

## Desempeño de un collar GPS en el seguimiento a un oso andino (*Tremarctos ornatus*) en los Andes colombianos

### Performance of a GPS collar tracking a spectacled bear (*Tremarctos ornatus*) in the Colombian Andes

Daniel Rodríguez<sup>1</sup>, Nicolás Reyes-Amaya<sup>1</sup>, Adriana Reyes<sup>1</sup>, Héctor Restrepo<sup>1</sup>,  
Yesid Casas<sup>2</sup>, Oswaldo Salgado<sup>3</sup>, Javier Rodríguez<sup>1</sup>, Humberto Gómez<sup>1</sup>

#### Resumen

**Objetivo:** Describir por primera vez el desempeño de un collar de telemetría GPS en el seguimiento a un oso andino silvestre en los ecosistemas montañosos de los Andes colombianos (Cundinamarca, Colombia), como un aporte al conocimiento de la efectividad de esta técnica en la especie. **Metodología:** Se relacionó el número de posiciones GPS obtenidas y esperadas, el número de satélites enlazados, tipo de posición (2D, 3D), valores de dilución horizontal de precisión, tiempo para la primera posición, estado de actividad-inactividad del oso y horas de día (luz: 05:00-18:00) o noche (oscuridad: 01:00-04:00 y 19:00-24:00) en que fueron obtenidos estos datos. **Resultados:** Existió diferencia significativa en la actividad del oso marcado, mostrándolo activo durante el día e inactivo en la noche (M-Wt,  $p=4.456E-38$ ). No existió diferencia en el éxito de posiciones entre día-noche (t test,  $p=0.50$ ) o entre actividad-inactividad (t test,  $p=0.73$ ), sin embargo la actividad se correlacionó positivamente con el número de satélites ( $p=3.781E-5$ ,  $r=0.22$ ) y negativamente con los valores HDOP ( $p=1.583E-11$ ,  $r=-0.35$ ) y TTFF ( $p=8.911E-12$ ,  $r=-0.36$ ). Una vez en funcionamiento, el collar asumió una programación diaria de toma de posiciones distinta a la establecida, y dejó de funcionar súbitamente a los 41 días de seguimiento, permitiendo un éxito de posiciones de 5.3% respecto a lo esperado para 12 meses. **Conclusiones:** Durante el funcionamiento del dispositivo los patrones de actividad de esta especie y las coberturas boscosas/rocosas asociadas con su descanso nocturno, no afectaron negativamente el éxito de toma de posiciones, pero sí la calidad de las mismas. El daño prematuro del collar y el cambio arbitrario que asumió sobre la programación diaria de toma de posiciones, indican que el dispositivo evaluado no mostró un buen desempeño para el seguimiento del oso marcado.

**Palabras clave:** Andes, Collar ATS, Colombia, Oso andino, Oso de anteojos, Telemetría satelital.

#### Abstract

**Objective:** Describe for the first time the performance of a GPS telemetry collar during the tracking of a wild spectacled bear in the mountainous ecosystems of Colombian Andes (Cundinamarca, Colombia), as a contribution to the knowledge of the effectiveness of this technique on the species. **Methodology:** The number of GPS positions expected and obtained were associated with the number of linked satellites, type of position (2D, 3D), values of horizontal dilution of precision, time to first fix, activity-inactivity state of the bear and hours of the day (light: 05:00-18:00) or night (dark: 01:00-04:00 and 19:00-24:00) in which these data were obtained. **Results:** There was significant difference in activity levels of the marked bear, showing it active during the day and inactive at night (M-Wt,  $p=4.456E-38$ ). There was no difference in the success of positions between day-night (t test,  $p=0.50$ ) or activity-inactivity (t test,  $p=0.73$ ), nevertheless the activity was positively correlated with the number of satellites ( $p=3.781E-5$ ,  $r=0.22$ ) and negatively correlated with HDOP ( $p=1.583E-11$ ,  $r=-0.35$ ) and TTFF ( $p=8.911E-12$ ,  $r=-0.36$ ). Once operational the collar assumed a daily schedule of taking positions different from the established, and suddenly stopped working at 41 days of the tracking, allowing a success of positions of 5.3% compared to expectations for 12

<sup>1</sup> Fundación para la Investigación, Conservación y Protección del Oso Andino (Fundación Wii), Bogotá, Colombia. e-mail: danielosito85@hotmail.com nicolas.reyes2@gmail.com shisdre@gmail.com restrepof@gmail.com

<sup>2</sup> Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO), Garagoa, Colombia. e-mail: yeco.casas2000@gmail.com

<sup>3</sup> Nexen Petroleum Colombia Ltd., Bogotá, Colombia. e-mail: oswaldo\_gomez@nexeninc.com

Fecha recepción: Agosto 24, 2015 Fecha aprobación: Diciembre 6, 2015 Editor Asociado: Valois-Cuesta H

months. **Conclusions:** During the operation of the device, activity patterns of this species and the forest/rocky covers associated with its nocturnal resting, did not negatively affect the success of positions, but its quality. Premature damage of the collar and the arbitrary change that did on the daily schedule of taking positions, indicate that the device assessed did not showed a good performance for tracking the bear marked.

**Keywords:** Andes, Andean Bear, ATS Collar, Colombia, Satellital telemetry, Spectacled bear.

## Introducción

La telemetría aplicada a la biología ha fortalecido la capacidad de los investigadores de vida silvestre para responder preguntas ecológicas, fisiológicas, comportamentales y demográficas de las especies (Kays *et al.* 2015). Los collares convencionales de frecuencia muy alta (VHF, por sus siglas en inglés) han liderado esta práctica. No obstante, desde la década de 1990 la incursión de collares con tecnología GPS toma impulso, debido a la supresión de la disponibilidad selectiva (SA) antes impuesta por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y a la fabricación de unidades más pequeñas y precisas (Millspaugh y Marzluff 2001, D'eon y Delparte 2005, Kays *et al.* 2015). Sin embargo, esta tecnología posee limitaciones propias (Lewis *et al.* 2007).

