

Evaluación de los servicios de ecosistemas de montaña a escala global



Pedro Lorenzo Cruz

Trabajo Fin de Grado

Ciencias Ambientales - UAM

24-6-2014

ÍNDICE

Resumen y palabras clave

1.	Introducción.....	1
2.	Metodología.....	3
3.	Resultados.....	8
4.	Discusión.....	17
5.	Conclusiones.....	20
6.	Referencias.....	21
7.	Anexos	

Resumen y palabras clave

La evaluación de los servicios de ecosistemas se ha convertido en una disciplina en auge para la gestión del medio natural y la toma de decisiones. Las montañas, especialmente, proveen numerosos servicios a la sociedad, lo que les confiere gran relevancia en esta disciplina, y son altamente sensibles al desarrollo social que estamos experimentando en las últimas décadas.

En el presente Trabajo de Fin de Grado se lleva a cabo una revisión sistemática de los artículos y revisiones publicados con esta temática entre los años 2008 y 2013 con el fin de analizar las líneas de investigación existentes y evaluar sus contenidos determinando posibles carencias de información en ellos, y así poder asesorar en futuros estudios.

Se toman en cuenta diversos factores partiendo del marco *Drivers-Pressures-State-Impact-Response* (DPSIR), y se establecen un número de variables para caracterizar y cuantificar su grado de estudio y profundidad.

Este estudio entiende las relaciones del medio humano y el medio ecológico montañoso como un sistema integrado en el que interactúan la toma de decisiones, los impulsores de cambio, la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas para contribuir al desarrollo del bienestar humano y la conservación. Se arrojan datos significativos como las tendencias de las publicaciones a acumular estudios de carácter biofísico, el estudio de servicios de regulación o la escala de análisis local.

Por último, sugerimos diferentes medidas, en función de las necesidades sociales y medioambientales, para explotar al máximo las posibilidades de esta disciplina y así desarrollar un modelo de estudio más completo y con mayor relevancia en la toma de decisiones.

Palabras clave

Bienestar humano; Impulsores de cambio; Montaña; Servicios de

1. Introducción

Los servicios de los ecosistemas son las contribuciones, tanto directas como indirectas, de los sistemas ecológicos sobre el bienestar humano (Daily et al., 1997). También se han definido como los beneficios que el hombre reconoce como provenientes de los ecosistemas y que ayudan a su supervivencia (Harrington et al., 2003) Según la reciente clasificación *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES, V4.3), distinguimos entre tres grandes grupos de servicios:

- Servicios de aprovisionamiento (o abastecimiento): incluyen los productos obtenidos de los ecosistemas, tales como el agua para consumo o regadío, la comida, fibras vegetales...etc.
- Servicios de regulación: incluyen los beneficios obtenidos por los procesos internos de regulación del propio ecosistema, tales como regulación del clima, calidad del agua o fertilidad del suelo.
- Servicios de tipo cultural: incluyen los beneficios no materiales que proporcionan los ecosistemas en su relación directa con el ser humano, como actividades recreativas, valores espirituales o intelectual, conocimiento científico y conocimiento ecológico local.

Los servicios de los ecosistemas están estrechamente relacionados con el ser humano, quien necesita de estos servicios, y con los componentes y procesos biofísicos, que suministran los servicios dentro del ecosistema. Estos dos medios dependen el uno del otro e interactúan de manera directa (Ostrom, 2009). En este Trabajo de Fin de Grado se recogen las relaciones encontradas entre estos dos medios tratando de aportar más información sobre la materia, basándonos en el marco *Driver-Pressure-State-Impact-Response* (DPSIR). El marco DPSIR es una aproximación metodológica recientemente aplicada en el marco de servicios de los ecosistemas (Muller y Burkhard 2012; Santos-Martín et al., 2013). A pesar de que el marco DPSIR promueve un análisis integral e interdisciplinario de los servicios de los ecosistemas, un bajo porcentaje de los estudios científicos se aproximan a los servicios de los ecosistemas de manera interdisciplinaria (Vihervaara et al. 2010; Nieto-Romero et al. 2014). De hecho, Mertz et al. (2007) se lamentan de que todavía haya vacíos muy grandes del conocimiento y una carencia

generalizada de estudios sobre la relación entre la procedencia de los servicios de los ecosistemas y el papel que desarrollan en la sociedad. Extrapolando esto a la situación actual mundial, se está permitiendo que los servicios de los ecosistemas disminuyan debido a la degradación de los ecosistemas (MA 2005); por ello, es importante demostrar evidencia científica sobre nuestra dependencia de los servicios de los ecosistemas, para que los órganos de gestión tomen las decisiones adecuadas.

