

¿Qué áreas conservar en nuestras Zonas Áridas? Seleccionando sitios prioritarios para la conservación en la Ecorregión Desierto de Sechura - Perú

CLAUDIA VÉLIZ ROSAS*, LUIS ANTONIO TOVAR NARVÁEZ, CAROLINA TOVAR INGAR,

FERNANDO REGAL GASTELUMENDI, PEDRO VÁSQUEZ RUESTA

Centro de Datos para la Conservación, Universidad Agraria La Molina

(*)Email: cveliz@lamolina.edu.pe

RESUMEN

Considerando los límites propuestos por WWF para la Ecorregión Desierto de Sechura, se seleccionaron áreas prioritarias para futuras acciones de conservación. La metodología de planificación ecorregional incluye como insumos: el mapeo espacial de un conjunto de objetos de conservación previamente seleccionados, en este caso los sistemas ecológicos terrestres *sensu* Josse *et al.* (2003); una meta de conservación para cada objeto de conservación y el mapeo de los riesgos presentes en cada zona considerando las actividades humanas ahí desarrolladas. Para la selección de sitios se utilizó el programa Spatial Portfolio Optimization Tool ©, el cual combina los insumos antes mencionados produciendo un mapa de ubicación de los mejores sitios (portafolio de sitios). Los resultados sugieren el establecimiento de 50 unidades bajo algún tipo de estrategia de conservación, las cuales representan el 15,7% del área de la ecorregión (2 866 027 Has). Entre los sistemas ecológicos terrestres sin protección se encuentran los matorrales altimontanos de la puna xerofítica desértica, los matorrales desérticos basimontanos noroccidentales, y el bosque bajo y arbustal altimontano de la puna húmeda. Los dos primeros sistemas son endémicos a la ecorregión y el último tiene representado 95% de su área dentro de la ecorregión.

Palabras clave: Planificación ecorregional, Desierto de Sechura, portafolio de sitios, sistemas ecológicos terrestres

ABSTRACT

We selected priority sites for future conservation actions for the Sechuran Desert Ecoregion based upon the borders proposed by WWF. The ecoregional planning methodology includes inputs such as: The spatial mapping of a set of pre-selected conservation targets, in this case conservation targets were the terrestrial ecological systems sensu Josse, et.al. (2003); conservation goals ascribed to each conservation target; and risk mapping for entire study area based on human activities. Site selection was carried out using the SPOT (Spatial Portfolio Optimization Tool ©) software. This program combines the aforementioned inputs to produce a map of the best possible sites (portfolio sites). In

order to achieve the predetermined conservation goals, results of the analyses suggest the establishment of 50 conservation units under some conservation strategy. These units represent 15,7% of the total study area (2 866 027 has). Among the currently unprotected ecological systems, we found Highmountain scrubs of the desertic xerophytic puna, Northwestern desertic basemountain scrubs, and Low forest and highmountain shrubland of the humid puna. The first two systems are endemic to the ecoregion, while the last system shows 95% of its area within the ecoregion.

Keywords: Ecoregional Planning, Sechura Desert, sites portfolio, terrestrial ecological systems.

A nivel mundial ha ido creciendo el interés por la conservación de las zonas áridas, especialmente los desiertos. En el pasado a nivel mundial este bioma se encontraba subrepresentado al interior de áreas protegidas teniendo sólo el 4,8% de su área bajo protección en 1996 (Green & Paine, 1997). Para el año 2004, este porcentaje se incrementó a 11,6%, porcentaje que sigue siendo menor al 18,8% de cobertura porcentual de superficie que tienen los bosques tropicales húmedos (Chape *et al.*, 2005). A pesar de esta tendencia mundial, en el Perú sólo 2% de la superficie de desiertos y matorrales xéricos se encuentra protegido dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE), mientras que los bosques tropicales húmedos tienen el 20,5% de su superficie bajo alguna categoría de protección (CDC-UNALM, 2006). El énfasis en la protección de áreas altamente biodiversas y la poca atención a los ambientes secos o áridos con baja diversidad no sólo ocurre en el Perú (CDC – UNALM, 2006), sino también en otros países latinoamericanos como en Ecuador (Sierra *et al.*, 2002). La importancia de tener una adecuada muestra representativa de la biodiversidad ha sido resaltada por varios autores (i. e. Pressey, 1993; Margules, 2002), lo cual incluye también tener muestras representativas de ecosistemas áridos.

El desierto de Sechura es parte de los biomas de desiertos con ecosistemas áridos. Para el presente estudio se ha considerado la ecorregión tal y como fue definida por Dinerstein *et al.* (1995), quienes la ubican entre los 5° y 18° L.S. y entre 0 y 3,200 a 3,400 m.s.n.m. aproximadamente. A partir de esta propuesta varias organizaciones han empleado esta clasificación para priorizar Ecorregiones, como por ejemplo WWF, quien en su trabajo del Global 200 ya realiza algunos de los primeros ajustes a los límites de algunas ecorregiones en la selva (visitar http://www.wwfperu.org.pe/donde_trabajamos/ecorregiones/index.htm). Estos ajustes resultaron necesarios debido a la escala de trabajo del mapa propuesto por Dinerstein *et al.* (1995). Para la zona de estudio por ejemplo, existen ciertas discrepancias entre sus límites y lo que se encuentra en el campo, ya que gran parte de los matorrales y pajonales de la serranía occidental quedarían dentro del Desierto de Sechura. En un reciente trabajo del Centro de Datos para la Conservación de la Universidad Nacional Agraria La Molina (CDC-UNALM, 2006) se propone separar la extensión considerada como Desierto de Sechura en dos áreas: a) el Desierto de Sechura (ubicado entre el nivel del mar hasta los primeros cientos de m.s.n.m.) y b) los Andes Centrales (desde aproximadamente el límite superior del Desierto de Sechura hasta el límite inferior de la Puna). Para dicha propuesta se utilizaron los límites del Mapa de los Grandes Paisajes del Perú (CDC – UNALM, 1991) en donde se separa el desierto, de

lo que se denominan “andes”, utilizando las zonas de vida y los criterios de Udvardy (1975). Aún cuando la aproximación del CDC – UNALM (2006) es mas detallada, la decisión de utilizar los límites de Dinerstein *et al.* (1995), obedece a que la mayor parte de los países latinoamericanos lo han utilizado como base biogeográfica para los procesos de identificación de prioridades de conservación.

La ecorregión del Desierto de Sechura, a pesar de no contar con alta diversidad, cuenta con un gran número de endemismos; así, el 10% de la flora endémica del país se encuentra en esta ecorregión y de éste 10%, el 3% se encuentra en las lomas costeras (León *et al.*, 2006). Particularmente el sur de la ecorregión es altamente importante a nivel de endemismo de especies botánicas (Arakaki *et al.*, 2002). Franco *et al.* (2004) por ejemplo, registraron para Tacna 92 especies de plantas endémicas. Asimismo, es una ecorregión con un considerable número de reptiles endémicos (Carrillo & Icochea 1995). Adicionalmente en esta ecorregión se encuentran humedales, que constituyen importantes hábitats para aves migratorias (Tovar, 1971; Velarde, 1998; Cruz *et al.*, 2007) y en los cuales han sido reconocidos tres sitios RAMSAR (humedales de importancia internacional): Paracas, Lagunas de Mejía y Pantanos de Villa (www.ramsar.org).

Los ecosistemas del Desierto de Sechura afrontan constantes presiones debido principalmente a que el 54,6% de la población del Perú vive en la región costera (INEI, 2008). La presencia de esta población ha tenido como consecuencia el desarrollo de infraestructura vial, irrigaciones, y expansión urbana. Adicionalmente existe extracción minera artesanal, por lo que algunas de las comunidades vegetales más ricas de la ecorregión están en declive (León *et al.*, 1995 y 1997). Asimismo, algunas lomas costeras han sufrido un serio deterioro debido a la ganadería extensiva estacional que ocasiona la presencia de especies invasivas (Cano *et al.*, 1999), así como a la contaminación por residuos urbanos e industriales arrastrados por el viento.

La importancia de la ecorregión, la subrepresentación de los ecosistemas que comprende en el sistema de áreas protegidas y las presiones que sobre ella se ciernen hacen urgente el desarrollo de una estrategia para su conservación. El objetivo de planificar la conservación es identificar y diseñar áreas de conservación, para promover la persistencia de la biodiversidad *in situ* (Wilson *et al.*, 2005). En el Perú, dichas áreas una vez identificadas pueden ubicarse dentro de las diferentes opciones de conservación (SINANPE, áreas de conservación privada, concesiones para la conservación, etc.).