La telemetría ha aportado conocimiento valioso sobre varias especies de osos (Garshelis 2004, Heard *et al.* 2008, Evans *et al.* 2012), extendiéndose al estudio del úrsido neotropical *Tremarctos ornatus* en algunos países de su distribución. En Ecuador desde hace 20 años con el uso de collares VHF y GPS (Castellanos 2014) y más recientemente en Bolivia (Paisley y Garshelis 2006) y Perú (Amanzo *et al.* 2014, Van Horn *et al.* 2014) con el uso de collares GPS. En Colombia se han desarrollado cuatro experiencias de marcaje a osos andinos con collares VHF (Rodríguez *et al.* 2004, Restrepo *et al.* 2014), mientras que la abordada en el presente estudio constituye la primera experiencia con un collar GPS en el país para esta especie (Rodríguez *et al.* 2015). Sin embargo, existe un antecedente en el que se marcó un tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) con un collar GPS en los Andes colombianos (Risaralda, Colombia), registrándose algunos aspectos de su funcionamiento (Lizcano y Cavelier 2004). Dado que el desempeño de estos co-

llares varía entre la especie objetivo de marcaje y las condiciones de uso (Moen *et al.* 2001), se consideró importante describir su funcionamiento sobre un oso andino silvestre en los ambientes montañosos de los Andes de Cundinamarca, Colombia, como un aporte al conocimiento sobre la efectividad de esta técnica en el seguimiento a esta especie.

## Metodología

En octubre de 2013 se capturó en el municipio de Junín (Cundinamarca) un oso andino (*T. ornatus*), macho silvestre de 130 kg, utilizando una trampa Iznachi (Castellanos 2002) cebada con miel. El individuo fue contenido químicamente con una solución de ketamina (2 mg/kg), atropina (0.022 mg/kg), midazolam (0.4 mg/kg) e hidromorfona (0.1 mg/kg), y marcado con un collar de telemetría dual (VHF-GPS) de la marca Advanced Telemetry Systems (ATS®) modelo G2110E, equipado con un dispositivo de caída programado para activarse a los 12 meses de funcionamiento cuando la batería estuviese por agotarse (Figura 1).

El área de estudio comprendió parte de los municipios de Junín, La Calera, Choachí y Fómeque en el departamento de Cundinamarca, sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental de los Andes colombianos en inmediaciones del Parque Nacional Natural de Chingaza y su área de influencia directa (jurisdicción de CORPOGUAVIO), sitios por donde se desplazó el oso andino marcado. La zona se caracteriza por poseer una topografía montañosa con pendientes medias a fuertes (terrenos desde ondulados a quebrados) en paisajes coluviales y montañas estructurales denudativas, donde se ubican ecosistemas de bosque andino, subpáramo y páramo intervenidos (Cleef 1978). Posee temperaturas promedio anuales entre 5.7°C a 16°C (Rangel-Ch 2000, Vargas y Pedraza 2004), presentando un promedio anual de precipitaciones de hasta 1861 mm y humedad de hasta 90%, en un régimen de lluvias monomodal con un período húmedo entre abril y octubre (máximas entre junio y julio) y un período seco entre noviembre y marzo (mínimas entre diciembre y enero) (INDERENA 1986, Aguilar y Rangel-Ch 1996).

Se relacionó el número de posiciones GPS obtenidas y esperadas, el número de satélites enlazados para su obtención, el tipo de posición obtenida (2D: latitud-longitud, 3D: latitud-longitud-altitud), los



**Figura 1.** Individuo de oso andino capturado y marcado con un collar de telemetría dual (VHF-GPS) marca Advanced Telemetry Systems (ATS®) modelo G2110E.

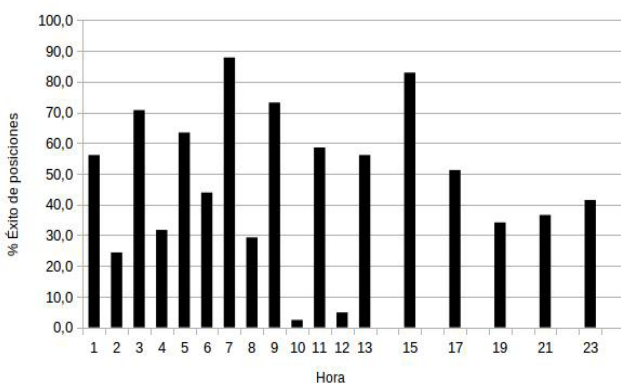
valores de dilución horizontal de precisión (HDOP): relación geométrica de los satélites enlazados entre sí y con el receptor GPS (tomando valores inversamente proporcionales a la precisión de la posición obtenida) (Langley 1999), el tiempo para la primera posición (TTFF): tiempo en segundos que tarda la unidad GPS en localizar satélites para tomar cada posición, el estado de actividad-inactividad del oso marcado y las horas de día (luz: 05:00-18:00) o noche (oscuridad: 01:00-04:00 y 19:00-24:00) en las que fueron obtenidos estos datos. El estado de actividad medido por el collar tomó valores entre 0% (total inactividad) y 99% (máxima actividad); los umbrales para definir actividad-inactividad basados en valores registrados por collares GPS varían entre especies, marcas de collar, individuo marcado (Moen *et al.* 1996a, Kozakai *et al.* 2008, Owen-Smith y Goodall 2014), e incluso la edad del mismo (Yamazaki *et al.* 2008). Se utilizó la metodología de Gervasi *et al.* (2006) para determinar el umbral, que se basa en el patrón de actividad específico del individuo marcado, estableciéndolo como 18% (activo  $\geq 18\%$ , inactivo  $< 18\%$ ). El umbral para determinar el HDOP máximo permitido sin que una posición perdiera utilidad se fijó en 3, siguiendo a Lizcano y Cavellier (2004).

