PERÚ | Ministerio del Ambiente | Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado

Documento de Trabajo 24

Diseño de Monitoreo de Oso Andino y Tapir de Montaña Utilizando Cámaras Trampa: Experiencia en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe

SERNANP PERÚ

Documento de Trabajo 24

Diseño de Monitoreo de Oso Andino y Tapir de Montaña Utilizando Cámaras Trampa: Experiencia en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe

Mena, J. L.; Yagui, H.; La Rosa, F., Zuñiga, A., Hiyo, L., Huamán, C. Cotrina D., Ocupa, L., Neyra, S., Lozada, E., Aponte, J., Caruajulca, C. Ramírez, A., Lozada, A., Guerrero, J., Valdivia, S., Campos, A., Tenorio, M. (2017). Diseño de monitoreo de oso andino y tapir de montaña utilizando cámaras trampa: experiencia en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe. WWF-SERNANP

Revisores: Benjamín Lau, Edgar Vicuña, Marco Arenas, Cindy Vergel y Johana Deza.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2016-17217
Primera edición: Enero 2017
Razón Social: World Wildlife Fund. Inc.
Domicilio: Av. Trinidad Morán 853, Lince
Teléfono: (511) 440-5550

Impreso en Imprenta CANO s.r.ltda.
Enero 2017
500 ejemplares

Fotos: WWF-Perú
Elaboración de mapas: Brenda Toledo

Producido en Perú, 2017

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo del proyecto "Áreas Naturales Protegidas: Soluciones Naturales al Cambio Climático".

Contenido

Prólogo 5
Resumen Ejecutivo 7
Capítulo I. Temática Conceptual de monitoreo 9
1.1. ¿Qué es monitoreo y cuál es su importancia? 9
1.1.1. Objetivos del Monitoreo 9
1.2. Diseño del Monitoreo 13
1.2.1. Técnicas para el registro de la presencia de las especies de interés 13
1.3. Muestreo y consideraciones para el diseño de muestreo 18
1.3.1. Definiciones y conceptos claves sobre el muestreo 18
1.3.2. Tipos de muestreo 19
1.3.3. El tamaño de la celda o distancia entre cámaras 23
1.3.4. Los modelos de ocupación como herramienta para el monitoreo biológico ... 25
Capítulo II. Generalidades del ANP y de los elementos de monitoreo 27
2.1. El Santuario Nacional Tabaconas Namballe 27
2.2. El oso andino 29
2.2.1. Distribución del oso andino 29
2.2.2. Ecología del oso andino 31
2.2.3. Problemática para la conservación del oso andino 31
2.3. El tapir de montaña 35
2.3.1. Distribución del tapir de montaña 35
2.3.2. Ecología del tapir de montaña 37
2.3.3. Problemática para la conservación del tapir de montaña 38
Capítulo III. Experiencia de diseño de monitoreo en el SNTN 41
3.1. Resultados: Estimación de la ocupación utilizando cámaras trampa 41
3.1.1. Evaluación en época seca de 2014 41
3.1.2. Evaluación en la época húmeda 2014-2015 44
3.2. Definiendo el tamaño de muestra: ¿Cuántos sitios y cuántos días? 47
3.2.1. Diseño para el tapir de montaña 48
3.2.2. Diseño para el oso andino 49
3.3. Elementos claves para el diseño de monitoreo 50

Capítulo IV. Lecciones aprendidas de la experiencia 53
Referencias bibliográficas 59
Glosario de términos 67
Anexos 71

Prólogo

El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) tiene como función la conservación de las Áreas Naturales Protegidas por el Estado que conforman el SINANPE, para ello implementa una serie de acciones con este fin, las cuales se implementan en el marco de un ciclo de gestión que tiene como una herramienta clave el monitoreo ambiental que permite evaluar si se viene desarrollando una gestión efectiva que se traduce en el buen estado de conservación de estos espacios representativos de la diversidad biológica del país.

El Santuario Nacional Tabaconas Namballe es un área natural protegida que conserva una muestra representativa del ecosistema páramos y bosques húmedos de montaña, los cuales sirven de hábitat de dos importantes especies en el país: el oso andino y el tapir de montaña. Estas especies han sido priorizadas en la gestión del ANP y forman parte de los objetivos consignados en el Plan Maestro del Santuario. Esta priorización se debió a que son especies categorizadas como vulnerable y amenazada, respectivamente, en la lista roja de la IUCN; como consecuencia de las presiones de caza y la pérdida de hábitat en la mayoría de los espacios por donde se distribuyen. Ambas son grandes dispersoras de semillas en los ecosistemas donde habitan, por lo que son importantes para el mantenimiento de la estructura de la comunidad vegetal de los Andes del Norte, y por lo tanto del mantenimiento de las funciones ecológicas de estos ecosistemas y servicios, como el de regulación hídrica tan importante para las poblaciones de las cuencas que abarca.

La gestión de las Áreas Naturales Protegidas se caracteriza por tener como uno de sus pilares fundamentales la gestión participativa entendida esta como el concurso de una serie de aliados que de manera voluntaria establecen compromisos que permiten la consecución de objetivos de conservación. En torno al objetivo ambiental del Plan Maestro, referido a mantener la presencia del tapir de montaña y del oso andino, uno de los principales aliados que asumieron compromisos fue WWF-Perú, en torno a la elaboración de protocolos y acciones de monitoreo y como consecuencia de este compromiso, la presente publicación ha sido posible gracias al soporte técnico y financiero de WWF, en coordinación con la Jefatura del Santuario, la misma que nos brinda información importante acerca de la distribución, ecología y amenazas de estas dos especies y nos da a conocer la experiencia desarrollada y

propuesta por WWF al interior del ANP, con la utilización de cámaras trampas para mediante modelos de ocupación y probabilidades de detección, determinar el diseño de monitoreo con miras a evaluar cambios en la ocupación y por ende las poblaciones de estas especies al interior del área protegida.

Este diseño e insumos permitirán a la jefatura del ANP con el apoyo de WWF, elaborar los protocolos de monitoreo de estas dos especies en base a los indicadores establecidos en su Plan Maestro y analizar si es sostenible la intervención y escalar el objetivo de mantener la presencia de estas dos especies a un objetivo más preciso, que puede monitorearse con la metodología de ocupación.

Por ultimo destacar el contenido de información referida a aspectos conceptuales del monitoreo, que también es parte importante de la presente publicación.

Atte.
Dirección de Desarrollo Estratégico
SERNANP.

Resumen Ejecutivo

El oso andino y el tapir de montaña son dos especies carismáticas y de gran importancia en el mantenimiento del ecosistema. No obstante, ambas se encuentran amenazadas a lo largo de su distribución geográfica y sus poblaciones han venido disminuyendo de forma alarmante en los últimos años. En el Perú, el Santuario Nacional Tabaconas Namballe, sirve de refugio para estas dos especies, por lo cual ambas están incluidas como elementos de conservación priorizados dentro de su Plan Maestro. Así, gracias al esfuerzo conjunto entre el SERNANP (a través de la Jefatura del Santuario) y WWF, se viene trabajando desde hace tres años (2013-2016) en el monitoreo de la fauna del lugar con el uso de cámaras trampa.

El monitoreo biológico se realiza por diferentes razones, pero esencialmente para proveer información necesaria para una adecuada y más informada toma de decisiones. De esta manera se pueden elaborar acuerdos para generar información que pueda orientarse a la prevención de la extinción local de estas especies, cambiar estrategias de manejo, y, sobre todo, evaluar si la gestión realizada está contribuyendo a la conservación de poblaciones viables de tapir de montaña y oso andino en el Santuario, y de acuerdo a los resultados, plantear acciones de manejo adaptativo.

Con base en lo propuesto en el plan maestro, identificamos la pregunta guía para el monitoreo de estas especies, y se elaboró un diseño de muestreo basado en el uso de cámaras-trampa, ya que es la mejor técnica a la fecha para el registro de la presencia de especies elusivas como el tapir de montaña y el oso andino. Con los datos colectados elaboramos modelos de ocupación, los cuales permiten estimar la probabilidad de que un sitio seleccionado al azar esté ocupado por cada una de las especies objetivo; además de estimar la probabilidad de detección de cada especie. Ambos, constituyen elementos claves para el diseño de un monitoreo biológico.

Tanto en época seca como en época húmeda, el tapir de montaña fue registrado en un mayor número de sitios y eventos por sitio que el oso andino. Como consecuencia, sus valores de ocupación y detectabilidad son mayores que las del oso andino. Los valores de probabilidad de detección y de ocupación fueron la base para la determinación del número de sitios y el número de días para

monitorear cada una de las especies. Estos valores sirven como referencia para futuras evaluaciones dentro del Santuario Nacional Tabaconas Namballe, con miras a evaluar los cambios en la ocupación de estas especies al interior del área protegida.

En virtud de lo anterior, el presente documento es un esfuerzo conjunto entre WWF-Perú y el SERNANP a través de la Jefatura del Santuario Nacional Tabaconas Namballe (SNTN) para dotar a los especialistas de las áreas naturales protegidas, de elementos importantes sobre el monitoreo de indicadores ambientales, en este caso el oso andino y el tapir de montaña, ambos identificados en el Plan Maestro. En este sentido, este documento provee una recopilación de conocimiento e información técnica sobre los métodos idóneos para el monitoreo de poblaciones de estas especies. Pero, sobre todo, el uso de los modelos de ocupación como una herramienta para el monitoreo de indicadores ambientales (especies), la cual provee el tipo de información que se requiere para orientar la gestión del ANP hacia el cumplimiento de las metas de impacto asociadas a los indicadores de los objetivos establecidos en el Plan Maestro.

Capítulo I. Temática conceptual de Monitoreo

1.1. ¿Qué es monitoreo y cuál es su importancia?

El monitoreo biológico es una herramienta científica utilizada para la obtención de datos que miden cambios y tendencias como respuesta a las políticas y acciones de manejo y al estado de los recursos naturales, por esta razón es un hito clave para el monitoreo de la gestión[1]. Es decir, siguiendo un mismo procedimiento y partiendo de una primera observación de la realidad, es usada principalmente para mejorar nuestra compresión de los procesos ecológicos que actúan a nivel local, además de evaluar impactos para posteriormente tomar decisiones de conservación y/o planificación; y por último dar un panorama del estado de la diversidad biológica de interés.

Los Andes del Norte son un foco de diversidad biológica importante, en dónde se refugian poblaciones de especies amenazadas de extinción como el Oso andino y el Tapir de montaña. Ambas son especies carismáticas de tamaño grande y son sobrevivientes de antiguos linajes de mamíferos (Cavelier, et al., 2010). Tanto el oso andino como el tapir de montaña son objetivos de conservación del Santuario Nacional Tabaconas Namballe. De hecho, dentro de su Plan Maestro 2015-2019, es explícita la importancia de mantener la presencia de sus poblaciones a través de la línea de acción: Monitoreo de la biodiversidad[2].

1.1.1. Objetivos del monitoreo

Para implementar acciones de monitoreo biológico, es necesario contar con objetivos claros, pero también con indicadores que permitan comunicar fácilmente las variables de estado seleccionadas (por ejemplo, la población de tapires de montaña del Santuario), lo cual facilita la evaluación de los resultados del monitoreo que finalmente permite la adecuada toma de decisiones en el manejo o la gestión.

[1] El monitoreo es una herramienta, no el fin per se, solo se tienen los objetivos del ANP consignados en el plan maestro. Considerando esto, el monitoreo es para orientar la gestión del ANP sobre el reporte de estas especies considerando los cambios hacia el cumplimiento de las metas de impacto asociadas a los indicadores de los objetivos establecidos en el Plan Maestro.

[2] De acuerdo a los Lineamientos de Monitoreo de la Biodiversidad y Ecosistemas en ANPS (2015), el monitoreo es un proceso sistemático y continuo de observación, para propósitos específicos, de los elementos de un sistema, de acuerdo a un plan y usando métodos de colección de datos comparables.

Ocasionalmente existe una confusión entre lo que es realmente monitoreo y lo que se requiere para implementarlo, por lo que un primer paso es entender qué es y para qué hacemos el monitoreo (Nichols y Williams, 2006).

Todo monitoreo requiere de un diseño y su implementación debe estar basada en el recojo y análisis de información, que permita entender si realmente se está cumpliendo el objetivo de gestión del cual se desprende.

A menudo se suele colectar datos sin una noción clara de para qué se hace el monitoreo biológico; sin embargo, al establecer preguntas o hipótesis previas a la colección de datos y bajo un diseño de muestreo, la interpretación de los resultados es convenientemente direccionada (McComb et al., 2011). Esta colección de datos, debe estar dirigida entonces para contestar preguntas específicas en escalas espaciales y temporales asociadas con la historia de vida de las especies.

La formulación de las preguntas, evidentemente debe estar basada de un análisis de la situación actual de las poblaciones de interés, de la identificación de los factores que afectan positiva o negativamente a la población o poblaciones de la especie que nos interesa monitorear, los cuales son fáciles de entender en un modelo conceptual, en el cual se visibilizan las interrelaciones entre las variables de estado y los factores que las afectan (ver Figura 1). Un modelo conceptual representa así, una competencia "cambiante" respecto del estado actual de conocimiento de un sistema en particular y especies o comunidades objetivo (McComb et al., 2011).

La figura 1 muestra el esquema desarrollado entre WWF-Perú y el SERNANP para explicar la situación del tapir de montaña y el oso andino en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe, en base al Plan Maestro e ideas adicionales de los especialistas. Ambas especies se han visto amenazadas por factores negativos como la cacería y la pérdida de hábitat, mientras que la conservación de fuentes de agua naturales y la cobertura de bosque montano y páramo son fundamentales para sus supervivencias.

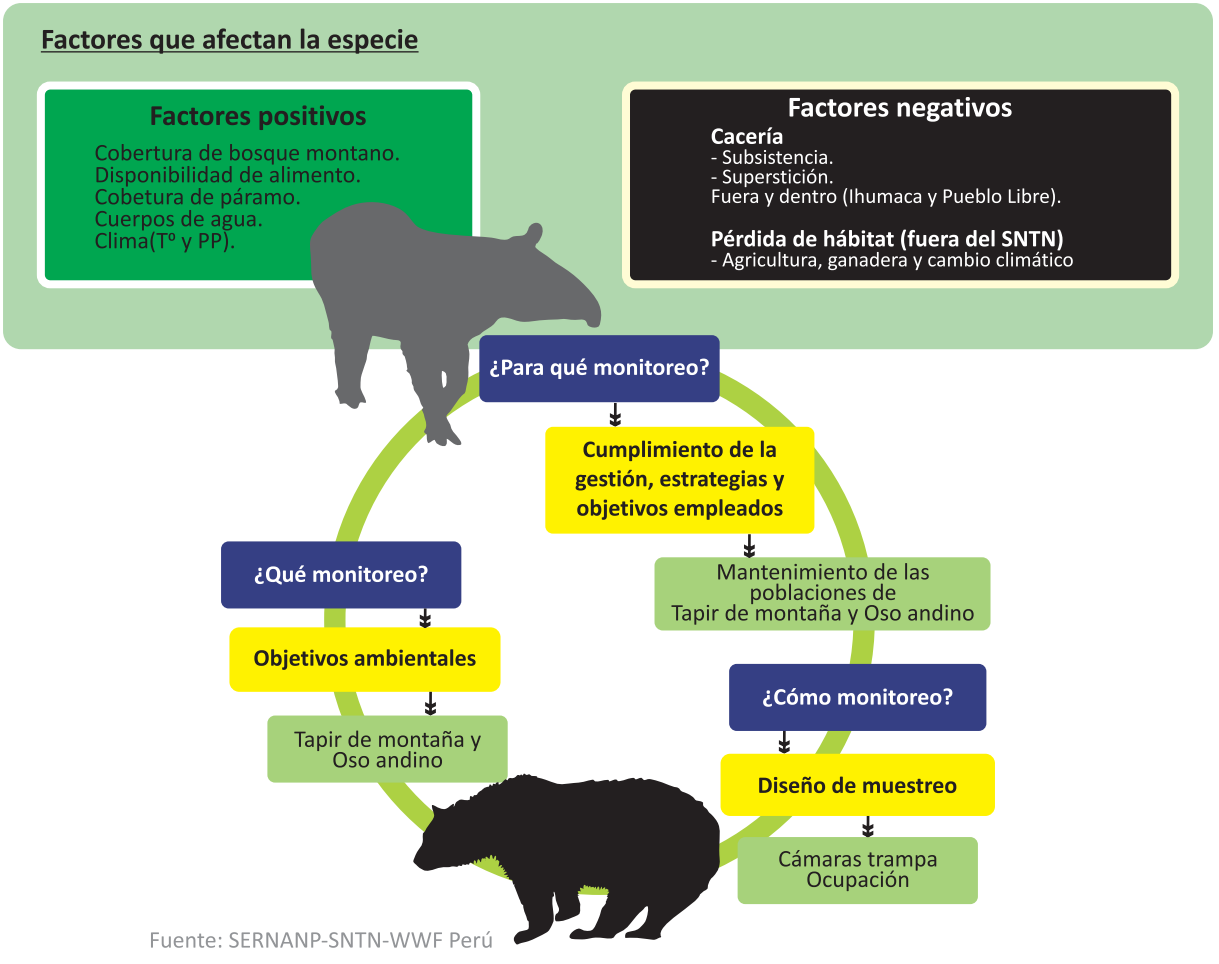
El SERNANP cuenta desde el 2015 con lineamientos para el monitoreo biológico de indicadores ambientales en las áreas protegidas y además en los planes maestros se especifica el tipo de dato a colectar[3], la presencia/ausencia. Este es un contexto importante para el diseño del monitoreo biológico, el cual sumado al objetivo estratégico[4] ambiental del área protegida, el modelo conceptual del área protegida (Plan Maestro periodo 2015-2019) y el esquema de los elementos clave a tener en cuenta para el diseño de monitoreo para las especies seleccionadas (Figura 1), constituyen la base para la definición del objetivo mismo del monitoreo biológico.

[3] La norma que aprueba el Plan Maestro periodo 2015-2019 es la Resolución Presidencia N° 022-2015-SERNANP y consigna en el anexo 1, en la sección de objetivos los indicadores de presencia/ausencia tanto para oso andino como para tapir de montaña.

[4] Para posibilitar la persistencia y mantenimiento de las especies emblemáticas, Tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) y Oso andino (*Tremarctos ornatus*) dentro del SNTN, se tiene dos objetivos consigandos en el Plan Maestro:
"Mantener la presencia del tapir andino (*Tapirus pinchaque*) en el SN Tabaconas Namballe" y "Mantener la presencia del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el SN Tabaconas Namballe"

La pregunta guía del monitoreo biológico es si la gestión realizada está contribuyendo a lograr el objetivo ambiental planteado para el área protegida, en el caso particular del Santuario Nacional Tabaconas Namballe, asegurar la persistencia y mantenimiento de las especies emblemáticas, tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) y oso andino (*Tremarctos ornatus*) dentro del Santuario. En este caso, si la gestión es realmente efectiva debería reflejarse en el mantenimiento o en la recuperación (de ser el caso) de las poblaciones objetivo[5].

Figura 1. Esquema de los elementos clave a tener en cuenta para el diseño del monitoreo biológico del oso andino y tapir de montaña.



Fuente: SERNANP-SNTN-WWF Perú

[5] El SERNANP tiene una manera ya planteada de medir la gestión efectiva: 1) en términos de impacto se refleja en la mejora o mantenimiento del estado de conservación (medido por el porcentaje del ANP que no sufre afectaciones – ligado a efectos por actividades) para todo el SINANPE + cumplimiento de las metas de los indicadores específicos de ecosistemas, especies o procesos consignados en el PM. 2) cumplimiento de los requerimientos de gestión mínimos óptimos para el logro de resultados intermedios que me lleven al impacto deseados.

La gestión para este caso se entiende como la implementación de líneas de acción que permitirán cumplir con el objetivo ambiental, para el caso del Santuario Nacional Tabaconas Namballe. Las líneas de acción consideradas son el sistema de control y vigilancia orientado a controlar aquellos aspectos negativos que afectan a los elementos de conservación, la demarcación física y la promoción de otras modalidades de conservación en áreas de influencia que permitan mantener la conectividad de hábitats (SERNANP, 2015).

De acuerdo al Plan Maestro, el objetivo ambiental relacionado a estas especies es: "Mantener la presencia del tapir de montaña y el oso andino en el SN Tabaconas Namballe", siendo el indicador la presencia/ausencia y el medio de verificación el reporte de cámaras trampa.

Es necesario indicar que, en la planificación actual de las ANP, los recursos económicos y logísticos influye bastante en el planteamiento de los objetivos y los indicadores del monitoreo biológico. En particular, el objetivo planteado por la jefatura y su indicador, que se describe líneas arriba, se estableció teniendo en cuenta las capacidades y recursos con que cuenta la jefatura del ANP y sobre todo la sostenibilidad de las intervenciones de monitoreo en el periodo de los cinco años del Plan Maestro.

No obstante existen escenarios en los cuales la jefatura del ANP puede contar con el apoyo de aliados que pueden escalar el objetivo y los indicadores a un aspecto más específico, toda vez que cuentan con los recursos y capacidades para ello, es el caso de WWF que planteó el establecimiento de un diseño para un monitoreo biológico basado en la toma de datos de presencia y ausencia con cámaras trampas y con un análisis de datos basado en modelos de ocupación de las poblaciones de oso andino y tapir de montaña.

En este sentido, la experiencia que se describe en el presente documento estuvo orientada a evaluar la variación de la ocupación en el tiempo. Así podría esperarse, que la ocupación incremente su valor o al menos se mantenga en el tiempo, atribuyendo como la causa principal a la gestión realizada por la Jefatura del ANP.

No obstante, es importante considerar que hay factores externos a la gestión y al área protegida (por ejemplo, en la zona de amortiguamiento) que pueden afectar las poblaciones de tapir y oso, y como consecuencia al indicador, por lo que existe la posibilidad de que, a pesar de una adecuada gestión, los factores externos terminen afectando negativamente a las poblaciones de estas especies. Esto es importante incluirlo en los supuestos porque será parte de la discusión de los resultados del monitoreo.