Para la identificación de áreas prioritarias, The Nature Conservancy ha desarrollado un marco metodológico, el cual ha sido aplicado e implementado en numerosas ecorregiones de América Latina, El Caribe y Micronesia, entre otras regiones (Groves *et al.*, 2002). Este marco comprende los siguientes pasos: 1) identificar objetos de conservación (OC), 2) acopiar y analizar información sobre éstos, 3) establecer metas de conservación, 4) evaluar la cobertura de las áreas de conservación existentes, 5) evaluar la habilidad de los objetos de conservación para persistir en el largo plazo, 6) elaborar un portafolio de conservación de áreas y 7) identificar áreas prioritarias para la conservación. Considerando estos pasos, se asegura que la priorización de áreas incorpora por un lado, un componente relacionado a la importancia biológica del área (el cual se desarrolla al acopiar información, establecer metas

y evaluar el estado de conservación de cada OC) y por otro lado incorpora un componente relacionado a la capacidad de resistencia ante las presiones para cada OC (paso 5). Este enfoque permite mejorar y hacer algo más objetiva la selección de sitios prioritarios que, en el pasado, tuvo un carácter menos objetivo y en algunos casos con una aproximación oportunista que no permitía alcanzar la representatividad necesaria (Pressey, 1993). De manera similar al triaje efectuado por médicos en situaciones de emergencia, para decidir a quién se atiende primero, la priorización hecha de esta manera cumple con las reglas de un triaje aplicado a la conservación: priorización en la asignación de recursos limitados para maximizar los beneficios de la conservación con respecto a las metas de conservación (Bottrill *et al.*, 2008).

En la última década, este marco metodológico ha sido aplicado a varias ecorregiones o complejos ecorregionales del Perú con algunas adaptaciones a cada caso analizado. Así se tienen las siguientes planificaciones ecorregionales: Yungas Peruanas (CDC-UNALM & TNC, 2006), Pacífico-Ecuatorial (Tirira *et al.*, 2004), Bosques húmedos de la Amazonía Suroccidental (WWF-CDC, S.f.) y Bosques inundables del Río Amazonas (IIAP-WWF, 2000), y la recientemente culminada planificación ecorregional para la Corriente de Humboldt.

El presente trabajo muestra los resultados de la Planificación Ecorregional del Desierto de Sechura que tuvo como objetivo identificar los lugares más valiosos para la conservación en esta área, considerando que fueran ecológicamente viables en un futuro y tratando de establecer una red de sitios que permitiera representar la biodiversidad de la región acorde con sus características.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar las áreas prioritarias para la conservación al interior de la Ecorregión Desierto de Sechura se utilizó la metodología propuesta por The Nature Conservancy (TNC) denominada *Planificación Ecorregional* (Grooves *et al.* 2000). Existen muchas otras metodologías parecidas a la Planificación Ecorregional propuesta por TNC, cada una con distintas variaciones, pero con un mismo objetivo: Priorizar áreas de tal manera que se contribuya de manera efectiva a la conservación. Según Margules (2002) las áreas prioritarias deben tener dos roles: a) Tomar muestras representativas de la biodiversidad, y b) aislar en la medida de lo posible la biodiversidad de los procesos que amenazan su persistencia.

Para el desarrollo de la metodología de *Planificación Ecorregional*, se requieren tres insumos. En primer lugar, determinar y mapear un conjunto de objetos de conservación que representen la biodiversidad del área; en segundo lugar, establecer una meta de conservación; y en tercer lugar, diseñar un método *ad hoc* para establecer el costo de conservación de cada unidad de análisis. La selección de objetos de conservación puede basarse en una lista de especies y/o sistemas ecológicos, cuya distribución sea de preferencia, potencialmente maleable. Para este caso se decidió trabajar sólo con los sistemas ecológicos terrestres. Los sistemas ecológicos son comunidades de plantas que se localizan en paisajes con sustratos y/o gradientes ambientales similares (Josse *et al.* 2003). Actualmente, las pautas para el mapeo de sistemas ecológicos en Latinoamérica son lideradas por la institución NatureServe, la cual ha asignado un código especial para cada sistema ecológico. Dicho código se utiliza en la presente publicación con el

objetivo de que sirva para futuras referencias al sistema, una vez que la descripción detallada de cada sistema sea publicada por NatureServe. Para mayor información se sugiere visitar los sitios: <http://www.natureserve.org/getData/LACecologyData.jsp> o http://www.natureserve.org/aboutUs/latinamerica/aa_ecological_systems_es.jsp

El mapeo de sistemas ecológicos se realizó superponiendo la información espacial de la elevación del terreno (90 m. de resolución, proveniente del SRTM, 2004), con las clases de bioclima según el sistema de “Clasificación Bioclimática de la Tierra” desarrollado por Rivas–Martínez (2005). Cada clase bioclimática se basó en diversos índices calculados a partir de los macrogrids de datos globales del clima (1 km de resolución), desarrollados por Hijmans *et al.*, (2005) en la Universidad de California, en Berkeley, en el marco del Proyecto WORLDCLIM. Una vez superpuesta esta información se hizo la validación del modelo utilizando información proveniente de imágenes satelitales (Landsat del año 2000 y de alta resolución disponibles en Google Earth) y de cinco salidas de campo. En tales salidas se realizaron recorridos altitudinales para los departamentos de Ancash (tres cuencas), Lima (una cuenca), Arequipa (dos cuencas), Moquegua (una cuenca) y Tacna (una cuenca). Posteriormente, para considerar un sistema como de distribución restringida, se consideró que éste debería tener la mayor parte de su área total dentro de la Ecorregión, y además esta área debe ser igual o menor al 2% del área de toda la ecorregión Desierto de Sechura.

La definición de metas de conservación para cada objeto generalmente se expresa en términos del porcentaje del área existente de cada objeto, que debería incluirse dentro del conjunto de áreas prioritarias determinadas. Considerando que la actividad humana al interior de la ecorregión es bastante alta y que la mayoría de los sistemas ecológicos está bajo una fuerte presión de fragmentación y cambio de uso del suelo, se decidió que una meta máxima y realizable para los sistemas más importantes sería del 50%. Por otro lado, para el establecimiento de las metas se tuvo en cuenta la complejidad ecológica asociada a la gradiente altitudinal. Durante las salidas de campo realizadas para validar el mapa de sistemas ecológicos, se realizaron observaciones desde el nivel del mar hasta los 3500 m.s.n.m. y para casi todas las latitudes de la ecorregión, una clara sucesión desde el desierto hacia un paisaje dominado por cardonales (conocido como piso de cactáceas y correspondiente a los sistemas CES504.014 y CES504.007). Estos cardonales son seguidos por una mezcla de cardonales con matorrales (arbustos de porte pequeño y malezas), y a medida que se gana altitud los cardonales desaparecen quedando sólo matorrales, los cuales son sucedidos por arbustos de mayor porte, y finalmente por bosques o bosques con arbustales en la línea superior. De esta manera, teniendo en cuenta esta complejidad asociada a una gradiente altitudinal, se estableció que los sistemas de mayor complejidad tales como los bosques, bosques y arbustales y las lomas tuvieran una meta máxima del 50%. La meta para los sistemas que albergan matorrales y matorrales con arbustales fue establecida en el 40%, mientras que para los sistemas con cardonales en 30%. Para los pajonales la meta se estableció en 15% y para los sistemas de desierto se propuso una meta de entre 5 y 10%. Las metas fueron disminuidas en algunos casos en los que el sistema está mejor representado en otra Ecorregión; en otros casos

las metas fueron aumentadas si el sistema era único o restringido a una sola zona del área de estudio y no se encontraba en otra ecorregión.

El costo de conservación de cada unidad de análisis no tiene una escala monetaria sino una escala jerárquica definida por el usuario (por ejemplo entre 0 y 10, entre 0 y 100, etc.). Para este caso, se utilizó el módulo 1 del Sistema de Soporte de Decisiones “Protected Area GAP” desarrollado por Schill *et al.*, (2006). Dicho módulo se denomina Environmental Risk Surface (ERS) y se opera como una extensión para *ArcGis* que es capaz de construir una superficie de riesgos ambientales combinando capas de información espacial sobre las actividades humanas (se utilizaron: centros poblados, áreas urbanas, áreas agrícolas, concesiones mineras, caminos y vías férreas). Para cada capa de información, el tamaño de cada píxel fue de 270 metros de lado, ya que según otras experiencias, de haber sido necesarios cálculos complejos entre los píxeles, este tamaño es el que permite no exceder la capacidad numérica de los programas para un área de la extensión del Desierto de Sechura. Para cada actividad humana se definió entonces un valor de “distancia de impacto” e “intensidad de impacto” para cada uno de los sistemas. La intensidad es la severidad del impacto de la actividad humana sobre la biodiversidad y la distancia es la extensión hasta donde el impacto tiene relevancia. Así, la superficie de riesgos ambientales constituye un mapa donde, para cada píxel existe un valor de intensidad del impacto (que es mayor si el píxel se encuentra más cerca del punto, línea o superficie de actividad humana de origen). Dicha intensidad, en este caso constituye directamente el valor del costo de conservación, cuya escala fue establecida entre 0 y 100.