Antes de ser instalado sobre el animal a marcar, el collar se programó para tomar y almacenar diariamente una posición y sus datos asociados hora de por medio, como sigue: 01:00, 03:00 (noche), 05:00, 07:00, 09:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00 (día), 19:00, 21:00, 23:00 (noche), y retransmitirlas cada 12 horas vía e-mail (total: 12 posiciones diarias esperadas; 7 diurnas, 5 nocturnas). No obstante, debido a un fallo del dispositivo, desde el inicio de su funcionamiento sobre el oso marcado, este asumió una programación distinta: una posición hora de por medio entre las 13:00 a 17:00 (día), y 19:00 a 23:00 (noche), y una posición continuamente cada hora entre las 05:00 a 12:00 (día), y 01:00 a 04:00 (noche) (total: 18 posiciones diarias esperadas; 11 diurnas, 7 nocturnas). Estas últimas condiciones impuestas por el collar fueron las utilizadas para describir su funcionamiento.

## Resultados

Considerando la expectativa de vida de 12 meses del collar GPS utilizado, de 6.570 posiciones esperadas para este lapso, se obtuvo un total de 348 (éxito de 5,3%) durante 41 días de funcionamiento (octubre 25-diciembre 4), después de lo cual dejó de





**Figura 2.** Porcentaje de éxito de posiciones por horas para todo el seguimiento.

emitir posiciones GPS y señal VHF, impidiendo su localización o recuperación.

Considerando sólo el período de seguimiento efectivo que permitió el collar (41 días), de 738 posiciones esperadas para este lapso, las 348 obtenidas significaron un éxito de 47,2%. De las posiciones diurnas (451) y nocturnas (287) esperadas para este mismo período, obtuvo 227 (éxito de 50,3%) y 121 (éxito de 42,2%), respectivamente. Los picos con mayor porcentaje de éxito para todo el seguimiento se presentaron a las 07:00, 09:00 y 15:00 (horas diurnas) (Figura 2), sin embargo no existió diferencia significativa para los porcentajes de éxito entre las horas diurnas y nocturnas durante todo el seguimiento (t test, p=0.50).

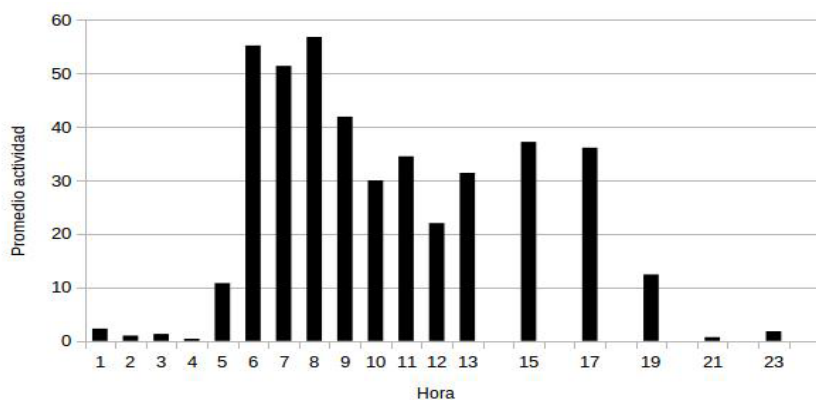
Según el umbral para determinar actividad e inactividad establecido mediante la metodología de Gervasi *et al.* (2006), el oso se mostró activo (actividad ≥18%) en 48% e inactivo (actividad <18%) en 52% del total de posiciones obtenidas a lo largo del seguimiento. Al discriminar el total de posiciones obtenidas entre diurnas y nocturnas se encontró que,

**Tabla 1.** Número de posiciones diurnas y nocturnas obtenidas con el individuo activo e inactivo

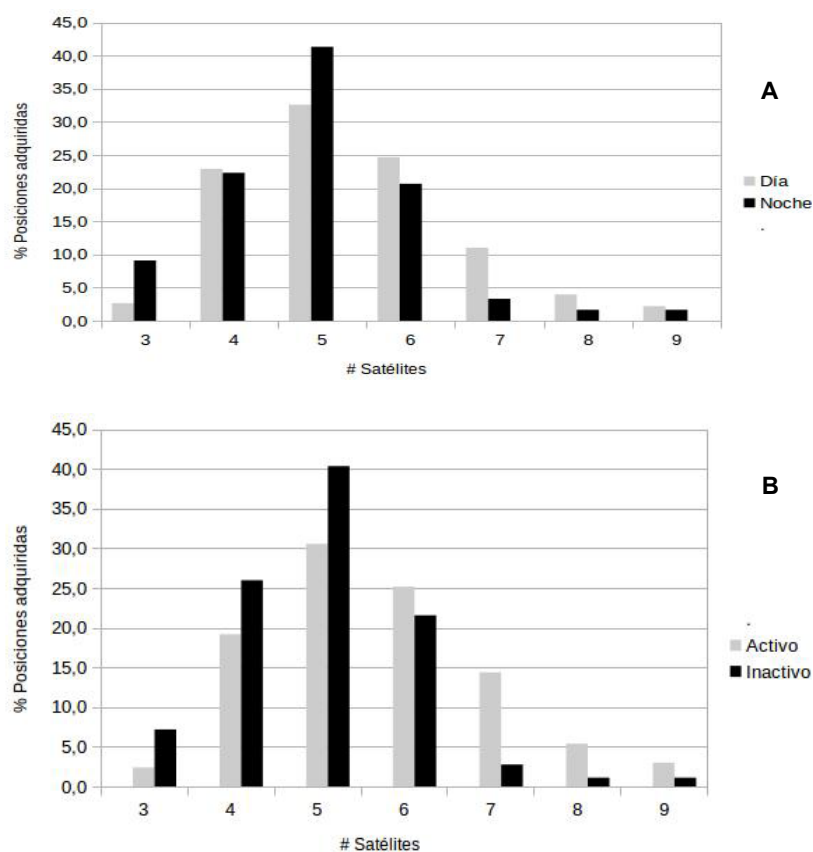
	Posiciones		
	Diurnas	Nocturnas	Totales
	227	121	348
Con el individuo activo (actividad ≥18%)	163	4	167
% de posiciones activo	71,8	3,3	48
Con el individuo inactivo (actividad <18%)	64	117	181
% de posiciones inactivo	28,2	96,7	53