Este estudio se centra entorno a las áreas de montaña (UNEP-WCMC, 2002). Los sistemas montañosos ofrecen un gran número de servicios de los ecosistemas a numerosos actores sociales (Messerli y Ives, 1997; Gret-Regamey et al. 2012), localizados no sólo en el sistema montañoso, sino también en lugares alejados (p.ej. Palomo et al. 2012). Esto les confiere un valor excepcional, por lo que su estudio y su gestión es un tema de gran relevancia.

A pesar de la importancia que los sistemas montañosos tienen para el bienestar del ser humano, dichos sistemas se encuentran amenazados por numerosas presiones de cambio. Las presiones más influyentes sobre los ecosistemas de montaña son el desarrollo urbano, los cambios en los usos del suelo, el cambio climático y la fragmentación de hábitats (Grêt-Regamey et al., 2012).

En este contexto, el objetivo del presente estudio es explorar el conocimiento existente sobre los servicios de ecosistemas en regiones de montaña durante el último lustro. Para ello, se plantean como objetivos específicos:

1. Explorar la evolución histórica del conocimiento científico de los servicios de los ecosistemas de montaña
2. Explorar los patrones espacio-temporales de investigación en los servicios de ecosistemas de montaña.
3. Definir qué herramientas y métodos son los más comunes en la evaluación de servicios de ecosistemas de montaña.
4. Conocer cuáles son las relaciones entre servicios de ecosistemas, bienestar humano, respuestas e impulsores de cambio en los sistemas montañosos, de acuerdo con el marco DPSIR.

La finalidad última del estudio, es localizar vacíos de información, o temas poco explorados, para definir líneas de investigación en próximos estudios sobre servicios de ecosistemas de montaña.

2. Metodología

Marco DPSIR

El marco DPSIR (*Driver-Pressure-State-Impact-Response*) se emplea para poder determinar las complejas relaciones existentes entre los sistemas ecológico y social (Santos Martín et al, 2013). Este método se emplea habitualmente, ya que proporciona una buena organización a la hora de analizar las causas, las consecuencias y los cambios que se producen en el ecosistema frente a estas interacciones. Debido a ello, se considera una herramienta de garantía para analizar los servicios de los ecosistemas. La Figura 1 representa el marco DPSIR aplicado a los sistemas de montaña.