Finalmente, el programa SPOT (Spatial Portfolio Optimization Tool) (Shoutis, 2003) combina los insumos y selecciona un portafolio de sitios prioritarios, dando prioridad a aquellas zonas que conservan la biodiversidad de manera más eficiente, tanto a nivel biológico como a nivel de los costos. Para esto el programa divide el área de estudio y los insumos en hexágonos cuya área es determinada por el usuario en función al nivel de detalle que se desea obtener y al tiempo que va a emplear el programa en lograr resultados, cuanto mas pequeño el hexágono mayor tiempo se tarda el programa en culminar una sola prueba. La selección del tamaño final depende de un balance entre el detalle requerido y el tiempo disponible para realizar las pruebas, ya que para el portafolio final es usual tener que realizar mas de cien pruebas y cada prueba con distintos números de iteraciones. Para este caso en particular se estableció un tamaño de 1000 has por hexágono, basados en el tiempo empleado para planificaciones ecorregionales previas y los resultados obtenidos para la planificación ecorregional de las Yungas Peruanas (CDC-UNALM, *et al.* 2006). De esta manera se obtuvieron un total de 19 451 hexágonos. El proceso de selección de SPOT utiliza un algoritmo denominado Simulated Annealing, el cual consiste en ensayar varias veces la elección de un conjunto de hexágonos evaluando cuál de todos los ensayos resulta el menos costoso. Es como lanzar una pelota en distintas direcciones esperando que caiga en el más profundo de todos los valles (el menor costo), cuantas más veces se lance (o se corra el programa), es mayor la probabilidad de encontrar el valle más profundo. El resultado de SPOT fue analizado y corregido cuando fue necesario. Dado que se trata de un programa computacional cuyo objetivo es cumplir las metas proporcionadas, es probable que el programa seleccione algunas zonas inadecuadas. Por tal

motivo una vez listo el portafolio final, debe ser revisado por el equipo de trabajo para evaluar la coherencia del mismo. Por ejemplo para los pajonales, sistemas altamente intervenidos, el programa seleccionó un conjunto de hexágonos aislados en zonas que consideró las menos impactadas. Sin embargo, la priorización de hexágonos aislados rodeados de actividades antrópicas no constituye una estrategia viable, y por lo tanto fueron eliminados.

RESULTADOS

Sistemas Ecológicos

Se obtuvo un total de 23 objetos de conservación: 21 sistemas ecológicos modelados, un sistema ecológico mapeado a mano alzada (CES504.011 Rosetales desérticos basimontanos) y la unidad denominada “lomas costeras”, la cual fue también mapeada a mano alzada directamente sobre la imagen satelital. Debido a la escala de trabajo empleada para el mapa de ecorregiones propuesto por WWF, la ecorregión del desierto de Sechura incluye parte de la puna en su límite oriental. Por esta razón, utilizando las imágenes satelitales y las curvas de nivel entre los 3200 y 3500 m.s.n.m., se definió lo que sería el límite para la modelación de sistemas ecológicos terrestres en el área de estudio. Por encima de estas altitudes, el área fue separada para no considerarla en la modelación y se le denominó “puna”.

Se identificó un total de 12 sistemas ecológicos endémicos a la ecorregión. Dado que la ecorregión abarca la mayor parte de la costa peruana y se extiende hasta la costa norte chilena, cabe señalar que de los 12 sistemas endémicos cuatro se encuentran sólo en el Perú. Por otro lado, ocho sistemas ecológicos son de distribución restringida, de los cuales cuatro son también endémicos a la ecorregión, y dos son endémicos a la ecorregión y al Perú (Sistemas CES504.016 Matorrales desérticos basimontanos noroccidentales, CES504.017 Matorrales desérticos montanos noroccidentales). En la leyenda de la Figura 1 se puede observar una descripción detallada de los endemismos y la distribución, así como la ubicación de cada sistema ecológico.

Ocho de los sistemas ecológicos identificados no se encuentran bajo ninguna categoría de protección, y los Matorrales desérticos montanos noroccidentales (CES504.017) tienen tan sólo 0,23 ha dentro de una área protegida. De estos sistemas el único endémico es el de los Matorrales desérticos basimontanos noroccidentales (CES504.016). Entre los sistemas no endémicos, pero de distribución restringida, los más preocupantes debido a que no cuentan con ninguna área natural protegida que los albergue, son los Matorrales altimontanos de la puna xerofítica desértica (CES504.008) y el Bosque bajo y arbustal altimontano de la puna húmeda (CES409.074) (ver Cuadro 1).

Portafolio de Sitios

Las metas de conservación fueron alcanzadas en la mayoría de los casos, exceptuando cuatro sistemas. De esos cuatro el porcentaje de cumplimiento de metas es razonable, excepto para los Pajonales y Matorrales altimontanos de la Puna Húmeda (CES409.087) que tan sólo alcanzaron el 21%. Esto se debe a la fuerte presión de agricultura y pastoreo que recibe este sistema en la ecorregión. Esto si bien alerta sobre la dificultad para elegir un buen sitio en la

zona de estudio, no es del todo preocupante ya que su conservación sería más funcional en la ecorregión adyacente donde se encuentra el 99% de este sistema.

El portafolio final incluye 50 unidades o sitios prioritarios (ver Figura 2 y Cuadro 2). El área total cubriendo sistemas ecológicos dentro del portafolio es de 2 866 027 ha, que representan el 15,7% del área total de la Ecorregión Desierto de Sechura según los límites propuestos por WWF. Esta área incluye parte de las actuales áreas naturales protegidas (ANPs)

DISCUSIÓN

Los Sistemas Ecológicos y su distribución

El Desierto de Sechura constituye un conjunto de ecosistemas de extrema aridez o subaridez donde dominan los paisajes yermos o inertes (sin vegetación), sin embargo, mantiene un variado mosaico de asociaciones vegetales de especies leñosas y suculentas, conformando bosques, matorrales, arbustales y cardonales. Esto está documentado en variados trabajos como los de Ferreyra (1983) o los de Galán de Mera *et al.* (2004, 2003 y 2002) y los de Rivas Martínez *et al.* (1993 y S.f.). En esta matriz se desarrollan formaciones vegetales complejas y con abundancia de endemismos y especies de distribución rara. Prueba de esto es por ejemplo, el hecho de que todos los sistemas endémicos representan alrededor del 62% de la Ecorregión. Algunos de estos sistemas cubren una gran extensión, como los dos sistemas desérticos (Desierto de Sechura CES409.902 y Desierto absoluto mediterráneo tropical CES504.001) pero existen otros sistemas endémicos como las lomas costeras cuya distribución es restringida. Por otro lado, los cuatro sistemas endémicos al Perú representan el 13% de la ecorregión: dos cardonales que se extienden desde Ancash hasta la parte norte de Arequipa (cardonales y matorrales desérticos del piedemonte occidental de la puna húmeda CES504.014 y los cardonales y matorrales montanos desérticos occidentales CES504.015), y dos matorrales que se encuentran únicamente entre Ancash y el norte de Lima (matorrales desérticos basimontanos noroccidentales CES504.016 y los matorrales desérticos montanos noroccidentales CES504.017).

Mención aparte merecen los dos sistemas boscosos (bosques y arbustales montanos xéricos interandinos de la puna húmeda CES409.077 y bosques bajos y arbustales altimontanos de la puna húmeda CES409.074), y el sistema ribereño (bosques y arbustales ribereños basimontanos desérticos CES504.006), cuyas distribuciones se observan fragmentadas. Los dos sistemas boscosos ubicados a mayor altitud, han estado sujetos a distintas presiones, como la expansión agrícola, la extracción de madera para leña o el sobrepastoreo. Un ejemplo de este hecho lo constituye el Boque de Zárate, lugar donde Valencia *et al.* (1980a, b) refieren haber entrevistado pastores que habían utilizando el bosque por más de 20 años, y describen procesos de degradación del suelo y la ausencia de regeneración natural. A diferencia de otros sistemas, la distribución de estos bosques se observa bastante fragmentada y restringida sólo a algunas zonas, representando únicamente el 0.97% de toda la ecorregión. Si bien es cierto que ambos sistemas están también representados en las ecorregiones adyacentes a mayor altitud, el área total que comprenden sigue siendo una superficie reducida en comparación con otros sistemas de la ecorregión Desierto de Sechura. Por otro lado, el sistema ribereño

denominado bosques y arbustales ribereños basimontanos desérticos (CES504.006) ha estado sometido principalmente a una presión de cambio de uso del suelo, proveniente de la ampliación de la frontera agrícola, la cual ha transformado la superficie del sistema mediante un reemplazo de especies y la disminución o desvío de las fuentes de agua. Este desvío y/o represamiento de aguas no solo afecta la disponibilidad de agua a nivel superficial, sino que también existen efectos en las aguas subterráneas.

