

## LITERATURA CITADA

- BAQUEIRO, C. E., J. A. MASSO y H. B. GUAJARDO, 1982. Distribución y abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur. México. Instituto Nacional de la Pesca, México, Serie de Divulgación. 11: 32 pp.
- HOLGUIN, Q. O. y A. C. GONZÁLEZ, 1994. *Moluscos de la franja costera de Michoacán, Colima y Jalisco, México*. Dirección de Publicaciones I.P.N. 133 p.
- KEEN, A. M., 1971. *Sea shells of tropical West America*. Marine mollusk from Baja California to Perú. Stanford University Press, Stanford, CA. 1025 p.
- SKOGLUND, C. y D. K. MULLINER, 1996. The genus *Spondylus* (Bivalvia: Spondylidae) of the Panamic Province. *Festivus* 38: 93-107.
- YONGE, C. M., 1951. Studies on Pacific coast mollusks. III. Observations on *Hinnites multirrugosus* (Gale). *Univ. Calif. Publ. Zool.* 55: 409-420.
- YONGE, C. M., 1973. Functional morphology with particular reference to hinge and ligament in *Spondylus* and *Plicatula* and a discussion on relations within the superfamily Pectinacea (Mollusca:Bivalvia). *Proc. R. Soc. Lond. B* 267:173-208.

Recibido: 25 de septiembre de 2001.

Aceptado: 15 de abril de 2002.

## Inmovilización en campo del lobo marino de California (*Zalophus californianus*) con un equipo portátil de anestesia inhalada usando isoflurano

### Field immobilization of California sealion (*Zalophus californianus*) with a portable anesthesia machine using isoflurane

Alberto Parás<sup>1</sup>, Marco A. Benítez<sup>1</sup>, Dulce M. Brousset<sup>2</sup>,  
David Auriolos<sup>3</sup>, Sebastián Luque<sup>3</sup> y Carlos Godínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>African Safari, 11 Oriente 2407 Puebla Puebla 72007 México.

<sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, Ciudad Universitaria, D.F. 04510, México.

<sup>3</sup>Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, Playa el Conchalito s/n A.P. 592, La Paz, B.C.S. 23000, México.

Parás, A., M. A. Benítez, D. M. Brousset, D. Auriolos, S. Luque y C. Godínez, 2002. Inmovilización en campo del lobo marino de California (*Zalophus californianus*) con un equipo portátil de anestesia inhalada usando Isoflurano. *Hidrobiologica* 12(1): 81-84.

**Resumen.** El trabajo de campo se llevó a cabo en 11 loberas de reproducción del Golfo de California, México, en los meses de junio y julio durante la temporada de reproducción. Un total de 288 crías (137 machos; 151 hembras) y dos hembras adultas de lobo marino de California (*Zalophus californianus*) fueron anestesiadas con isoflurano con un equipo portátil de anestesia inhalada. La duración de la anestesia en las crías fue de seis a 25 minutos (media 12.51; DS  $\pm$  4.38). Se manejaron 24 crías en promedio por isla (con un rango de 16 a 29 animales) de una edad de dos a 42 días y de seis a 17.4 kg de peso (media 10.41 kg; DS  $\pm$  2.02). En las hembras adultas el tiempo de inducción fue de cuatro a 10 minutos y se manejaron por un periodo de una hora veinte minutos, encontrando apneas prolongadas. La anestesia inhalada usando isoflurano probó ser eficaz y segura para la inmovilización de crías y hembras adultas de lobo marino de California en condiciones de campo, permitiendo la obtención de datos de calidad en una situación de tiempo limitada, playas rocosas y clima desértico en verano.

