., 2012).

Un análisis más profundo, demuestra que el indicador “descamación” presenta dos picos de baja en la semana 2 por estrés inicial de vida en el mar y en la semana 12 coincidiendo con la baja inmunidad que provoca el brote de SRS. Estos resultados son los primeros resultados en esta especie, sin embargo estos resultados coinciden con lo señalado por Dhabhar (2009) quienes encontraron que el stress medido por cortisol aumenta en la semana 2 post-transferencia a mar.

El indicador “factor de condición” decae a partir del tercer mes coincidiendo con el brote de SRS. Estos resultados son los primeros de esta especie. Estos resultados coinciden con lo señalado por estudios realizados en mamíferos mayores donde afirmar que un bajo bienestar animal influye en el crecimiento del animal (Temple, 1998; Arechiga, 2003; Córdova, 2005).

El indicador “lesión en cuerpo y ojo” presenta una exagerada baja en la semana 11 previo al brote de SRS. Estos resultados son los primeros en esta especie. Coincide con la literatura que describe estas lesiones en peces infectados con *Piscirickettsia salmonis* (Bravo y Campos, 1989).

El Welfare del indicador “caligidosis” presenta variabilidad durante los muestreos y en la semana 11 se presenta el pico de baja coincidiendo con el brote de SRS. El contagio con caligidosis disminuye la inmunidad del salmón y esto los hace más propensos a enfermarse con SRS (Rozas y Asencio, 2007).

El indicador “mortalidad” muestra un baja pronunciada al día 90 la cual coincide con el brote de SRS. Donde se refleja la muerte de los enfermos. Esto lleva a pérdidas económicas en la producción de salmón (Anón, 2000).

El indicador “oxígeno” no presentó variabilidad durante del trabajo por lo cual no se considera un buen indicador para esta tesis. Considerado este indicador importantísimo ya que los peces no son capaces de asimilar el alimento cuando el oxígeno disuelto es bajo (Tomas, 1998). Esto llevaría a una baja inmunológica y mayor probabilidad de contagio de SRS.

Es importante destacar que el análisis de los datos se tuvo que hacer diferenciado en dos situaciones: con el total de centros, donde algunos no se enfermaron con SRS, y sólo con los centros que se diagnosticó clínicamente SRS (discusión de los párrafos anteriores). En este sentido, se puede apreciar que cuando se toman todos los datos, no existe una disminución del Welfare global, semanal y diario. Es más, el Welfare global aumenta. Esto evidencia que el análisis debe ser cuidadoso y solo tomar aquellos centros afectados. Además, este estudio sólo fue con peces pequeños recién transferidos, y estos resultados son sólo aplicables a este tipo de peces. Futuros estudios deberían apuntar a dilucidar si estos mismos resultados se obtienen en peces cercanos a cosecha, donde la evidencia señala que afecta más (Lannan et al, 1993). Además, futuros estudios deberían comparar grupos etarios iguales y además teniendo un grupo control y así comparar con los resultados de esta tesis.

Finalmente, los resultados representan una nueva, innovadora y útil herramienta para detectar tempranamente enfermedades importantes del salmón del Atlántico. Estos resultados podrían ser incluidos dentro de una herramienta de la empresa para su gestión en la utilización adecuada de fármacos frente a las enfermedades y así disminuir el uso de antibióticos /antiparasitarios, anticipar tratamientos y finalmente disminuir costos de producción (evitar pérdidas masivas por mortalidad) y mejorar la imagen de la misma.

7. - Conclusión

- Este estudio permitió demostrar la utilidad de medir el bienestar de los peces como herramienta adicional para entender la epidemiología del SRS.
- El uso de índice de bienestar global utilizando indicadores de bienestar permitió evidenciar los cambios en estos durante el tiempo hasta el momento de los brotes de SRS
- Los indicadores que mas varían para detectar cambios previos al brote fueron cataratas, lesión cuerpo y ojo y caligidosis.
- El indicador factor de condición cae drásticamente al mes 3.
- El indicador mortalidad disminuye drásticamente al día 90.
- El indicador lesión en AD varia muy lentamente en el tiempo.
- El indicador oxigeno no presento variabilidad en el tiempo.
- Estos cambios se pueden evidenciar 18-20 días antes del brote de SRS.
- La medición constante de bienestar permitiría su utilización para la detección temprana de SRS.

8.-Bibliografía

ALDAY-SANZ, V; RODGE, H; TURNBULL, T; ADAMS, A; RICHARDS, R. 1994. An immunohistochemical diagnostic test for rickettsial disease. J. Fish Dis. 17, 189-191.

ANÓN. 2000. Larga vida al salmón. Bioplanet. Marzo- Abril.

ARECHIGA, F., 2003. Efectos climáticos adversos en la función reproductiva de los bovinos. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas N 2 Vol. 2.

AQUA, 3 de abril de 2008, "Sandra Bravo: Coordinación es la mejor forma de enfrentar al Cáligus" disponible en: <http://www.aqua.cl/entrevistas/entrevista.php?doc=186>

BIRKBECK,T; RENNIE, S; HUNTER, D; LAIDLER, A; WADSWORTH,S. 2004. Infectivity of a Scottish isolate of *Piscirickettsia salmonis* for Atlantic salmon *Salmo salar* and immune response of salmon to this agent. Dis Aquat Org. 60, 97-103.

BONACIC, C., 2002. Introducción al estudio y evaluación del bienestar animal. Santiago, Chile.

BRAVO, S; M. CAMPOS. 1989. Coho salmon syndrome in Chile. FHS/AFS Newsletter 17-3.