respecto a las posiciones diurnas, el individuo se presentó activo en 71,8% e inactivo en 28,2% de estas, mientras que respecto a las posiciones nocturnas se presentó activo en 3,3% e inactivo en 96,7% (Tabla 1), reflejándose en una diferencia significativa de los valores de actividad registrados para el día y la noche durante todo el seguimiento [Mann-Whitney test (M-Wt), p=4.456E-38]. El promedio de los valores de actividad por horas para todo el seguimiento mostró que el oso marcado estuvo en promedio activo (actividad ≥18%) durante el día entre las 06:00-17:00 (máximo promedio de actividad a las 6:00 y 8:00, actividad de 52,2% y 56,8%, respectivamente), con un decrecimiento leve de la actividad promedio diurna a las 10:00, 12:00 y 13:00, mientras que estuvo en promedio inactivo (actividad <18%) durante la noche entre la 01:00-05:00 y 18:00-24:00 (mínimo promedio de actividad a las 2:00; 4:00 y 21:00, actividad de 1.0, 0.4 y 0.7, respectivamente), con un aumento leve de la actividad promedio nocturna a las 19:00 (Figura 3), existiendo diferencia significativa de los valores de actividad obtenidos entre las horas en que el oso se encontró en promedio activo y las horas en que se encontró en promedio inactivo para todo el seguimiento (M-Wt, p=4.487E-4). No existió diferencia significativa en los porcentajes de éxito de posiciones entre las horas en que el individuo marcado se mostró en promedio activo o inactivo para todo el seguimiento (t test, p=0.73).

Del total de posiciones obtenidas, 95,1% fueron generadas con un número ≥4 satélites, asimismo 84,5% fueron tridimensionales (3D). Respecto al número de satélites enlazados, confrontando los grupos de datos de día y de noche, el grupo de datos obtenidos de día obtuvo siempre un mayor porcentaje de posiciones para las categorías de 4, y 6 a 9 satélites respecto al grupo de noche, mientras que el grupo de datos de noche obtuvo siempre un mayor porcentaje para las categorías de 3 y 5 satélites respecto al grupo de día (Figura 4A). Confrontando los grupos de datos de individuo activo e inactivo, activo obtuvo siempre un mayor porcentaje de posiciones para las categorías de ≥6 satélites, mientras que inactivo obtuvo siempre un mayor porcentaje para las categorías de ≤5 satélites (Figura 4B). Los valores de actividad presentaron diferencia significativa entre las posiciones obtenidas con ≥6 satélites y las obtenidas con ≤5 satélites (M-Wt, p=2.336E-5). Con respecto al tipo de posiciones



**Figura 3.** Promedio de valores de actividad por horas para todo el seguimiento.



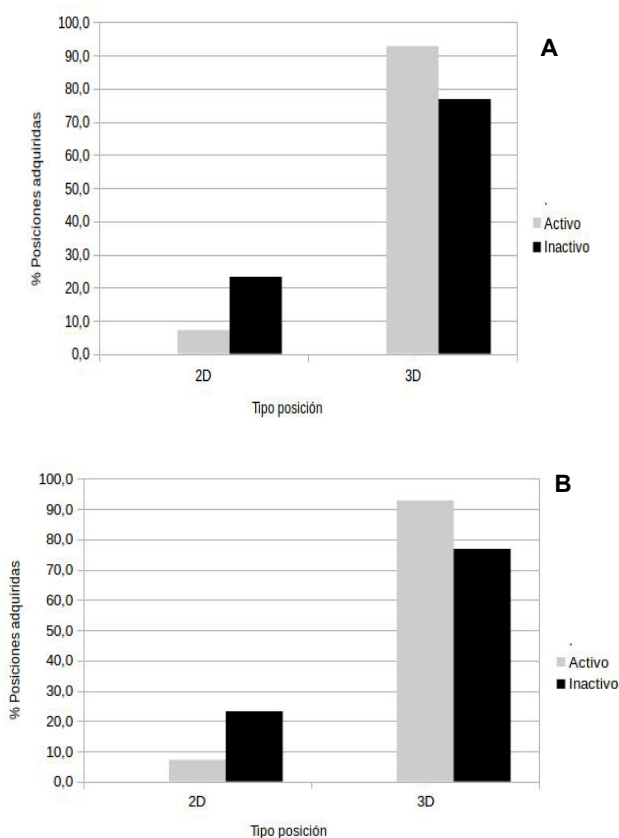
**Figura 4.** Porcentaje de posiciones obtenidas por número de satélites enlazados para: A, grupos de datos de día ( $n=227=100\%$ ) y noche ( $n=121=100\%$ ); B, grupos de datos de activo ( $n=167=100\%$ ) e inactivo ( $n=181=100\%$ ).

