

Estimación del Plano Anestésico en Elefante Marinos del Sur Utilizando Técnicas de Machine Learning.

Marcos Zárate^{1,2}, Mirtha Lewis¹

¹ Grupo de Estudio de Macroecología Marina (GEMMA), CENPAT-CONICET, Almirante Brown 2915, Puerto Madryn, Chubut.

² Laboratorio de Investigación en Informática (LINVI), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Almirante Brown 3051, Puerto Madryn, Chubut.
{zarate,mirtha}@cenpat-conicet.gob.ar

Abstract. Prediction systems are techniques that build and study new forecasts through a branch of the artificial intelligence called Machine Learning. In this work we intend to estimate the time that remains anesthetized an southern elephant seal to which you have applied a combination of drugs (Zoletil[®]), the fundamental objective of anesthesia is to avoid risky situations to researchers studying this species. To know these times data mining techniques and algorithms used particular classification algorithms were compared *JA.8*, *SMO*, *Random Tree*, *NBTree* y *Naïve Bayes* with data mining tool Weka and a data set containing the records of 96 individuals undergoing anesthesia procedure. It is concluded that after tests Random Tree was the classification algorithm that best responded, making this an accuracy of 98.79%.

Keywords: Machine Learning, WEKA, Anaesthesia, Random Tree, Mirounga Leonina.

1 Introducción

El grupo de trabajo, bajo la denominación GEMM@ (acrónimo de Grupo de Estudio de Macroecología Marina) del CENPAT-CONICET¹ dedica sus esfuerzos al desarrollo de estudios sobre ecología del paisaje de especies marinas, utilizando herramientas informáticas e instrumentos tecnológicos para tal fin.

En este contexto la población de elefantes marinos del sur (Mirounga Leonina, EMS de aquí en adelante) es de gran interés debido a que dentro de las poblaciones de EMS del mundo, la colonia de Península Valdés (ubicada en el mar Argentino, en la provincia del Chubut, Argentina) es la única que presenta un marcado crecimiento [1]. Para la conservación y estudio de la especie, se requiere obtener muestras de sangre, tejido, peso del ejemplar, toma de medidas y realizar la colocación de equipos electrónicos para el posterior rastreo satelital una vez que dejan las costas y migran al mar durante varios meses. En particular, la implementación de dispositivos electrónicos miniaturizados en EMS (Fig. 1) proporciona perfiles oceanográficos de la columna de agua hasta profundidades de 2000 metros completando así vacíos de información o reforzando la existente [2] [3]. Estos instrumentos devuelven, a un

¹ <http://www.cenpat-conicet.gob.ar/>

menor costo, grandes volúmenes de datos hidrográficos en regiones que nunca se han estudiado en forma directa por boyas y/o buques oceanográficos.

Todas estas tareas requieren la inmovilización del individuo, para ello se recurre al uso de drogas anestésicas. El procedimiento consiste en inyectar por vía intramuscular una dosis de Zoletil®² (combinación de un agente anestésico disociativo, clorhidrato de Tiletamina y un tranquilizante del grupo de las benzodiazepinas, clorhidrato de Zolazepam). Esta combinación de drogas se utiliza como agente inductor, sedante y anestésico. Luego que el individuo entra en lo que se conoce como *plano de inducción*, es decir que se encuentra parcialmente anestesiado se procede a la colocación de una inyección intravenosa con la misma combinación de drogas para de esta manera anestesiarse completamente al individuo, esta etapa se conoce como *plano anestésico*. Normalmente la segunda dosis por vía intravenosa se realiza con individuos adultos debido al volumen corporal de los mismos, mientras que en individuos jóvenes basta con una dosis de la droga vía intramuscular para inducir el *plano anestésico*. Es en este momento cuando se pueden comenzar las tareas de recolección de muestras de sangre, tejido, y colocación de instrumentos electrónicos de rastreo, luego de un determinado periodo de tiempo el EMS recupera su estado de conciencia y una vez asimilada completamente la droga puede volver a su estado normal. Conocer el tiempo del *plano anestésico* es fundamental para los investigadores debido a que pueden ocurrir accidentes si el EMS intenta defenderse, considerando su volumen promedio, el daño que pueden ocasionar es un factor de riesgo que se debe tener siempre presente.