BROOM, D., 2005. The effects of land transport on animal welfare. Rev Sci Tech Off int Epi; 24(2), 683-691.

CHILE, 2012 Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Resolución Exenta 1468: Programa sanitario general de manejo de mortalidades y su sistema de clasificación estandarizado conforme a categorías preestablecidas, Junio 2012.

CÓRDOBA, A., 2005. El bienestar animal en la producción animal. Avances en Tecnología porcina 3-16.

CVITANICH, J; GARATE, O; SMITH, C. 1991. The isolation of rickettsia-like organism causing disease and mortality in Chilean salmonids and its confirmation by Koch's postulate. *Journal of Fish Diseases*. 14, 121-145.

DEL CAMPO, M., 2006. Bienestar animal: ¿Un tema de moda?. Programa nacional de carne y lana. Argentina.

ELLIS T; YOLDIZ T; LOPEZ H; SPEDICATO M; TORLT L ; OVERELLI O; MARTINS C.2012. Cortisol y bienestar del pescado., 38 (1): 163-88.

FELICES, M., 2000 .Bienestar Animal: Algunos indicadores de su Aplicación.

FRYER, J; HEDRICK, R. 2003. *Piscirickettsia salmonis*: a Gram-negative.

GAECEs, L; LARENAS,J; SMITH, A; SANDINO, S; LANNAN, C;FRYER, J. 1991. Infectivity of a rickettsia isolated from coho salmon *Oncorhynchus kisutch*. *Dis Aquat Org.*, 11, 93-97.

intracellular bacterial pathogen of fish. *J. Fish Dis*. 26, 251-262.

LANNAN, C; FRYER, J. 1993. Extracellular survival of *Piscirickettsia salmonis*. *Journal of Fish Diseases*. 17, 545-548.

LANNAN, C; FRYER, J; GIOVANNONI, S; WOOD, N. 1992. *Piscirickettsia salmonis* genov. The causative agent of an epizootic disease in salmonid fishes. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 42,120-126.

LANNAN, C; FRYER,J. 1991. Recommended method for inspection of fish for the salmonid rickettsia. *Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol*. 11, 135-136.

LANNAN, C; FRYER, J. 1993. *Piscirickettsia salmonis* , un importante patógeno de peces salmónidos en Chile. *Fish Res*. 17, 115-121.

LANNAN, C; FRYER, J; GARCES, H; LARENAS, J; SMITH, P. 1990. Isolation of a rickettsiales-like organism from diseased coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in Chile. *Fish Pathol.*, 25, 107-114.

MARDONES, F; PAREDES, F; MEDINA, M; TELL, A; VALDIVIA, V; IBARRA, R; CORREA, J; GELCICH, S. 2018. Identification of research gaps for highly infectious diseases in aquaculture: The case of the endemic *Piscirickettsia salmonis* in the Chilean salmon farming industry. *Aquaculture*. 482, 211-220.

MARTINS, C; GALHARDO, L; NOBLE, C. 2012 . *Fish Physiol Biochem*. 38, 17-22..

MATEOS, C., 2003. Bienestar animal. IN: Bienestar animal, sufrimiento y conciencia., Ed Universidad de Extremadura.

MUMIESA, A; ESCOBAR-DODERO, J; SILVA, N; HENRIQUEZ, P; BUSTOS, P; PEREZD, A; MARDONES, F; 2018. Effectiveness of disinfectant treatments for inactivating *Piscirickettsia Salmonis*. *Preventive Veterinary Medicine*.

Programa estratégico salmon sustentable. 2016. La Samonicultura en Chile: Situación actual y estratégica de desarrollo al 2030. Resumen ejecutivo programa salmón sustentable, 27p. Extraído desde: <http://www.chiletransforma.cl/wp-content/uploads/2017/08/Resumen-ejecutivo-Hoja-de-Ruta-PEM-SS-Version-final.pdf>, el 24 de septiembre 2018.

PUTT, S; WILESMITHil, J. 1987. The role of epidemiology in the teaching of preventive veterinary medicine. In: *Proceedings of the Society for Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine*. Solihull. 1st-3rd April. pp. 47-50.

QUIROZ, J Y CONSULTORES ASOCIADOS. 2005. Informe económico salmonicultura 2005.

R CORE TEAM. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Viena, Austria. <https://www.R-project.org>.

ROZAS, M.; ASENCIO, G. 2007. Evaluación de la situación epidemiológica de la caligiasis en Chile: hacia una estrategia de control efectiva. *Salmociencia*. 2: 43-59

SCHAFFER, W; ALVARADO, V; EMRIQUEZ, R; MONRAS, M. 1990. The 'Coho Salmon Syndrome' (CSS): a new disease in Chilean salmon, reared in sea water. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 10-130.

SOLANO, J; GALINDO, F; ORIHUELA, A; GALINA, C. 2004. The effect of social Rank on the physiological response during repeated stressful handling in Zebu cattle (*Bos indicus*). *Physiol Behav*. 82, 679-683.

THRUSFIELD, M., 1988. The application of epidemiology techniques to contemporary veterinary problems. *Br. Vet. J.* 144, 455-469.

TOMAS, P. 1990. Molecular and Biochemical Responses of fish to stressors and their potential use in environmental monitoring. In. *Biological indicators of stress in fish*. Marshall-Adams, S. (Eds.). American Fisheries Symposium I, Bethesda , Maryland, 9-28.

VILLAROEL, M., 2012. Bienestar animal en peces: indicadores operativos. *Revista AquaTIC*, n° 37, pp. 107-112.