La propuesta que se plantea y que el SERNANP tendrá que analizar es realizar el monitoreo de ocupación anualmente, pero también podría establecerse la línea de base y posteriormente realizar el monitoreo en una base quinquenal considerando el tiempo de vida del plan maestro, siguiendo el mismo diseño y reportando las acciones de gestión realizadas.

1.2. Diseño del monitoreo[6]

El diseño es un componente importante en el monitoreo y de la rigurosidad de éste dependen la confiabilidad de los resultados que se alcancen. A continuación, describimos la experiencia de los pasos implementados para la elaboración del diseño de monitoreo a partir del cual se levantó y se procesó la información sobre oso andino y el tapir de montaña, elementos ambientales del SNTN.

1.2.1. Técnicas para el registro de la presencia de las especies de interés[7]

La adecuada selección de técnicas para el monitoreo biológico debe contemplar una serie de consideraciones económicas, logísticas y climáticas (Witmer, 2005), siendo necesario un balance conveniente de los costos y los beneficios de cada técnica (Lyra-Jorge et al., 2008; Rockhill et al., 2016). Así mismo, es de suma importancia tener objetivos claros y concisos, que condensen un conjunto de preguntas previamente establecidas (Lyra-Jorge et al., 2008), así como comprender los pros y contras de las distintas técnicas a evaluar, con el fin de encontrar aquella que califique como la más eficiente en el cumplimiento de dichos objetivos (Rockhill et al., 2016). Cabe resaltar que la precisión en la información obtenida determinará la funcionalidad de las estrategias de conservación y planes de manejo a futuro (Roberts, 2011).

El camino correcto para obtener información fidedigna es definir previamente una estructura del diseño para la toma de datos en campo. En las condiciones más óptimas y cuando la naturaleza del individuo de estudio lo permite, los registros directos, a través de observaciones y vocalizaciones, son la mejor opción para el registro. No obstante, existen otras alternativas de registro indirecto a través de indicios, como huellas, materia fecal, nidos, plataformas de descanso, etc. (MINAM, 2015).

Ocasionalmente, es posible contar con una colección de registros, ya sean estos directos o indirectos, que se obtienen de manera esporádica en el campo; a ellos se les conoce como registros incidentales[8]. Estos datos pueden ser complementarios a otras metodologías de muestreo o incluso pueden ser utilizados como datos referenciales para futuros trabajos. Si bien es información útil, se debe considerar que, al no contar con una estructura y un objetivo previo, el análisis de estos datos por si sola carece de poder estadístico para predecir tendencias (McComb et al., 2010).

En ecología, las variables comúnmente utilizadas en estudios relacionados a manejo y conservación de especies son distribución y abundancia (Kéry y Royle, 2016). Sin embargo, estimar la abundancia implica alcanzar un nivel de esfuerzo considerable que en muchos casos se ve dificultado por la naturaleza elusiva de la especie objetivo (MacKenzie, 2006). Una alternativa particularmente útil para aquellas

[6] El diseño aporta a la Línea de acción 1.2 del Plan Maestro del SNTN (2015-2019).
[7] El enfoque principal está en la estimación de la presencia/ausencia, ver Capítulo III.
[8] Por ejemplo, aquellos obtenidos en los patrullajes de los guardaparques.

especies difíciles de observar, y por ende de contabilizar, es el registro de su presencia/ausencia, el cual permite reconocer y seleccionar áreas potenciales de uso de hábitat y cuyo cambio en el tiempo es proporcional a las tendencias en el tamaño poblacional (MacKenzie, 2005). Determinar la proporción de sitios en la que se encuentra un grupo de individuos dentro de un área muestreada, es mucho menos costoso que intentar contabilizar el número total de los mismos (Thompson et al., 1998).

Si bien la presencia de la especie, en muchos casos, es innegable, la ausencia, por el contrario, no lo es. El no hallar evidencias directas o indirectas de un individuo no es sinónimo de que esté ausente, ello solo indica que no ha sido detectado (MacKenzie, 2005). Diversos factores, tanto de escala temporal como espacial, pueden influir en la detección y no detección de un individuo (Thompson et al., 1998); tales como la precisión de la técnica empleada, la capacidad del observador para determinar la presencia o ausencia (MacKenzie, 2005), el tamaño de la unidad de muestreo (Thompson et al., 1998), el tiempo empleado para el estudio, las variables ambientales que puedan influir y las características de los puntos de muestreo (MacKenzie et al., 2002).

Por otro lado, el riesgo de no incorporar la probabilidad de detección se traduce en registrar erróneamente un individuo como presente y sobrestimar su rango de distribución y uso de hábitat, o por el contrario, no registrarlo y subestimar su rango de distribución y uso de hábitat; por lo tanto, además de la selección de la técnica a utilizar, prescindir de la detectabilidad podría generar conclusiones fallidas en el seguimiento de tendencias poblacionales (MacKenzie, 2005; McComb et al., 2010).

1.2.1.1. Tipos de técnicas para el registro de las especies

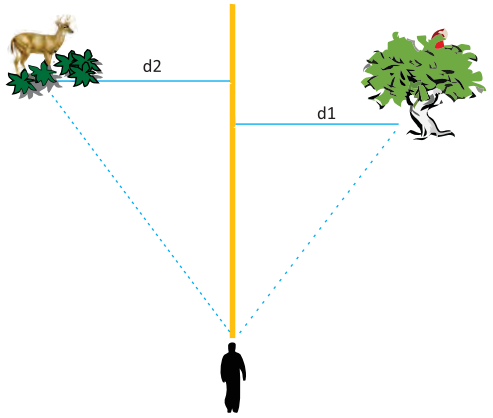
a. Transectos de línea de ancho variable

Los transectos son un conjunto de senderos lineales establecidos en un área de muestreo que se recorren en toda su extensión con la finalidad de obtener registros de avistamientos a través de la medición de las distancias perpendiculares entre el transecto y el objetivo (Sutherland, 2006; Silvy 2012) (Figura 2). Esta técnica es particularmente adecuada para aquellas especies difíciles de capturar y que son fáciles de observar, sobretodo en ambientes abiertos, por lo que es mucho más simple y menos exigente comparada con técnicas que implican esfuerzos intensivos de captura y recaptura (Sutherland 2006). De esa manera, la información obtenida permite estimar la abundancia de una especie en la unidad de área muestreada (Manly y Navarro, 2015).

Así mismo, debido a la imposibilidad de visualizar ciertas especies en el momento del estudio, los transectos lineales permiten, por un lado, evaluar índices de abundancia mediante registros indirectos como heces, marcaje, huellas, entre otros (Thompson 1998, Sutherland 2006); y, por otro lado, conceden información sobre la distribución a través de la presencia y ausencia de la especie de interés (Gese ,2001).

Uno de los principales fundamentos de los transectos lineales de ancho variable es que la distancia de observación es inversamente proporcional a la detectabilidad, ello quiere decir que la detectabilidad de un individuo decrece conforme aumenta la distancia en que se registra el mismo (Sutherland, 2006). Sin embargo, la detectabilidad puede verse sesgada si la visibilidad se dificulta por condiciones ambientales, especialmente si se buscan registros indirectos, si la cobertura de vegetación es demasiado densa (Gese, 2001), si el observador no es lo suficientemente hábil para determinar las identificaciones y si las distancias no son calculadas con precisión (Sutherland, 2006).

Figura 2. Imagen ilustrativa de un Transecto lineal



Fuente: Elaboración propia.

b. Cámaras-trampa

El fototrampeo, a través del uso de cámaras trampa (Figura 3), es una técnica que ha desarrollado mayor interés con el pasar de los años y que ha ganado popularidad en el estudio de fauna silvestre, especialmente en lo que concierne a mamíferos medianos y grandes de hábitos terrestres (Tobler et al., 2015).

Las cámaras trampa que se usan actualmente son de tipo digital[9], cuyo equipo consta de una cámara, una tarjeta de memoria SD para guardar automáticamente la información colectada y el conjunto de baterías (Ancrenaz, 2012). El sistema de activación del equipo puede ser activo o pasivo: el primero, consta de un haz de luz que va de un equipo emisor a un equipo receptor y que al ser interrumpido por un animal accionará la toma de fotos y/o videos; por otro lado, el sistema pasivo, el cual es el más utilizado en la actualidad, consiste en la toma automática de fotografías y/o videos activados por sensores de movimiento y calor (O'Connell et al., 2010).

[9] Anteriormente existían cámaras de tipo análogo o mecánicas

Esta herramienta no invasiva, permite colectar datos de presencia/ausencia, patrones de actividad, comportamiento, abundancia (en especies que es posible la identificación de individuos), entre otros; siendo adecuado y recomendado para especies crípticas y raras, así como para áreas difíciles de acceder, limitándose solo a ingresos para instalar y desinstalar (Ancrenaz, 2012).

Una de las ventajas más resaltantes de las cámaras trampa es su capacidad para colectar datos simultáneamente en distintos lugares y de distintas especies, trascendiendo en la escala espacio – temporal y reduciendo el esfuerzo de trabajo para los investigadores; de esa manera, esta técnica contrapone los sesgos de muestreo permitiendo calcular la probabilidad de detección con más rigor (Shannon et al., 2014). Por otro lado, si bien las cámaras implican costos iniciales de instalación relativamente altos para el monitoreo biológico resultan rentables a largo plazo (Silveira et al., 2003; Rockhill et al., 2016).

Existen una gran variedad de cámaras trampa que se desempeñan indistintamente en torno al objetivo de estudio, las características ambientales del lugar a muestrear y el tipo de hábitat. De ello dependerá la sensibilidad de la cámara, la cantidad de luz requerida, el ángulo de detección y la resistencia ante condiciones de temperatura extrema; teniendo en cuenta que, a mayor especificación, mayor es el costo del equipo (Rovero et al., 2013).

Figura 3. Cámara Trampa Trophy cam HD No Glow

Fuente: Bushnelll, Accedido en http://bushnell.com/wildlife/trail-cameras/trophy-cam/aggressor-no-glow

1.2.1.2. Técnicas utilizadas para el monitoreo del tapir de montaña y el oso andino

Una evaluación de las técnicas disponibles y considerando el nivel de detectabilidad de las especies en relación a cada técnica, sugiere que el uso de cámaras-trampa sería el más apropiado (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Criterios para selección de la técnica apropiada

Técnica	Detección	Esfuerzo	Costo
Transecto (conteo de individuos)	Es muy difícil observar oso andino, tanto en bosque montano como páramo. En el transcurso del monitoreo, no se ha logrado observar algún individuo. El avistamiento del tapir es extremadamente difícil.	Se requiere un esfuerzo grande en distancia recorrida. Para realizar modelos de ocupación, requiere varias visitas a los mismos sitios lo cual incrementa aún más el esfuerzo	Debido a las múltiples visitas por transecto se necesita presupuestar personal por más tiempo, elevando los costos del muestreo
Transecto (evidencias indirectas)	Es posible registrar evidencias indirectas de oso andino como comederos y marcaje territorial en árboles en el bosque montano y huellas y fecas, en mayor proporción, en el páramo En el caso del tapir es sólo posible detectar huellas, caminos y heces en el páramo y muy difícilmente en el bosque montano	La correcta identificación de registros indirectos es condicional a la destreza del observador (Sutherland 2006) y a las condiciones climáticas (Gese 2001), las cuales podrían sesgar el muestreo si no son consideradas adecuadamente	
Cámaras-trampa	Tanto el oso andino como el tapir de altura han sido identificados en distintas estaciones de cámaras trampa	Debido a la innegable presencia de ambas especies en fotos y videos de cámaras trampa, su reconocimiento es simple y posibilita que incluso investigadores de menor experiencia lo puedan realizar.	Los costos iniciales son altos porque se deben adquirir las cámaras, no obstante, ello se torna rentable a largo plazo debido a sus múltiples usos (Silveira et al., 2003, Rockhill et al., 2016).

1.3. Muestreo y consideraciones para el diseño de muestreo

1.3.1. Definiciones y conceptos claves sobre el muestreo

Dentro de los estudios poblacionales se utilizan métodos confiables y replicables para un efectivo conocimiento de las especies y para responder incógnitas sobre sus parámetros (por ejemplo, la ocupación). Si bien la mayoría de veces es imposible evaluar cada uno de los elementos y dar con el número total de lo que se estudia, este problema se resuelve tomando una parte de la población a observar, a esto se le llama ***muestreo***, estableciéndose así ***unidades de muestreo***, las cuales deben ser representativas y en cantidad suficiente para producir estimados creíbles y útiles (Willians et al., 2001) (Ver Figura 4). Queda claro que la principal interrogante en este contexto es cómo obtener la mejor muestra y esto se definirá en el diseño de muestreo, donde se establecerá un adecuado ***tamaño de muestra*** y tipo de muestreo. De esta forma, el diseño buscará maximizar la utilidad de los datos mientras se minimiza el esfuerzo requerido para obtenerlos.

Una unidad de muestreo puede ser un sitio o una parcela en dónde nos interesa establecer la presencia o la ausencia de una especie, en este caso, de cualquiera de nuestras dos especies de interés. Por otro lado, la población serían todos los sitios potenciales sobre el rango de distribución de la especie, en dónde nos interesa conocer la probabilidad de que un sitio esté ocupado, sea por el oso andino o por el tapir de montaña.

Algunas definiciones claves son las siguientes (Mackenzie et al., 2006):

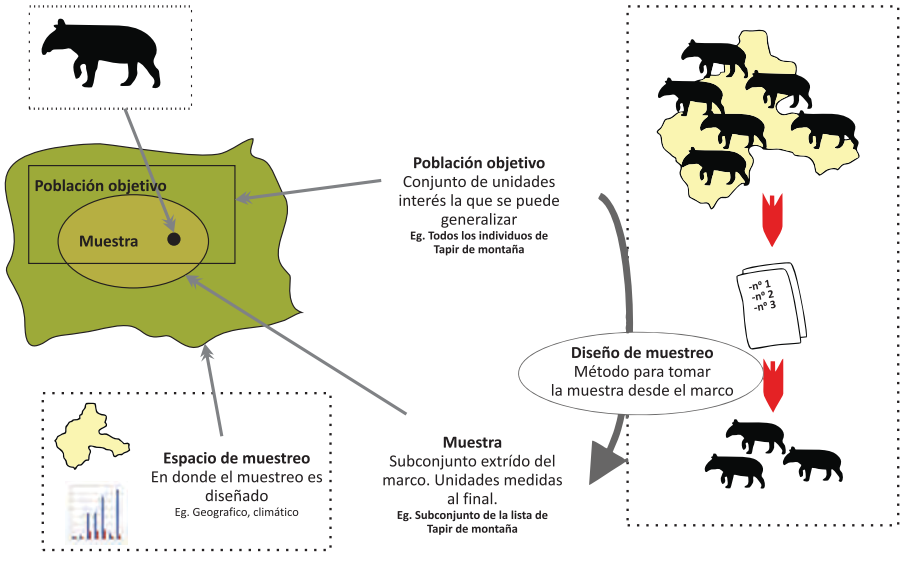
- ***Población***: la colección completa de unidades de muestreo que son de interés estudiar. Por ejemplo, el número total de celdas de 1 Km^2 presentes en el Santuario, aproximadamente 321.

- ***Muestra***: la muestra es la colección de unidades de muestreo que son estudiadas. La muestra es una parte de la población e idealmente es escogida con la base de algún mecanismo de probabilidad. Por ejemplo, a través de un muestreo aleatorio, en donde todas las unidades de muestreo tienen la misma probabilidad de ser escogidas.

- ***Parámetro***: un parámetro es una característica de la población que nos interesa conocer. En este caso es la ocupación o la probabilidad que un sitio esté ocupado por la especie de interés (Ψ). Por lo general, un parámetro de la población nunca es conocido exactamente.

- ***Estimador de un parámetro***: como nunca se conoce el valor de un parámetro exactamente, se usa un estimador del parámetro basado en una muestra. El símbolo $\hat{\Psi}$ suele representar al estimador del parámetro Ψ.

Figura 4. Conceptos de muestreo y vocabulario



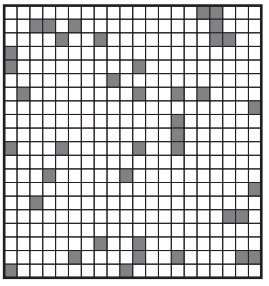
Fuente: Modificado de Albert et al., 2010

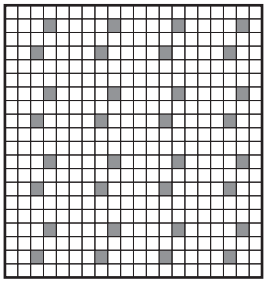
1.3.2. Tipos de muestreo

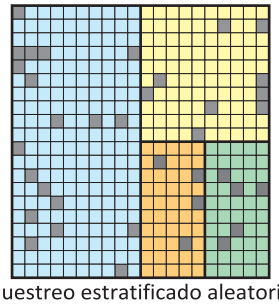
Existen diferentes tipos de muestreo que pueden agruparse en dos mucho más amplios que son los probabilísticos y los no probabilísticos. Estos tipos difieren en cuanto a la metodología de estimación y la fiabilidad (Lemeshow y Levy, 1999). En el muestreo ***probabilístico*** (Tabla 2) cada unidad de muestreo de la población tiene una oportunidad de ser incluido en el estudio, por lo tanto, lleva a estimaciones de los parámetros tanto no sesgadas (es decir, el valor medio de las estimaciones es igual al valor de la población) como precisas (es decir pequeña variabilidad) (Albert et al., 2010). Por el contrario, en el muestreo ***no probabilístico***, las unidades de muestreo son seleccionadas arbitrariamente u oportunistamente (Rovero y Zimmermann, 2016). Esto puede conducir a estimaciones sesgadas y puede dar lugar a inferencias erróneas (Lemeshow y Levy, 1999).

Tabla 2. Estrategias de muestreo probabilístico, sus ventajas y limitaciones

MUESTREO ALEATORIO SIMPLE	
CÓMO USAR	**CUANDO USAR**
Extrayendo una selección de unidades al azar de la población, donde todas tienen la misma probabilidad de ser escogidas	Cuando los miembros de las poblaciones son similares una de otras en variables importantes.

VENTAJAS	LIMITACIONES
Asegura un alto grado de representatividad Fácil de analizar datos y computar errores. Seleccionar unidades de muestreo es más rápido y fácil que con otros métodos aleatorios.	Es superior en tiempo, trabajo y costo, no es apropiado para monitoreos a gran escala. A menudo, los errores son mayores para cierto tamaño de muestra que con el muestreo sistemático. Los estimados serán menos precisos en sitios heterogéneos que con el muestreo estratificado. La escala de tiempo puede ser demasiado larga, los datos/ muestra podría cambiar
EJEMPLO	**DIAGRAMA**
La selección al azar de n=40 sitios, utilizando una tabla de números aleatorios, dentro de una grilla de tamaño N=400 que se puede enumerar del 1 hasta el 400.	 Fuente: Thompson, 2012

MUESTREO SISTEMÁTICO	
CÓMO USAR	**CUANDO USAR**
Tomando muestras de forma directa y ordenada de manera sistemática muestreando a intervalos regulares.	Cuando los miembros de las poblaciones son similares una de otras en variables importantes especialmente cuando posee elementos que están ordenados o cubren un área espacial bien definida.
VENTAJAS	**LIMITACIONES**
Asegura un alto grado de representatividad. Y no necesita usar una tabla de números aleatorios	Es menos aleatorio que el muestreo aleatorio simple
EJEMPLO	**DIAGRAMA**
Un estudio de ranas donde se toman muestras cada tres semanas durante la temporada de cría, en parcelas separadas cada 10 m a lo largo de cada transecto.	 Muestreo sistemático con dos puntos de inicio. Fuente: Thompson, 2012

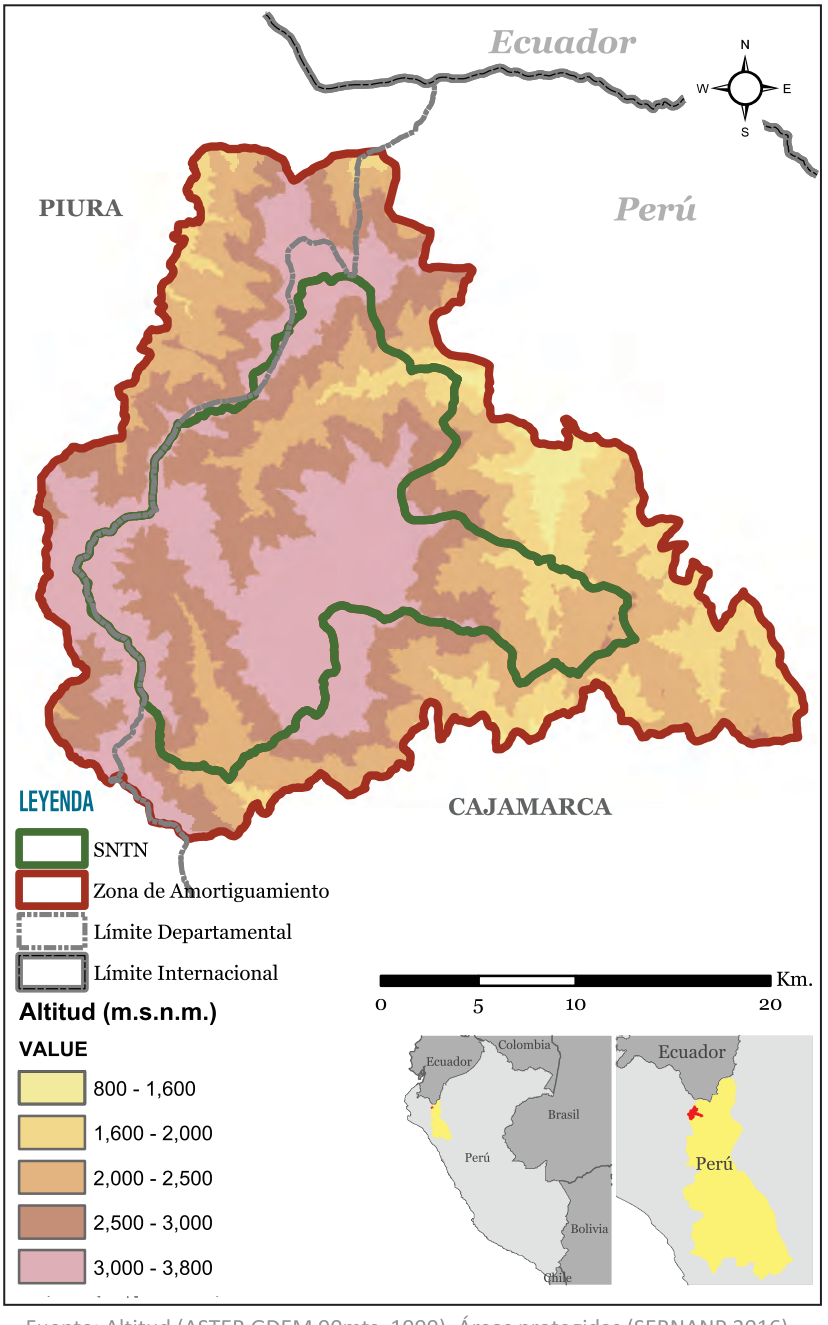
MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO	
CÓMO USAR	**CUANDO USAR**
Subdividiendo antes las unidades de la población en estratos y luego seleccionando las unidades de la muestra de forma aleatoria desde cada estrato	Cuando la población es heterogénea y contiene varios grupos diferentes, algunos de los cuales están relacionados al tema de estudio. La subdivisión responde a un conocimiento previo de dichos estratos y que el parámetro a medir está influido por ellos
VENTAJAS	**LIMITACIONES**
Puede garantizar que los grupos específicos estén representados, incluso proporcionalmente, en la (s) muestra (s), mediante la selección de las unidades de los estratos.	Más complejo. Requiere mayor esfuerzo que el muestreo aleatorio simple. Los estratos deben ser definidos con precaución.
EJEMPLO	**DIAGRAMA**
Se quiere estimar la diversidad de aves en un área determinada, se puede asumir que dicha densidad no es homogénea y existen estratos que influyen en dicha densidad (altitud, fuentes de agua, estación del año, etc.)	 Muestreo estratificado aleatorio. Fuente: Thompson, 2012

La elección de un método de muestreo requiere una correcta identificación del objetivo del estudio, del parámetro a estimar y de la población objetivo (distribución espacial, temporal, movilidad, etc.). Esto quiere decir que el método seleccionado dependerá de la pregunta que se quiera contestar. Estas decisiones influyen en los patrones y procesos ecológicos o evolutivos que se revelan durante el análisis, la confianza en las estimaciones resultantes, y la validez de la extrapolación a otros sistemas o períodos de tiempo (Lemeshow y Levy, 1999; Olsen et al., 1999; Skalski et al., 2005).