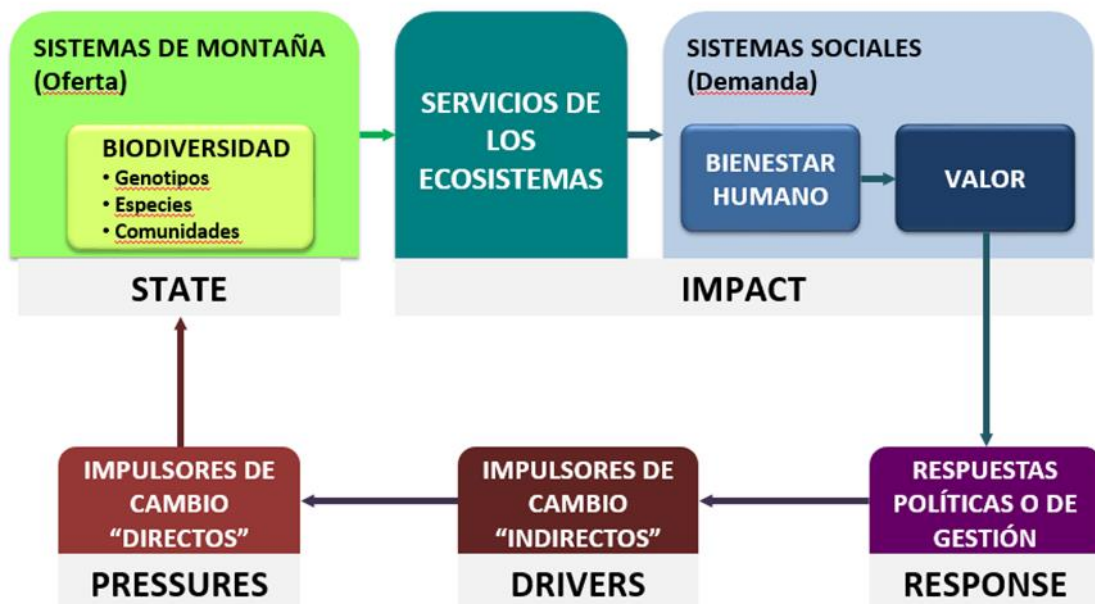


Figura 1 – Síntesis del marco DPSIR aplicado a los sistemas de montaña.

Revisión sistemática

La revisión sistemática realizada en este estudio, incluye todos los artículos y revisiones publicadas desde el año 1990 hasta el 2013. Los motores búsqueda empleados han sido Web of Science (webofknowledge.com), Google Scholar (scholar.google.es) y Google

Web (www.google.es) Exceptuando dos artículos en español y uno en portugués, el resto de documentos se encuentran escritos en inglés. La búsqueda ha partido de la elaboración de filtros para poder extraer los artículos relacionados con servicios de ecosistemas de montaña con el objetivo de incluir todos los documentos relevantes con esta temática. Cada uno de estos filtros se compone de ciertas palabras clave revisadas con el objetivo permitir el máximo de aciertos posibles.

La búsqueda realizada en la base de datos se compone de 3 filtros. El primero consiste en filtrar documentos desde un punto de vista geográfico, con el fin de limitar la búsqueda a zonas de montaña (mountain* OR highland* OR paramo* OR cordiller* OR summit* OR Andes OR Andean OR Alps OR Alpine OR Appalach* OR Apennin* OR Carpath* OR Himalaya* OR Karakoram* OR "Hindu Kush" OR ghats OR sierra OR serra OR macizo OR Pamir OR Tibet* OR "Tian Shan" OR Kunlum OR Ural OR Kilimanjaro OR Atlas). El segundo filtro hace incapié en los servicios de los ecosistemas dentro de las regiones montañosas anteriormente extraídas, y fue necesario eliminar la palabra clave "Ecosystem function", ya que generaba demasiados resultados negativos, ("ecosystem service*" OR "ecosystem good*" OR "environmental service*" OR "environmental good*"). Por último, el tercer filtro, reduce los resultados de la búsqueda al marco de estudios en los que nos queremos ajustar (evalu* OR assess* OR valu* OR map* OR quantif* OR estimat*).

Tras la aplicación de estos filtros en el motor de búsqueda, se obtuvieron un total de 305 resultados finales sobre los que se realizará el estudio.

Todos los estudios resultantes de la búsqueda contenían las palabras clave dentro de su título, resumen o palabras clave. Sobre ellos, se han eliminado aquellos artículos cuyo trabajo de investigación no se realizaba en áreas de montaña, dando lugar a 265 publicaciones. Finalmente, el análisis previo de las 265 publicaciones mostró que sólo 155 evaluaban servicios de ecosistemas en alta montaña.

Para finalizar, se analizaron detalladamente las 155 publicaciones, y sobre ellas, 30 se consideraron inválidas, por no ajustarse a los requisitos del estudio, y 14 se descartaron por problemas asociados a su accesibilidad (en futuras fases de la investigación se contactarán con los autores para obtener dichas publicaciones). Por lo tanto, las publicaciones válidas analizadas en profundidad son 111. La Figura 2 muestra el proceso

de selección de estudios científicos para la revisión sistemática.