**Palabras clave:** Lobo marino de California, *Zalophus californianus*, anestesia inhalada, isoflurano.

**Abstract.** The field study was carried out on 11 rookeries in the Gulf of California in Mexico. A total of 288 pups and two adult females of the California sea lion (*Zalophus californianus*) were anesthetized with isoflurane in a portable anesthesia machine. Duration of the anesthesia in the pups was six to 25 min (mean 12.51; SD  $\pm$  4.38). An average of 24 pups were worked with in each island, (a range of 16-29 animals), from an estimated two to 42 days of age, and six to 17.4 kg each (mean 10.41 kg; SD  $\pm$  2.02) totaling 137 males and 151 females. Induction in the adult females took from four to 10 minutes and they were anesthetized for one hour and twenty minutes, presenting prolonged apneas. The inhaled anesthesia with isoflurane proved to be an effective and safe method for the immobilization of free ranging California sea lion pups and adult females, and allowed us to obtain quality data in a situation of limited work time, rocky beaches and hot weather during the summer.

**Key words:** California sea lion, *Zalophus californianus*, field anesthesia, portable anesthesia machine, Isoflurane.

El lobo marino de California (*Zalophus californianus*) se encuentra distribuido ampliamente en el Golfo de California, México.

Su población actual se estima en alrededor de 30,000 animales distribuidos en 40 loberas, de las cuales 13 son sitios de reproducción que contienen al 93% de la población en la época de reproducción, 18 son loberas de no reproducción y el resto son sólo lugares temporales de descanso (Auriolos-Gamboa y Zavala, 1994; Zavala, 1990).

Los estudios realizados con esta especie en México, se han intensificado en los últimos años, enfocándose principalmente a conocer la dinámica de la población, ecología y algunos aspectos relacionados con la interacción de esta especie con la industria pesquera. El manejo directo de las crías de lobos marinos por contención física se ha realizado en estas loberas desde los años ochentas lo que ha permitido marcarlas, obtener el peso y medidas correspondientes, así como realizar observaciones directas de la calidad de las loberas de reproducción, que han sugerido diferencias significativas entre éstas islas (Zavala, 1990). Sin embargo, la inmovilización química se ha hecho necesaria debido a que la verificación de esta información requiere de la manipulación de animales relajados, de manera que puedan obtenerse muestras biológicas y medidas morfométricas con mayor precisión.

Este artículo describe el trabajo realizado para adaptar la anestesia inhalada y las técnicas de evaluación del animal anestesiado para su uso móvil, continuo y rápido en las condiciones de campo de las diferentes loberas en el Golfo de California.

La anestesia de pinnípedos se ha realizado con agentes anestésicos inyectables, tales como la ketamina, detomidina (Heard y Beusse, 1993), zolazepam y tiletamina (Loughlin y Spraker, 1989), fentanil (Work *et al.*, 1993), entre otros. Sin embargo, la desventaja de éstos es la imposibilidad de controlar la dosis y profundidad de la anestesia, lo cual es particularmente importante en mamíferos marinos que pueden dejar de respirar espontáneamente cuando se encuentran inconscientes, además del problema de los tiempos prolongados de recuperación para los trabajos de campo en donde los animales deben de regresar al agua recuperados (Work *et al.*, 1993).

En los años recientes el uso de la anestesia inhalada para los mamíferos marinos ha ganado popularidad, ya que es de extrema importancia poder contar con un anestésico que proporcione una rápida inducción, un estado ideal de inmovilización, amplio margen de seguridad y una recuperación completa y rápida (Heard y Beusse, 1993; Heath *et al.*, 1996, 1997; Ridgway y Simpson, 1969; Work *et al.*, 1993).

El uso de isoflurano en mamíferos marinos se ha reportado en cautiverio con buen éxito (Heard y Beusse, 1993). El isoflurano permite una inducción y recuperación corta, y ha mostrado muchas ventajas sobre el halotano. Se ha comprobado que el isoflurano tiene una estabilidad química mayor, es más soluble en la sangre, causa menos depresión al miocardio, menos arritmias, mejor relajación muscular y se metaboliza en menor cantidad. Asimismo, se ha observado que el isoflurano causa una depresión respiratoria similar al halotano (Steffey, 1983).

Como parte de un estudio a largo plazo sobre la ecología, comportamiento, fisiología y epidemiología del lobo marino de California, fue evaluado el uso de isoflurano como un agente anestésico para el manejo de un gran número de crías de cero a seis semanas de edad en varias colonias de reproducción del Golfo de California.