En el caso del Santuario, el monitoreo biológico implica una comparación del nivel de la ocupación (Ψ) a lo largo del tiempo. El Santuario presenta un gradiente de altitud que va de los 1800 a 3600 msnm (Figura 5), pero también un gradiente de perturbación el cual puede ser estimado, por ejemplo, a través de la distancia a los centros poblados. Evidentemente, esta realidad afecta la ocupación del tapir de montaña como del oso andino. En estudios en los cuales se presenta un fuerte gradiente (por ejemplo, altitud), Rovero y Zimmermann (2016) sugieren como una alternativa el establecimiento una cuadrícula de estudio que cubra ese gradiente, lo cual fue la que se usó para el caso del Santuario [10](ver Figura 6).

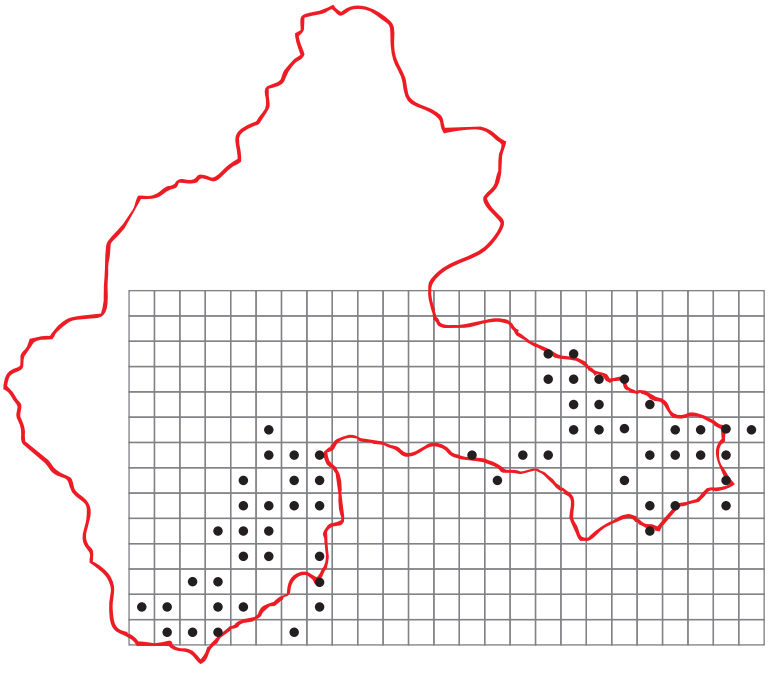
[10] Los sitios de ubicación de las cámaras no estuvieron basados en algún conocimiento previo sobre la ocupación (ver Rovero y Zimmerman 2016), ya que esta fue la primera vez que se realizó un muestreo de este tipo en el Santuario.

Figura 5. Gradiente de altitud presente en el Santuario



Fuente: Altitud (ASTER GDEM 90mts, 1999), Áreas protegidas (SERNANP 2016), Límites departamentales (INEI 2007), Límite internacional (WWF).

Figura 6. Cuadrículas establecidas para él estudio de la ocupación del tapir de montaña y el oso andino. Los puntos corresponden a los sitios propuestos originalmente para la instalación



Fuente: WWF-Perú.

1.3.3. El tamaño de la celda o distancia entre cámaras

Un asunto importante a solucionar es lo que concierne al distanciamiento entre cámaras en las cuadrículas de evaluación, el cual tiene que ver con el objetivo de estudio. Si el estudio está enfocado en especies similares, la distancia debería ser ligeramente mayor que el diámetro del área de acción de la especie de interés para evitar auto-correlación espacial[11] (ver Mackenzie et al. 2006). Es muy poca la información respecto al área de acción de las dos especies de interés para el Santuario, pero de lo publicado, para el tapir de montaña esta varía entre 2.5 – 8.8 Km² y para el oso andino entre 14 y 66 Km² (Cavelier et al. 2010). Para ambas especies entonces, la distancia entre cámaras debería ser al menos de 1.8 Km y 6 Km, respectivamente. En nuestro caso, el distanciamiento entre cámaras final fue aproximadamente de 1 Km; sin embargo, considerando la topografía presente en el Santuario, la distancia lineal efectiva debería ser mayor de 1 Km y probablemente cercana al diámetro mínimo sugerido para el tapir de montaña.

[11] Evitando fotografiar al animal varias veces y no violar el supuesto de independencia de sitios

El uso del área de acción como referencia para definir la unidad de muestreo, parece un enfoque razonable, siempre que los individuos ocupen características naturales bien definidas (por ejemplo, parches de hábitat), pero no tan útil cuando las unidades de muestreo (celdas) son establecidas arbitrariamente en un paisaje más contiguo que uno con parches. Inclusive tratándose de celdas definidas con base en el área de acción, es improbable que el área de acción real se ubique en una sola celda porque las especies se mueven sin considerar nuestra compartimentación del espacio. Por esa razón, es poco práctico inferir resultados de un estudio sobre ocupación en términos de abundancia (Mackenzie et al. 2015).

En casos en que el diámetro del área de acción de una especie es mucho más grande que la distancia entre los sitios (cámaras), se sugiere que los resultados deben ser interpretados como el porcentaje del área usada por una especie durante el período de muestreo antes que el porcentaje de área ocupada, o simplemente como uso (Mackenzie et al. 2005).

Tabla 3. Definición de ocupación y su utilidad en el monitoreo

¿Qué es la ocupación?	Ejemplo
La ocupación es la proporción de área ocupada por una especie de interés en un área determinada (Mackenzie et al., 2006; Royle y Dorazio, 2008) Tienen la siguiente fórmula: $\Psi = \frac{x}{s}$ Donde: Ψ: Ocupación x: Número de sitios ocupados s: Total de sitios muestreados Un modelo es una representación de la realidad. Por lo tanto, los modelos de ocupación buscan describir la variación espacial y temporal de la ocupación, incorporando la probabilidad de detección (Mackenzie et al., 2006) Los modelos de ocupación constituyen una herramienta importante para el monitoreo biológico. En particular, en los programas de monitoreo la tasa de cambio en la ocupación es la información más importante que interesa conocer, más que el coocimiento del valor absoluto de la ocupación.	La utilidad de la ocupación para el monitoreo puede ilustrarse con el siguiente ejemplo. Supongamos que por 3 años (2016, 2017 y 2018) se ha venido contabilizando la presencia y ausencia de pumas (*Puma concolor*) en un área protegida, durante 3 días y en 5 sitios. En el siguiente cuadro se muestran los resultados: Años / 2016 / 2017 / 2018 **Sitios no ocupados** / 1 / 3 / 4 **Sitios ocupados** / 4 / 2 / 1 **Total de sitios** / 5 / 5 / 5 Utilizando la fórmula de ocupación se obtiene que Ψ para el 2016 sea 0.8 para el 2017 es 0.4 y para el 2018 es 0.20. de esta secuencia es claro evidenciar un cambio de la ocupación en el tiempo (una disminución), que es lo que busca identificar el monitoreo.

1.3.4. Los modelos de ocupación como herramienta para el monitoreo biológico

Como hemos señalado anteriormente el diseño del muestreo para el monitoreo biológico tiene que estar basado en un objetivo y en preguntas guías. El objetivo en este caso es "*Evaluar si la gestión realizada está contribuyendo a la conservación de poblaciones de tapir de montaña y oso andino presentes en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe*". Así mismo, es importante mencionar que el Plan Maestro del Santuario señala que el indicador para monitorear tanto al oso andino como al tapir de montaña es la presencia/ausencia, la cual es el tipo de dato que se requieren para el análisis de la ocurrencia u ocupación de estas especies[12].

Los datos de la presencia y la ausencia de una especie (por ejemplo, tapir de montaña) son útiles para el modelamiento de la ocupación (Ψ) la cual se define como la probabilidad de que un sitio seleccionado aleatoriamente en un área de interés esté ocupado por una especie. Por otro lado, la probabilidad de detección de una especie (ρ), es la probabilidad de que la especie sea detectada durante el muestreo en un sitio ocupado por dicha especie (MacKenzie et al., 2006).

Muchas especies de fauna silvestre son raramente detectadas, independientemente de la técnica empleada. Así, una no detección no necesariamente significa que una especie esté ausente, probablemente pueda estar presente pero no la llegamos a detectar. Justamente, los modelos de ocupación fueron creados para lidiar con los problemas que se generan por la detectabilidad imperfecta. Estos modelos usan información de observaciones repetidas en cada sitio para estimar la detectabilidad, la cual puede variar con las características del sitio (por ejemplo, variables del hábitat) o características particulares de la evaluación (por ejemplo, condiciones ambientales); mientras que la ocupación se relaciona sólo a las características del sitio (Mackenzie y Royle, 2005). Así, estos modelos se basan en diseños de muestreo que permiten resolver la ambigüedad entre la ocupación de la especie y su detección (Dorazio et al., 2006).

[12] En este caso la ocurrencia de la especie es la variable de interés, la que responde a la pregunta ¿Qué tipo de dato colectar?

Capítulo II. Generalidades del ANP y de los elementos de monitoreo

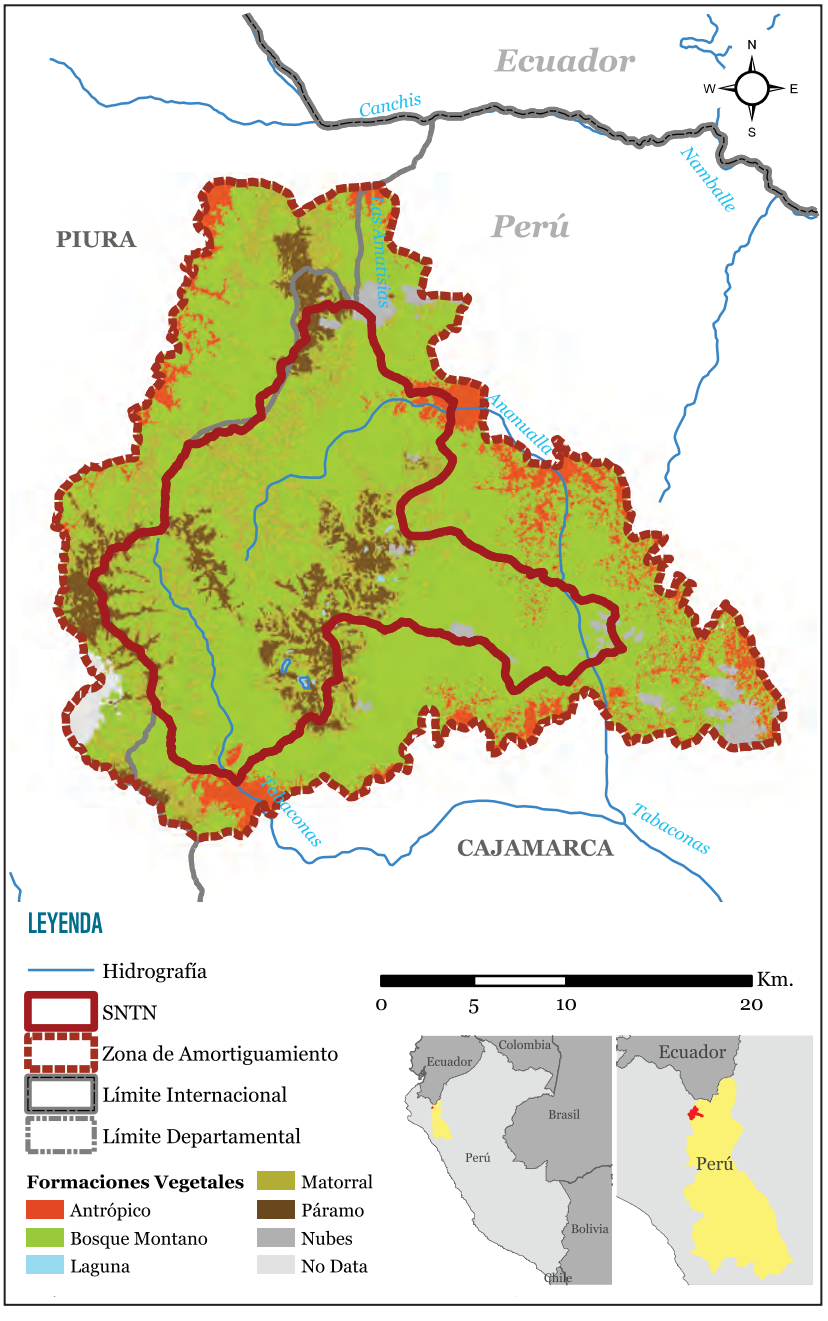
2.1. El Santuario Nacional Tabaconas Namballe

El Santuario Nacional Tabaconas Namballe, se ubica en el departamento de Cajamarca, provincia de San Ignacio, distritos de Tabaconas y Namballe (Figura 7). Fue establecido mediante Decreto Supremo N° 051-88-AG el 20 de mayo de 1988 como un área natural protegida que vela por la conservación de los bosques montanos, los bosques de neblina y la única en el territorio peruano que conserva páramos andinos. Y forma parte de un importante corredor biológico para especies emblemáticas de Sudamérica (SERNANP, 2015).

Presente en toda la parte baja del Santuario (2000 – 3500 msnm), el bosque montano y de neblina, se caracterizan por una elevada diversidad de especies y por ser ecosistemas de gran importancia hidrológica debido a la precipitación horizontal. Análogamente, el páramo, ubicado a más de los 3100 msnm, es la formación emblemática del Santuario. Su característico paisaje formado por gramíneas y herbáceas, es el hogar de organismos con adaptaciones morfológicas y anatómicas únicas que sólo se encuentran en ese tipo de ambiente. La gran diversidad de flora y fauna, y la humedad constante que es fuente de agua, hacen del Santuario un refugio de vida no sólo para los elementos de conservación como el oso andino *Tremarctos ornatus*, y el tapir de montaña *Tapirus pinchaque*, sino también para otras especies elusivas y vulnerables como venados enanos (*Mazama rufina* y *Pudu mephistophiles*) y coatíes de montaña (*Nasuella olivacea*).

La diversidad biológica particular y única del Santuario, la cual se comparte con los bosques montanos de Ecuador y Colombia, obedecen a combinaciones únicas de diferentes factores climáticos, geológicos, edáficos, biogeográficos y antrópicos (Riveros et al., 2010). En complemento a su importancia biogeográfica, el mantenimiento de esta diversidad está relacionado al mantenimiento de procesos ecológicos, los cuales además son el fundamento de los servicios ecosistémicos que provee esta área protegida.

Figura 7. Mapa de ubicación y cobertura de vegetación del Santuario Nacional Tabaconas Namballe.



Fuente: Red Vial (MTC, 2016); Áreas protegidas y cobertura de vegetación (SERNANP, 2016); Límites departamentales (INEI, 2007); Hidrografía (WWF) y Límites internacionales (WWF).

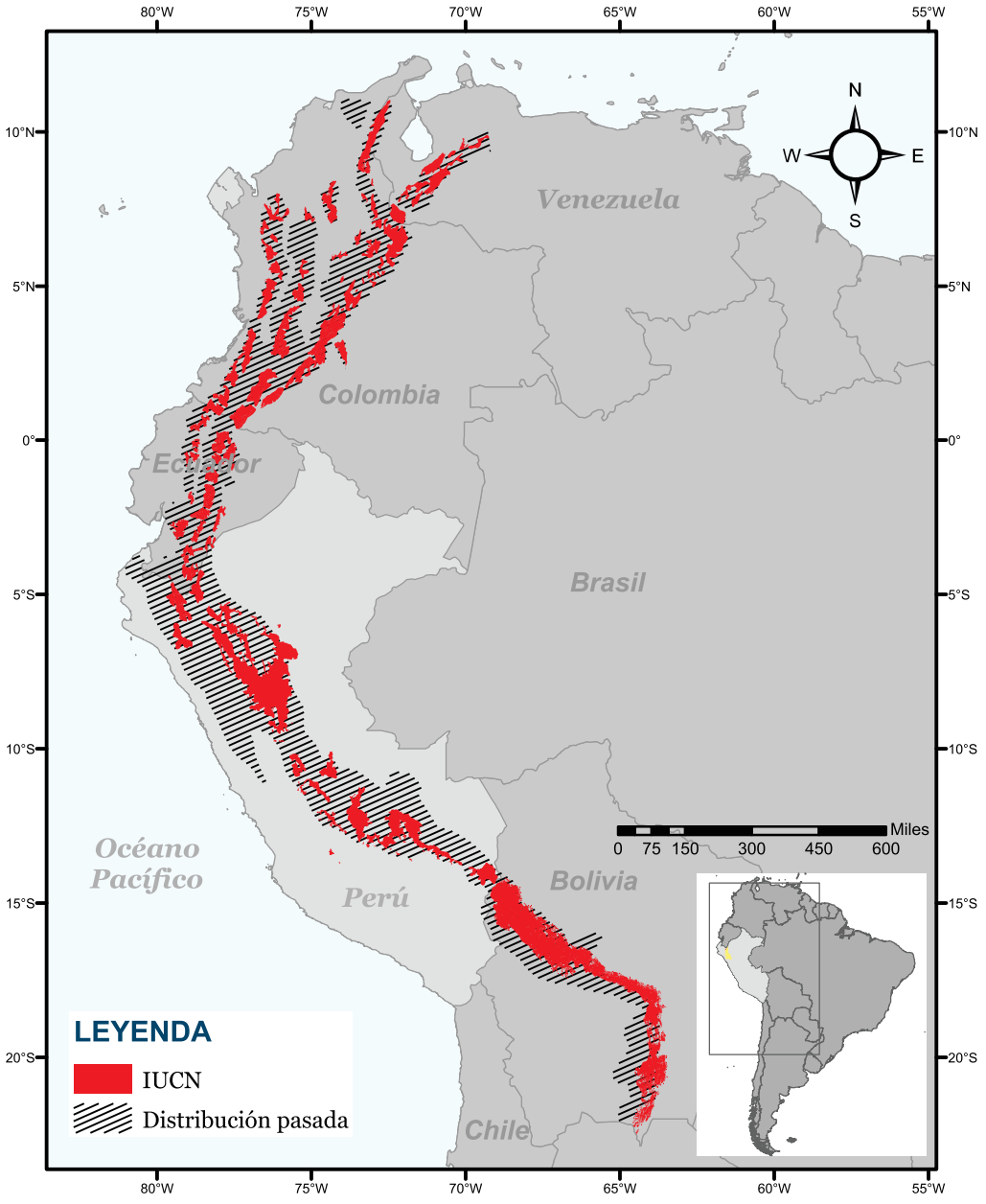
2.2. El oso andino

2.2.1. Distribución del oso andino

El oso andino, *Tremarctos ornatus,* es el único representante de la familia Ursidae que habita en Sudamérica. Su distribución geográfica comprende los Andes venezolanos, colombianos, ecuatorianos, peruanos y bolivianos (Peyton, 1980; Peyton, 1999; Figueroa y Stucchi, 2009; Garcia-Rangel, 2012), inclusive en el sudeste de Panamá (Goldstein et al., 2008), además de registros indirectos obtenidos en el noroeste de Argentina (Del Moral y Bracho, 2005) (Figura 8).