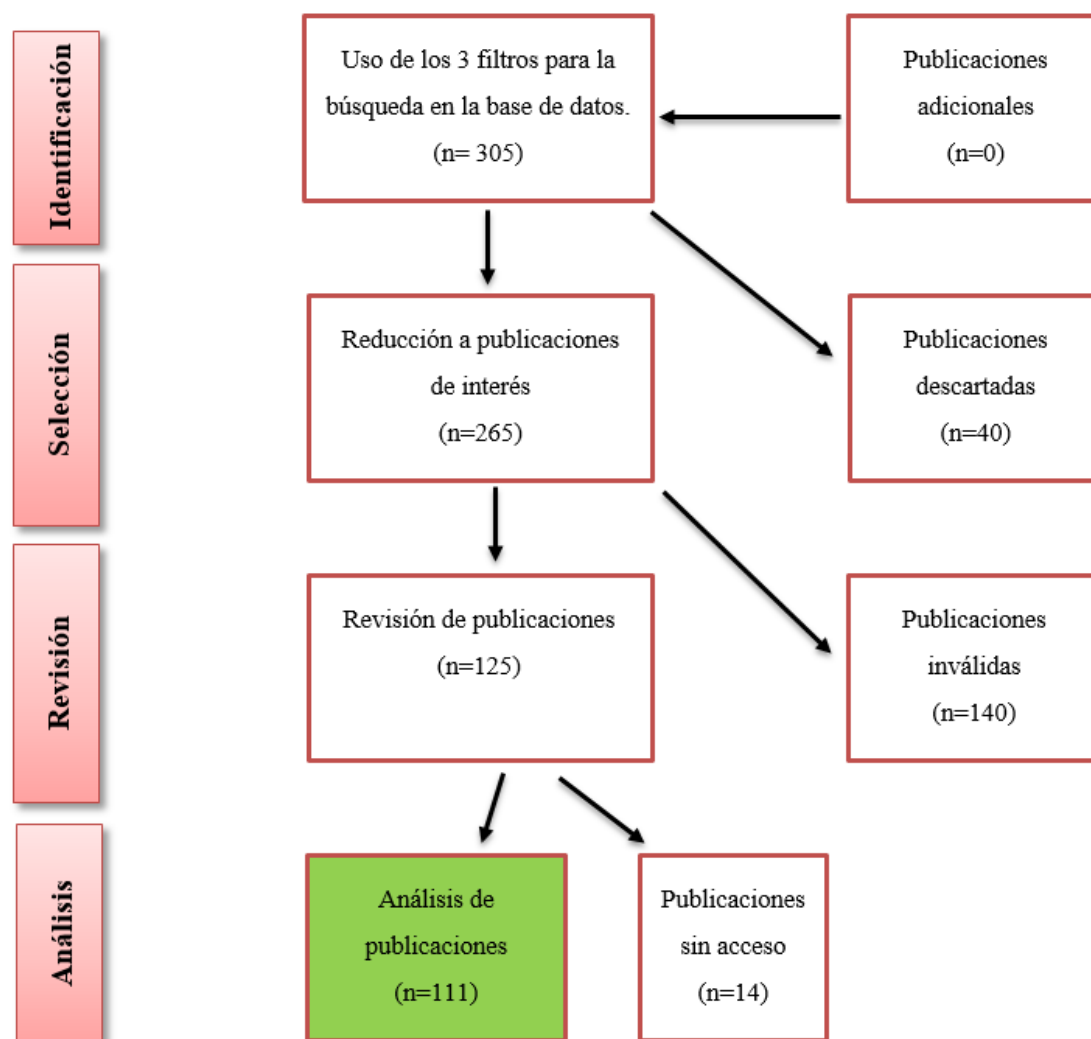


Figura 2 – Pasos seguidos para la elección final de publicaciones

Análisis de datos

Este estudio recoge un análisis detallado de las publicaciones seleccionadas.

El proceso consta de la elaboración de una matriz a partir de las publicaciones y una serie de variables (Tabla 1). La lista de variables posee las anteriormente definidas en el marco DPSIR, profundizando en cada una de ellas con la finalidad de hacer un análisis más exhaustivo sobre los servicios de ecosistemas de montaña en las diferentes publicaciones. Se abordan las características de los servicios (Clasificación CICES), así como su marco ecológico y metodológico, los impulsores de cambio, el bienestar humano (*Millennium Ecosystem Assessment*; MA), las presiones que influyen en el ecosistema, y el tipo de respuestas halladas. Las características bibliográficas y la ubicación sirven para localizar en el espacio, tiempo y situación económica cada uno de los estudios.

Tabla 1. Listado de variables analizadas en cada uno de los trabajos revisados en este estudio y atributos de las mismas.