2D o 3D, confrontando los grupos de datos de día y noche, el grupo de datos de día obtuvo un mayor porcentaje de posiciones 3D respecto al grupo de datos de noche (Figura 5A). Confrontando los grupos de datos de individuo activo e individuo inactivo, el grupo de datos de individuo activo obtuvo un mayor porcentaje de posiciones 3D respecto al grupo de datos de indi-

viduo inactivo (Figura 5B). Los valores de actividad presentaron diferencia significativa entre las posiciones del tipo 2D y del tipo 3D (M-Wt,  $p=2.626E-4$ ).

Los valores HDOP se mostraron dentro de los niveles aceptables ( $HDOP \leq 3$ ) en 85,3% del total de posiciones, presentándose dentro de estos niveles en 89,9% de las posiciones diurnas y en 76,9% de las posiciones nocturnas, así como en 91,6% de las posiciones obtenidas con el oso activo y en 79,6% de las obtenidas con el oso inactivo, existiendo diferencia significativa entre los valores HDOP registrados de día y de noche (M-Wt,  $p=1.609E-7$ ), y entre el estado de actividad e inactividad (M-Wt,  $p=5.759E-11$ ). El promedio de HDOP por horas para todo el seguimiento mostró que los más altos se registraron a las 02:00 y 21:00 (horas nocturnas) (Figura 6). El promedio de valores HDOP para todas las posiciones obtenidas fue 2,2.

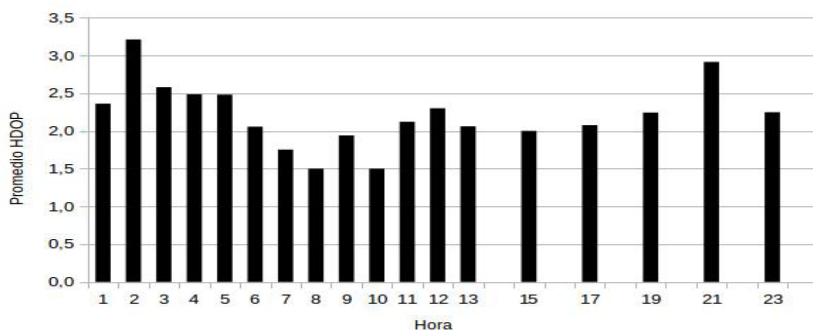
El TTFF se encontró por debajo de un minuto ( $TTFF \leq 60$  seg) en 60,1% del total de posiciones obtenidas, presentándose dentro de estos niveles en 68,3% de las posiciones diurnas y en 44,6% de las posiciones nocturnas, así como en 77,8% de las posiciones obtenidas con el oso activo y en 44,6% de las obtenidas con el oso inactivo, existiendo diferencia significativa entre los valores TTFF registrados de día y de noche (M-Wt,  $p=1.656E-7$ ), y entre el estado de actividad e inactividad (M-Wt,  $p=1.411E-13$ ). El promedio de valores TTFF por horas para la duración del seguimiento mostró que los más altos se registraron a la 01:00, 12:00, 19:00, 21:00 y 23:00 (cuatro nocturnas, una diurna) (Figura 7). El promedio de



**Figura 5.** Porcentaje de posiciones obtenidas por tipo de posición (2D, 3D), para: A, grupos de datos de día (n=227=100%) y noche (n=121=100%); B, grupos de datos de activo activo (n=167=100%) e inactivo (n=181=100%).

valores TTFF para todas las posiciones obtenidas fue 62,1 seg.

La actividad mostró correlación estadística positiva con el número de satélites ( $p=3.7814E-5$ ,  $r=0.22$ ) y negativa con los valores HDOP ( $p=1.583E-11$ ,  $r=-0.35$ ) y TTFF ( $p=8.911E-12$ ,  $r=-0.36$ ).



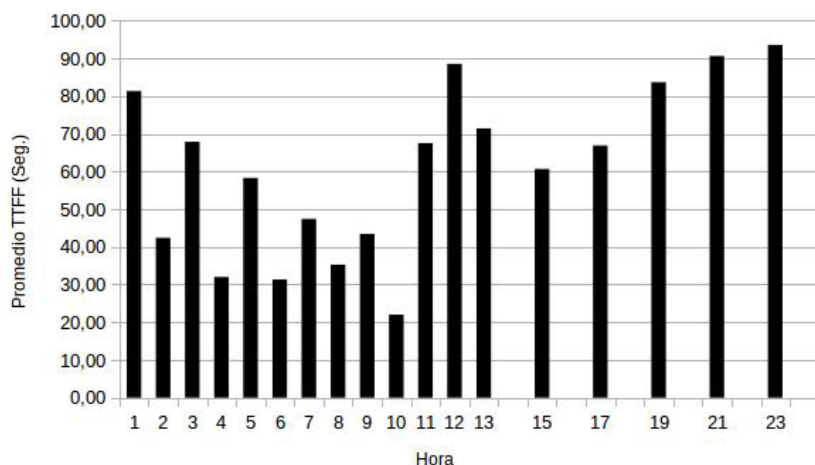
**Figura 6.** Promedio de valores de dilución horizontal de precisión (HDOP) por horas para todo el seguimiento.

## Discusión

El daño prematuro del collar, causante del bajo éxito de posiciones respecto a lo esperado para 12 meses (éxito 5,3%), concuerda con lo reportado dentro de los Andes para las marcas de collares GPS Lotek (Lizcano y Cavelier 2004), Telemetry Solutions, North Star y Advanced Telemetry Systems (ATS) (Castellanos 2014), y fuera de ellos para las marcas Lotek (Moen *et al.* 2001), Televit (Zweifel-Schielly y Suter 2007) y Habit (Blackie 2010), que dejaron de funcionar anticipadamente por humedad u otras causas no reportadas. Además, el hecho de que el collar utilizado en este estudio, una vez puesto sobre el oso asumiera una programación de toma de posiciones distinta a la establecida por el usuario, sugiere que podrían existir problemas de fábrica asociados con la programación del dispositivo.