En el Perú, su versatilidad adaptativa le posibilita adecuarse a distintos rangos altitudinales, que van desde los 200 msnm hasta los 4750 msnm (Peyton, 1999; Garcia-Rangel, 2012) y variados ecosistemas como los bosques secos (ecuatoriales e interandinos), bosques tropicales del pacífico, bosques húmedos tropicales, bosques premontanos, bosques montanos, punas y bosques altoandinos y páramos (Figueroa y Stucchi, 2009). De ellos, el bosque montano ha sido señalado como el mejor hábitat para el oso andino, principalmente entre altitudes que comprenden los 1900 y 2350 msnm (Peyton, 1980), por proveer mayor variedad de recursos alimenticios (Peyton, 1999; Garcia-Rangel, 2012).

Figura 8. Distribución geográfica pasada (precolombina) y actual del Oso Andino (*Tremarctos ornatus*).



Fuente: Distribución actual (IUCN, 2016) y distribución precolombina (Cavelier et al., 2010).

2.2.2. Ecología del oso andino

A pesar de que se encuentra dentro de los carnívoros, es de naturaleza omnívora, tiene una fuerte inclinación por la materia vegetal siendo un gran consumidor de frutos y hojas – conformando más del 90% de su dieta – (Peyton, 1980; Figueroa y Stucchi, 2009) –, siendo las principales familias de plantas consumidas las ericáceas, lauraceas, bromeliaceas, arecaceas, cactáceas, entre otras (Peyton, 1980; Peyton, 1999; Figueroa y Stucchi, 2009; Figueroa, 2013).

Su preferencia por el consumo de frutos, lo destacan como un buen dispersor de semillas, efecto que se ve potenciado por las amplias distancias que recorren y los volúmenes de semillas en sus excretas (Figueroa y Stucchi, 2009; Secada y Amanzo, 2010). Así mismo, es un carnívoro oportunista, principalmente carroñero, consumidor ocasional de mamíferos medianos y grandes, algunos insectos e incluso aves y pequeños roedores (Peyton, 1999; Figueroa y Stucchi, 2009; Gonzales *et al*., 2016; Figueroa, 2013).

El uso y preferencias de hábitat del oso andino son determinadas fundamentalmente por la disponibilidad de alimento, la que varía estacionalmente, influyendo así en el movimiento anual de osos a lo largo de su área de acción (Figueroa y Stucchi, 2009; Garcia-Rangel, 2012). Debido a ello se han reportado distintas áreas de acción para la especie; algunas de ellas obtenidas por extrapolación de datos del oso negro americano "*Ursus americanus*" (31.4km² en hembras), otras mediante radiotelemetría (6.6 y 7.4 km² en machos; 15km² para hembras y 59km² para machos; 4.1km² para hembras y 61km² para machos) y valores estimados basados en reportes de otros congéneres (10-50km²) (Garcia-Rangel, 2012).

A lo largo del rango de distribución del oso andino en Sudamérica, se estima un aproximado de 18,250 individuos en estado silvestre, de los cuales unos 5,750 individuos estarían en territorio peruano (Peyton, 1999). Contando con casi el 70% de su área distribuida entre Perú y Bolivia (Wallace et al., 2014; SERFOR, 2016), se considera que el Perú podría albergar la mayor cantidad de osos silvestres (Peyton, 1999; SERFOR, 2016).

Sin embargo, para conservar poblaciones viables, Peyton (1999) menciona un área mínima de 1,900km² para lograr mantener dichas poblaciones. En el Perú, cerca del 70% del área ocupada por el oso no contaría con algún estado de protección (Secada et al., 2008 citado por SERFOR, 2016).

2.2.3. Problemática para la conservación del oso andino

La problemática principal que afronta el oso andino en el Perú es la pérdida, degradación y fragmentación de hábitat; así como la captura ilegal y la caza furtiva (SERFOR, 2016), por esta razón se le

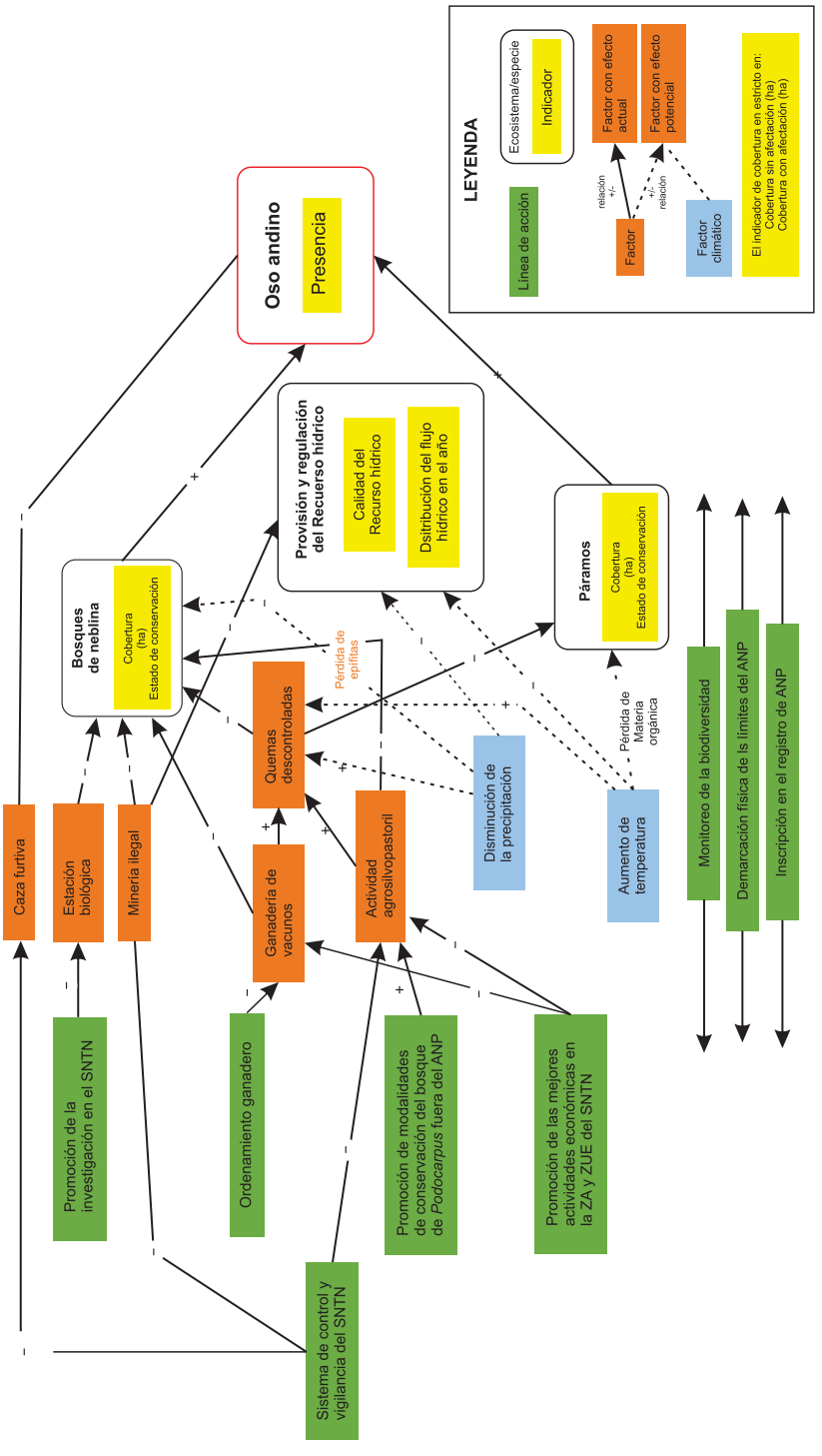
ha categorizado como “vulnerable” tanto en la lista roja de la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés, 2008), como a nivel nacional (D.S. 004-2014-MINAGRI).

El efecto resultante de algunas actividades económicas expansivas como la agricultura y ganadería es la reducción de la calidad de hábitat disponible para esta especie (Secada y Amanzo, 2010). Así mismo, este tipo de actividades resultan un potencial atrayente para la especie, aumentando la probabilidad de interacción humano–oso (Márquez y Goldstein, 2014), generando conflictos con los pobladores por consumir sus cultivos y atacar su ganado (Figueroa, 2015). Dichas amenazas sumadas a características intrínsecas de la especie, como su baja tasa de reproducción y largos periodos de dependencia parental, incrementan su vulnerabilidad a la extinción local (Rodriguez *et al*., 2003).

El oso requiere grandes extensiones de terreno en buen estado de conservación y conectividad paisajística adecuada para lograr mantener poblaciones viables (Secada y Amanzo, 2010). Si bien la creación y mantenimiento de áreas naturales protegidas (ANP) es un primer paso para su conservación, se debe promover la protección de aquellas zonas que conectan estas áreas estableciendo corredores biológicos que funcionen efectivamente (Peyton, 1999).

En el Plan Maestro del SNTN, el oso andino figura como uno de los elementos de conservación, y con un objetivo estratégico de mantener su presencia utilizando como medios de verificación reportes de cámaras trampa y patrullajes (SERNANP, 2015). Los factores de afectación ligados a la especie según el modelo conceptual del SNTN se observan en la Figura 9.

Figura 9. Fragmento del mapa conceptual del SNTN con respecto al oso andino



Fuente: Plan Maestro SNTN (SERNANP, 2016).

Figura 10. Oso andino captado por medio de cámaras trampa en Bosque montano (A) y Páramo (B) dentro del Santuario Nacional Tabaconas Namballe

Fuente: WWF-Perú

2.3. El tapir de montaña

2.3.1. Distribución del tapir de montaña

El tapir de montaña, *Tapirus pinchaque*, es una especie de distribución restringida cuya población se encuentra entre los bosques montanos y páramos a lo largo de las cordilleras Central y Oriental de los Andes de Colombia, Ecuador y norte de Perú (Downer, 1996, 1997; Lizcano et al.,2002; Lizcano y Sissa, 2003; Nowak, 1999; Secada y Amanzo, 2010; Cavelier *et al*., 2010) (Figura 11),entre los 1,400 - 4,700 msnm (Downer, 2001; Bernal, 2015), pero se le encuentra mayormente entre los 2,000 - 4,300 msnm (Downer, 1996). Su distribución exacta no es tan clara, y por consecuencia del cambio climático y cambios en el uso de suelo, varía haciéndose cada vez más desconocida (Ortega-Andrade, et al., 2015). En otros tiempos su distribución llegaba hasta la parte oeste de Venezuela (Secada y Amanzo, 2010), pero actualmente se cree extinto en ese país (Acosta et al., 1996; Downer, 1996).

En Perú, la especie se encuentra en los departamentos de Piura, Lambayeque y Cajamarca (Sandoval et al., 2009; Secada y Amanzo, 2010), en la región norte de la Cordillera del Cóndor (Mittermeier *et al*., 1975); desde la frontera con Ecuador, hasta la provincia de Chota en Cajamarca, al sur de la Depresión de Huancabamba (Amanzo, 2009). Zonas que representan el límite sur de su distribución. De acuerdo con Bernal (2015), a pesar de que la mayoría de los registros de la especie son en áreas protegidas, la mayor parte de la población se encuentra distribuida fuera de ellas. En el país el Santuario Nacional Tabaconas Namballe es la única área protegida que conserva esta especie, siendo su extensión insuficiente para mantener una población viable a largo plazo (Costa et al., 2003).

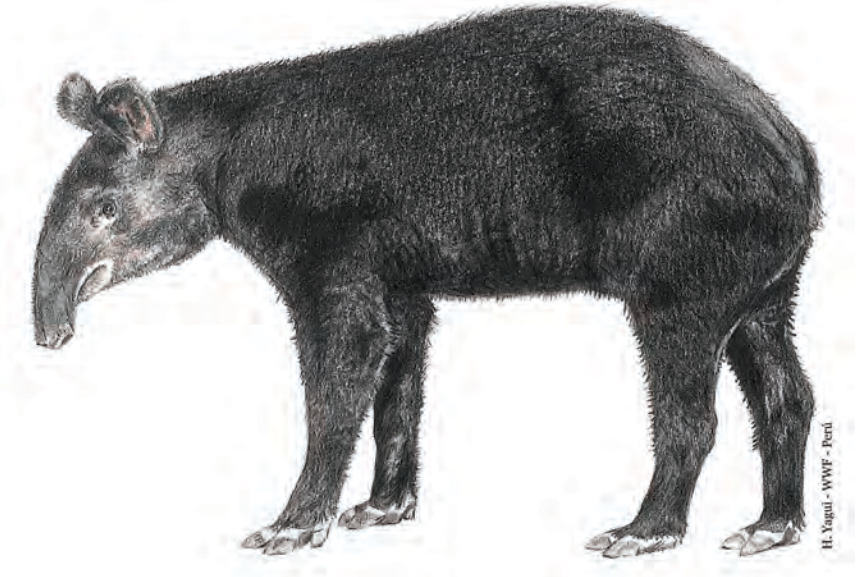
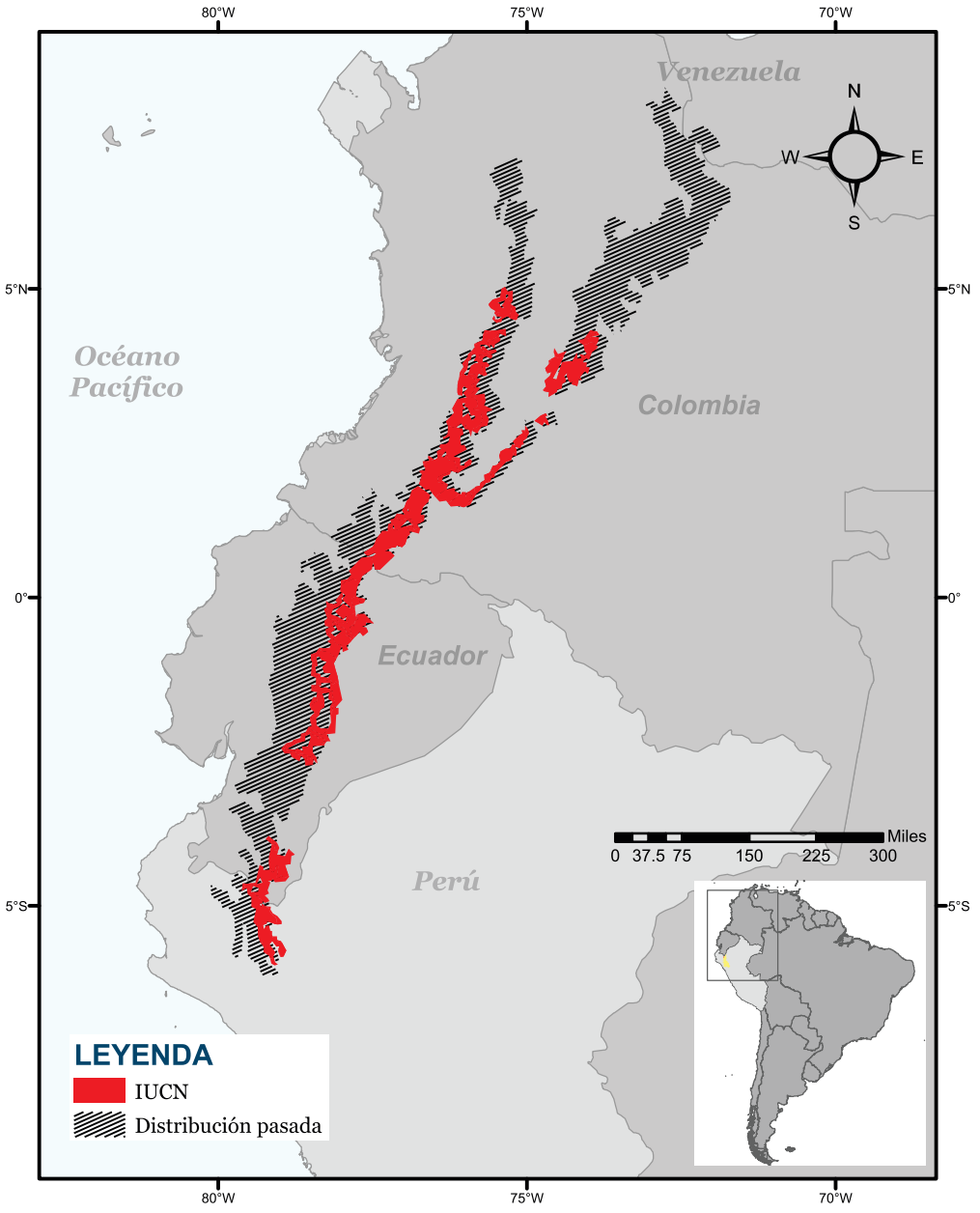


Figura 11. Distribución geográfica pasada (precolombina) y actual del Tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*)



Fuente: Distribución actual (IUCN, 2016) y distribución precolombina (Cavelier et al., 2010).

2.3.2. Ecología del tapir de montaña

T. pinchaque, la especie más pequeña de tapir (Lizcano et al., 2002; Padilla et al., 2010), es considerada una especie clave (CITES, 2013; IUCN, 2013) debido al rol ecológico que cumple en el mantenimiento de la estructura del ecosistema de páramo y el bosque montano, regulando el crecimiento de plantas por la dispersión y control de semillas (Downer, 2001; Lizcano y Cavellier, 2004, Sandoval et al., 2009). Se sabe que el tapir de montaña consume casi 253 especies vegetales (Acosta et al., 1996; Downer, 2001; Lizcano y Cavellier, 2004); y de acuerdo con Downer (1999), experimentos de laboratorio y observaciones de campo demostraron que un promedio de 86 plantas vasculares de 205 comidas por *T. pinchaque* germinaron de sus heces. Adicionalmente, también se puede decir que contribuye al enriquecimiento del suelo por medio de sus heces a manera de "abono" (Sandoval *et al*., 2009).

Como se mencionó anteriormente, la evidencia existente prueba que el tapir de montaña juega un rol fundamental en el mantenimiento de la estructura de la comunidad vegetal de los Andes del norte, resultado de un complejo proceso de coevolución y adaptación de casi tres millones de años (Downer, 2001) sin tener cambios evolutivos significativos dentro de los últimos 20 millones de años, siendo considerado un "fósil viviente"; genéticamente único e irreemplazable (Janis, 1984).

La población total de tapir de montaña en el mundo es desconocida, pero se estima en menos de 2,500 individuos dentro de un rango de 3,000 km^2 de hábitat disponible (Downer, 1997). Varios estudios en Ecuador y Colombia, indican diferencias significativas relacionadas con el uso de cobertura vegetal, pendientes y diferencias entre ecosistemas a diferentes altitudes (Bernal, 2015). Dos estimaciones poblacionales de la especie en Perú corresponden a 1969 y 2003, la primera por Grimwood (1969), quién indicó que en estado salvaje viven menos de 200 individuos, y la segunda desarrollada por Lizcano y Sissa, quienes estimaron un total de 350 a 375 individuos a nivel nacional y para el SNTN entre 28-30 individuos. Es por esa razón que estudios adicionales son esenciales para mejorar los datos estimados.

Por ser de los mamíferos más grandes que viven en estos ecosistemas, los tapires de montaña presentan necesidades de hábitat extensos para reproducirse y alimentarse (Bernal, 2015). Su anatomía le permite poder desplazarse por terrenos inimaginables como pendientes y lugares escabrosos, con vegetación tupida e incluso pantanos (Bernal, 2015). Las adaptaciones de *T. pinchaque* le dan la capacidad de poder vivir a diferentes altitudes incluso con temperaturas bajas y precipitaciones continuas (Bernal, 2015).

En el Perú no existen estudios detallados sobre su densidad poblacional y área de acción a diferencia de Ecuador y Colombia. Un estudio utilizando telemetría estimó 3.5 km^2 como área de acción media para los tapires en la cuenca alta del río Papallacta en Ecuador (Castellanos y Ramos, 2012). Por su parte en Colombia, Lizcano y Cavalier (2004) reportaron un área vital de 2.5 km^2 mediante el uso de collares con GPS, y Downer (1996) en Ecuador, usando radiotelemetría, registró un área de acción de 8.8 km^2. De acuerdo a este último, para mantener una población viable de unos 1,000 individuos se requeriría como mínimo un área de cerca de 3,000 km^2.

2.3.3. Problemática para la conservación del tapir de montaña

La deforestación y la expansión de la frontera agrícola son los factores más importantes que afectan la diversidad e incrementan la pérdida de hábitat en el Neotrópico (Shukla *et al*., 1990; Urbina-Cardona, 2008). Dichas modificaciones en el hábitat afectan especialmente a aquellas especies con patrones de distribución restringida como el tapir de montaña (Ortega-Andrade *et al*., 2015). Y estando sus principales amenazas relacionadas con la pérdida de hábitat, fragmentación y presión por cacería (Díaz et al., 2008), la disminución de sus poblaciones se debería principalmente al efecto de actividades de origen antrópico (Bernal 2015). Además, las rápidas modificaciones sobre su hábitat, estructura y composición vegetal provocadas por el cambio climático, también representan un impacto significativo para *T. pinchaque*, ya que las especies de montaña son particularmente sensibles al cambio climático (Ortega-Andrade et al., 2015).

Teniendo presente su distribución específica en zonas restringidas de páramos y bosques montanos, se hace fundamental la conservación de su hábitat natural para asegurar la supervivencia del tapir de montaña. El potencial adaptativo de las especies está determinado por su mismo ritmo evolutivo y la habilidad de responder a los cambios ambientales rápidos en relativamente corto tiempo (Ortega-Andrade et al., 2015). Lamentablemente, especies antiguas como *T. pinchaque*, no evolucionan tan rápido debido a las restricciones geográficas que presenta y el retraso de su madurez sexual (Pearson y Dawson, 2003). Si el ritmo del cambio climático bajo los escenarios del calentamiento global excede la habilidad de esta especie a migrar, el tapir de montaña debería ser considerado una especie extremadamente vulnerable a través de todo su rango de distribución (Feeley y Silman, 2010).