Existe un grupo de sistemas que se encuentran dentro de la ecorregión a manera de transición hacia otras Ecorregiones adyacentes, tal es el caso de casi todos los sistemas ubicados al extremo norte de la Ecorregión, como el bosque tumbesino seco deciduo (CES401.306), el matorral espinoso seco a semidesértico (CES401.313) (con sólo el 25% de su área total dentro del área de estudio), el bosque tumbesino de sabana (CES401.315) (solo el 10% del área total está dentro del Desierto de Sechura) y el bosque montano bajo xérico de los andes del norte (CES409.902). Estos sistemas se encuentran mejor representados en la Ecorregión del Bosque Seco de Tumbes – Piura. Algo similar ocurre con los dos sistemas denominados pajonales y matorrales altimontanos de la puna húmeda (CES409.087) y los pajonales y matorrales altoandinos de la puna xerofítica norte (CES505.028), sistemas que se encuentran mejor representados en las Ecorregiones de Puna (únicamente el 1% del total del sistema se encuentra al interior de la Ecorregión Desierto de Sechura). Es de esperarse que dada la escala de trabajo que se empleó para el mapeo de sistemas ecológicos (1:100 000), los límites ecorregionales propuestos por Dinerstein *et al.* (1995) a una escala de 1:15000000, presenten ciertas inconsistencias. Es importante entonces, tener en cuenta esta y otras aproximaciones basadas en el mapeo de sistemas ecológicos, ya que pueden contribuir al desarrollo de una nueva propuesta que permita ajustar los límites ecorregionales tan ampliamente utilizados. En este sentido es importante mencionar el desarrollo de otros esfuerzos relacionados al mapeo de sistemas ecológicos fuera del ámbito de la ecorregión del Desierto de Sechura y con la misma metodología empleada en el presente trabajo. Entre los más importantes se puede mencionar los sistemas ecológicos de la cuenca Amazónica de Perú y Bolivia (Josse *et al.*, 2007) y el recientemente culminado Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centrales que comprenden los sistemas ecológicos de altura para todos los países andinos (Josse *et al.*, 2009).

La distribución de los sistemas ecológicos y el tamaño de los mismos se han visto afectados en general por la expansión de actividades humanas principalmente la agricultura y la expansión urbana. Tal es así que más de un millón de hectáreas (7.2% de la ecorregión) están dedicadas a alguna actividad humana. Sin embargo, existe otra fuente de variabilidad natural en las dimensiones de algunas formaciones vegetales y es la dinámica asociada a los Eventos El Niño (ENSO). Una de las consecuencias de este evento es el incremento de la precipitación en la costa occidental de América, que en el desierto tiene un efecto de germinación y florecimiento masivos (Gutierrez *et al.*, 2000). Este incremento en la cobertura vegetal en el desierto está dominada por plantas herbáceas y trae consigo un considerable incremento en el banco de semillas (Jaksic, 2001). Algunas de estas semillas pueden permanecer en estado de dormancia entre 20 y 50 años (Dillon & Rundel, 1989), permitiendo que estas especies vuelvan a

aparecer con el siguiente ENSO. Así por ejemplo, las lomas tienen una historia de expansión y contracción a lo largo del tiempo (Saito, 1976). Sin embargo, la principal contracción de este ecosistema se debe a las actividades humanas, ya que la distribución original de las lomas, se cree, abarcaría toda la franja costera (Ministerio de Agricultura, 1979). Es probable que otros sistemas ecológicos del desierto de Sechura tengan también estos procesos de expansión y contracción. Bowers (1997), en un estudio en el desierto de Sonora encontró que el reclutamiento de algunas especies de cactus se encuentra estrechamente vinculado al ENSO. Patrones similares podrían encontrarse en el desierto de Sechura, sin embargo, son necesarios más estudios.

Nivel de protección actual de los sistemas ecológicos y la contribución del portafolio de sitios

El sistema con mayor porcentaje de superficie de ANPs dentro de la Ecorregión es el bosque tumbesino seco deciduo (CES401.306), principalmente por la presencia del Santuario Histórico Bosque de Pómac. El segundo sistema con mayor porcentaje de área bajo protección es el de los matorrales desérticos montañosos suroccidentales (CES504.009), sistema endémico a la ecorregión. Aproximadamente 13.6% del área de este sistema está protegido en su mayoría en la Reserva Paisajística Sub Cuenca del Cotahuasi y una poca extensión en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca. Entre los sistemas ecológicos terrestres endémicos y de distribución restringida, que se consideran sin protección están: Matorrales desérticos basimontañosos noroccidentales (CES504.016) y matorrales desérticos montañosos noroccidentales (CES504.017). Ambos sistemas ubicados entre los 1500 y 3000 m.s.n.m aproximadamente entre el norte de Lima y el sur de Ancash. La conservación de estos sistemas se aseguraría con el área prioritaria Chasquitambo (15) en donde se albergaría 40% del área total de cada uno de los sistemas.

Por otro lado, los sistemas ecológicos terrestres no endémicos pero de distribución restringida, que se consideran sin protección son: Matorrales altimontañosos de la puna xerofítica desértica (CES504.008) matorrales altimontañosos de la puna xerofítica noroccidental (CES505.018) y bosque bajo y arbustal altimontano de la puna húmeda (CES409.074). Los dos sistemas de matorrales son característicos de las alturas del sur del Perú ubicados a partir de los 3000 m.s.n.m. y especialmente el CES505.018 de poca extensión y restringido a los departamentos de Moquegua y Tacna. Para ambos sistemas, el área prioritaria Sama-Caplina (50) albergaría 30% del área para el sistema CES505.018 y 41% del área total para el sistema CES504.008. Para el sistema CES409.074 se han seleccionado las áreas prioritarias de Aniso (33) y Cañón del Colca (41), ubicadas en Ayacucho y Arequipa, respectivamente. Aniso albergaría 24% del área total del sistema, mientras que Cañón del Colca alberga 14% del área del sistema. Casi todos los demás sistemas no mencionados, tienen muy poco porcentaje de su área bajo algún régimen de protección. De todos ellos, cabe mencionar a los Cardonales desérticos montañosos suroccidentales (CES504.007) que corresponde al típico cardonal de *Browningia candelaris* encontrado al sur del país, y del cual solo existen cerca de 1967 has (0.28% del sistema) dentro de la Reserva Paisajística Sub Cuenca del Cotahuasi. Para la conservación de este sistema el portafolio de sitios sugiere las áreas prioritarias El Molino (35), Sama – Caplina

(50) y Tambo Medio (47) las cuales albergarían 9%, 8% y 8% del área total de sistema, respectivamente.

Las lomas costeras merecen mención aparte, ya que se han mantenido separadas de la clasificación de NatureServe por ser un ecosistema típico costero y en franca disminución. Actualmente dos áreas naturales protegidas albergan este ecosistema, la Reserva Nacional de Lachay y unas pocas hectáreas en la Reserva Nacional de Paracas, alcanzado a proteger sólo 1,39% de la superficie total de lomas costeras en el Desierto Peruano. El portafolio de sitios propone una red de localidades para las Lomas que incluyen entre las más importantes a las Lomas de Camaná (38), Lomas de Atiquipa (36), sur de la Reserva Nacional de Paracas (25), Atico (37) lugares que, junto con las lomas ya protegidas, sumarían 45% del área total de Lomas. El portafolio de sitios también propone la protección de otras lomas mas pequeñas como Iguanil (17) o las Lomas de Ilo (48).