Los resultados del presente estudio ratifican lo encontrado sobre patrones de actividad en osos andinos silvestres en Bolivia (Paisley y Garshelis 2006) y reintroducidos en Ecuador (Castellanos *et al.* 2005), mostrando que estos osos son esencialmente diurnos (M-Wt,  $P = 4.456E-38$ ), pero presentan leves picos de actividad al comienzo de la noche y de inactividad hacia la mitad del día (Figura 3).

Las coberturas vegetales densas y las barreras topográficas son reconocidas como factores que influyen en la adquisición de posiciones GPS y su calidad en collares de telemetría (Rempel *et al.* 1995, Moen *et al.* 1996b, Lewis *et al.* 2007). Pese a que en este estudio no existió diferencia significativa del éxito de posiciones entre día-noche (t test,  $p=0.50$ ) o actividad-inactividad (t test,  $p=0.73$ ), la relación de las horas diurnas con la actividad y nocturnas con la inactividad (M-Wt,  $p=4.456E-38$ ) (Figura 3) (Tabla 1), muestra que la menor calidad de las posiciones durante la inactividad nocturna, donde se enlazaron un menor número de satélites (Figura 4, A, B), se obtuvieron menos posiciones 3D (Figura 5A y B), mayores valores HDOP (M-Wt,  $p=1.609E-7$ ; M-Wt,  $p=5.759E-11$ ) (Figura 6) y mayores valores TTFF



**Figura 7.** Promedio de valores del tiempo para la primera posición (TTFF) por horas para todo el seguimiento.

(M-Wt,  $p=1.656E-7$ ; M-Wt,  $p=1.411E-13$ ) (Figura 7), puede deberse a que el oso durante su actividad diurna encuentra con frecuencia sitios abiertos donde el collar adquiere posiciones GPS de mayor calidad, mientras que durante la inactividad nocturna este atributo se ve afectado negativamente por las coberturas vegetales (bosque denso) o rocosas (cuevas) en las que esta especie descansa (Reyes-Amaya 2015), hipótesis respaldada en este estudio por la correlación positiva de la actividad con el número de satélites ( $p=3.7814E-5$ ,  $r=0.22$ ) y negativa con los valores HDOP ( $p=1.583E-11$ ,  $r=-0.35$ ) y TTFF ( $p=8.911E-12$ ,  $r=-0.36$ ). Lo anterior concuerda con lo informado para otras especies, donde el éxito de adquisición de posiciones GPS y su calidad se relacionó con los patrones de actividad de estas dependiendo de su historia natural, viéndose afectados estos atributos de forma negativa por las coberturas densas en que descansan los venados *Cervus elaphus* (Zweifel-Schielly y Suter 2007) y *Odocoileus virginianus* (Bowman et al. 2000) durante el día y el oso Grizzly (*Ursus arctos*) durante la noche (Heard et al. 2008), o incluso por actividades de búsqueda de alimento que en algunas especies implican cavar prolongadamente (e.g. *U. americanus*; Obbard et al. 1998), en las que el collar GPS queda oculto del cielo durante períodos prolongados (D'eon y Delparte 2005). Este efecto negativo de las coberturas densas sobre la cantidad y calidad de las posiciones adquiridas por collares GPS se ha documentado como una fuente de sesgos en estudios de uso de hábitat, porque al recibirse menos posiciones y de menor calidad cuando los in-

dividuos se encuentran haciendo uso de hábitats con coberturas más densas, se puede subestimar el uso de estos hábitats (Obbard et al. 1998, Moen et al. 2001, Heard et al. 2008).

Analizando sólo el tiempo de seguimiento efectivo que permitió el collar, a pesar de las coberturas boscosas, de nubosidad y las complejas condiciones topográficas del área de estudio, este presentó un buen desempeño durante su funcionamiento, con 47,2% de éxito para las posiciones esperadas en este tiempo, 95,1% generadas mediante  $\geq 4$

satélites, 84,5% del tipo 3D, 85,3% con HDOP  $\leq 3$  (promedio para todas las posiciones=2,2) y 60,1% requiriendo TTFF  $\leq 60$  seg (promedio para todas las posiciones =62,1 seg.), mejor al registrado por Lizcano y Cavelier (2004) para un collar marca Lotek en una zona andina similar (Risaralda, Colombia) sobre un tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) (éxito de posiciones de 28% y DOP promedio 3,6), y similar al desempeño reportado en Australia por Blackie (2010) para collares de la marca Sirtrack sobre el pósum cola de cepillo (*Trichosurus vulpecula*) en ambientes mixtos de bosques y pasturas (promedio de éxito de posiciones 64,8% y HDOP promedio de 2,9), y por Matthews et al. (2013) para collares de la marca Telemetry Solutions Quantum 4000 sobre el quol moteado (*Dasyurus maculatus*) en agroecosistemas de la isla de Tasmania (promedio de éxito de posiciones 64% y HDOP promedio de 2). Sin embargo, el daño prematuro del collar utilizado en este estudio y el cambio arbitrario que asumió sobre la programación diaria de toma de posiciones, indican que este dispositivo en general no mostró un buen desempeño para el seguimiento del oso marcado, porque la cantidad de datos que se obtuvo durante su funcionamiento no permitió realizar inferencias sobre la ecología de la especie.