El estudio de campo se realizó en 11 loberas ubicadas en el Golfo de California, el cual alberga más de 100 islas, todas con clima

desértico y playas rocosas, lo que dificulta su acceso, y las cuales son preferidas por el lobo marino de California para su reproducción (Zavala, 1990).

El estudio se realizó durante los meses de junio y julio de 1997 que corresponde a la época de reproducción de esta especie. En general la llegada a las islas fue alrededor de las 08:00 hrs y la salida al atardecer de manera que pudiera continuarse el viaje durante la noche a la siguiente isla.

El equipo de trabajo consistió de tres personas para realizar la anestesia y tomar muestras y medidas, además de dos personas para capturar y cuidar de las crías antes y después de la anestesia, así como para regresarlas al lugar de su captura conforme se requiera. Cada animal se capturaba tomándolo de la base de las aletas caudales y se colocaba a la sombra, en una tina de plástico con agua, mientras esperaba su turno para ser manejada, manteniéndose un máximo de 10 crías en estas condiciones.

Para la aplicación de la anestesia se utilizó un vaporizador Isote 3 (Ohmeda, UK) adaptado a un equipo de anestesia para pequeñas especies (Anesco Laboratories) que constaba de una columna de oxígeno con capacidad para regular el flujo de 0.2 a 5 litros por minuto y una bolsa de ventilación de un litro. La máquina de anestesia se colocó en una caja de madera (40 x 40 cm), la cual se abre por la parte frontal y superior, permitiendo así fácil acceso durante su uso, y una vez que se cierra la caja, el transporte del aparato es cómodo y seguro, tanto en el terreno rocoso que caracteriza a la mayoría de las islas, como al abordar y desembarcar en cada lobera. Un tanque de oxígeno de aluminio se colocó también para su transporte, en otra caja de madera (80 x 20 cm). El equipo completo de anestesia pesa 15 kg. Para evitar derrames durante el transporte que pudieran dar concentraciones alteradas durante su uso, el isoflurano se colocaba en el vaporizador, sólo hasta que el equipo estaba instalado en el sitio en el que se iban a realizar las anestесias, previa nivelación.

Para la inducción de la anestesia, se colocó a los animales sobre una mesa de madera bajo sombra. Mientras una persona mantenía las aletas dorsales contra el animal y otra sostenía la cabeza, se colocaba en el hocico del animal un cono de plástico conectado a la máquina de anestesia portátil, usando un circuito abierto para administrar isoflurano (Forane Abbott Laboratories Limited. Queenborough, Kent, UK) al 5% en oxígeno (1-2 L/min.) hasta que el animal se relajaba lo suficiente para permitir la intubación endotraqueal y la toma de medidas y muestras.

Debido a las restricciones de tiempo en el trabajo en cada lobera, sólo fueron intubados algunos animales, mediante sondas endotraqueales de cuatro a seis mm (Kendall Gammatron LTD), dependiendo del peso del animal. La sonda endotraqueal se colocó por visualización directa con un laringoscopio con una hoja de 13 cm de largo, procurando introducirla solamente pasando la laringe para evitar la intubación endobronquial, que es un problema ya reportado en esta especie (McGrath *et al.*, 1981). La concentración de isoflurano se ajustó de acuerdo con la respuesta a estímulo, así como a la presencia o ausencia de reflejo palpebral y al tono mandibular. Los animales se mantuvieron en recumbencia ventral y se movieron según fue necesario para facilitar la toma de muestras y medidas.

Desde el inicio de la anestesia se evaluaron los siguientes parámetros: reflejo palpebral, tono mandibular, tiempo de llenado capilar, respiración por medio de movimientos torácicos y, por medio de un oxímetro de pulso de batería modelo 340 (Box Laboratories) con un lector rectal se evaluó la frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y temperatura corporal. Los animales mantuvieron un patrón de respiración espontánea con ventilaciones manuales periódicas para disminuir la posibilidad de atelectasia. El flujo de isofluorano se cerró una vez terminada la manipulación y a los animales se les retiró la mascarilla o la sonda endotraqueal cuando mostraron signos de recuperación. Posteriormente los animales permanecieron en un lugar sombreado antes de ser regresados a su sitio original dentro de la lobera.