Ante la necesidad de establecer los tiempos seguros de trabajo, se hizo necesario acudir a los sistemas computacionales de aprendizaje automatizado con el objetivo de precisar, utilizando algoritmos de clasificación, los factores que más aportaron a la estimación de tiempos seguros de trabajo. El presente trabajo se estructura de la siguiente manera: la Sección 2 presenta la metodología utilizada para abordar el problema, la Sección 3 muestra las pruebas realizadas, la Sección 4 los resultados obtenidos y finalmente la Sección 5 las conclusiones.



Fig. 1. a) Instrumentos de rastreo satelital. b) Colocación de los instrumentos en el EMS, para realizar este procedimiento se requiere anestesiarse al animal. c) Instrumentos de rastreo satelital ya adheridos al cuerpo.

2 Materiales y Métodos

2.1 Investigación de la literatura sobre anestesia

Para comprender los diferentes métodos de inmovilización y las drogas que se utilizan habitualmente con la especie *Mirounga Leonina*, se hizo una recorrida por las

² <http://www.imvab.com.ec/fichasguaffy/zoletil50.html>

publicaciones que son tomadas como referencia en este ámbito. Primero se investigó los diferentes métodos de inmovilización utilizados en especies pinnípedas [4] luego se toma como referencia [5] [6] donde se describen las diferentes combinaciones de drogas y sus efectos en EMS y por último en [7] se muestra el efecto que tiene el Zoletil® en elefantes marinos de diferente tamaño, edad, etc.

2.2 Pre-procesamiento de los datos

Basado en los datos recolectados en los censos de elefantes marinos realizados en la Península Valdés durante los años 1998 a 2007 se cuenta con 96 registros de procedimientos de anestias de diferentes individuos, particularmente estos son del grupo Weaning Pup (cachorro destetado) y para cada ejemplar se consideran los siguientes atributos: Identificador del ejemplar (ID), Sexo, Días transcurridos desde el destete, Dosis en MG de Zoletil®, Efecto de la inducción en minutos, Tiempo de recuperación en minutos, Largo del individuo en cm, Circunferencia en cm y el peso calculado en base al largo y circunferencia [8].

Otros atributos como horas y fechas fueron quitados ya que no son relevantes, además se agregó un nuevo atributo (combinación de otros dos) que representa la relación que existe entre la dosis de Zoletil® suministrada y el peso del individuo.

Dado que los tiempos de recuperación se representan en minutos y para el set de datos que se toma en consideración, este intervalo va desde los 18 a los 65 minutos, se definieron cuatro intervalos de tiempo asignándoles un valor nominal que los representa, los intervalos de tiempo se pueden ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Intervalos de tiempo definidos para realizar la clasificación.

Intervalo en minutos	Tiempo de recuperación
(-inf, 26]	RAPIDO
(26,34]	NORMAL
(34,42]	LENTO
(42, +inf)	MUY LENTO

El set de datos utilizado contaba con 14 atributos (Columnas) de los cuales se utilizaron los por cuestiones de simplicidad y para mejorar la estimación solo los que se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Atributos seleccionados luego del pre-procesamiento.

Nombre	Descripción
SEXO	Sexo del ejemplar (M, F) (Nominal).
DOSIS I (Mg.)	Droga inyectada en Mg (Numérico).
PESO (Kgr.)	Peso calculado en base al largo y la circunferencia del ejemplar (Numérico).
RELACION (dosis/peso)	Cociente entre la dosis suministrada y el peso total del ejemplar (Numérico).
TIEMPO REC (Min.)	Tiempo en que la droga hace su efecto (Nominal).