Es importante señalar que en casi todas las pruebas realizadas con el programa SPOT, los sitios correspondientes al Bosque de Pómac, Reserva Nacional de Calipuy, extremo sur de la Reserva Nacional de Paracas, zona baja de la Reserva Paisajística Sub Cuenca del Cotahuasi y la zona baja de la Reserva Nacional Salinas Aguada Blanca; fueron seleccionados como sitios prioritarios. Esto sugiere que la selección de sitios para conservación en esta Ecorregión, ha venido siendo realizada de manera eficiente aún sin las herramientas disponibles hoy en día. Sin embargo, quedan aún muchos vacíos por cubrir y se espera que la presente propuesta de portafolio de sitios contribuya en esta tarea. No obstante, para cubrir estos vacíos se debe tener en cuenta que el Desierto de Sechura es una ecorregión que alberga una gran carga demográfica, donde se desarrollan importantes actividades económicas, y donde muy probablemente sea más factible el desarrollo de actividades de conservación desde un punto de vista de complementariedad y compatibilidad con las actividades humanas. Considerando además que el sistema nacional de áreas protegidas esta imposibilitado financieramente para asumir un crecimiento mayor, las estrategias de conservación enfocadas hacia áreas de conservación municipal (ACM) o comunal (ACC) pueden ser opciones mas viables.

La metodología aplicada permite obtener una visión general sobre dónde destinar los recursos para la conservación, y de cómo ordenar el territorio. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los límites de cada unidad de conservación no son definitivos, siendo necesario validar en campo la forma y extensión de cada sitio. Además es importante tener en cuenta que los resultados de un portafolio de sitios dependen de cómo se diseña el método para la determinación de los costos de conservación, así como de una buena modelización de los sistemas ecológicos terrestres.

Existen diversos de métodos para estimar costos de conservación en donde se realiza principalmente un análisis de vulnerabilidad. Según Pressey *et al.* (1993), independientemente del algoritmo que se utilice, una buena selección de sitios debe cumplir tres principios básicos: a) ser capaz de producir unidades altamente complementarias entre sí; b) ser altamente flexible, es decir capaz de producir una diversidad de potenciales portafolios de sitios (lo cual tiene implicancias para la selección final) y c) elegir aquellos sitios considerados como

irreemplazables, aquellos cuya contribución potencial a la meta es insustituible o aquellos que al no considerarse generan que se pierdan importantes opciones para conservación. Wilson *et al.* (2005) agrupan los métodos para el desarrollo del análisis de vulnerabilidad en cuatro grupos: a) Aquellos basados en la tenencia y el uso de la tierra, b) los basados en variables espaciales y medioambientales, un tercer grupo basado en especies amenazadas, y d) el último método basado en la decisión de expertos. En el Perú por ejemplo, para la Planificación Ecorregional de Yungas se utilizó una aproximación que mezclaba usos de la tierra con variables espaciales y medioambientales, basándose en los impactos de las actividades pasadas sobre los procesos actuales de deforestación, para indicar así la vulnerabilidad futura de los sitios no deforestados (CDC-UNALM, *et al.* 2006). En este caso se utilizó como variable dependiente la deforestación calculando una regresión logística entre la deforestación y las otras variables. Para la ecorregión Desierto de Sechura, fue difícil identificar una única variable dependiente y utilizar ese tipo de aproximación. Todas las fuerzas que modifican el ecosistema no se traducen en una sola variable como en el caso de las Yungas, sino que se expresan en un conjunto de variables (incremento de vegetación en el desierto, pérdida de vegetación por pastoreo, minería y tala en zonas altas) que harían difícil una aproximación cuantitativa. Además, estas fuerzas se distribuyen de manera diferenciada según se trate de áreas cerca del mar o en las alturas. Es por esta razón que se utilizó una aproximación que se ubica en el primer grupo mencionado por Wilson *et al.*, (2005), ya que se estima la vulnerabilidad con base en los usos actuales de la tierra.

En cuanto a la modelación de sistemas, es importante no perder de vista que una modelización es una simplificación de la realidad y el nivel de precisión puede no corresponder exactamente a lo que se observa en campo. Si bien es cierto, en las salidas a campo se han comprobado algunos de los límites altitudinales propuestos por el modelo, existe una variabilidad natural asociada a eventos climáticos que pueden modificar los límites altitudinales, y más aún en un contexto de cambio climático. Dado que la modelación se basa en variables climáticas, es probable que en el futuro los límites entre un sistema y otro, o entre los sistemas y las áreas agrícolas, varíen en distintos grados. Esto no invalida un portafolio de sitios, sino que por el contrario, como menciona Hannah *et al.* (2002) vuelve más importante el concepto de diseño de redes de conservación a una mayor escala, redes que permitan conectividad y el manejo de la matriz de biodiversidad alrededor de áreas núcleo ya protegidas, de tal manera que se evite un gran número de extinciones debido al cambio climático. En el caso de la ecorregión Desierto de Sechura el diseño de la red de sitios luce con una amplia variedad de tamaños y formas. Esto obedece en gran parte a que las actividades humanas que se desarrollan se distribuyen de manera tal que hace difícil la selección de bloques consolidados. Sin embargo, existen muchas áreas seleccionadas cerca o alrededor de áreas protegidas que actuarían como “áreas núcleo”. Finalmente, es necesario mencionar que el portafolio final propuesto es una primera aproximación para las necesidades de conservación en la ecorregión considerando la escala ecosistémica enfocada a plantas. Si bien se espera que este diseño conserve también especies importantes de fauna, ligadas a los sistemas ecológicos endémicos, en el futuro será necesario considerar la distribución de estas especies de forma directa.

Consideraciones para el manejo

La baja diversidad de especies que se observa en la franja de desierto, atribuido a su aridez, lleva algunas veces a la concepción errónea que el incremento de extensiones verdes mejora las condiciones para ciertos animales aumentando la riqueza de especies. Sin embargo, en términos de diversidad biológica, la riqueza de especies no es la característica más importante de la ecorregión sino los endemismos que en ella se encuentran. En Chile por ejemplo se ha sugerido que esta característica sea tomada en cuenta al momento de elegir sitios para la conservación y no solo centrarse en la riqueza de especies (Cavieres *et al.*, 2002). En el Perú esta característica es confirmada por los resultados de los sistemas ecológicos endémicos y a nivel de especies de plantas por el estudio de León *et al.* (2006).

Otra consideración que se debe tener en la ecorregión analizada es que el desierto actúa de cierta manera como una barrera natural entre ciertos ecosistemas. Contrario al caso de los bosques tropicales que requieren conectividad, en el caso de esta ecorregión, la conectividad entre estos sistemas naturalmente aislados puede llevar a una pérdida de especies originales. Si los cambios en el paisaje son lo suficientemente fuertes, se puede incluso llegar a transformar la barrera geográfica natural que representa el desierto, convirtiéndola en una zona de paso tanto a nivel altitudinal como latitudinal, posibilitando cambios en los rangos de distribución natural de las especies. Sin embargo, hay que tener en cuenta que gran parte de estos cambios ya han ocurrido y va a ser difícil revertir este proceso. Por esta razón, es importante desarrollar estrategias de monitoreo que permitan alertar tempranamente posibles cambios en el paisaje, cambios en la distribución poblacional de especies clave, e incluso alertar sobre el ingreso de especies exóticas o invasoras (ver Cossíos, 2004)

Por otro lado, debido a la limitación de recursos hídricos en la región, se debe tener en cuenta el eje agricultura-agua-cabeceras de cuenca en los planes de conservación y manejo. La incorporación de un portafolio de sitios importantes para la hidrología de la ecorregión no fue posible debido a la falta de información para toda el área de estudio. Sin embargo, muchas de las áreas prioritarias seleccionadas incluyen fuentes de agua de cuya regulación y mantenimiento pueden depender en el futuro algunas áreas agrícolas. Es importante señalar, que si bien la expansión agrícola toma agua de los grandes ríos, la interconexión subterránea entre acuíferos afecta también a los ríos de menor orden, disminuyendo así la disponibilidad de agua. En una ecorregión con una fuerte presión por parte de la agricultura, y donde a su vez la distribución de especies está fuertemente relacionada a la presencia de fuentes de agua (tanto superficial, como subterránea e incluso proveniente de la condensación), esta falta de información no nos permite enfocar de una mejor manera las actividades de conservación. Si bien es cierto, en años anteriores se han realizado estudios puntuales en algunas zonas para evaluar la disponibilidad del acuífero, éstos estudios fueron realizados con fines agrícolas, y hoy en día no existe información sobre la distribución actual de los acuíferos subterráneos ni del estado de la napa freática después de tantos años de uso agrícola. Esto se torna en un punto gravitante si consideramos que el 13,5% de la superficie agrícola a nivel nacional se concentra en esta región (Arnillas *et al.*, 2008).