Se realizaron dos anestésias en hembras adultas de 120 kg de peso, utilizando el mismo aparato de anestesia, lo cual permitió la obtención de medidas morfométricas, muestras biológicas y la colocación de un TDR (por sus siglas en inglés, Time Depth Recorder, o equipo de registro de profundidad y tiempo de buceo), la captura se realizó con una red tipo mariposera, induciendo inmediatamente la anestesia a través de la red, se necesitaron cuatro personas para mantener al animal sujeto. A los animales se les colocó una mascarilla consistente en un cono de plástico de 20 cm de largo y 10 cm de diámetro en su abertura mayor, conectado a la máquina de anestesia portátil, por medio de un circuito cerrado, con un contenedor de cal sodada de un litro de capacidad. Se administró isofluorano al 5% en oxígeno (4-5 L/min) hasta que el animal se relajó lo suficiente para permitir la intubación endotraqueal que se realizó usando tubos de 14 mm (Aire cuff, Bivona Inc.), mediante visualización directa con un laringoscopio tipo Wisconsin de 35 cm. Terminado el procedimiento, se les permitió recuperarse solas en el mismo lugar, retirándose todo el equipo y el personal para observarlas a distancia y evitar que entraran al agua hasta que la recuperación fuera completa.

Un total de 288 crías (137 machos; 151 hembras), y dos hembras adultas se anestésieron en un periodo de 20 días. La edad estimada para las crías fue de entre dos a 42 días de edad, pesando entre seis a 17.4 kg (media: 10.41 kg, DS  $\pm$  2.02,  $n$  = 288).

En la Tabla 1 se muestran la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, temperatura corporal y tiempo de anestesia, durante la anestesia de las crías.

En el caso de las crías, el uso de la anestesia permitió trabajar de 16 a 29 animales en cada una de las islas (24 crías en promedio). La duración de la anestesia varió de seis a 25 minutos (media 12.51 ; DS  $\pm$  4.38;  $n$  = 288), lo que dió un tiempo promedio de seis horas de trabajo por día.

El tiempo de inducción varió de 30 segundos a tres minutos, de acuerdo al peso y excitación de los animales, siendo el promedio de un minuto. Durante la inducción algunos animales presentaron apneas por periodos variados, lo cual retardó la inducción y ocasionó bradicardia marcada así como una disminución en la saturación de oxígeno en la sangre (Heard y Beusse, 1993). Sin embargo, los animales retomaron su ritmo respiratorio sin mayor asistencia. Este comportamiento se observó en animales con un temperamento más activo.

Cuatro crías regurgitaron leche durante la anestesia y una de ellas murió después del manejo (0.34%). Otro animal murió de hipotermia antes de la anestesia (0.34%), teniendo un porcentaje de éxito del 99.30 %.

Tabla 1. Parámetros fisiológicos y de anestesia de 288 crías (137 machos; 151 hembras) de Lobo Marino de California (*Zalophus californianus*) en el Golfo de California México.

Parámetros	$b_n$	Rango	Media	D S
Peso (kg)	288	6-17.4	10.41	$\pm$ 2.02
Temperatura corporal (C°)	297	30-41.8	38.04	$\pm$ 1.62
Frecuencia cardíaca (por min)	258	70-255	117.6	$\pm$ 34.59
Frecuencia respiratoria (por min)	645	10-54	22.83	$\pm$ 6.36
Saturación de oxígeno (%)	385	50-100	84.83	$\pm$ 11.42
<sup>a</sup> Tiempo de anestesia (min)	288	6-25	12.51	$\pm$ 4.38

<sup>a</sup>Tiempo de Anestesia = tiempo desde la colocación de la mascarilla hasta que el animal pudo incorporarse y desplazarse.

<sup>b</sup> $n$  (número de muestras). Algunos parámetros se presentan con una  $n$  mayor al número de crías manejadas (288) por haber tomado en un mismo animal varias lecturas o frecuencias.