2.3 Metodología propuesta

Para alcanzar el objetivo se proponen los siguientes pasos:

- Pre-procesamiento de los datos de anestias disponibles.
- La aplicación de los diferentes algoritmos para estimar los tiempos del plano anestésico.
- Comparación de los resultados obtenidos y selección del mejor algoritmo de clasificación.

La estimación y la predicción pueden ser vistas como tipos de clasificación. El problema general es evaluar el modelo a través del conjunto de datos de entrenamiento y luego verificar el resultado utilizando un conjunto de datos de prueba. Para este trabajo se utilizó la herramienta WEKA (acrónimo de Waikato Environment for Knowledge Analysis), el mismo nace del esfuerzo de un grupo de investigadores del Machine Learning Laboratory de la Universidad de Waikato en Nueva Zelanda, como software de código abierto bajo los términos de la GNU GPL el cual es una suite completa de herramientas para aprendizaje automático y minería de datos [9] [10]. La Fig. 2 muestra la ventana principal de WEKA con todas las opciones disponibles.



Fig. 2. Ventana principal de WEKA, desde aquí se puede elegir la opción Explorer para trabajar con el set de datos y realizar las pruebas con los algoritmos de clasificación. Desde la opción Experimenter compararemos los algoritmos elegidos para ver en detalle su precisión.

3 Pruebas realizadas

El objetivo de este trabajo es comparar diferentes algoritmos de clasificación utilizando WEKA para predecir tiempos del plano anestésico luego de inyectada la droga. En este caso tenemos un archivo con datos que contienen 96 registros de anestias en formato csv, pero que fueron convertidos al formato arff³ utilizado por WEKA. Los algoritmos elegidos para realizar las pruebas fueron *J4.8 decision tree*, *SMO*, *Random Tree*, *NB tree* y *Naïve Bayes*. En todos los casos se utilizó el mismo set de datos en formato arff, para nuestro caso anestias.arff.⁴ Para las pruebas se trabajó con la opción *Explorer* de WEKA, haciendo pruebas con los diferentes algoritmos de clasificación, en todos los casos elegimos la opción *Percentage Split* que por defecto es de 66% (esto quiere decir que usaremos el 66% de los datos para entrenar el

³ <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/arff.html>

⁴ <https://drive.google.com/open?id=0ByFBIFdvMqVlemRqZUFEYzA5TUE>

algoritmo y el resto será para las pruebas), luego se seleccionó el atributo a ser clasificado, en este caso TIEMPO REC (Min). Para realizar la comparativa de los algoritmos escogidos utilizaremos la opción *Experimenter*, donde podremos ver con mayor nivel de detalle cada uno de los algoritmos y poder seleccionar el que mejor desempeño obtenga. Antes de comenzar a mostrar los resultados de cada uno de los algoritmos podemos ver que en la solapa *Preprocess* de la interfaz *Explorer* se visualizan los atributos que contiene el archivo arff, aquí se permite eliminar atributos, aplicar filtros, etc. La Fig. 3 muestra esta solapa, además podemos visualizar la distribución de frecuencia de todos los atributos al mismo tiempo haciendo clic en el botón *Visualize All*.

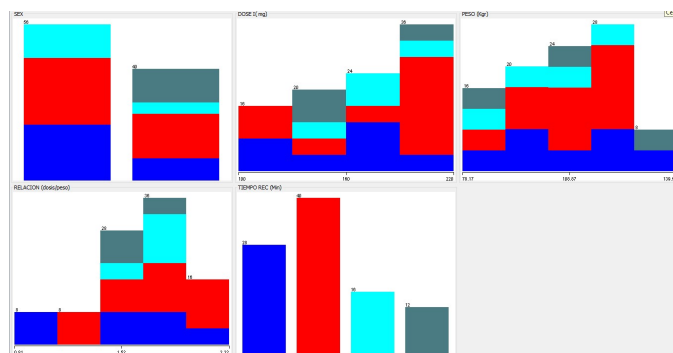


Fig. 3. Distribución de frecuencia de todos los atributos del dataset anestusias.arff, se observa que el atributo TIEMPO REC (Min) (tiempo en minutos en recuperarse totalmente del efecto de la droga) va desde los 18 a los 65 minutos incluyendo 28 ejemplares que se recuperaron en el intervalo RAPIDO, 40 en el intervalo NORMAL, 16 en el intervalo LENTO y 12 ejemplares en el intervalo MUY LENTO.