En la lista roja de la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza, la especie se encuentra como Amenazada. Mientras que, en Perú, *T. pinchaque* está considerado en Peligro Crítico, por lo que existe la urgencia de delimitar su área de distribución, densidad poblacional, su respuesta potencial a los escenarios futuros con respecto al cambio climático y evaluar mejor sus principales amenazas para establecer acciones prioritarias de conservación. Igualmente, tal comprensión, tendría implicancias a diferentes niveles, tanto regional como continentalmente (Ortega-Andrade et al., 2015). De hecho, debido a que necesita de grandes extensiones, su presencia permitiría identificar áreas prioritarias para la conservación y la creación de corredores biológicos que contribuyan a su supervivencia y la de otras especies en los ecosistemas andinos con las que comparte su hábitat o parte de ella (Sandoval et al., 2009).

El Santuario Nacional Tabaconas Namballe es la única Área Natural Protegida del Estado que tiene dentro de su Plan Maestro el objetivo de conservar esta especie (Ver Figura 12), pero por sí sola no puede garantizar el mantenimiento de poblaciones viables, ya que su supervivencia depende del intercambio genético entre poblaciones, es por eso que el manejo efectivo del SNTN y áreas de conservación privadas como Chicuate-Chinguelas en Piura, junto con el mantenimiento de áreas de conectividad es trascendental para asegurar la supervivencia de la especie (Maravi et al., 2003).

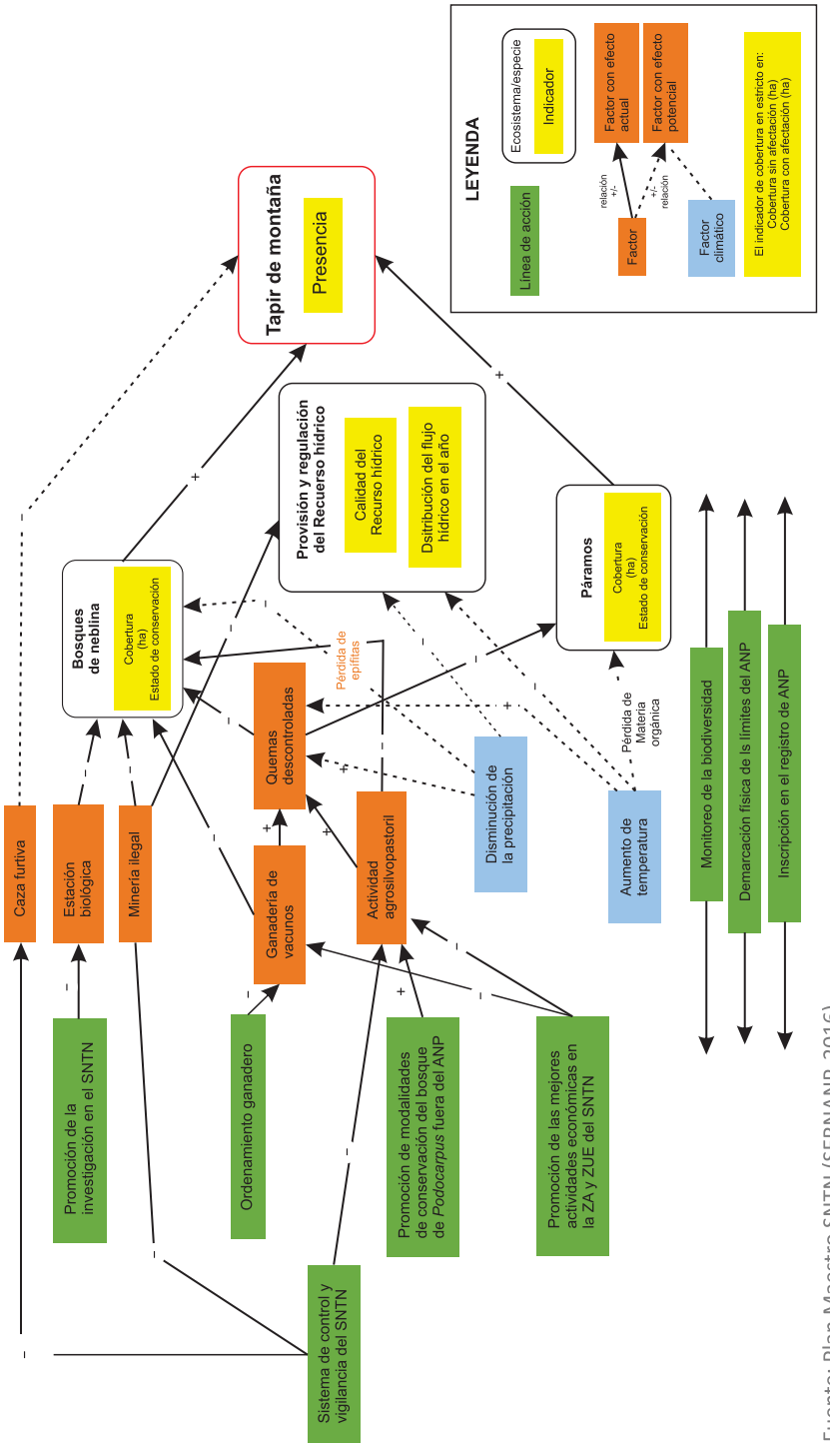


Figura 12. Fragmento del mapa conceptual del SNTN con respecto al Tapir de montaña

Fuente: Plan Maestro SNTN (SERNANP, 2016)

Figura 13. Tapir de Montaña captado por medio de cámaras trampa en Páramo (A) y Bosque Montano (B) dentro del Santuario Nacional Tabaconas Namballe

Fuente: WWF-Perú

Capítulo III. Experiencia del diseño de monitoreo en el SNTN

3.1. Estimación de la ocupación utilizando cámaras trampa

3.1.1. Evaluación en época seca de 2014

3.1.1.1. Instalación de cámaras-trampa en la época seca

El estudio en la época seca se desarrolló entre el 30 de agosto y el 26 de noviembre de 2014. Establecimos 36 estaciones-cámaras con una densidad promedio de 1 cámara por Km^2, cubriendo un área de aproximadamente 36 km^2. De las 36 cámaras, sólo 27 funcionaron correctamente por lo que los análisis se hicieron con base en este número final de cámaras.

La distribución de las cámaras se puede ver en la Figura 14. En cada estación colocamos una cámara marca Bushnell Trophy Cam HD modelo 119537C, programada para tomar tres fotos al activarse, con un intervalo de 30 segundos y un nivel de sensibilidad automático. Ubicamos cada cámara en un árbol, a una altura de aproximadamente 40 cm del suelo, funcionando 24 horas.

Luego de recogidas las cámaras, ordenamos las fotografías digitales en carpetas según el nombre de la estación y fecha de colecta, las cuales posteriormente ingresamos a la base de datos “Camera Base” (Tobler, 2007). En ella registramos para cada fotografía, el nombre de la estación, la fecha, hora y la especie captada. Excluimos las imágenes de la misma especie en la misma estación dentro de un periodo de una hora para tratar de asegurar el análisis de eventos independientes[13].

En la Tabla 4 se puede ver el tipo de matriz que se obtiene del Camera Base que es el que se requiere para el análisis de ocupación. El esfuerzo para la época seca fue de 1374 días-cámara.

[13] En ocasiones algunos animales permanecen periodos largos frente a las cámaras, por ejemplo, el oso andino o el puma

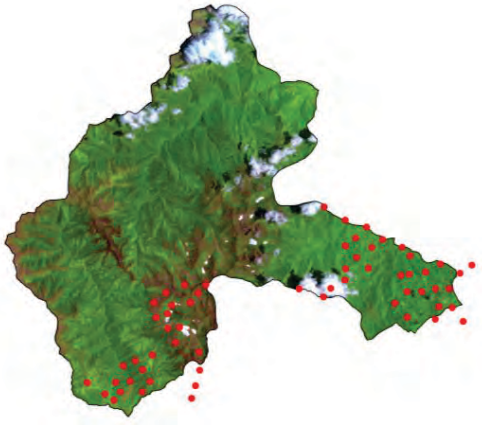
Tabla 4. Ejemplo de historial de detección exportado de Camera Base, el cual es el insumo para el análisis de ocupación

Sitio	Día 1	Día 2	Día 3	...	Día final
1	0	0	0	...	1
2	0	1	0	...	1
3	0	1	0	...	0
4	1	0	0		0
...	...	...	...	...	0
60	0	0	0	...	1

Figura 14. Ubicación final de los sitios de evaluación en la época seca (a) y en la época húmeda (b). (Fuente: WWF-Perú)

(a)

(b)



3.1.1.2. Análisis de los datos

La información necesaria para los modelos de ocupación es el conjunto de registros de presencia o ausencia de una especie durante cada evaluación en cada sitio (historia de detección). Los supuestos críticos para los datos durante un período de muestreo simple son que los sitios son independientes, la ocupación es cerrada (no cambia durante el período de muestreo) y la heterogeneidad en la ocupación y la detectabilidad son las mismas en los sitios y durante las evaluaciones. Si hubiera diferencias, estas son explicadas por características de los sitios o de los días de evaluación (MacKenzie et al., 2006).

La técnica de estimación de la ocupación estima simultáneamente la probabilidad de detección (ρ) y ocupación (Ψ) bajo un esquema de máxima verosimilitud, un método para ajustar un modelo y encontrar sus parámetros de detección y ocupación (ρ y Ψ). En este caso, la construcción de una función de verosimilitud ("likelihood") es equivalente a determinar la probabilidad de observar una serie particular de datos. En efecto, los estimadores de máxima verosimilitud son valores para los parámetros que maximizan la función de verosimilitud con base en los datos observados (MacKenzie et al., 2006).

Con los registros de las fotos armamos una historia de detección para cada especie[14], correspondiendo "1" si la especie fue detectada y "0" si no fue detectada, este historial es el que nos permite estimar la probabilidad de detección. La historia de detección fue establecida con una base diaria siguiendo la recomendación de Shannon *et al*. (2014). Elaboramos un modelo de ocupación simple (probabilidad de detección y de ocupación constante[15]), de acuerdo a lo recomendado para estimar el tamaño de muestra necesario para detectar diferencias en la ocupación entre dos períodos[16] (Guillera-Arroita y Lahoz-Monfort, 2012). Tanto la probabilidad de detección y ocupación se estimaron con *unmarked* en *R*[17].

3.1.1.3. Resultados en la época seca

El tapir de montaña fue registrado en 13 de los 27 sitios evaluados y en 25 eventos (Ψ_{naive}=0.48). La probabilidad de detección (ρ) y la ocupación (Ψ) para el tapir de montaña con el modelo de ocupación simple fue de 0.03 (0.02 – 0.05) y 0.62 (0.35-0.83), respectivamente. Estos valores constituyen la base para la estimación del tamaño de muestra para el monitoreo del tapir de montaña en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe. El oso andino fue registrado sólo en 4 sitios y con muy pocos eventos (4) (Ψ_{naive}=0.15). Debido a los pocos registros no fue posible elaborar un modelo de ocupación para esta especie en esta época.

[14] Con los datos de agosto-noviembre 2014 para el tapir de montaña y con los datos de noviembre 2014 – abril 2015

[15] $\rho(.)\ \Psi(.)$

[16] Esta es la base para el diseño de muestreo para el monitoreo, ver sección sobre tamaño de muestra

[17] Ver códigos de *R* en Anexos

3.1.2. Evaluación en la época húmeda 2014-2015

3.1.2.1. Instalación de cámaras-trampa en la época húmeda

El estudio en la época húmeda se desarrolló entre el 1 de diciembre de 2014 y el 24 de abril de 2015. Establecimos 71 estaciones-cámaras con una densidad promedio de 1 cámara por Km², cubriendo un área de aproximadamente 71 km². De las 71 cámaras, sólo 60 funcionaron correctamente por lo que los análisis se hicieron con base en este número final de cámaras.
La distribución de las cámaras se puede ver en la figura 12. Los modelos de cámaras usados fueron Bushnell Trophy Cam HD modelo 119537 y Bushnell Trohpy Cam HD Essential modelo 119736, programadas para tomar tres fotos al activarse, con un intervalo de 10 segundos y un nivel de sensibilidad automático en la mayoría de los casos. Para el páramo y en zonas descubiertas por la temperatura se seleccionó un nivel de sensibilidad bajo para que los cambios de temperatura drásticos no influyeran en la toma excesiva de fotografías sin animales. Ubicamos cada cámara en un árbol, a una altura de aproximadamente 40 cm del suelo, funcionando 24 horas. El ingreso de datos a Camera Base fue el similar al usado con los datos en la época seca. El esfuerzo para la época húmeda fue de 7101 días-cámara.

3.1.2.2. Resultados en la época húmeda[18]

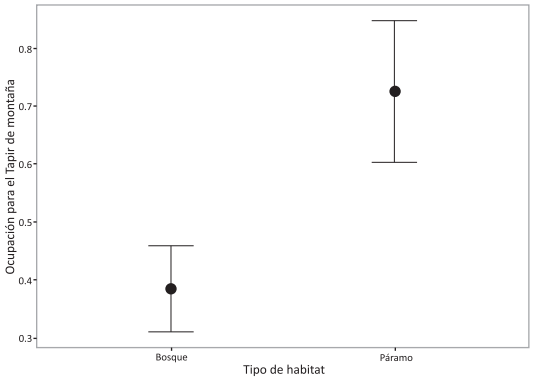
El tapir de montaña fue registrado en 27 sitios con 129 eventos (Ψ_{naive}=0.48). Con el modelo de ocupación simple se estimaron la probabilidad de detección (ρ=0.04 [0.03 - 0.04]) y la probabilidad de ocupación (Ψ=0.47 [0.34 - 0.60]) para esta especie. Como las cámaras estuvieron instaladas tanto en páramo y bosque montano, evaluamos un segundo modelo para observar la diferencia de la ocupación entre páramo y bosque montano, cuyos resultados se ven en la tabla 5. El desempeño de los modelos fue analizado con base en el criterio de información de Akaike (AIC, pos sus siglas en inglés). De los dos modelos evaluados, el valor que incorpora la covariable hábitat es el mejor. En este modelo se presenta el valor de ocupación cuando el valor de las covariables (hábitat) es cero. De acuerdo a este modelo la ocupación del tapir de montaña es mayor en el páramo (ver Figura 15).

Tabla 5. Resumen de los modelos de ocupación evaluados para el tapir de montaña. En la estimación de la ocupación entre paréntesis el error estándar

Modelo	Ocupación (Ψ)	Número de parámetros	AIC	ΔAIC[19]	w[20]	-2L
Ψ(Habitat)ρ(.)	0.39 (0.07)	3	1033	0.00	0.81	0.81
Ψ(.)ρ(.)	0.48 (0.07)	2	1036	2.89	0.19	1.00

[18] El análisis de datos siguió el mismo procedimiento que el realizado en la época seca.
[19] **ΔAIC** es la diferencia entre valores de AIC entre cada modelo y el mejor modelo, w es el AIC ponderado del modelo y -2L es dos veces el valor negativo del logaritmo de la verosimilitud (loglikelihood).
[20] El peso de los modelos (w) puede ser interpretado como la probabilidad que el modelo *k* es el mejor modelo entre todos los modelos candidatos. Los w de todos los modelos suman 1.

Figura 15. Valores de ocupación para el tapir de montaña en los dos tipos principales de hábitat en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe (época húmeda)

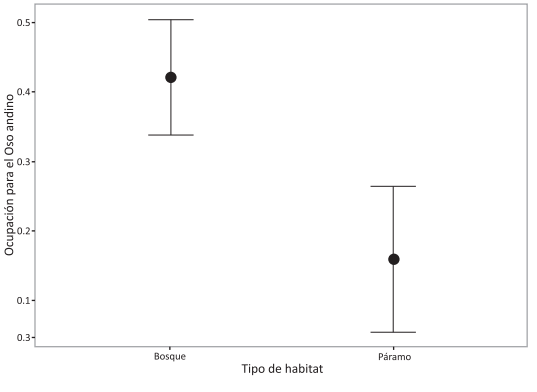


El oso andino fue registrado en 19 sitios y en 46 eventos (Ψ_{naive} =0.48). Con base en un modelo de ocupación simple se estimó la probabilidad de detección (ρ=0.02 [0.01 - 0.03]) y la probabilidad de ocupación (Ψ=0.36 [0.23 - 0.50]). Estos valores constituyen la base para la estimación del tamaño de muestra para estudiar esta especie (ver sección sobre tamaño de muestra). Para el oso andino evaluamos un segundo modelo con covariables (ver Tabla 6). Ambos modelos fueron considerados importantes para describir la variación de la ocupación de esta especie (ΔAIC< 2). Contrariamente a lo reportado para el tapir de montaña, la ocupación estimada fue mayor en el bosque montano (ver Figura 16)

Tabla 6. Resumen de los modelos de ocupación evaluados para el oso andino. En la estimación de la ocupación entre paréntesis el error estándar

Modelo	Ocupación (Ψ)	Número de parámetros	AIC	ΔAIC	w	-2L
Ψ(Habitat)ρ(.)	0.42 (0.08)	3	512.63	0.00	0.62	0.62
Ψ(.)ρ(.)	0.36 (0.07)	2	513.65	1.02	0.38	1.00

Figura 16. Valores de ocupación para el oso andino en los dos tipos principales de hábitat en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe (época húmeda)



Análisis de poder

Las pruebas estadísticas evalúan las evidencias para rechazar la hipótesis nula de "no efecto". Por ejemplo, cuando comparamos la ocupación estimada en dos estaciones, el interés está enfocado en evaluar si la ocupación ha cambiado en este período (Guillera-Arroita y Lahoz-Monfort, 2012). Así mismo, las pruebas de hipótesis conducen a una decisión dicotómica, por un lado, se rechaza la hipótesis nula o no. La decisión del investigador (de rechazar o no) puede ser correcta e incorrecta con respecto a la verdad. Por lo tanto, los estadísticos proveen una nomenclatura de errores que pueden hacerse, dependiendo de la decisión de si rechaza o no rechaza la hipótesis nula. Estos dos errores se ven a continuación. Aquí α, se interpreta como una pequeña cantidad de duda que se permite para descartar la hipótesis nula. Así, si la hipótesis nula es en realidad verdadera, α representa la máxima probabilidad de rechazar una hipótesis nula verdadera, la cual es el error Tipo I (falso positivo). Por el contrario, el error Tipo II (falso negativo), significa el fallo en rechazar una hipótesis nula falsa.

Tipos de error y poder estadístico en las pruebas de hipótesis

La interpretación de ambos errores puede ser fácil de entender usando una analogía con los procesos judiciales, en donde un sospechoso es inocente hasta que se pruebe lo contrario. La hipótesis por defecto establece que el sospechoso no es culpable; mientras que la hipótesis opuesta señala que la persona es culpable. El veredicto de culpabilidad o no culpabilidad depende finalmente de las evidencias. En este caso, un error Tipo I significaría declarar culpable a una persona inocente; y el error Tipo II implicaría dejar libre a un criminal (Li 2014). En términos del monitoreo biológico, un error Tipo I significaría detectar un cambio (por ejemplo, disminución) en la ocupación cuando en realidad no lo hay; y un error Tipo II sería concluir que no hay cambio en la ocupación cuando en realidad si lo hay. De allí la importancia de considerar estos conceptos en el monitoreo, ya que buscamos detectar cambios estadísticamente confiables en la variable bajo estudio (ocupación).

El poder de una prueba estadística es la probabilidad de detectar un efecto, dado un efecto de un tamaño determinado ($1-\beta$). Un nivel de significancia comúnmente usado en pruebas estadísticas es 0.05 (α) y en términos de poder ser recomienda 0.8, ya que un gran poder estadístico reduce la posibilidad de un falso negativo o error Tipo II. El concepto de poder está intrínsecamente relacionado al concepto de tamaño de efecto; esto es, cuán grande es el efecto que deseamos detectar. Como ilustración, un efecto de 0.5 equivale a un cambio del 50% y nuestra capacidad de detectar tal cambio está en función del tamaño de muestra (sitios y días en estudios de ocupación).

De acuerdo a Cohen (1988) los tamaños de efecto son grandes (0.8), medios (0.5) o pequeños, aunque algunos autores sugieren que un efecto de 0.5 puede ser considerado pequeño (ver Guillera-Arroita y Lahoz-Monfort, 2012)

Tipos de error y poder estadístico en las pruebas de hipótesis

	H_0 es verdadera	H_0 es falsa
Rechazo de H_0	Error tipo I α	Decisión correcta (1-β) = Poder estadístico
Aceptación de H_0	Decisión correcta	Error tipo II β

3.2. Definiendo el tamaño de muestra: ¿Cuántos sitios y cuántos días?

Definir el tamaño de muestra necesario para contestar la pregunta clave o las preguntas claves del monitoreo biológico[21] es un paso crucial. En términos del estudio de la ocupación esto equivale a determinar el número de sitios (cámaras) y días de evaluación necesarios para observar un efecto o cambio y que seamos capaces de detectarlo. Nuevamente, teniendo en cuenta el objetivo del monitoreo[22], esperaríamos que la gestión[23] tenga un efecto positivo en las poblaciones bajo estudio, de forma que estas al menos se mantengan o se incrementen, la cual podría evaluarse con un mantenimiento o incremento en la probabilidad de ocupación, respectivamente. De hecho, el poder (o capacidad) para detectar una diferencia incrementará con la disminución del error de muestreo y el incremento del tamaño de muestra.

El poder de cualquier prueba de hipótesis está definido como la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es falsa y depende de la magnitud del efecto, la cual se define como la magnitud de la diferencia entre el tratamiento y el control o un límite en el estimado (McComb *et al*., 2010). Existen varias metodologías para establecer el tamaño de muestra necesario de acuerdo al efecto deseado en distintas pruebas estadísticas (Cohen, 1988; Liu, 2014). Para estudios de ocupación Guillera-Arroita y Lahoz-Monfort (2012) proponen una metodología para estimar el tamaño de muestra, incluyendo una propuesta en R para aplicar, aunque también existe una aplicación en Excel para el cálculo[24]. En ambos casos, sólo se requiere como información la probabilidad de ocupación (Ψ) y la probabilidad de detección de un estudio piloto (ρ); siendo esta metodología la que usamos para estimar el tamaño de muestra necesario para el monitoreo.