Los collares con tecnología GPS muestran expectativas de vida muy variables (20 días a 11 meses para ambientes andinos (Castellanos 2014, Lizcano y Cavelier 2004), constituyendo un problema no sólo por el elevado costo de reemplazar estos equipos, o



por el impacto negativo que implica la pérdida del esfuerzo logístico requerido para capturar un animal silvestre, sino también por la salud de los individuos marcados, porque el daño súbito de los collares involucra también el funcionamiento del mecanismo de caída, impidiendo su retiro del animal marcado y generando posibles efectos negativos en su salud a largo plazo (Garshelis y McLaughlin 1998).

### Conclusiones

Durante su funcionamiento (41 días) el dispositivo mostró un buen desempeño, similar al reportado como exitoso para collares GPS de las marcas Sirtrack y Telemetry Solutions Quantum 4000 en Australia (Blackie 2010, Matthews *et al.* 2013), e incluso mejor al reportado para la marca Lotek en un ambiente andino similar en Colombia (Lizcano y Cavelier 2004). Sin embargo, el daño prematuro del collar utilizado en este estudio y el cambio arbitrario que asumió sobre la programación diaria de toma de posiciones, indican que este dispositivo en general no mostró un buen desempeño para el seguimiento del oso marcado, porque la cantidad de datos que se obtuvo durante su funcionamiento no permite hacer inferencias sobre la ecología de la especie. Por todo esto, no se recomienda el uso de esta marca de collares en la especie o en los ambientes abordados, teniendo en cuenta el costo de adquirir este tipo de dispositivos y la inversión logística necesaria para posicionarlos en ejemplares de fauna silvestre. Aún falta mucho por conocer sobre el funcionamiento de esta tecnología en los Andes, teniendo en cuenta que sólo Lizcano y Cavelier (2004) y Castellanos (2014) habían descrito algunos pocos aspectos de su desempeño en estos ambientes. Los investigadores que deseen emplear collares GPS deben ser conscientes de las limitaciones actuales de esta tecnología, relacionadas con la vida útil corta de algunos de los dispositivos debido a daños súbitos (Moen *et al.* 2001, Lizcano y Cavelier 2004, Zweifel-Schielly y Suter 2007, Blackie 2010, Castellanos 2014).

### Agradecimientos

Agradecemos a Gabriela Fontanarosa (CONICET), Yeimy Castillo (WII) y Laura Castrillón (WCS), por sus valiosos comentarios a versiones

preliminares del manuscrito. El presente trabajo hizo parte del convenio denominado “Captura, inmovilización, marcaje, liberación y seguimiento a osos andinos relacionados con eventos de depredación de ganado en la jurisdicción de CORPOGUAVIO”, realizado entre la Fundación WII, la entidad estatal CORPOGUAVIO y Nexen Petroleum Colombia Ltd.

### Literatura citada

- Aguilar M, Rangel-Ch. JO. 1996. Clima de alta montaña en Colombia. *En: El páramo: ecosistema a proteger*. Serie Montañas Tropoandinas II. Bogotá: Fundación de Ecosistemas Andinos (ECO); pp. 73-130.
- Amanzo J, Appleton R, Van-horn R. 2014. *Efecto de la disponibilidad estacional del fruto del sapote (Colicodendron scabridum, Capparaceae) en la condición corporal del oso andino en el bosque estacionalmente seco de Lambayeque, Perú*. (En línea) (Acceso 16 de julio 2015) URL <[www.congresocolombianodezoologia.org](http://www.congresocolombianodezoologia.org)>
- Blackie HM. 2010. Comparative performance of three brands of lightweight Global Positioning System Collars. *J Wildl Manage.* 74: 1911-6.
- Bowman JL, Kochanny CO, Demarais S, Leopold BD. 2000. Evaluation of a GPS collar for white-tailed deer. *Wildl Soc Bull.* 28:141-5.
- Castellanos A. 2002. *Captura de osos andinos con trampa Iznachi en Ecuador*. (En línea) (Acceso 14 de junio 2015). URL <<http://www.andeanbear.org/papers/spanish/captura-de-osos-andinos-con-trampa-iznachi-esp.pdf>>
- Castellanos A, Altamirano M, Tapia G. 2005. Ecología y comportamiento de osos andinos reintroducidos en la reserva biológica Maquipucuna, Ecuador: implicaciones en la conservación. *Rev Polit.* 26: 54-82.
- Castellanos A. *Reintroducción y monitoreo telemétrico de osos andinos en Ecuador*. 2014. (En línea) (Acceso 16 de Julio 2015) URL <[www.congresocolombianodezoologia.org](http://www.congresocolombianodezoologia.org)>
- Cleef AM. 1978. Characteristics of neotropical paramo vegetation and its subantarctic relations. *In: Troll C, Lauer W, eds. Geoeological relations between the southern temperate zone and the tropical mountains*. Wiesbaden: Erdwiss Forsch.
- D'eon RG, Delparte D. 2005. Effects of radio-collar position and orientation on GPS radio-collar performance, and the implications of PDOP in data screening. *J Appl Ecol.* 42: 383-8.
- Evans A, Sahlén V, Støen O-G, Fahlman Å, Brunberg S, Madslien K, *et al.* 2012. Capture, anesthesia, and disturbance of free-ranging brown bears (*Ursus arctos*) during hibernation. *PLoS ONE.* 7: e40520. doi:10.1371/journal.pone.0040520.
- Garshelis DL, McLaughlin CR. 1998. Review and evaluation of breakaway devices for bear radiocollars. *Ursus.* 10: 459-65.
- Garshelis DL. 2004. Variation in ursid life histories, is there an outlier? *In: Lindburg D, Baragona K, eds. Panda conser-*