3.1 J48 Decision Tree

El algoritmo J48 implementado en WEKA es una versión del clásico algoritmo de árboles de decisión C4.5 [11]. Los árboles de decisión entran dentro de los métodos de clasificación supervisada, es decir, se tiene una variable dependiente o clase, y el objetivo del clasificador es determinar el valor de dicha clase para casos nuevos. El algoritmo J48 amplía las funcionalidades del C4.5, tales como permitir la realización del proceso de post-poda del árbol mediante un método basado en la reducción del error o que las divisiones sobre las variables discretas sean siempre binarias.

En la pestaña *Classify* buscamos el algoritmo J48 de entre los arboles de decisión que nos proporciona WEKA y procedemos a la ejecución. Como se puede apreciar una vez terminada la ejecución, se muestra la salida en formato de texto, (ver Fig. 4).

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: se puede apreciar que se clasificaron correctamente el 90.9091 % de las instancias e incorrectamente el 9.0909 %, además se puede observar en la sección *Confusion Matrix* que los valores de la diagonal principal corresponden a las instancias correctamente clasificadas, mientras que los valores que están fuera de la misma son las instancias clasificadas incorrectamente, se puede ver que tres instancias fueron clasificadas como MUY LENTO, pero en realidad correspondían a NORMAL, para ver más detalles de los

errores en la clasificación solo deberemos posicionarnos sobre la ejecución realizada en la lista *Result list*, apretar el botón derecho y elegir la opción *Visualize classifiers errors*.

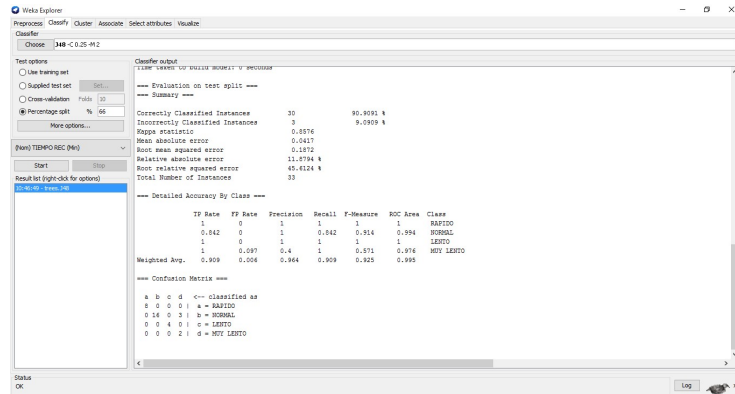


Fig. 4. Resultados obtenidos luego de ejecutar el algoritmo J48, se puede observar que tres instancias fueron clasificadas incorrectamente, las mismas correspondían a NORMAL, pero fueron clasificadas como MUY LENTO.

3.2 SMO (Sequential Minimal Optimization)

SMO implementa el algoritmo de optimización mínima secuencial para entrenar una máquina de soporte vectorial (SVM) [12]. Estos algoritmos extienden las características de los modelos lineales, ya que permiten distinguir entre clases que presentan límites de decisión no lineales. Para ello se transforman los datos originales transformándolos de forma no lineal en un nuevo espacio de mayor dimensión. En este nuevo espacio se construye un modelo lineal que pueda representar un límite de decisión no lineal en el espacio original. Luego de ejecutar el algoritmo los resultados obtenidos fueron los siguientes: se clasificaron correctamente el 42.4242 % de las instancias e incorrectamente el 57.5758 % como se puede apreciar en la Fig. 5.