[21] Mejor si hay una hipótesis incluida (ver McComb et al. 2010).
[22] Evaluar si la gestión realizada está contribuyendo a la conservación de poblaciones de tapir de montaña y oso andino presentes en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe
[23] Es importante tener un estimado o cuantificación de la gestión al inicio del monitoreo biológico. Este podría ser obtenido del reporte de la matriz de efectos por actividad, el cual, con una buena gestión debería disminuir o al menos mantenerse considerando una línea de base referencial que sería temporalmente la misma que el monitoreo biológico.
[24] http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html

3.2.1. Diseño para el tapir de montaña

Para estimar el tamaño de muestra para el monitoreo del tapir de montaña usamos la Ψ=0.62 y ρ=0.03 de la evaluación en época seca, realizado entre agosto y noviembre de 2014. Las tablas 7, 8 y 9 muestran el tamaño de muestra necesario en días de evaluación y sitios para detectar cambios en la ocupación del tapir de montaña[25]. Estos resultados sugieren que con 60 cámaras y 60 días de evaluación tendríamos la seguridad de detectar cambios del 50%[26] y con 90 cámaras y 60 días de evaluación cambios hasta del 40%, ambos considerados efectos pequeños[27]. Ambos diseños constituyen diseños aceptables para el monitoreo de esta especie.

Tabla 7. Esfuerzo requerido en días y efecto deseado en un diseño con 60 cámaras para el monitoreo de tapir de montaña. En negrita los casos en que el poder es ≥ 0.80

Disminución/ Número de días	Ψ = 0.62, ρ = 0.03					
	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
30	0.17	0.28	0.43	0.59	0.76	**0.89**
50	0.33	0.54	0.75	**0.91**	**0.98**	**0.99**
60	0.39	0.63	**0.83**	**0.95**	**0.99**	**0.99**
90	0.50	0.75	**0.92**	**0.99**	**0.99**	**0.99**

Tabla 8. Esfuerzo requerido en días y efecto deseado en un diseño con 90 cámaras para el monitoreo de tapir de montaña. En negrita los casos en que el poder es ≥ 0.80

Disminución/ Número de días	Ψ = 0.62, ρ = 0.03					
	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
30	0.23	0.39	0.59	0.77	**0.91**	**0.97**
50	0.46	0.71	**0.89**	**0.98**	**1.00**	**1.00**
60	0.54	**0.80**	**0.95**	**0.99**	**1.00**	**1.00**
90	0.66	**0.89**	**0.98**	**1.00**	**1.00**	**1.00**

[25] Los análisis siguen a Guillera-Arroita y Lahoz-Monfort (2012), en anexos se incluyen los códigos de R usados.
[26] Por ejemplo, una disminución de la ocupación de 0.48 (línea base para el tapir) a 0.24
[27] Ver recuadro sobre Análisis de poder

Tabla 9. Número de sitios y efecto deseado en un diseño con 60 días de evaluación para el monitoreo de tapir de montaña. En negrita los casos en que el poder es ≥ 0.80

Número de sitios / Disminución	$\Psi = 0.62, \rho = 0.03$				
	20	**40**	**60**	**90**	**100**
0.10	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12
0.20	0.09	0.15	0.20	0.27	0.36
0.30	0.16	0.28	0.39	0.54	0.66
0.40	0.26	0.46	0.63	**0.80**	**0.89**
0.50	0.39	0.67	**0.83**	**0.95**	**0.98**

3.2.2. Diseño para el oso andino

Para el caso del oso andino usamos la evaluación realizada entre noviembre de 2014 y abril de 2015, ya que en esta evaluación se contó con un número aceptable de eventos, en este caso con Ψ=0.36 y ρ=0.02. La estimación para el oso andino implica un gran tamaño de muestra, debido principalmente a sus bajos valores en la probabilidad de detección y en la probabilidad de ocupación. Con 90 días de evaluación y con 60 o 90 cámaras sólo se pueden detectar cambios grandes en la ocupación (ver Tabla 10 y 11). Un diseño aceptable para detectar cambios en la ocupación[28] del oso andino requiere al menos de 150 cámaras y 90 días de evaluación para detectar cambios del 50%. 150 cámaras implican un área de estudio de aproximadamente la mitad de la superficie del Santuario, sin considerar las restricciones logísticas que implica el área en estudio.

Tabla 10. Esfuerzo requerido en días y efecto deseado en un diseño con 90 cámaras para el monitoreo de oso andino. En negrita los casos en que el poder es ≥ 0.80

Disminución/ Número de días	$\Psi = 0.36, \rho = 0.02$					
	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
30	0.09	0.12	0.18	0.25	0.34	0.45
50	0.15	0.24	0.37	0.52	0.68	**0.83**
60	0.18	0.30	0.46	0.63	**0.80**	**0.92**
90	0.26	0.44	0.64	**0.82**	**0.94**	**0.99**

[28] Recordar que debido a que la distancia entre cámaras es inferior al área de acción corresponde usar el término "*uso*" en vez de ocupación

Tabla 11. Número de sitios y efecto deseado en un diseño con 90 días de evaluación para el monitoreo de oso andino. En negrita los casos en que el poder es ≥ 0.80

Número de sitios / Disminución	$\Psi = 0.36, \rho = 0.02$				
	60	**90**	**120**	**150**	**180**
0.30	0.19	0.26	0.33	0.40	0.46
0.40	0.31	0.44	0.55	0.64	0.72
0.50	0.48	0.64	0.77	**0.85**	**0.91**
0.60	0.65	**0.82**	**0.91**	**0.96**	**0.98**
0.80	**0.93**	**0.99**	**0.99**	**0.99**	**0.99**

3.3. Elementos claves para el diseño de monitoreo

El diseño para ambas especies se resume en la Tabla 12. Esta información puede servir como una guía o protocolo para el Santuario Nacional Tabaconas Namballe si se decide escalar el objetivo e indicador del plan maestro en torno a medir ocupación. Se debe tener en cuenta que parámetros como la Ψ y ρ son particulares para cada especie y además varían geográficamente. Como se ha mostrado en la sección anterior, estos parámetros son claves para la elaboración del diseño de muestreo para el monitoreo en esta área protegida y no son necesariamente extrapolables a otras áreas protegidas con distintos ecosistemas al del Santuario, por lo cual se recomienda realizar un estudio piloto con la finalidad de estimarlos. En todo caso podrían ser usados como referenciales para el Norte de Cajamarca y para bosque montano y páramo.

Tabla 12. Protocolo base para el monitoreo biológico del tapir de montaña y el oso andino en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe

Descripción	Tapir de montaña	Oso andino	Comentarios
Temporada ideal para la evaluación	Época seca	Época seca	Por razones logísticas.
Número mínimo de sitios	60	150	1 cámara-trampa por sitio (Km^2).
Número mínimo de días	60	90	
Distancia entre sitios para medición de ocupación	2 Km	4 Km	Son valores referenciales a partir del área vital, si el objetivo es ocupación.

Descripción	Tapir de montaña	Oso andino	Comentarios
Distancia entre sitios para medición del *uso de sitio*	1 Km	1 Km	Es el usado en este diseño y corresponde usar ***uso de sitio*** en vez de ocupación[29].
Ocupación simple estimada (línea base del monitoreo)	0.62 (0.35-0.83)	0.36 (0.23-0.50)	Para el tapir es la estimación en época seca y para el oso es la estimación en la época de lluvias.
Probabilidad de detección	0.03 (0.02-0.05)	0.02 (0.01 – 0.03)	
Personal estimado para instalación/desinstalación	8		4 grupos de 2 personas, con conocimiento de uso de GPS (mínimo) y al menos 1 persona de cada grupo con conocimiento de programación de cámaras.
Duración aproximada de instalación/ desinstalación de 90 sitios	30 días		
Costo anual aproximado para instalación y desinstalación	38,000 soles		No incluye costos de cámaras, pilas, memorias, ni tampoco personal para el análisis de datos, ni preparación de bases de datos ni reportes, solo asistentes de campo.
Ingreso de datos al Camera Base	30 días	60 días	Con base en el número de sitios sugeridos.
Tiempo total del estudio	8 - 9 meses		Desde la elaboración del diseño, instalación, desinstalación, ingreso de datos, hasta preparación de reporte.
Programa necesario para el desarrollo de modelos de ocupación	Camera base, R (unmarked) o Presence		

[29] Por definición, si el diámetro del área vital de una especie es mucho más grande que la distancia entre sitios (cámaras), los resultados deberían ser interpretados como porcentaje de área usada por una especie en vez de el porcentaje de área ocupada (Mackenzie et al. 2006; Rovero y Zimmerman, 2016) "*uso*" en vez de ocupación.

Capítulo IV. Lecciones aprendidas de la experiencia

Combinar métodos de registro

Si bien la estadística coopera con acercarnos al esfuerzo real necesario para obtener resultados robustos y con un nivel de predicción aceptable, en múltiples ocasiones resulta inadmisible o inalcanzable. Es decir, se requiere un esfuerzo extremo cuyo costo excede los recursos con los que se cuentan, debido a las dificultades en la detectabilidad, este fue justo el caso del oso andino. Para contrapesar dicho esfuerzo, es posible incorporar otras técnicas de muestreo a fin de que complemente la información que proveen las cámaras trampa. Combinar técnicas puede ayudar a asegurar que la información no detectada por una de ellas, tenga la posibilidad de ser detectada por la otra, y finalmente mejorar la detectabilidad. En el caso del oso andino, puede deberse también a que la resolución usada (1 Km) no sea la apropiada y una opción es incrementar la resolución, pero el desafío de evaluar una gran área probablemente permanezca.

Capacitación

Con el fin de reducir el sesgo por instalador, es necesaria una capacitación previa a cada instalación de cámaras. Por ejemplo, una apropiada programación permite evitar información sin utilidad que podría generarse por una inadecuada activación del sensor PIR de las cámaras en condiciones no previstas de luz, calor y/o movimiento, generando múltiples fotografías y videos sin información. Ello en conjunto reduce la calidad de los datos.

Otro aspecto importante a considerar en las capacitaciones es el proceso de análisis de datos, que inicia con el ingreso de datos a la base de datos, así como, el análisis estadístico el cual requiere un entrenamiento básico pero indispensable, tanto para la elaboración de los modelos como en la elaboración del análisis de poder.

Replicación a otros estudios

Los estimados de Ψ y ρ tanto para el oso andino y el tapir de montaña corresponden a las poblaciones presentes en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe para los lugares evaluados. Estos no podrían ser extrapolados, por ejemplo, para otros tipos de bosque montano al sur del país (para el caso del oso andino), con diferencias contrastantes en el tipo de hábitat, por lo que se recomienda realizar un estudio piloto para áreas diferentes a la que evaluamos en este estudio. No obstante, podrían ser usados como una referencia para estudios que incluyan bosque montano y páramo al norte de Cajamarca.

Uso de covariables

El diseño de muestreo implica el uso de modelos de ocupación simple que no incluyen covariables que expliquen la variación en la ocupación. Por ejemplo, se puede incorporar variables que sean una medida indirecta de la perturbación como la distancia a los centros poblados o a caminos.

En la experiencia desarrollada exploramos solamente el uso de un factor que describe el hábitat presente, con la finalidad de evaluar la importancia de los dos tipos de vegetación más contrastantes en el Santuario, en la ocupación de ambas especies. No obstante, sería recomendable una descripción espacial más detallada de los tipos de vegetación presentes en el Santuario. En síntesis, la adición de covariables enriquece más el análisis ya que permite guiar el análisis de hipótesis específicas y pueden ser incluidas tanto en la ocupación como en la detección.

La necesidad de un diseño de muestreo

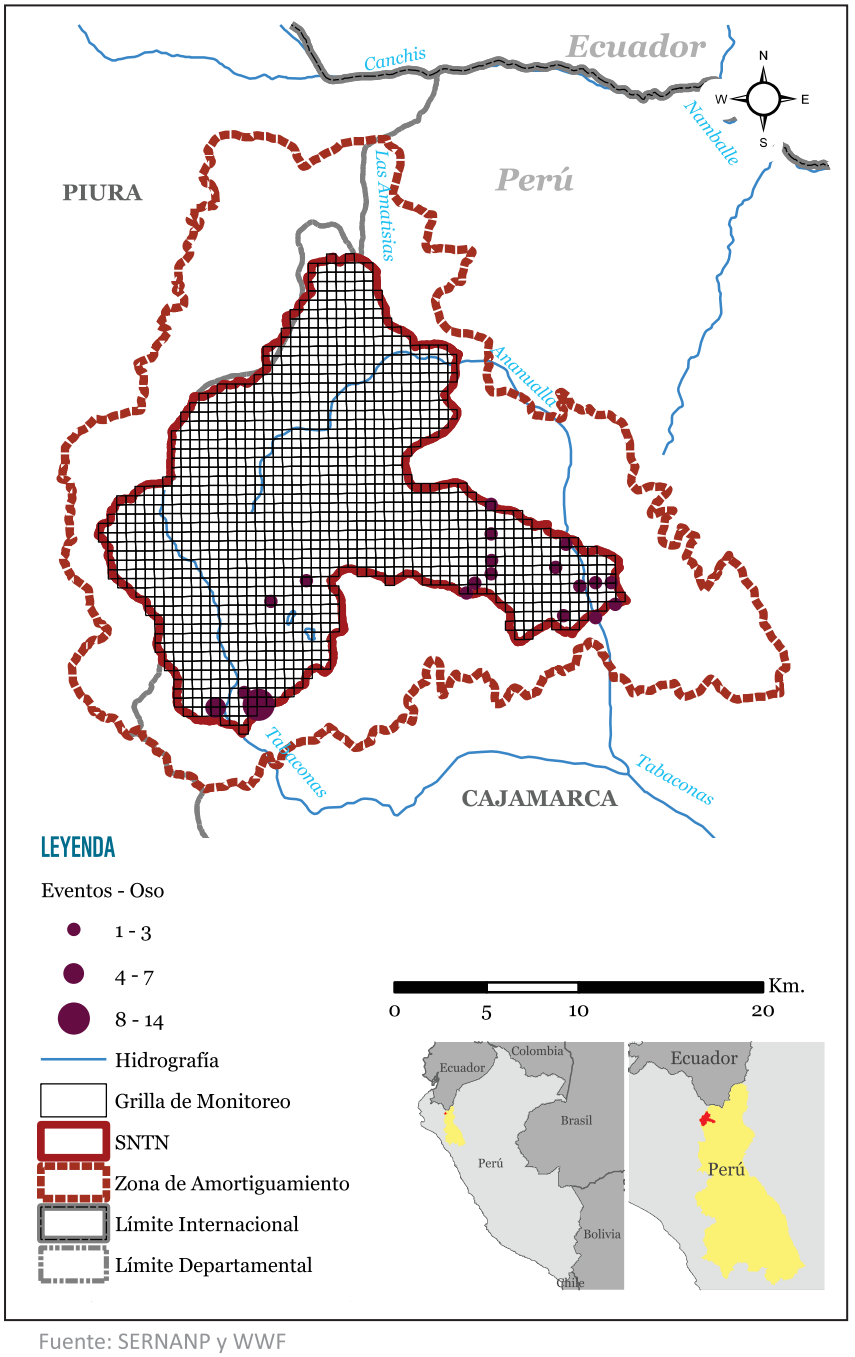
A pesar de los desafíos que hemos descrito para el caso de una especie con tan baja probabilidad de detección como el oso andino, es importante reconocer la necesidad de contar con un diseño de monitoreo, basado en un esquema científico con bases sólidas. Un diseño de monitoreo biológico debe incluir como mínimo preguntas, hipótesis, técnicas de registro y tamaños de muestra necesarios para alcanzar un poder estadístico que permita detectar cambios en la variable bajo estudio, llámese ocupación o en este caso la probabilidad de uso de sitio.

En este documento hemos seguido las recomendaciones sugeridas para lograr un diseño mínimo indispensable y creemos que puede servir como una guía para otros emprendimientos similares. La necesidad de contar con diseños apropiados es fundamental considerando lo importante que es el monitoreo de especies que se encuentran amenazadas de extinción, en dónde la habilidad para identificar cambios en las poblaciones es crítica para sugerir medidas de manejo para mantener poblaciones viables de estas.

La importancia para la gestión

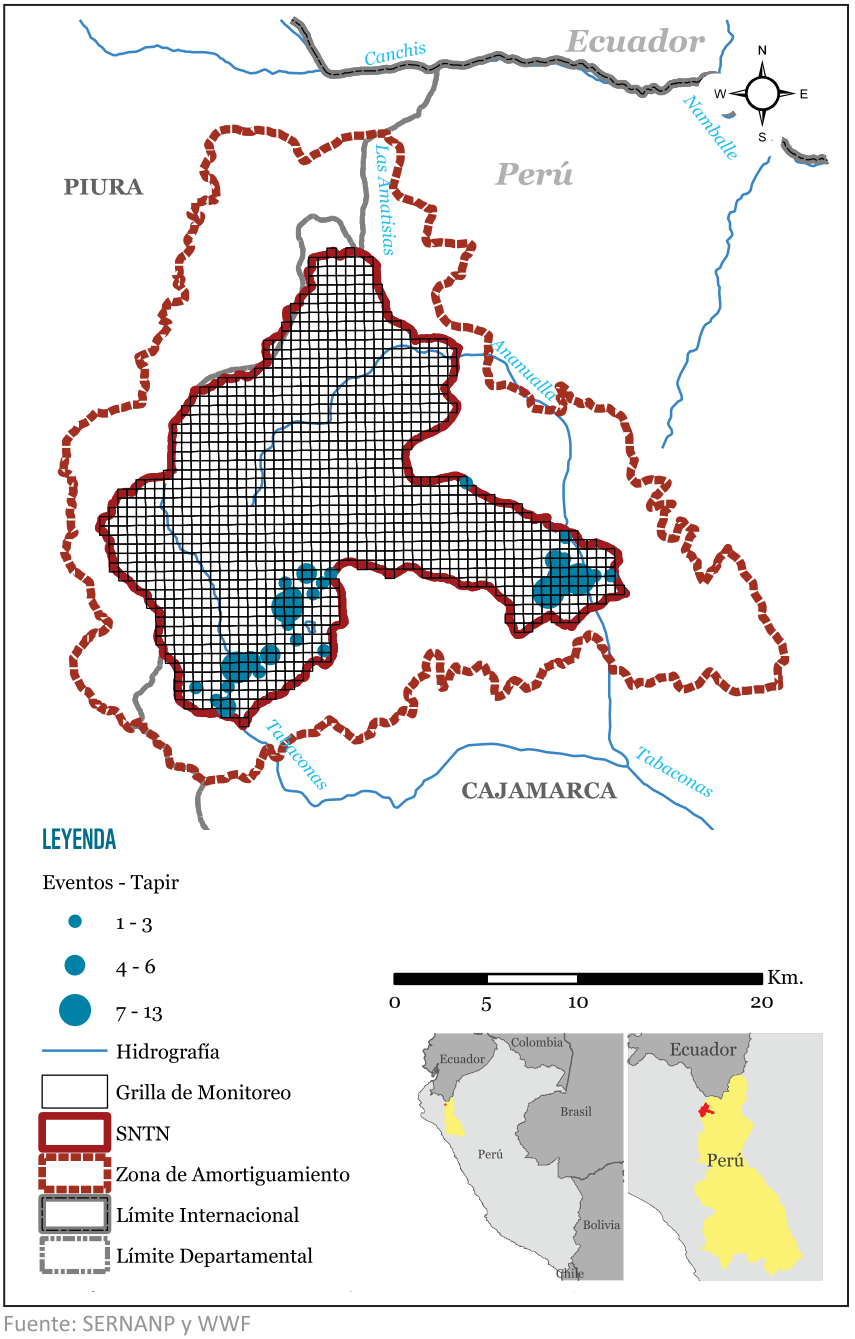
El aporte del monitoreo de la ocupación del tapir de montaña y el oso andino proveen información clave para la gestión. Como se puede ver en la Figura 17 y 18, se puede evaluar la distribución de los efectos por actividad con los sitios con mayor ocupación o mayor número de eventos de registro de ambas especies, en dónde se entiende que sitios menos afectados deberían tener mayores valores en ocupación, por ejemplo. Del mismo modo, provee información crítica para la zonificación, ya que está se puede basar en la distribución espacial de la ocupación o de la frecuencia de avistamientos de las especies de interés (ver Figura 19). Por ejemplo, para el caso del tapir, el páramo es un hábitat crítico según los resultados, por lo que puede ser usado como un insumo para la zonificación del área protegida.

Figura 17. Eventos del Oso andino y las cuadriculas que utiliza el SERNANP para monitorear el estado de conservación de los ecosistemas.