En el caso de las hembras adultas se anestésieron dos animales por periodos de una hora veinte minutos cada una, registrándoseles temperaturas de 36.5°C a 38.6°C (media 37.8°C; DS  $\pm$  1.15), frecuencias cardíacas de 60 a 98 por minuto (media 85.4; DS  $\pm$  10.04), frecuencia respiratoria de cuatro a 36 por minuto (media 16.30, DS  $\pm$  11.49) y saturación de oxígeno de 63 a 97% (media 87.7% DS  $\pm$  10.36). En estos animales la inducción tardó de cuatro a 10 minutos, con la presencia de apneas prolongadas (1 a 2 min), que se presentaron tan pronto como se colocó la mascarilla para la inducción. En estos casos la saturación de oxígeno disminuía en cada apnea, pero regresaba a valores por arriba del 80% en cuanto el animal respiraba voluntariamente. Después de una hora de tiempo de anestesia, fue necesaria la aplicación de Doxapram (Dopram V; Fort Dodge Animal Health) vía intramuscular en la lengua de una de las hembras adultas para asistir la respiración.

La utilización de un equipo portátil de anestesia inhalada usando Isoflurano probó ser eficaz y segura para la inmovilización de crías de lobo marino en libertad, permitiendo una mejor obtención de datos de buena calidad en una situación de tiempo limitado de trabajo. Asimismo, probó ser eficaz y segura para realizar la anestesia prolongada de hembras adultas en libertad y la colocación de equipos de registro de profundidad y tiempo de buceo (TDR).

El uso de isofluorano comparado con el de halotano, usado en otros trabajos de campo con crías de mamíferos marinos (Ridgway y Simpson, 1969; Work *et al.*, 1993), probó tener un tiempo menor de inducción y recuperación, así como un buen control de la profundidad de la anestesia como se había reportado ya en adultos (Heard y Beusse, 1993; Heath *et al.*, 1996). Las apneas se observaron más frecuentemente que con el uso de halotano (Work *et al.*, 1993). El tiempo de recuperación fue de menos de un minuto en todos los animales.

Cuando se realizó la intubación endotraqueal en las crías el plano de anestesia se mantuvo con una menor concentración de isofluorano (1.5-2%) y se observaron constantes fisiológicas más estables. Debido a las limitaciones de tiempo para el trabajo en cada lobera, en muchas ocasiones fue más práctico mantener la anestesia de los animales sólo con la mascarilla; sin embargo, con el com-

portamiento estable que se observó durante la anestesia de los animales intubados y las complicaciones de regurgitación y apnea que se presentaron, es recomendable realizar este manejo en todos los casos.

En los animales adultos se realizó la intubación endotraqueal una vez que se obtenía un tono mandibular relajado (de 10 a 20 minutos de iniciada la anestesia). Una vez intubado el animal se anulaban las apneas y se podía mantener los planos anestésicos más estables, en especial la saturación de oxígeno que disminuía en cada apnea. Sin embargo en uno de los animales fue necesaria la aplicación de Doxapram vía intramuscular en la lengua para asistir la respiración después de la primera hora de anestesia, utilizando una dosis de 25 mg totales (Phelan y Green, 1992).

La oximetría de pulso es una herramienta útil para evaluar la función cardiopulmonar en lobos marinos de California anestesiados bajo condiciones de campo. Las lecturas del oxímetro de pulso a través de un lector rectal probaron ser prácticas, aunque no completamente efectivas. Algunas lecturas especialmente durante las apneas fueron tan bajas como 41% de saturación, recuperando la saturación por arriba del 80% tan pronto respiraban.

Se determinó que de las dos muertes registradas, una fue relacionada a bronco-aspiración (0.34%) y la otra a hipertermia (0.34%), ya que este último animal no se anestesió, pero sí se mantuvo durante un tiempo relativamente largo en espera. Dada la localización geográfica y la época del año, la hipertermia es el principal factor de riesgo a considerar antes, durante y después del manejo de los animales. En algunos individuos se registraron temperaturas de hasta 41.5°C. Para controlar esto, los animales se mantuvieron húmedos y en la sombra durante todo el tiempo (Heath *et al.*, 1997). Otros trabajos similares con halotano han reportado hasta 3% de mortalidad durante la anestesia (Work *et al.*, 1993).