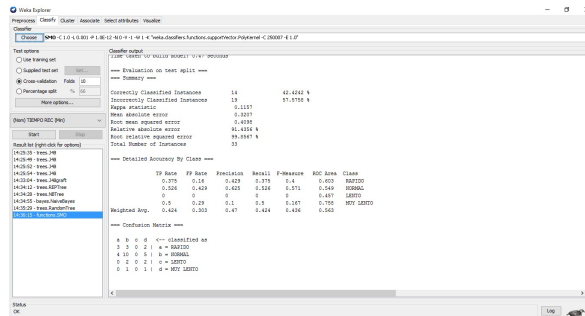


Fig. 5. Resultado obtenidos con el algoritmo SMO, el porcentaje de instancias correctamente clasificadas es mucho menor que con J48.

3.3 Random Tree

Este algoritmo mejora la precisión en la clasificación mediante la incorporación de aleatoriedad en la construcción de cada clasificador individual. Esta aleatorización puede introducirse en la partición del espacio (construcción del árbol), así como en la muestra de entrenamiento. El resultado obtenido luego de la ejecución del algoritmo, se muestra en la Fig. 6, en este caso se clasificaron correctamente el 100% de las instancias, con un 0% de instancias incorrectamente clasificadas.



Fig. 6. Resultado obtenidos con Random Tree, 100% de instancias correctamente clasificadas mejorando al J48 con un 10% más de exactitud.

3.4 Naïve Bayes

Naïve Bayes (NB) [13] es un clasificador probabilístico que parte de la premisa de que cada par parámetro-valor de un mismo ejemplo es independiente del resto. A cada par parámetro-valor se le asigna una probabilidad de pertenencia a una clase. Para ello se divide el número de ejemplos de cada clase en los que aparece ese par entre el número de ejemplos que pertenecen a esa clase. Para clasificar un caso nuevo se calcula la probabilidad de pertenencia de ese caso a cada clase, clasificándolo en la clase donde dicha probabilidad sea mayor, adoptando pues un criterio de estimación máxima a posteriori. El resultado obtenido luego de la ejecución del algoritmo, se muestra en la Fig. 7, en este caso se clasificaron correctamente el 48.4848% de las instancias, con un 51.5152% de instancias incorrectamente clasificadas.

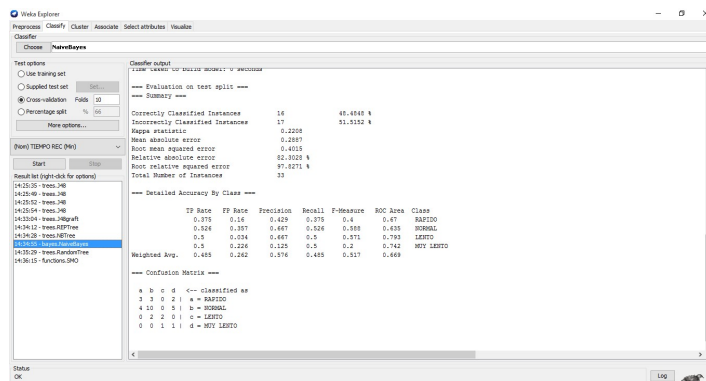


Fig. 7. Resultados obtenidos luego de ejecutar Naïve Bayes.

3.5 NB Tree

Este algoritmo [14] básicamente es un árbol de decisión con clasificadores Naïve Bayes en las hojas. El resultado obtenido luego de la ejecución del algoritmo, se muestra en la Fig.8, en este caso se clasificaron correctamente el 48.4848% de las instancias, con un 51.5152% de instancias incorrectamente clasificadas.

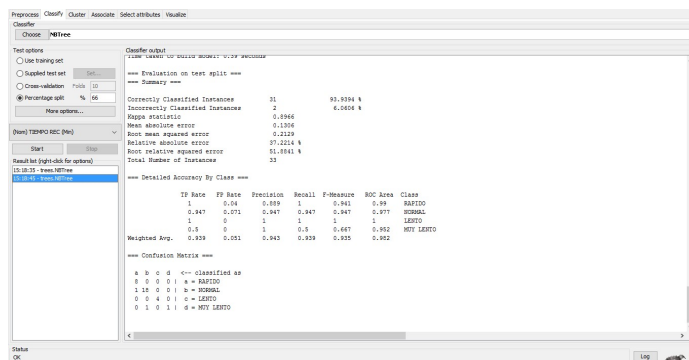


Fig. 8. Resultados obtenidos con el algoritmo NBTree.