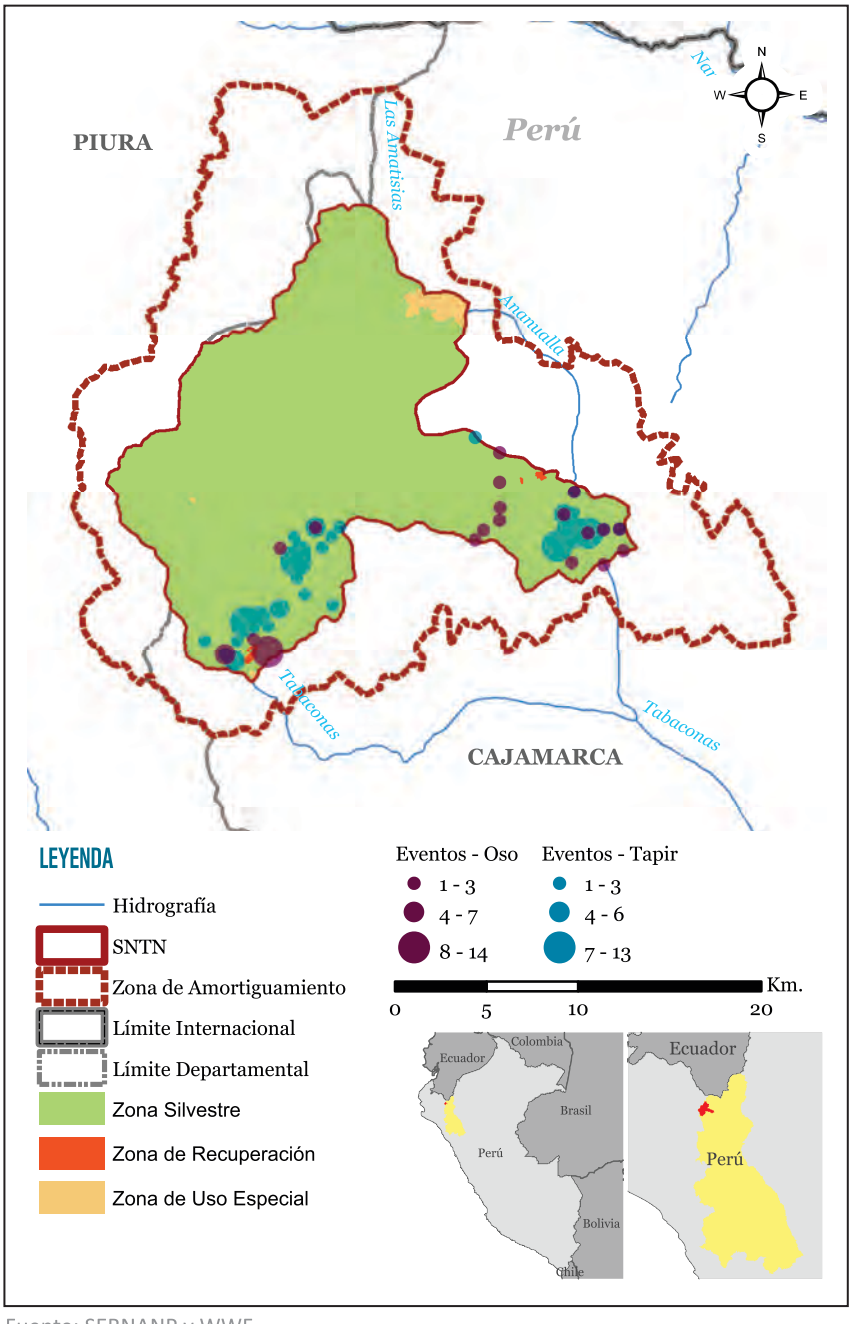
Fuente: SERNANP y WWF

Figura 18. Eventos del Tapir de montaña visualizado en las cuadriculas que utiliza el SERNANP respecto a efectos por actividades antrópicas para monitorear el estado de conservación de los ecosistemas.



Fuente: SERNANP y WWF

Figura 19. Eventos de tapir y oso en el mapa de zonificación del Santuario Nacional Tabaconas Namballe



Fuente: SERNANP y WWF

Referencia bibliográficas

- **Acosta, H., Cavelier, J., y Londono, S. (1996).** Aportes al conocimiento de la biología de la danta de montaña, *Tapirus pinchaque*, en los Andes Centrales de Colombia. En: Padilla, M., Dowler, R., y Downer, C. (2010). *Tapirus pinchaque* (Perissodactyla: Tapiridae). Mammalian species, 42(863), 166-182.

- **Amanzo, J. (2009).** En XVIII Conferencia del Instituto de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR). En: Secada, L. y Amanzo, J. (2010). "Conservación del oso andino y el tapir andino en los Andes del norte del Perú". Pp. 65-81.

- **Ancrenaz, M. (2012).** Handbook for wildlife monitoring using camera-traps.

- **Bernal, L. (2015).** El tapir de montaña, análisis de riesgo y estrategias para la conservación de una especie en peligro de extinción. Trabajo de tesis presentado para optar al título de Magister en conservación y uso de biodiversidad. Facultad de estudios ambientales y rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Marzo del 2015.

- **Castellanos, A. y Ramos, D. (2012).** Informe unificado sobre uso y preferencia de hábitat, abundancia, densidad poblacional, salud y genética del tapir andino en la cuenca del río Papallacta. En: Bernal, L. (2015). El tapir de montaña, análisis de riesgo y estrategias para la conservación de una especie en peligro de extinción.

- **Cavelier, J., Lizcano, D., Yerena, E., y Downer, C. (2010).** The mountain tapir (Tapirus pinchaque) and Andean bear (*Tremarctos ornatus*): Two charismatic, large mammals in South American tropical montane forest. En: Bruijnzeel, L., Scatena, F., y Hamilton, L. (Eds.). (2011). Tropical montane cloud forests: science for conservation and management. Cambridge University Press.

- **CITES. (2013).** Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora. Appendices I, II, and III.

- **Cohen, J. (1988).** Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, Second ed. Lawrence Erbalum Associates, Publisher.

- **Costa, R., Eckhard, K., Aguilar, C., y Amanzo, J. (2003).** Evaluación biológica rápida del Santuario Nacional Tabaconas–Namballe y zonas aledañas. Reporte técnico QM-91. WWF-OPP.

- **Del Moral, J. Y Bracho, A. (2005).** Evidence of Andean bear in Northwest Argentina. International Bear News. 14(4):30-32.

- **Díaz, A., Castellanos, A., Piñeda, C., Downer C., Lizcano, D., Constantino, E., Suárez Mejía, A., Camancho, J., Darria, J., Amanzo J., Sánchez, J., Sinisterra, J., Santana, L., Ordoñez Delgado, L., Espino Castellanos, A., y Montenegro, O. (2008).** *Tapirus pinchaque*. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. IUCN.

- **Downer, C. (1996).** The mountain tapir, endangered ''flagship'' species of the high Andes. Oryx 30:45–58.

- **Downer, C. (1997).** Status and action plan of the mountain Tapir (*Tapirus pinchaque*). En: Brooks, D., Bodmer R., Matola S., editors. Tapirs, status survey and conservation action plan Gland, Switzerland y Cambridge, UK.: IUCN/SSC Tapir specialist group. pp. 10–22.

- **Downer, C. (2001).** Observations on the diet and habitat of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*). Journal of Zoology 254: 279–291.

- **Feeley, K. y Silman, M. (2010).** Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. Global Change Biology 16: 3215–3222.

- **Figueroa, J. (2013).** Revisión de la dieta del oso andino *Tremarctos ornatus* (Carnivora: Ursidae) en América del Sur y nuevos registros para el Perú. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie, 15(1), 1-27.

- **Figueroa, J. (2015).** Interacciones humano-oso andino *Tremarctos ornatus* en el Perú: consumo de cultivos y depredación de ganado. Therya, 6(1), 251-278.

- **Figueroa, J. y Stucchi, M. (2009).** El oso andino, alcances sobre su historia natural. Asociación para la Investigación y Conservación de la Biodiversidad – AICB. Primera edición. Lima, Perú. 105 pp.

- **García-Rangel, S. (2012).** Andean bear *Tremarctos ornatus* natural history and conservation. Mammal Review, 42(2), 85-119.

- **Gese, E. M. (2001).** Monitoring of terrestrial carnivore populations. USDA National Wildlife Research Center-Staff Publications, 576.

- **Goldstein, I., Guerrero, V., Y Moreno, R. (2008).** Are the Andean Bears in Panama? Ursus 19(2):185–189.

- **Gonzales, F. N., Neira-Llerena, J., Llerena, G., y Zeballos, H. (2016).** Small vertebrates in the spectacled bear's diet (*Tremarctos ornatus* Cuvier, 1825) in the north of Peru. Revista Peruana de Biología. 23(1), 61-65.

- **Grimwood, I. (1969).** Notes on the distribution and status of some Peruvian mammals, 1968. En: Padilla, M., Dowler, R., y Downer, C. (2010). *Tapirus pinchaque* (Perissodactyla: Tapiridae). Mammalian species, 42(863), 166-182.

- **Guillera-Arroita, G. y Lahoz-Monfort, J.J. (2012).** Designing studies to detect differences in species occupancy: power analysis under imperfect detection. Methods in Ecology and Evolution 3, 860-869.

- **IUCN. (2013).** The IUCN Red List of Threatened Species. http://www.iucnredlist.org/.

- **Janis, C. (1984).** Tapirs as living fossils. In Living fossils (pp. 80-86). En: Maravi, E., Norgrove, L., Amanzo J., y Sissa A. (2003). Identificación preliminar de prioridades para la conservación del Oso de Anteojos (*Tremarctos ornatus*) y el Tapir de Montaña (*Tapirus pinchaque*) en la Sub-división Perú de la Ecoregión de los Andes del Norte. WWF – Perú Program Office.

- **Kéry, M. y Royle, J. A. (2016).** Applied Hierarchical Modeling in Ecology: Analysis of distribution, abundance and species richness in R and BUGS: Volume 1: Prelude and Static Models. Academic Press.

- **Lindenmayer, D. B. y Likens, G. E. (2010).** The science and application of ecological monitoring. Biological conservation, 143(6), 1317-1328.

- **Liu, X. S. (2014).** Statistical power analysis for the social and behavioral sciences: Basic and advanced techniques. Routledge Taylor y Francis Group.

- **Lizcano, D. y Cavelier, J. (2000).** Densidad poblacional y disponibilidad de hábitat de la danta de montaña (*Tapirus pinchaque*) en los andes centrales de Colombia. Biotropica 31, 165-173.

- **Lizcano, D. y Sissa, A. (2003).** Notes on the distribution, and conservation status of mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in north Peru. Tapir Conservation, 21-24.

- **Lizcano, D., Pizarro, V., Cavelier, J., y Carmona, J. (2002).** Geographic distribution and population size of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Colombia. Journal of Biogeography 29: 7–15.

- **Lizcano, D., y Cavelier, J. (2004).** Características químicas de salados y hábitos alimenticios de la danta de montaña (*Tapirus pinchaque* Roulin, 1829) en los Andes Centrales de Colombia. Mastozoologia Neotropical 11:193-201.

- **Lyra-Jorge, M. C., Ciocheti, G., Pivello, V. R., y Meirelles, S. T. (2008).** Comparing methods for sampling large-and medium-sized mammals: camera traps and track plots. European Journal of Wildlife Research, 54(4), 739-744.

- **MacKenzie, D. I. (2005).** What are the issues with presence-absence data for wildlife managers? Journal of Wildlife Management, 69(3), 849-860.

- **MacKenzie, D. I. (2006).** Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Academic Press.

- **MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G. B., Droege, S., Andrew Royle, J. y Langtimm, C. A. (2002).** Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. Ecology, 83(8), 2248-2255.

- **MacLaren, C., Buckley, H., y Hale, R. (2014).** Conservation of forest biodiversity and ecosystem properties in a pastoral landscape of the Ecuadorian Andes. En: Ortega-Andrade, H., Prieto-Torres, D., Gómez-Lora, I., y Lizcano, D. (2015). Ecological and geographical analysis of the distribution of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: importance of protected areas in future scenarios of global warming. PloS one, 10(3), e0121137.

- **Manly, B. F., Y Navarro, J. A. (Eds.). (2015).** Introduction to Ecological Sampling. CRC Press.

- **Maravi, E., Norgrove, L., Amanzo J., y Sissa A. (2003).** Identificación preliminar de prioridades para la conservación del Oso de Anteojos (*Tremarctos ornatus*) y el Tapir de Montaña (*Tapirus pinchaque*) en la Sub-división Perú de la Ecoregión de los Andes del Norte. WWF – Perú Program Office.

- **Márquez, R., y Goldstein, I. (2014)** Guía para el diagnóstico del paisaje de conflicto oso-gente. Versión 1.0. Wildlife Conservation Society Colombia. Santiago de Cali, Colombia. 35 pp.

- **McComb, B., Zuckerberg, B., Vesely, D., y Jordan, C. (2010).** Monitoring animal populations and their habitats: a practitioner's guide. CRC Press.

- **Ministerio del Ambiente. (2015).** Guía de inventario de la fauna silvestre. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. 83pp.

- **Mittermeier, R., Macedo-Ruiz, H., y Luscombe, B. (1975).** A wooly monkey redicovered in Peru. En: Padilla, M., Dowler, R., y Downer, C. (2010). *Tapirus pinchaque* (Perissodactyla: Tapiridae). Mammalian species, 42(863), 166-182.

- **Nowak, R. (1999).** Walker's mammals of the world. 6th ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. En: Padilla, M., Dowler, R., y Downer, C. (2010). *Tapirus pinchaque* (Perissodactyla: Tapiridae). Mammalian species, 42(863), 166-182.

- **O'Connell, A. F., Nichols, J. D., y Karanth, K. U. (Eds.). (2010).** Camera traps in animal ecology: methods and analyses. Springer Science y Business Media.

- **Ortega-Andrade, H., Prieto-Torres, D., Gómez-Lora, I., y Lizcano, D. (2015).** Ecological and geographical analysis of the distribution of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: importance of protected areas in future scenarios of global warming. PloS one, 10(3), e0121137.

- **Padilla, M., Dowler, R., y Downer, C. (2010).** *Tapirus pinchaque* (Perissodactyla: Tapiridae). Mammalian species, 42(863), 166-182.

- **Pearson, R. y Dawson, T. (2003).** Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? En: Ortega-Andrade, H., Prieto-Torres, D., Gómez-Lora, I., y Lizcano, D. (2015). Ecological and geographical analysis of the distribution of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: importance of protected areas in future scenarios of global warming. PloS one, 10(3), e0121137.

- **Peyton, B. (1980).** Ecology, distribution, and food habits of spectacled bears, *Tremarctos ornatus*, in Peru. Journal of Mammalogy, 61(4), 639-652.

- **Peyton, B. (1999).** Spectacled bear Conservation Action Plan. En: Servheen, C., Herrero, S., Peyton, B., Pelletier, K., Moll, K., y Moll, J. (Eds.). (1999). Bears: status survey and conservation action plan (Vol. 44). IUCN/SSC Bear Specialists Group: Switzerland, and Cambridge, UK.9:157-198.

- **Riveros, J. C., Secada L., Mercado, A. y Álvarez, C. (2010).** Formaciones vegetales del Santuario Nacional Tabaconas Namballe. Pp. 21-33. En: Conociendo el Santuario Nacional Tabaconas Namballe (Eds. J.L. Mena y G. Valdivia). World Wildlife Fund – Oficina del Programa Perú, Lima.

- **Roberts, N. J. (2011).** Investigation into survey techniques of large mammals: surveyor competence and camera-trapping vs. transect-sampling. Bioscience Horizons, 4(1), 40-49.

- **Rockhill, A. P., Sollman, R., Powell, R. A., y DePerno, C. S. (2016).** A Comparison of Survey Techniques for Medium-to Large-Sized Mammals in Forested Wetlands. Southeastern Naturalist, 15(1), 175-187.

- **Rodríguez, D., Cuesta, F., Goldstein, I., Naranjo, L. G., Hernández, O. L., y Bracho, A. E. (2003).** Ecoregional strategy for the conservation of the spectacled bear (*Tremarctos ornatus*) in the northern Andes. World Wildlife Fund, Fundación Wii, EcoCiencia, Wildlife Conservation Society (available at: http://www. wwf. org. co/colombia/biblioteca/publicaciones/3_2_2. pdf).

- **Rovero, F., Tobler, M., y Sanderson, J. (2010).** Camera trapping for inventorying terrestrial vertebrates. Manual on field recording techniques and protocols for All Taxa Biodiversity Inventories and Monitoring. The Belgian National Focal Point to the Global Taxonomy Initiative, 100-128.

- **Rovero, F., Zimmermann, F., Berzi, D., y Meek, P. (2013).** "Which camera trap type and how many do I need?" A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy, 24(2), 148-156.

- **Sandoval, L., Reyes, J., Tapia, A. y Bermúdez, D. (2009).** Manual de campo para el estudio y monitoreo del tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*). Grupo Especialista de Tapires UICN/SSC/TSG, Fundación Oscar Efrén Reyes, Centro Tecnológico de Recursos Amazónicos-Centro Fátima, Finding Species. Quito, Ecuador.

- **Secada, L. y Amanzo, J. (2010).** Conservación del oso andino y el tapir andino en los Andes del norte del Perú. En: Conociendo el santuario nacional Tabaconas Namballe (Eds. J.L. Mena y G. Valdivia). World Wildlife Fund – Oficina del Programa Perú, Lima.

- **Secada, L., J. Riveros, J. Amanzo y J. Mena. (2008)** Análisis de vacíos para la distribución del oso andino en el Perú. II Simposio Internacional del Oso Andino. Lima, Perú.

- **SERNANP. (2015).** Plan Maestro del Santuario Nacional Tabaconas Namballe.

- **Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2016).** Plan Nacional para la conservación del Oso Andino en el Perú (*Tremarctos ornatus*) 2016 – 2026. Lima, 49 pp.

- **Shannon, G., Lewis, J. S., y Gerber, B. D. (2014).** Recommended survey designs for occupancy modelling using motion-activated cameras: insights from empirical wildlife data. PeerJ, 2, e532.

- **Shukla, J., Nobre, C. y Sellers, P. (1990).** Amazon deforestation and climate change. Science 247: 1322. En: Ortega-Andrade, H., Prieto-Torres, D., Gómez-Lora, I., y Lizcano, D. (2015). Ecological and geographical analysis of the distribution of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: importance of protected areas in future scenarios of global warming. PloS one, 10(3), e0121137.

- **Silveira, L., Jacomo, A. T. y Diniz-Filho, J. A. F. (2003).** Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. Biological Conservation, 114(3), 351-355.

- **Silvy, N. J. (2012).** The Wildlife Techniques Manual: Volume 1: Research. Volume 2: Management 2-vol. Set (Vol. 1). JHU Press.

- **Sutherland, W. J. (Ed.). (2006).** Ecological census techniques: a handbook. Cambridge University Press.

- **Sutherland, W. J. (2000).** The Conservation Handbook: Research, Management and Policy. Blackwell Science Ltd.,UK.

- **Thompson, W. L., White, G. C., y Gowan, C. (1998).** Monitoring vertebrate populations. Academic Press.

- **Tobler, M. W., Zúñiga Hartley, A., Carrillo-Percastegui, S. E., y Powell, G. V. (2015).** Spatiotemporal hierarchical modelling of species richness and occupancy using camera trap data. Journal of Applied Ecology, 52(2), 413-421.

- **Urbina-Cardona, J. (2008).** Conservation of Neotropical herpetofauna: research trends and challenges. En: Ortega-Andrade, H., Prieto-Torres, D., Gómez-Lora, I., y Lizcano, D. (2015). Ecological and geographical analysis of the distribution of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: importance of protected areas in future scenarios of global warming. PloS one, 10(3), e0121137.

- **Wallace, R., Reinaga, A., Siles, T., Baiker, J., Goldstein, I., Ríoz-Uzeda, B., Van Horn, R., Vargas, R., Vélez-Liendo, X., Acosta, L., Albarracín, V., Amanzo, J., De La Torre, P., Dominic, E., Enciso, M., Flores, C., Kuroiwa, A., Leite-Pitman, R., Noyce, K., Paisley, S., Peña, B., Plenge, H., Rojas Vera Pinto, R., Tapia, T., y Vela, H. (2014).** Unidades de Conservación Prioritarias del Oso Andino en Bolivia y en Perú. Wildlife Conservation Society, Centro de Biodiversidad y Genética de la Universidad Mayor de San Simón de Bolivia, Universidad Cayetano Heredia de Perú y Universidad de Antwerpen de Bélgica. La Paz, Bolivia. 82 pp.

- **Witmer, G. W. (2005).** Wildlife population monitoring: some practical considerations. Wildlife Research, 32(3), 259-263.

Glosario de términos

- **Ecosistema:**
  Sistema natural que incluye tanto factores bióticos como no bióticos en un área determinada que funciona como una unidad.
- **Monitoreo:**
  Proceso sistemático y continuo de observación, para propósitos específicos, de los elementos de un sistema, de acuerdo a un plan y usando métodos de colección de datos comparables (SERNANP, 2015).
- **Evaluación:**
  Acción de análisis de la información generada e incluida en los reportes para arribar a conclusiones sobre el avance del cumplimiento de los objetivos planteados y de ser el caso, replantear los cursos de acción definidos en la etapa de planificación (SERNANP, 2015).
- **Ocupación:**
  Es la probabilidad de que un sitio o unidad de muestreo seleccionado aleatoriamente en un área de interés esté ocupado por una especie (MacKenzie et al., 2006).
- **Modelos estadísticos:**
  Son representaciones matemáticas de la realidad que incorporan un conjunto de supuestos relativos a la muestra para caracterizar a toda la población.
- **Detectabilidad:**
  Hace referencia a que, en la realidad, es muy común que los animales, incluso especies enteras no sean registradas o detectadas (MacKenzie et al., 2006).
- **Área Natural Protegida:**
  Espacios del territorio nacional reconocidos, establecidos y protegidos legalmente por el Estado debido a su importancia biológica, cultural, paisajística y científica, así como por su contribución al desarrollo sostenible (SERNANP, 2016).
- **Santuario Nacional:**
  Área donde se protege con carácter intangible el hábitat de una especie o una comunidad de la flora y la fauna, así como las formaciones naturales de interés científico y paisajístico (Ley de Áreas Naturales Protegidas Ley N° 26834).