Los recursos hídricos también cobran un rol principal en el actual contexto de cambio

climático. La planificación para la conservación ya debería incorporar los escenarios futuros de cambios en la biodiversidad. Hannah *et al.* (2002) mencionan que la mayoría de agricultores de subsistencia así como los mayores riesgos de perturbaciones sociales se encuentran en los países tropicales en donde también la biodiversidad es alta. Esto nos posiciona en un escenario un tanto preocupante no sólo para la sostenibilidad ecológica sino también para la sostenibilidad socioeconómica. Hannah *et al.* (2002) sugieren que, dado que los cambios en distribución de especies y hábitats no obedecerán a límites políticos, el desarrollo de mecanismos de coordinación interprovincial e internacional sería necesario.

Las estrategias de conservación propuestas por el presente trabajo tienen principal énfasis en el establecimiento de áreas de conservación municipal (ACM) o comunal (ACC), esperando que sean las poblaciones locales las que asuman un liderazgo en los temas de conservación y manejo de recursos. En el contexto actual de descentralización son los municipios y las regiones las que tienen el papel protagónico, y es deber del Estado, no solo coordinar con ellos las diferentes acciones de manejo sino también proveer de la información y capacitación adecuada para que la sustentabilidad social y ecológica sea efectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arakaki, M., A. Cano. 2003. Composición florística de la cuenca del río Ilo-Moquegua y Lomas de Ilo, Moquegua, Perú. *Rev. peru. biol.* 10 (1), 5-19
- Arnillas, C.A., G. Galindo, M. Peralvo & C. Tovar. 2008. Validation and difusión of the GLOBIO methodology in the Andean Region. CDC – UNALM, IAVH, Ecociencia, PBL. Final Report. Lima – Perú.
- Bottrill, M., L. Joseph, J. Carwardine, M. Bode¹, C. Cook, E. Game, H. Grantham, S. Kark, S. Linke, E. McDonald-Madden, R. Pressey, S. Walker, K. Wilson & H. Possingham. 2008. Is conservation triage just smart decision making? *Trends Ecol. Evol.* 23(12), 649-654
- Bowers, J. 1997. Demographic patterns of *Ferocactus cylindraceus* in relation to substrate age and grazing history. *Plant Ecol.* 133: 37-48, 1997.
- Cano, A., J. Roque, M. Arakaki, C. Arana, M. La Torre, N. Llerena & N. Refulio. Diversidad florística de las Lomas de Lachay (Lima) durante el Evento “El Niño 1997-98”. *Rev. peru. biol.* Vol. Extraordinario, 125-132
- Carrillo, N., J. Icochea. 1995. Lista Taxonómica preliminar de los reptiles vivientes del Perú. Serie. A Zoología No 49, 15
- Cavieres, L., M. Arroyo, P. Posadas, C. Marticorena, O. Matthei, R. Rodriguez, F. Squeo & G. Arancio. 2002. Identification of priority areas for conservation in an arid zone: Application of parsimony analysis of endemism in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. *Biodivers. Conserv.* 11, 1301-1311
- CDC - UNALM. 1991. Plan director del Sistema Nacional de Unidades de Conservación (SINUC), una aproximación desde la diversidad biológica (propuesta CDC-UNALM). Lima. 153 p. + anexos.
- CDC-UNALM. 2006. Análisis de la Cobertura ecológica del Sistema de Áreas Naturales

- Protegidas por el Estado. CDC-UNALM / TNC. Lima, Perú. 135 pp + Anexos.
- CDC-UNALM & TNC. 2006. Planificación para la Conservación Ecoregional de las Yungas Peruanas: Conservando la Diversidad Natural de la Selva Alta del Perú. Informe Final. Lima, Perú. 207 pp. + anexos
- Chape, S., J. Harrison, M. Spalding & I. Lysenko. 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Phil. Trans. R. Soc. B* 360, 443–455
- Cossíos, D. 2004. La liebre europea (*Lepus europeus*) (Mammalia, Leporidae), especie invasora en el sur del Perú. *Rev. peru. biol.* 11 (2), 209-212.
- Cruz, Z., F. Angulo, H. Burger, R. Borgesa. 2007. Evaluación de aves en la laguna El Paraíso, Lima, Perú. *Rev. peru. biol.* 14(1), 139- 144
- Dillon, M. O.; W. Rundel. 1989. The botanical response of the Atacama and Peruvian desert floras to the 1982-83 El Niño Event.. En Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño Southern Oscillation. Editor P. W. Glynn
- Dinerstein, E., D. Olson, D. Graham, A. Webster, S. Primm, M. Bookbinder & G. Ledec. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. WWF y Banco Mundial. Washington, DC. 135 p. + mapas.
- Ferreira, R. 1983. Los tipos de vegetación de la costa peruana. *Anales Jard. Bot. Madrid* 40(1) 241 – 256.
- Franco, J; C. Cáceres & L. Sulca. 2004. Flora y vegetación del Departamento de Tacna. *Ciencia & Desarrollo* 8: 23-30. Tacna (Perú).
- Galán de Mera, A.; S. Baldeón; H. Beltrán; M. Benavente & J. Gómez. 2004. Datos sobre la vegetación del centro del Perú. *Acta Botánica Malacitana* 29: 89-115.
- Galán de Mera, A.; C. Cáceres & A. Gonzáles. 2003. La vegetación de la alta montaña andina del sur del Perú. *Acta Botánica Malacitana* 28: 121-147.
- Galán de Mera, A.; M. Rosa & C. Cáceres. 2002. Una aproximación sintaxonómica sobre la vegetación del Perú. Clases, órdenes y alianzas. *Acta Botánica Malacitana* 27: 75-103.
- Green, M., J. Paine. 1997. State of the World's Protected Areas at the end of the Twentieth century. Paper presented at IUCN World Commission on Protected Areas Symposium on "Protected Areas in the 21st Century: From Islands to Networks" Albany, Australia, 24-29 Noviembre 1997.
- Groves, G.; L. Valutis; D. Vosick ; B. Neely ; K. Wheaton ; J. Touval & B. Runnels. 2000. Diseño de una geografía de la esperanza. Manual para la planificación de la conservación ecoregional. Washington, DC.
- Groves, C., D. Jensen, L. Valutis, K. Redford, M. Shaffer, J. Scott, J. Baumgartner, J. Higgins, M. Beck & M. Anderson. 2002. Planning for Biodiversity Conservation: Putting Conservation Science into Practice. *BioScience* 52(6), 499-512
- Gutierrez, J., G. Arancio, F. Jaksic. 2000. Variation in vegetation and seed bank in a Chilean semi-arid community affected by ENSO 1997. *J. Veg. Sci.* 11, 641-648
- IIAP-WWF, 2000. Construyendo la visión de la biodiversidad de la ecorregión del río Amazonas y bosques inundables.

- Hannah L., F. Midgley, T. Lovejoy, W.J. Bond, M. Bush, J.C. Lovett, D. Scott & F.I. Woodward. 2002. Conservation of Biodiversity in a Changing Climate. *Conservation Biology* 16 (1), 264 – 268.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978
- INEI. 2008. Censos nacionales 2007: XI de Población y Vivienda. Primeros resultados. Perú: Crecimiento y distribución de la población 2007. Recuperado a partir de www.inei.gob.pe
- Jaksic, F. 2001. Ecological effects of El Niño in terrestrial ecosystems of western South America. *Ecography* 24: 241–250.
- Josse C., F. Cuesta, G. Navarro, V. Barrena, E. Cabrera, E. Chacón-Moreno, W. Ferreira, M. Peralvo, J. Saito & A.Tovar. 2009. Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centrales. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima.
- Josse, C., G. Navarro, F. Encarnación, A. Tovar, P. Comer, W. Ferreira, F.Rodríguez, J. Saito, J. Sanjurjo, J. Dyson, E. Rubin de Celis, R. Zárate, J. Chang, M. Ahuite, C. Vargas, F. Paredes, W. Castro, J. Maco y F. Reátegui. 2007. Sistemas Ecológicos de la Cuenca Amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y Mapeo. NatureServe. Arlington, Virginia, EE.UU. 92 p.
- Josse, C., G. Navarro, P. Comer, R. Evans, D. Faber-Langendoen, M. Fellows, G. Kittel, S. Menard, M. Pyne, M. Reid, K. Schulz, K. Snow, and J. Teague. 2003. Ecological Systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems. NatureServe, Arlington, VA.
- León, B., N. Pitman, J. Roque. 2006. Introducción a las plantas endémicas del Perú. *Rev. peru. biol.* Número especial 13(2): 9s - 22s
- León, B.; K. Young & A. Cano. 1996. Observaciones sobre la flora vascular de la Costa Central del Perú. *Arnaldoa* 4(1): 67-85.
- León, B.; K. Young & A. Cano. 1997. Fitogeografía y conservación de la Costa Central del Perú. p. 129-141. En: Estudios sobre biodiversidad y ecología de plantas. Memorias del II Congreso Ecuatoriano de Botánica. Quito, 16 - 20 octubre 1995. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Margules, C., R. Pressey & P. Williams. 2002. Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. *J. Biosci.* 27(4), 309-326
- Ministerio de Agricultura. Dirección General Forestal y de Fauna; UNALM; Programa de Cooperación técnica de Nueva Zelandia. 1979. Plan Maestro Reserva Nacional de Lachay. Lima – Perú. 40 p.
- Pressey, R., C. Humphries, C. Margules, R. Vane-Wright & P. Williams. 1993. Beyond opportunism: Key principals for systematic reserve selection. *Trends Ecol. Evol.* 8(4),124-128
- Rivas–Martínez, S. 2005a. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España (Memoria del mapa de vegetación potencial de España). <http://www.ucm.es/info/cif/book/>

mapa_series/mapa_series_01.pdf

Rivas–Martínez, S. 2005b. Synoptical World Wide Bioclimatic Classification System. http://www.ucm.es/info/cif/book/mapa_series/sinopsis_09_02_05.htm