4 Resultados obtenidos

Si bien en la sección anterior podemos tener una estimación bastante precisa de que algoritmo presenta mejores resultados, para poder corroborar esto haremos uso de la interfaz *Experimenter* de WEKA la que nos permite conocer de manera detallada el desempeño de cada uno de los algoritmos utilizados, este proceso consiste en seleccionar los 5 algoritmos que se utilizaron aplicados al data set *anestias.arff*, cada algoritmo es corrido 10 veces y se utiliza un 66% del data set para entrenamiento y el 34% restante para las pruebas. Una vez configurado el *Experimenter* se procede a ejecutar las pruebas desde la pestaña *Run*, los resultados de las pruebas se almacenan

en un archivo de extensión arff y se pueden visualizar desde la pestaña *Analyze* abriendo el archivo que se creó en *Setup* como se puede ver en la Fig. 9. El porcentaje correcto para cada uno de los cuatro algoritmos es: 90.82 para *J48*, 98.79 para *Random Tree*, 47.27 para *Naïve Bayes* y 83.84 para *NB Tree*. La notación "v" o "*" indica que un determinado resultado es estadísticamente mejor (v) o peor (*) que el algoritmo base (en este caso, *J48*) en el nivel de significación especificado (actualmente 0,05)

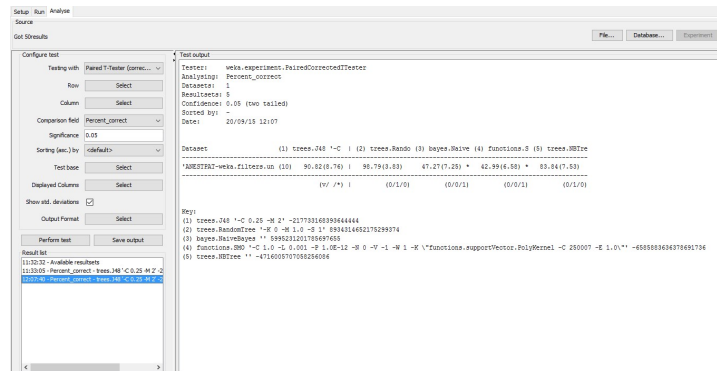


Fig. 9. Resultados obtenidos luego de comparar los 5 algoritmos, en este caso se contrastan 4 de los algoritmos frente al algoritmo *J48*.

Al pie de cada columna se puede ver una leyenda (v/ /*) esto es el número de veces que el algoritmo fue mejor (v) igual (/) o peor (*) al algoritmo base seleccionado (*J48*) teniendo en cuenta el número de data sets que fueron utilizados para el experimento (en este caso solo se usó uno). Los resultados muestran que *Random Tree* y *NB Tree* fueron iguales (0/1/0) que *J48*, mientras que *SMO* y *Naive Bayes* fueron peores (0/0/1) que *J48*. Teniendo en cuenta los resultados previos se puede establecer que el mejor algoritmo de clasificación de los 5 elegidos es el *Random Tree* debido a que su precisión con respecto a *J48* (90.82 %) fue de 98.79%

5 Conclusiones

El presente trabajo es utilizado para estimar los tiempos del plano anestésico luego de suministrada una dosis de Zoletil® por vía intramuscular a ejemplares de elefantes marinos del sur. En particular se utilizaron los datos de los trabajos realizados en las costas de Península Valdés con la categoría *Weaning Pup*. Para lograr este objetivo se propone construir un modelo de predicción utilizando técnicas de clasificación (Algoritmo *Random Tree*) para poder estimar nuevos tiempos de respuesta a la anestesia suministrada en base a una serie de atributos como (sexo, peso, relación dosis/peso, etc.), esto es de gran ayuda para los investigadores que trabajan en la conservación de esta especie, debido al riesgo que existe cuando se trabaja con estos individuos al tomar muestras biológicas. Los resultados obtenidos a través del entrenamiento y la evaluación de los resultados demostraron un buen desempeño en la clasificación de nuevos tiempos de recuperación utilizando el algoritmo *Random Tree* cuya tasa de exactitud alcanza un 98.79%. La Tabla 4 muestra con detalle los resultados obtenidos.