- **Bosque montano:**
  Presente en la parte baja del SNTN entre los 2000 hasta los 3500 msnm, se caracteriza por una frondosa vegetación donde destacan los géneros *Escallonia*, *Podocarpus* y *Clusia*, y una gran cantidad de flora epífita que contribuyen a la precipitación horizontal (Riveros et al., 2010).
- **Páramo:**
  Ubicado en la parte superior del SNTN, por encima de los 3100 msnm, es la formación emblemática del Área Natural Protegida, donde predominan gramíneas y herbáceas en un entorno de formaciones con poco drenaje. El suelo cubierto por líquenes y musgos, puede cubrirse de agua temporalmente en las zonas bajas (Riveros et al., 2010).
- **Corredor biológico:**
  Término utilizado para designar largas extensiones a través de las cuales existen Áreas Naturales Protegidas o remanentes de ecosistemas originales que mantienen una conectividad que facilita el flujo de especies.
- **Radiotelemetría:**
  Transmisión de información desde un emisor, colocado en un animal silvestre en vida libre, a un receptor (Hidalgo y Olivera, 1993).
- **Plan maestro:**
  Documento de planificación de más alto nivel con que cuenta un área natural protegida. Es elaborado mediante procesos participativos, revisado cada 5 años y define, por lo menos: (1) La zonificación, estrategias y políticas generales para la gestión del área. (2) La organización, objetivos, planes específicos requeridos y programas de manejo. (3) Los marcos de cooperación, coordinación y participación relacionados con el área y sus zonas de amortiguamiento (MINAM, 2016).
- **Uso de hábitat:**
  Es la forma en que un animal utiliza los recursos físicos y biológicos en un hábitat. El hábitat puede utilizarse para forrajear, anidar, escapar, u otros rasgos de la historia de vida del animal (Krausman, 1999).
- **Línea Base:**
  La primera medición del indicador y representa el punto de referencia para mediciones posteriores. Dicha línea base debe permitir la comparación y evaluación del estado del tema sujeto a monitoreo.

Referencias:

Hidalgo, M. G. y Olivera, L. D. (1993). Radio telemetría de vida silvestre. En: González-Romero, A. (1993). Fauna silvestre de México: uso, manejo y legislación. Ecología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Educación Continua, UNAM-SARH.

Krausman, P. R. (1999). Some basic principles of habitat use. Grazing behavior of livestock and wildlife, 85-90.

SERNANP. (2015). Resolución Presidencial N° 181-2015-SERNANP. Lineamientos de Monitoreo de la Biodiversidad y Ecosistemas en las Áreas Naturales Protegidas.

Anexos

Anexo 1. Códigos de R utilizados para los modelos de ocupación

```
setwd("~/tapir")
data <- read.csv("~/tapir/data_2014-15.csv")
str(data)
y <- as.matrix(data[,16:169])      # Obtiene det/nondet data
presence <- ifelse(data$conteo > 0, 1, 0) # convertir abundancia a
presencia/ausencia

cov.fac<-data[,sapply(data,is.factor)]  # extrae factor "Habitat"
cov.fac
habitat=cov.fac$Habitat
habitat

# Load unmarked, format data and summarize
library(unmarked)
# Para monitore de SERNANP solo "Habitat" y modelo simple
summary(fm1 <- occu(~1 ~1, data=umf, starts=c(0, -3)))
summary(fm <- occu(~1 ~habitat, data=umf, starts=c(0, 0,-3)))
fmss <- fitList("p(.)psi(.)"= fm1,
                "p(.)psi(habitat)" = fm)
(ms <- modSel(fmss))
coef(ms)
cbind(fm1@AIC, fm@AIC) # para escoger el mejor modelo
# Estimar intervalos de confianza
names(fm1)
backTransform(fm1["state"]) #Para obtener ocupación transformada (a probabilidad) y
sus errores
confint(backTransform(fm1["state"])) # Para intervalos de confianza de ocupación
backTransform(fm1["det"]) #Para obtener detección transformada y sus errores
confint(backTransform(fm1["det"])) # Para intervalos de confianza de detección
names(fm)
# Valor de ocupación para el modelo con covariables
backTransform(linearComb(fm, coefficients = c(1,0), type = "state")) # Se requiere
#dar valor de cero a los coeficientes ya que se trata de una función
confint(fm, type="state") # Para intervalos de confianza
```

```
# Valor de detección para el modelo con covariables (igual que el modelo simple)
backTransform(fm["det"]) #Para obtener detección transformada y sus errores
confint(backTransform(fm["det"])) # Para intervalos de confianza de detección

# Para graficar occupancy por tipo de habitat
newhab <- data.frame(habitat=c("Paramo","Bosque"))
pred <- predict(fm, type="state", newdata=newhab, appendData=T)
grafico <- ggplot(pred,aes(x=habitat,y=Predicted))+
  geom_point(size=4)+
  ylab("Ocupación para el Tapir de montaña") +
  theme_bw()+ labs(x = "Tipo de habitat")+
  geom_errorbar(aes(ymin=Predicted-SE, ymax=Predicted+SE), width=.2)
grafico + theme(panel.grid.major = element_blank(),
                    panel.grid.minor = element_blank())

dev.print(tiff, "occupancytapir.tiff", res=600, height=3200, width=4500,
compression = 'lzw')
```

Anexo 2. Programación e instalación de cámaras-trampa

Una correcta instalación asegura reducir los imprevistos que podrían sesgar o complicar el trabajo de las cámaras en el campo. Por tal motivo, hemos considerado pertinente desarrollar una serie de recomendaciones para la configuración de las cámaras trampa, así como la implementación de una serie de pasos imprescindibles para la instalación de las mismas en el campo.

El presente protocolo se encuentra adaptado a los ecosistemas del Santuario Nacional de Tabaconas Namballe. Cabe resaltar que el protocolo está basado en Bushnell – Aggressor Instruction Manual (SF) y si bien las opciones de configuración planteadas en este protocolo están dirigidas a cámaras trampa Bushnell Trophy cam HD modelos 119774-119775-119776 y 119777, muchas de ellas son compartidas con modelos más antiguos.

1. Configuración

El interior de la cámara consta de una pantalla LCD, un interruptor y seis botones; de estos últimos, uno es el botón MENU, otro el de OK (o aceptar) y finalmente los cuatro restantes corresponden a las flechas arriba, abajo, izquierda y derecha.

Fig 1. Vista interna de la cámara trampa.
Fuente: Elaboración propia

Para establecer la configuración del equipo, se debe realizar lo siguiente:

a. Colocar el interruptor en *setup* (configuración) y esperar que la pantalla encienda.

C. Las flechas izquierda y derecha se emplean para cambiar entre las opciones de configuración (ver sección 1.1), mientras que las flechas arriba y abajo son para seleccionar entre las alternativas de las opciones.

Es de suma importancia tener en consideración que cada vez que se desee seleccionar una alternativa entre las opciones de configuración se debe presionar OK para grabarla. Sin ello, ningún cambio será guardado en el equipo.

1.1. Opciones de configuración

a) Mode (modo)
Consta de 3 alternativas: *camara* (cámara), *video* (video) e *hibrid* (híbrido). Como su nombre lo dice, la alternativa *cámara* solo captura fotografías, así como la opción *video* únicamente grabaciones. Por otro lado, la opción *hibrid* combina ambas capturando el número de fotografías programado (ver Capture Number) y posteriormente graba el video.

b) Image Size (tamaño de imagen)
Comprendido por *3M*, *8M* y *14M* (M refiere al término Megapíxel). El número mayor indicará una mejor resolución, pero a su vez requerirá una mayor capacidad de almacenamiento.

c) Image Format (formato de imagen)
Comprende las alternativas *full Screen* y w*ide Screen*. El formato de imagen de *full screen* es equivalente a los televisores convencionales (cuadrado) y el formato w*ide screen* es del tipo de pantallas planas modernas (alargado horizontalmente).

d) Capture Number (número de captura)
Comprende de 1, 2 o 3 fotos. Selecciona la cantidad de fotografías que se toman por secuencia de activación.

e) LED control (control de luz LED)
La función de flash múltiple determina la cantidad de luz emitida para cada fotografía, contando con las alternativas *low* (bajo), *medium* (mediano) y *high* (alto). El criterio de selección de dichas alternativas debe ser evaluado de acuerdo a la distancia de la cámara trampa y el objetivo. Si el objetivo y la cámara están muy cerca, se recomienda utilizar *low* debido a que el exceso de luz rebota con el objetivo y resulta en una "foto ciega" (fotos blancas). En el caso contrario, si estas se encuentran distanciadas considerablemente se recomienda *high*.

f) Camera Name (nombre de la cámara)
Esta opción permite ingresar el número de estación o nombre de la cámara correspondiente, la cual sale impresa en cada foto y video registrado por la misma.

g) Video Size (tamaño de video)

Comprende las alternativas de 1920x1080, 1280x720 y 640x360. El mayor número indica una mejor resolución, sin embargo, al igual que el tamaño de imagen, un peso mayor demanda una memoria de amplia capacidad.

h) Video length (tamaño del video)

Esta opción brinda la posibilidad de colocar un tiempo en segundos o minutos correspondiente a la duración requerida del video. Dicha opción se elige dependiendo del objetivo del estudio.

i) Interval (intervalo)

Permite elegir entre *low* (bajo), *normal*, *high* (alto) y *auto*. El intervalo es el tiempo que separa la secuencia de fotos (*capture number*) y la activación del video, es decir el tiempo de espera entre fotos y video. Entre más corto el lapso mayor cantidad de material recolectado, sin embargo, menor tiempo de batería y menor capacidad de memoria.

j) Sensor Level (Nivel del sensor)

Comprende las alternativas de *low* (bajo), *normal*, *high* (alto) y *auto*. Determina la sensibilidad del sensor infrarrojo pasivo (PIR), el cual se activa con la detección de la energía emitida por algún animal basado en la diferencia del mismo con la temperatura del entorno. Si la temperatura del ambiente es alta, se recomienda utilizar *high*; en el caso contrario, si la temperatura es baja, se recomienda seleccionar *low*. La alternativa *normal* es útil en ambientes moderados y para aquellos ambientes cuya temperatura es cambiante es recomendable la alternativa *auto*.

k) NV shutter (visión nocturna)

Fragmento del mapa conceptual del SNTN con respecto al oso andino Nb +b Cuenta con las alternativas *high* (alto), *medium* (medio) y *low* (bajo). Esta opción permite combinar el movimiento y la luz en las fotografías. En la alternativa *high* el movimiento se congela, sin embargo, la luz es baja. En el caso de *low*, se toman fotos más brillantes y en movimiento.

l) Camera mode (modo de la cámara)

Permite elegir entre las alternativas *24 hrs*, *day* (día) o *night* (noche). Esta opción dependerá del objetivo del estudio. En el caso de especies diurnas se recomienda *day*, así como *night* para especies nocturnas. La alternativa *24 hrs* habilita la activación de la cámara trampa durante todo el día, recopilando mayor cantidad de información.

m) Format – Execute (formateo)

Restaura la memoria SD eliminando toda la información colectada.

n) Time Stamp (impresión de hora/fecha)
Comprende las alternativas *On* y *Off*. La alternativa *On* proporciona la información de fecha y hora impresas en cada fotografía o video recolectado. Seleccionar *On* brinda información sobre los horarios de actividad de cada especie y los días en que estos han sido detectados. Esta información también es accesible en la metadata de la fotografía.

o) Set Clock (configuración de reloj)
Esta opción permite ingresar hora y fecha. Es sumamente importante ingresar estos datos y corroborarlos antes de encender la cámara.

p) Field Scan (escaneo de campo)
Incluye las alternativas de *On* y *Off.* La opción *On* permite activar la cámara trampa a horas determinadas sin necesidad de que esta sea activada por los sensores. Utilizado por lo general para vigilar un área que exceda los límites de la zona de detección de la cámara.

q) Coordinate Input (ingreso de coordenadas)
Incluye las alternativas de *On* y *Off.* La opción *On* permite ingresar las coordenadas geográficas del punto de instalación.

r) Video sound (sonido del video)
On como alternativa para activarlo y *Off* para el caso contrario.

s) Default Set (Configuración de fábrica)
Incluye las alternativas *cancel* y *execute*. La selección de *execute* restaura la información de la cámara trampa a la original de fábrica.

t) Version
Esta última opción permite conocer la versión del software de la cámara trampa adquirida. Es posible realizar una actualización gratuita del software a través de la página web de Bushnell donde se muestran las versiones más recientes y los pasos a seguir.

Tabla 1: **Alternativas de configuración recomendadas para el Santuario Nacional de Tabaconas Namballe.**

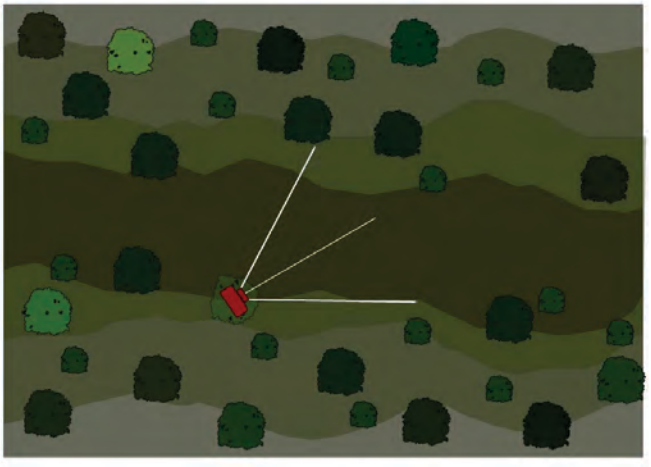
Opciones de Configuración	Alternativa	Comentarios
Mode	*Hibrid*	Con el fin de maximizar la información en las observaciones.
Image Size	*14M*	Es la alternativa de mayor resolución. Considerar contar con una memoria mayor a 16gb.

Opciones de Configuración	Alternativa	Comentarios
Image Format	*Full screen*	
Capture Number	*3*	Recomendado para maximizar las detecciones.
LED control	-	Programación *in situ*, dependiendo de las bondades del área a instalar.
Camera Name		Recomendamos su empleo para un mayor orden y seguimiento de la información recolectada.
Video Size	*1280x720*	Resolución HD
Video length	*10s*	Tiempo que nos permite apreciar un pequeño lapso de comportamiento de las especies, así como corroborar las presencias en caso las fotografías no las hayan detectado en su totalidad.
Interval	*3s*	Tiempo que consideramos suficiente para no perder la captura y no llenar la memoria.
Sensor Level	*Auto*	Permite contrarrestar los cambios bruscos de temperatura.
NV Shutter	*Medium*	Brinda un balance entre el movimiento y la luz en las fotografías.
Camera mode	*24hrs*	Considerando el indicador de presencia/ausencia y las especies objetivo.
Format – Execute	-	Recomendamos su uso siempre que se inserte una nueva memoria SD en un dispositivo, previo a la configuración *per se*.
Time Stamp	*On*	
Set clock	-	Siempre ingresar y corroborar la fecha y hora.
Field Scan	*Off*	No consideramos necesario su uso para este monitoreo.
Coordinate Input	*Off*	Se puede prescindir de esta opción siempre y cuando se utilice el GPS.
Video Sound	*On*	
Default Set	-	De utilidad cuando se ha desprogramado accidentalmente el equipo.
Version	-	Verificar actualizaciones en la página web de Bushnell.

2. Pasos de Instalación

1) Ubicar la estación y seleccionar el área de instalación según el punto de georeferencia establecido previamente en la etapa de diseño. Si se dificulta la ubicación en dichas coordenadas es posible reubicar la cámara trampa a un nuevo punto, preferentemente cercano a la inicial.
2) Reconocer una trocha principal, o registros indirectos, en donde se considere que puede haber tránsito de animales. De no ser el caso, ubicar un punto hacia dónde la cámara pueda dirigirse a una distancia entre 3 y 4 metros del mismo (Goldstein *et al.,* 2015).

3) Observar el ángulo del sol y disponer la cámara trampa orientada al eje Norte – Sur para evitar que la luz de salida y del ocaso generen la activación del sensor (Díaz-Pulido y Payán 2012; Goldstein *et al.,* 2015).
4) Colocar la cámara trampa perpendicular o diagonal al área despejada, evitando aquellas zonas con relieve (Díaz-Pulido y Payán 2012) y ubicarlo en un árbol a una altura entre 30 y 40 cm sobre el suelo; en caso de no encontrar uno apropiado, es recomendable colocar una estaca en el área deseada (ver gráfico 2 y 3).



Gráf. 2 y 3. Ejemplo de disposición de cámara trampa en el campo (fotografía superior). Adaptada de Goldstein *et al* 2015. Consideraciones para cubrir correctamente el campo de detección en áreas de relieve (fotografía inferior). Adaptada de Team 2011.

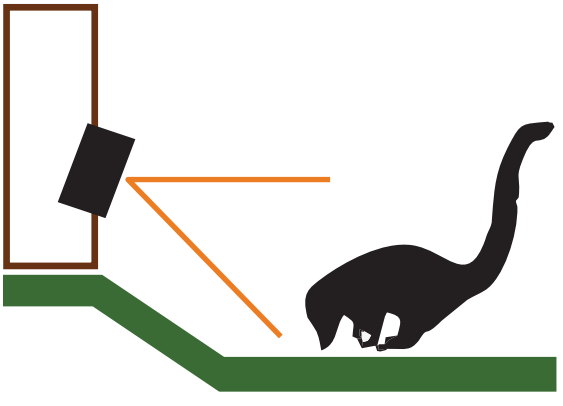


Foto 1 y 2. Instalación de cámara trampa empleando una estaca (fotografía superior). Simulación del paso de un animal a modo de prueba para la instalación (fotografía inferior).

5) Es posible colocar estaciones dobles si se desea individualizar a alguna especie, como por ejemplo en el caso del oso andino, considerando que las cámaras no deben colocarse una frente a otra debido a que la luz de una podría cegar las fotos o videos captados por la otra. Estas deben hallarse separadas entre 6 y 8 metros, dispuestas en la misma recta del sendero o alternadas, y deben mirar hacia el punto objetivo de dicha estación.

6) Limpiar la zona frente a la cámara, abarcando aproximadamente un rango de 180°, de modo que no queden ramas u hojas sobre el suelo que con el viento puedan activar el sensor (Díaz-Pulido y Payán 2012).

7) Configurar la opción LED según las bondades del área seleccionada (*low, medium o high*).

8) Probar la cámara trampa: Encender (una vez colocado el interruptor en ON, la cámara parpadea 5 veces por un periodo de 10 segundos antes de activar sus sensores), simular el paso de un animal mediano/grande durante un aproximado de 15 segundos (tiempo que permite a la cámara detectar el objeto, tomar fotos y video), apagar la cámara, retirar la memoria SD y observar las fotos en una cámara digital para confirmar que el rango de detección de la cámara trampa sea el esperado.

9) Formatear la memoria con la opción Format - *execute* - para reiniciar el conteo de fotos y videos desde cero.

10) Confirmar que las opciones de configuración sean correctas (con mayor atención a la fecha y hora en Set clock).

11) Tomar una foto manual con la opción SHOT a una libreta con algunos de los datos proporcionados en la *Tabla 2*.

12) Encender la cámara trampa y abandonar el lugar.

***Tabla 2*: Ejemplo de formato de instalación de cámaras trampa. Recomendamos utilizar los primeros 5 datos escritos en la libreta para la fotografía manual.**

INSTALACION DE CAMARAS TRAMPA EN EL SNTN - MAYO 2016										
ZONA 1										
Estación	Cámara	#Memoria	Fecha de Instalación	Hora de Inicio	X	Y	Altura	Comentarios	Hábitat	Responsable
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

3. Recomendaciones

- Previo a la configuración e instalación de cámaras trampa se debe realizar una prueba de funcionamiento de dichos equipos; verificar que el sensor esté funcionando adecuadamente, revisar que la cámara responda ante la programación configurada e inspeccionar que no presente aberturas (recomendamos sellar con silicona herméticamente). Para la realización de esta prueba, no es necesario completar el set de pilas requeridos por la cámara trampa (8 pilas AA), es más que suficiente colocando el mínimo requerido para su funcionamiento (4 pilas AA).

- Debido a la humedad es posible que algunos dispositivos reduzcan su tiempo de vida útil en baterías (Díaz-Pulido y Payán 2012) o hasta incluso dejen de funcionar. Para contrarrestar dicho problema, recomendamos utilizar sílica gel en el interior de las cámaras trampa.

- En el presente trabajo hemos utilizado pilas alcalinas doble A marca Energizer, con las cuales hemos obtenido un aproximado de 3 meses de duración; encontrando incluso algunas cámaras aún con batería (baja). Pilas recargables no son recomendables debido a que pierden energía en pocos días.

- Las cámaras trampa son compatibles con tarjetas de memoria SD o SDHC (alta capacidad), con un soporte máximo de 32 gb. Para utilizar la configuración de vídeo 1920x1080 (ultra HD) o 1280x720 (HD), alternativa que sugerimos en la *Tabla 1*, se recomienda usar tarjetas SD de alta velocidad (bushnell recomienda SanDisk® SDHC clase 6 o superior).

- Finalmente, es necesario mantener las cámaras limpias y secas, así como trasladarlas y almacenarlas en su empaque original, o en todo caso utilizando burbupack, para prevenir que se golpeen y/o malogren.

4. Referencias Bibliográficas

- **Díaz Pulido, A., y Payán Garrido, E. (2012).** Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia (No. Doc. 26070) CO-BAC, Bogotá). 36pp.

- **Goldstein, I., Márquez, R., y Bianchi G (2015).** Guía para el uso de trampas cámara: oso andino. Wildlife Conservation Society Colombia. Santiago de Cali. 44 pp.

- **Bushnell Trophy Cam HD Aggressor. (SF).** Instruction manual. 216 pp. http://bushnell.com/getmedia/728177d0-6bff-449c-a8ac-fa7ce9959c27/119774_119775_119776_119777_TrophyCamHDAggressor_5LIM_web_NoUSBcable_051115.pdf?ext=.pdf

- **TEAM network (2011).** Terrestrial vertebrate protocol: implementation manual, v.3.1. Tropical Ecology, Assessment and Monitoring Network, Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International, Arlington VA. 69 pp. http://www.teamnetwork.org/files/protocols/terrestrial-vertebrate/TEAMTerrestrialVertebrate-PT-EN-3.1.pdf

El papel utilizado para la impresión de este documento de trabajo ha sido fabricado a partir de material reciclado.

Amazon Vision

Protected Areas
Natural Solutions
to Climate Change

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

based on a decision of the German Bundestag

redparques

Ministerio
del Ambiente

WWF