Rivas Martínez, S. & O. Tovar. 1983. Síntesis biogeográfica de los Andes. *Collectanea Botanica* 14: 515-521. Barcelona.

Rivas Martínez, S.; O. Tovar & P. Cantó. sf. Sobre la vegetación del Perú meridional y central: Transectos de Tacna a Puno y de Lima a Tarma. 6 p.

Saito, C. 1976. Base para el establecimiento y manejo de una unidad de Conservación en las Lomas de Lachay, Perú. Ministerio de Agricultura. Lima-Perú. 219 p.

Schill, S. & G. Raber. 2006. Protected Area GAP Decision-Support System for ArcGIS 9.1TM Version 1.0 User Manual and Tutorial. IABIN / TNC / WB-DGF. 61 p.

Sierra, R., F. Campos & J. Chamberlin. 2002. Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. *Landsc. Urban Plan.* 59,95-110

Shoutis, D. 2003. SPOT: La Herramienta de Optimización del Portafolio Espacial. Derechos reservados ©. The Nature Conservancy. 44p.

SRTM, (Shuttle Radar Topography Mission). 2004. Modelo de elevación digital. (www2.jpl.nasa.gov/srtm/).

Tovar, A. 1971. Estudio Sinecológico de la Laguna de Medio Mundo. Tesis Doctoral. UNMSM. Lima-Perú

Udvardy, M. 1975. A classification of the biogeographical provinces of the World. Man and Biosphere Programme. Project No. 8. IUCN Occasional Paper No. 18. Switzerland, 48 p.

Tirira, D., P. Almeida, D. Padilla, K. Cortés, M. Díaz, U. Álvarez, G. Pinos, C. Boada & C. Soria. 2004. Portafolio de sitios prioritarios para la conservación dentro de la Unidad de Planificación Ecorregional Pacífico Ecuatorial: Componente terrestre. Fundación Jatun Sacha, CDC-Ecuador, CDC-UNALM, The Nature Conservancy. Quito-Ecuador

Valencia, N & I. Franke. 1980. El Bosque de Zárate y su Conservación. *Boletín de Lima* 7, julio, pp 76 – 86.

Valencia, N & I. Franke. 1980. El Bosque de Zárate y su Conservación. *Boletín de Lima* 8, setiembre, pp 26 – 35..

Velarde, D. (ed). 1998. Resultados de los censos neotropicales de aves acuáticas en el Perú 1992 – 1995. Programa de Conservación y Desarrollo Sostenido de Humedales, Perú. Lima. 154 p.

Wilson, K., R. Pressey, A. Newton, M. Burgman, H. Possingham & C. Weston. 2005. Measuring and Incorporating Vulnerability into Conservation Planning. *Environ. Manage.* 35(5), 527–543.

WORLDCLIM. (en permanente actualización) Capas de variables climáticas formato raster. En: www.worldclim.org/

WWF-CDC, S.f. Biodiversidad y visión de la conservación a largo plazo. Planes de conservación para la ecorregión de los bosques húmedos de la amazonia sur occidental.

Cuadro 1. Superficie de los sistemas ecológicos terrestres en la Ecorregión Desierto de Sechura, porcentaje al interior de áreas protegidas, meta propuesta para cada sistema y superficie propuesta en el portafolio de sitios.

	Cod. Sistema	Superficie (has)	% cubierto por ANPs	% Meta propuesta	Superficie en el portafolio final (has)
Bosque-Arbustal	CES401.306	20 647	24,8	50	10 449
	CES401.315	203 654	0,0	30	49 606
	CES409.074	22 874	0,0	50	11 631
	CES409.077	141 055	0,4	50	70 897
	CES409.902	81 597	0,0	40	32 686
	CES504.006	297 976	2,8	30	89 087
Matorral-Arbustal	CES401.313	384 301	0,0	20	111 245
	CES409.071	815 979	3,4	30	244 501
	CES504.003	751 737	3,1	30	220 316
	CES504.008	171 442	0,0	45	77 290
	CES504.009	383 249	13,6	40	153 377
	CES504.016	54 139	0,0	40	22 669
	CES504.017	241 026	0,0	40	96 853
	CES505.018	44 130	0,0	40	16 747
Cardonales	CES504.007	698 838	0,3	35	244 810
	CES504.011	848 565	1,4	20	170 848
	CES504.014	740 299	1,3	30	221 179
	CES504.015	1 318 880	1,5	30	396 888
Pajonales	CES409.087	36 637	0,4	15	1 177
	CES505.028	4 139	0,0	15	732
Desierto	CES504.001	1 888 668	0,0	5	170 892
	CES504.012	3 642 796	2,5	5	304 916
Lomas	Lomas	289 481	1,4	50	147 231
TOTAL		13 061 461			2 855 578

Cuadro 2. Sitios prioritarios, ubicación, superficie y propuesta de conservación.

ID	NOMBRE	UBICACIÓN (DEP Y PROV)	SUP (HA)	PROPUESTA DE CONSERVACIÓN
1	Estuario de Virrilá	PIU (Sechura)	27 668	Existen propuestas para que sea ANP junto con Península de Illescas
2	Península de Illescas	PIU (Sechura)	42 826	ACR
3	Pañala	LAM (Lambayeque)	59 508	ACM o ACC
4	Santuario histórico de Pómac*	LAM (Ferreañafe, Lambayeque)	4 000	Consolidar ANP fortaleciendo personal, equipamiento y presupuesto
5	Cerro Pico Gallinazo	LAM (Chiclayo, Ferreañafe)	11 701	ACR o ACM, mantener conectividad entre los bosques secos de Pómac y Chaparrí
6	Cerros Órganos	LIB (Chepén), CAJ (San Miguel)	33 745	ACM y BL
7	Higuerón	LIB (Ascope, Pacasmayo), CAJ (Contumaza)	63 844	ACM y BL
8	Cascas Cerro Calvayuque	LIB (Gran Chimú), CAJ (Contumaza)	5 306	ACM, Medidas de restricción para la tala de bosques
9	Cascas Cerro Ruman	LIB (Gran Chimú)	4 953	ACM, Manejo de pasturas
10	Zapotal	LIB (Ascope, Gran Chimú, Otuzco)	9 000	ACM y BL
11	Lomas Cerro Campana	LIB (Ascope, Otuzco, Trujillo)	53 000	ACR, Control de pastoreo (sobre todo de cabras)
12	Sanchique	LIB (Otuzco, Trujillo)	4 000	ACM
13	Guayabito	LIB (Julcán, Otuzco, Trujillo, Virú)	40 000	BL, Prácticas agrícolas de baja intensidad para mantener zonas boscosas
14	Reserva Nacional Calipuy*	LIB (Santiago de Chuco, Virú), ANC (Corongo, Pallasca, Santa)	207 030	En la zona fuera de la Reserva: ACR, (protección canal principal de Chavimochic y otros)
15	Chasquitambo	ANC (Aija, Bolognesi, Huaraz, Huaura, Ocros, Recuay), LIM (Barranca, Cajatambo, Huarmey, Oyón)	526 554	ACR o ACC