Tabla 4. Resultados obtenidos luego de la ejecución de los diferentes algoritmos.

Parámetro	Random Tree	NB tree	J48	SMO	Naïve Bayes
Tiempo en construir el modelo	0.01 s	0.89 s	0.01 s	0.69 s	0 s
Inst. correctamente clasificadas	100 %	93.93 %	90.90 %	42.42%	48.48%
Inst. incorrectamente clasificadas	0%	6.06 %	9.09 %	57.57%	51.51%
Kappa	1	0.8966	0.8576	0.1157	0.2208
Error Absoluto promedio	0	0.1306	0.0417	0.3207	0.2887
Error Cuadrático medio	0	0.2129	0.1872	0.4098	0.4015
Error Absoluto relativo	0%	37.22 %	11.87 %	91.43 %	82.30 %

Referencias

- Lewis, M. Campagna C. y F. Quintana. 1996. Site fidelity and dispersion of southern elephant seals from patagonia. *Marine Mammal Science* 12(1):138-147.
- Boehme, L., P. Lovell, M. Biuw, F. Roquet, J. Nicholson, S. E. Thorpe, M. P. Meredith, and M. Fedak, 2009: Technical note: Animal-borne CTD-satellite relay data loggers for real-time oceanographic data collection. *Ocean Sci.*, 5, 685–695.
- Roquet, F. et al. Estimates of the southern ocean general circulation improved by animal-borne instruments. *Geophys. Res. Lett.* 40, 6176–6180 (2013).
- Gales NJ. Chemical restraint and anaesthesia of pinnipeds: a review. *Mar Mamm Sci* 1989; 5:228-256.5.
- Woods R, McClean S, Nicol S, Burton H. A comparison of some cyclohexamine based drug combinations for chemical restraint of southern elephant seals (*Mirounga leonina*). *Vet Rec.* 1994; 10:412-429.
- Woods R, McClean S, Nicol S, Burton H. Antagonism of some cyclohex-amine-based drug combinations used for chemical restraint of southern elephant seals (*Mirounga leonina*). *Aust Vet J.* 1995; 72:165-17.
- McMahon, C. R., Burton, H., McLean, S., Slip, D., & Bester, M. (2000). Field immobilization of southern elephant seals with intravenous tiletamine and zolazepam. *Veterinary Record*, 146(9), 251-254.
- Haley, M. P., Deutsch, C. J., & Boeuf, B. J. L. (1991). A method for estimating mass of large pinnipeds. *Marine Mammal Science*, 7(2), 157-164.
- Garner, S. R. (1995, April). Weka: The waikato environment for knowledge analysis. In *Proceedings of the New Zealand computer science research students conference* (pp. 57-64).
- Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H. (2009). The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, 11(1), 10-18.
- Quinlan, J. R. (2014). *C4. 5: programs for machine learning*. Elsevier.
- J. Platt: Fast Training of Support Vector Machines using Sequential Minimal Optimization. In B. Schoelkopf and C. Burges and A. Smola, editors, *Advances in Kernel Methods - Support Vector Learning*, 1998.
- John, G. H., & Langley, P. (1995, August). Estimating continuous distributions in Bayesian classifiers. In *Proceedings of the Eleventh conference on Uncertainty in artificial intelligence* (pp. 338-345). Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Kohavi, R. (1996, August). Scaling Up the Accuracy of Naive-Bayes Classifiers: A Decision-Tree Hybrid. In *KDD* (pp. 202-207).