El costo del equipo de anestesia es justificado, dado el gran número de animales que se pudieron manejar y la calidad de las muestras y mediciones que se obtuvieron en crías inmóviles, pudiendo sangrar al 80% de los individuos comparado con el 40% en años anteriores en los que no se había utilizado anestesia. La mayor limitante para este protocolo es que los animales deben ser sujetos por contención física antes y durante la inducción, lo que no es factible en pinnípedos de mayor tamaño, como los machos de esta especie que sobrepasan los 300 kg de peso sin embargo, la anestesia inhalada con Isoflurano probó ser un método seguro y eficaz para la inmovilización de crías y hembras adultas de esta especie en las extremas condiciones de campo de las loberas de reproducción del Golfo de California en México.

Los autores agradecen al CONACYT el apoyo financiero otorgado a través del proyecto con clave 26430-N. A la SEMARNAP (Instituto Nacional de Ecología), por los permisos de investigación otorgados (DOO 750.-4172/97 y DOO 750.-4443/98). De igual forma,

agradecemos a la Armada de México por asistir en el arribo a las islas con la ayuda de un barco cañonero que patrulla el área apoyando la investigación.

## LITERATURA CITADA

- AURIOLAS-GAMBOA, D. y G. A. ZAVALA, 1994. Ecological factors that determine the distribution and abundance of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California. *Ciencias Marinas* 20 (4): 535-553.
- HEARD D. J. y D. O. BEUSSE, 1993. Combination of Detomidine, Ketamine, and Isoflurane anesthesia in California sea lions. (*Zalophus californianus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 24(2): 168-170.
- HEATH R. B., B. S. CALKINS, B. S. McALLISTER, W. TAYLOR y T. SPRAKER, 1996. Telazol and Isoflurane field anesthesia in free-ranging Steller's sea lions (*Eumetopias jubatus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 27 (1): 35-45.
- HEATH R. B., R. DELONG, V. JAMESON, D. BRADLEY y T. SPREKER, 1997. Isoflurane anesthesia in free ranging sea lion pups. *Journal of Wildlife Disease* 33(2): 206-209
- LOUGHLIN, T. R. y T. SPRAKER, 1989. Use of Telazol to immobilize female northern sea lions (*Eumetopias jubatus*) in Alaska. *Journal of Wildlife Disease* 25(3): 353-358.
- MCGRATH, C. J., D. C. FEENEY y A. J. RUFF, 1981. Upper airway of the California sea lion: an anesthetist perspective. *Veterinary Medicine-Small animal clinician*, 548-549 p.
- PHELAN, J. R. y K. GREEN, 1992. Chemical Restraint of weddell seals (*Leptonychotes weddelli*) with a combination of Tiletamine and Zolazepam. *Journal of Wildlife Disease* 28(2): 230-235.
- RIDGWAY, S. H. y J. G. SIMPSON, 1969. Anesthesia and restraint for the California Sea Lion, *Zalophus californianus*. *Journal of the American Veterinarian Medical Association* 155(11): 1059-1063.
- STEFFEY, E. P., 1983. Halothane, Enflurane, and Isoflurane. Anesthesia and intensive care. Post-graduate committee in Veterinary Science, University of Sydney, Australia. Proceedings 62.
- WORK, T. M., R. L. DELONG, T. R. SPRAKER y M. R. SHARON, 1993 Halothane anesthesia as a method of immobilizing free-ranging California sea lion (*Zalophus californianus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 24(4): 428-487.
- ZAVALA A., 1990. La población del lobo marino común, *Zalophus californianus* (Lesson, 1828) en las Islas del Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias. UNAM. 253 p.
- Recibido: 24 de julio de 2001.  
Aceptado: 20 de marzo de 2002.