ID	NOMBRE	UBICACIÓN (DEP Y PROV)	SUP (HA)	PROPUESTA DE CONSERVACIÓN
16	Reserva Nacional Lomas de Lachay*	LIM (Huaura)	5 000	Incluir en el plan de manejo monitoreo de pastoreo y desechos de granjas de pollos
17	Lomas de Iguanil	LIM (Huaral)	1 000	ACM
18	Marín	LIM (Huaura)	21 000	ACM, (vegetación de protección)
19	Santuario de Amancay	LIM (Lima)	2 000	ACM (no reconocida legalmente, actualmente financiada por Cementos Lima y manejada por otras instituciones)
20	Bosque de Zárate	LIM (Huarochirí)	2 000	ACM o ACC, Requiere control y monitoreo de actividad ganadera (sobre todo de cabras)
21	Omas	LIM (Cañete, Huarochirí, Yauyos)	176 000	ACM y BL
22	Huancacasa	ICA (Ica, Pisco), HUA (Huaytará)	13 000	ACM, (vegetación de protección)
23	Molletambo - Cures	ICA (Palpa, Ica), HUA (Huaytará), AYA (Lucanas)	96 000	ACM o ACC, (vegetación de protección)
24	Cocharcas	ICA (Ica)	13 000	ACM o ACC, (vegetación de protección)
25	Reserva Nacional Paracas*	ICA (Ica, Nazca, Pisco)	325 628	Ampliación de la Reserva Nacional Paracas, Manejo de pesquerías
26	Lomas de San Fernando	ICA (Nazca)	40 000	ACR o ACP incluyendo litoral de San Fernando
27	San Juan de Marcona 1	ICA (Nazca)	2 928	ACM
28	San Juan de Marcona 2	ICA (Caravelí, Nazca)	18 439	ACM
29	Ocaña	AYA (Lucanas, Palpa)	72 000	ACM o ACC, (vegetación de protección)
30	Huallhua	AYA (Lucanas, Nazca)	92 000	ACM o ACC, Manejo de pasturas
31	Ajtapa	AYA (Lucanas)	3 000	ACM o ACC, Manejo de pasturas
32	Chilhua	AYA (Lucanas)	16 000	ACM o ACC, Manejo de pasturas
33	Aniso	AYA (Aymaraes, Parinacochas)	33 757	ACM o ACC, Manejo de pasturas

ID	NOMBRE	UBICACIÓN (DEP Y PROV)	SUP (HA)	PROPUESTA DE CONSERVACIÓN
34	San Javier de Alfabamba	AYA (Parinacochas, Páucar del Sara Sara)	3 000	ACM o ACC, Manejo de pasturas
35	El Molino	AQP - AYA (Caraveli, Lucanas, Parinacochas)	127 000	ACC, Manejo de pasturas
36	Lomas de Atiquipa	AQP (Caraveli)	61 625	ANP o ACR
37	Atico	AQP (Caraveli)	184 421	ACR o ACM
38	Lomas de Camaná	AQP (Camaná, Caylloma)	95 148	ACM, Zonificación y monitoreo de pastoreo de cabras
39	Cotahuasi*	AQP (Caraveli, Condesuyos, La Unión, Páucar del Sara Sara)	105 399	Ampliación de la Reserva Paisajística Subcuenca del Cotahuasi
40	Atcate	AQP (Condesuyos)	11 000	ACM o ACC
41	Cañón del Colca	AQP (Castilla, Caylloma, Condesuyos)	129 763	ANP o ACR
42	Murco	AQP (Arequipa, Caylloma)	13 000	ACM o ACC, (vegetación de protección)
43	Salinas Aguada Blanca*	AQP (Arequipa)	84 906	Ampliación de la Reserva Nacional Salinas Aguada Blanca; manejo de pastos
44	Tumbullo	AQP (Arequipa)	5 000	ACM o ACP
45	Quebrada Seca	AQP (Arequipa, Islay)	18 000	ACC o ACP
46	Tambo bajo	AQP (Islay)	1 000	ACM o ACC
47	Tambo Medio	MOQ (General Sánchez Cerro, Mariscal Nieto), AQP (Arequipa)	160 559	ACM o ACC
48	Lomas de Ilo	MOQ (Ilo)	1 000	ACR o ACM
49	Ticaco	TAC (Tarata)	5 000	ACR o ACM
50	Sama - Caplina	TAC (Candarave, Jorge Basadre, Tacna, Tarata)	195 085	Área natural protegida de carácter nacional o, en su defecto, área de conservación regional

Clave departamentos: PIU = Piura, LAM = Lambayeque, LIB = La Libertad, ANC = Ancash, LIM = Lima, ICA = Ica, AQP = Arequipa, MOQ = Moquegua, TAC = Tacna

Clave manejo: ACM = Área de Conservación Municipal, ACR = Área de Conservación Regional, ACC = Área de Conservación Comunal, ACP = Área de Conservación Privada, BL = Bosque local

* sitios prioritarios que tienen la totalidad de su superficie o parte de ella en ANPs actualmente existentes.



Figura 1. Mapa de la Ecorregión Desierto de Sechura y ecorregiones adyacentes (Dinerstein *et al.* (1995) modificado por WWF.

¿QUÉ ÁREAS CONSERVAR EN NUESTRAS ZONAS ÁRIDAS?
SELECCIONANDO SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN EN LA ECORREGIÓN, DESIERTO DE SECHURA - PERÚ

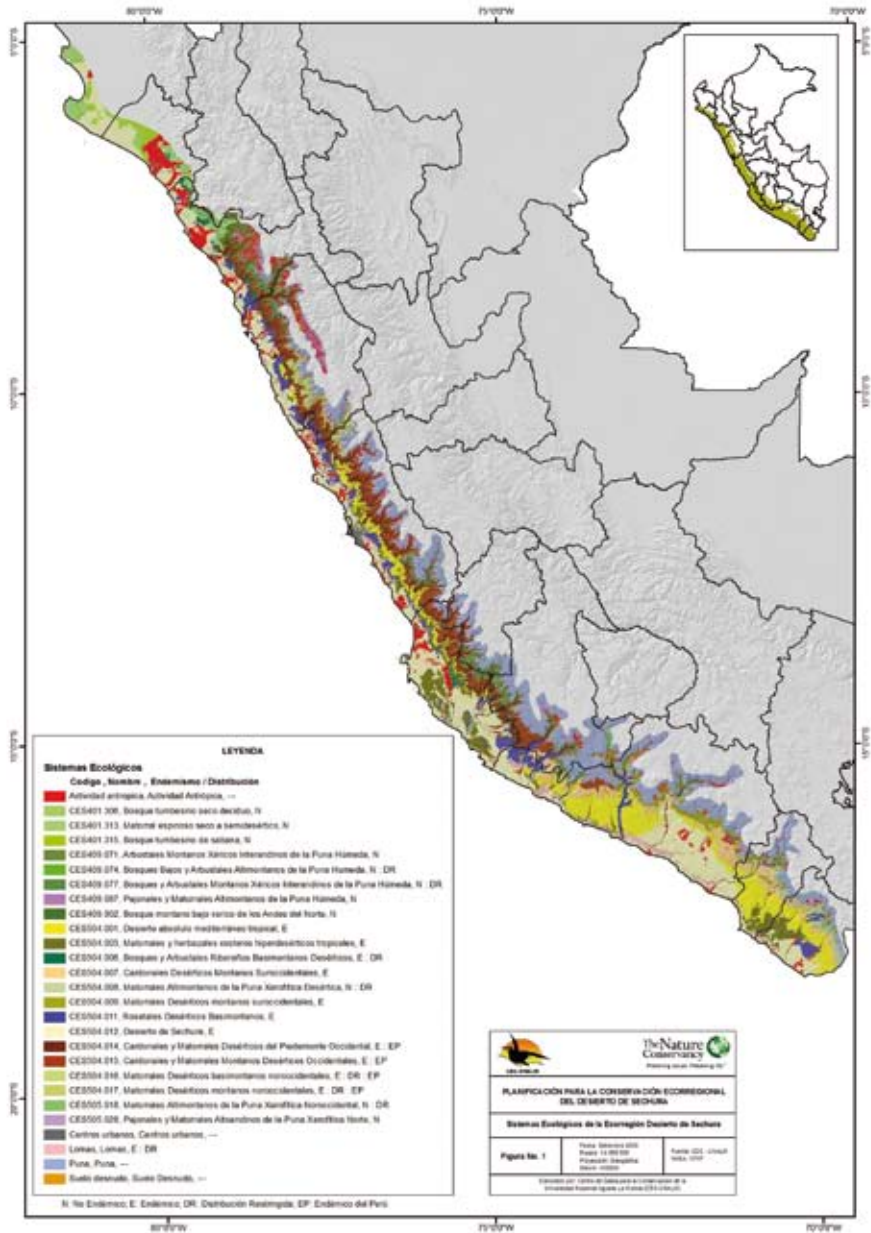


Figura 2. Mapa de Sistemas Ecológicos.