- vation. Berkeley: University of California Press; pp. 53-73.
- Gervasi V, Brunberg S, Swenson JE. 2006. An individual-based method to measure animal activity levels: a test on brown bears. *Wildl Soc Bull.* 34: 1314-9.
- Heard DC, Ciarniello LM, Seip DR. 2008. Grizzly bear behavior and Global Positioning System Collar fix rates. *J Wildl Manage.* 72: 596-602.
- Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA). 1986. *Parques Nacionales*. Bogotá: Instituto Nacional de Recursos Naturales y Fondo FEN; 262 pp.
- Kays R, Crofoot MC, Jetz W, Wikelski M. 2015. Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science.* 348: doi: 10.1126/science.aaa2478
- Kozakai C, Koike S, Yamazaki K, Furubayashi K. 2008. Examination of captive Japanese black bear activity using activity sensors. *Mamm Study.* 33: 115-9.
- Langley RB. 1999. Dilution of precision. [Revista en línea] *GPS World* 5: 52-9. (Acceso 15 de junio de 2015, en: [http://www.nrem.iastate.edu/class/assets/nrem446\\_546/week3/Dilution\\_of\\_Precision.pdf](http://www.nrem.iastate.edu/class/assets/nrem446_546/week3/Dilution_of_Precision.pdf))
- Lewis JS, Rachlow JL, Garton EO, Vierling LA. 2007. Effects of habitat on GPS collar performance: using data screening to reduce location error. *J Appl Ecol.* 44: 663-71.
- Lizcano DJ, Cavelier J. 2004. Using GPS collars to study mountain tapirs (*Tapirus pinchaque*) in the Central Andes of Colombia. *Tapir Conserv.* 13: 18-23.
- Matthews A, Ruykys L, Ellis B, FitzGibbon S, Lunney D, Crowther MS, et al. 2013. The success of GPS collar deployments on mammals in Australia. *Australian Mammalogy* 35: 65-83. doi.org/10.1071/AM12021
- Millsbaugh JJ, Marzluff JM. 2001. *Radio tracking and animal populations*. San Diego: Academic Press; 474 pp. doi: <http://dx.doi.org/10.1644/1545-1542>
- Moen RA, Pastor J, Cohen YC. 1996a. Interpreting behavior from activity counters in GPS collars on moose. *Alces.* 32: 101-8.
- Moen RA, Pastor J, Cohen YC, Schwartz CC. 1996b. Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance. *J Wildl Manage.* 60: 659-68.
- Moen RA, Pastor J, Cohen YC. 2001. Effects of animal activity on GPS telemetry location attempts. *Alces.* 37: 207-16.
- Obbard ME, Pond BA, Perera A. 1998. Preliminary evaluation of GPS collars for analysis of habitat use and activity patterns of black bears. *Ursus.* 10: 209-17.
- Owen-Smith N, Goodall V. 2014. Coping with savanna seasonality: comparative daily activity patterns of African ungulates as revealed by GPS telemetry. *J Zool.* (Lond) 293:181-91.
- Paisley S, Garshelis DL. 2006. Activity patterns and time budgets of Andean bears (*Tremarctos ornatus*) in the Apolobamba Range of Bolivia. *J Zool.* (Lond) 268: 25-34.
- Rangel-Ch JO. 2000. Clima de la región paramuna. En: Rangel-Ch JO, ed. *La región de vida paramuna. Colombia diversidad Biótica III*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales; pp. 85-125.
- Rempel RS, Rodgers AR, Abraham KF. 1995. Performance of a GPS animal location system under boreal forest canopy. *J Wildl Manage.* 59: 543-51.
- Restrepo H, Rodríguez D, Reyes A, Reyes-Amaya N, Rodríguez J, Gómez H. 2014. *Captura, inmovilización, marcaje, liberación y de seguimiento a osos andinos (Tremarctos ornatus) relacionados con eventos de depredación de ganado en la jurisdicción de CORPOGUAVIO*. Informe técnico. Gachetá: Corporación Autónoma Regional del Guavio, CorpoGuavio - Nexen Petroleum Colombia Ltd.
- Reyes-Amaya N. 2015. Familia Ursidae. En: Suárez-Castro AF, Ramírez-Chávez HE, eds. *Los carnívoros terrestres y semiacuáticos continentales de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; pp. 166-71.
- Rodríguez D, Sandoval M, Torres Y, Quintero V, Feliciano O, Callejas R, et al. 2004. *Reintroducción y seguimiento de un ejemplar de oso de anteojos (Tremarctos ornatus) en la zona de influencia del Páramo de Mamapacha, departamento de Boyacá*. Informe técnico. Garagoa: Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR).
- Rodríguez D, Restrepo H, Reyes A, Viteri MP, Van-Horn R, García-Rangel S. 2015. III International symposium on andean bear conservation and management: Land of bears, land of people, land of all; a tribute to Bernard Peyton, pioneer in researching the andean bear. *Internat Bear News*, 24: 43-5.
- Van Horn R, Appleton R, Vallejos-Aguinaga J, Sánchez-Aguinaga I, Vallejos-Aguinaga J, Owen M, et al. 2014. *Madrigueras natales de los osos andinos (Tremarctos ornatus) en el bosque tropical estacionalmente seco de Lambayeque, Perú*. (En línea) (Acceso 16 de julio 2015) .URL <[www.congresocolombianodezoologia.org](http://www.congresocolombianodezoologia.org)>
- Vargas O, Pedraza P. 2004. *Parque Nacional Natural Chingaza*. Bogotá: Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia; 197 pp.
- Yamazaki K, Kozakai C, Kasai S, Goto Y, Koike S, Furubayashi K. 2008. A preliminary evaluation of activity-sensing GPS collars for estimating daily activity patterns of Japanese black bears. *Ursus.* 19:154-61.
- Zweifel-Schielly B, Suter W. 2007. Performance of GPS telemetry collars for red deer *Cervus elaphus* in rugged Alpine terrain under controlled and free-living conditions. *Wildlife Biol.* 13: 299-312.