VARIABLE	ATRIBUTOS
Características bibliográficas:	
<i>Autor de la publicación</i>	-
<i>Idioma de la publicación</i>	Inglés – Español - Portugués
<i>Título de la publicación</i>	-
<i>Año de publicación</i>	1990 - 2008
Ubicación:	
<i>Emplazamiento</i>	Área de estudio, país y continente.
<i>GDP 2012 del país</i>	Millones de dólares
Características ecológicas:	
<i>Tipo de ecosistema</i>	Montane forest, wetland, grassland, pasture...
<i>Tipo de montaña</i>	1-6 o varios
<i>Área protegida</i>	Sí, no
Características metodológicas:	
<i>Fuente de datos</i>	Primaria, secundaria
<i>Métodos</i>	Cualitativo, cuantitativo, modelado, mapas o varios
<i>Tipo de evaluación</i>	Biofísica, económica, sociocultural o mezclada
<i>Escala del análisis</i>	Local, regional, nacional o internacional
<i>Escenarios de futuro</i>	Sí, no
<i>Métodos de escenarios de futuro</i>	Cualitativo, cuantitativo, modelado, mapas o varios
<i>Recomendaciones de gestión</i>	Sí, no
Servicios de ecosistemas:	

<i>Oferta de SE</i>	Sí, no
<i>Demanda de SE</i>	Sí, no
<i>Tipo de SE</i>	Aprovisionamiento, regulación, cultural o varios
<i>SE de aprovisionamiento específicos</i>	Biomasa, agua, materiales
<i>SE de regulación específicos</i>	Calidad del agua, regulación del clima, protección del hábitat, mantenimiento de los ciclos vitales, remediación mediante ecosistemas, composición atmosférica, flujos de líquidos, flujos de materia, flujos de gases
<i>SE culturales específicos</i>	Interacciones físicas, motivos culturales, motivos espirituales
<i>Número de SE analizados</i>	-
<i>Análisis de Trade-offs</i>	Sí, no
<i>Tipo de Trade-off</i>	Temporal, espacial, de oferta, de demanda
<i>Análisis de Dis-servicios</i>	Sí, no
<i>Dis-servicios específicos</i>	Picadura de mosquito,...
<i>Beneficiarios</i>	Sí, no
<i>Beneficiarios específicos</i>	Locales, locales y foráneos o ninguno
<i>Incluye mapas</i>	Sí, no
<i>Mapas de oferta de SE</i>	Sí, no
<i>Mapas de demanda de SE</i>	Sí, no

Características del bienestar humano:

<i>Análisis del bienestar humano</i>	Sí, no
<i>Dimensiones analizadas del bienestar humano</i>	Salud, acceso a materiales básicos, libertad de acción, relaciones sociales, seguridad o varios

Presiones:

<i>Análisis de de Direct Drivers</i>	Sí, no
<i>Direct Drivers específicos</i>	Cambio de usos del suelo, cambio

Análisis de de Indirect Drivers
Indirect Drivers específicos

climático, reforestación, contaminación, especies invasoras, intensificación o varios.

Sí, no

Política de conservación, política agrícola, temas culturales, abandono rural, fuerzas de los mercados o varios

Respuestas:

Legislación

Sí, no

Áreas protegidas

Sí, no

3. Resultados

3.1 Evolución histórica

Durante los últimos años el número de publicaciones relacionadas con los servicios de los ecosistemas de montaña ha crecido exponencialmente como podemos observar en la Figura 3. El Millennium Ecosystem Assessment (MA, 2005) trata de alentar a este tipo de estudios, que siguen creciendo cada año. Destaca de forma significativa el número de publicaciones en el año 2013, que supone más del triple que el año anterior, lo que demuestra en gran incremento de importancia de los servicios de los ecosistemas de montaña. Otro dato significativo es una predominancia clara, y en aumento, de los estudios de carácter biofísico, lo cual es sorprendente ya que este tipo de publicaciones suele mantener un carácter predominantemente económico. Los estudios que incluyen diferentes caracteres tienen una relevancia media, mientras que las publicaciones con carácter económico o sociocultural son estables y muy discretas, entre 1 o 2 por año.

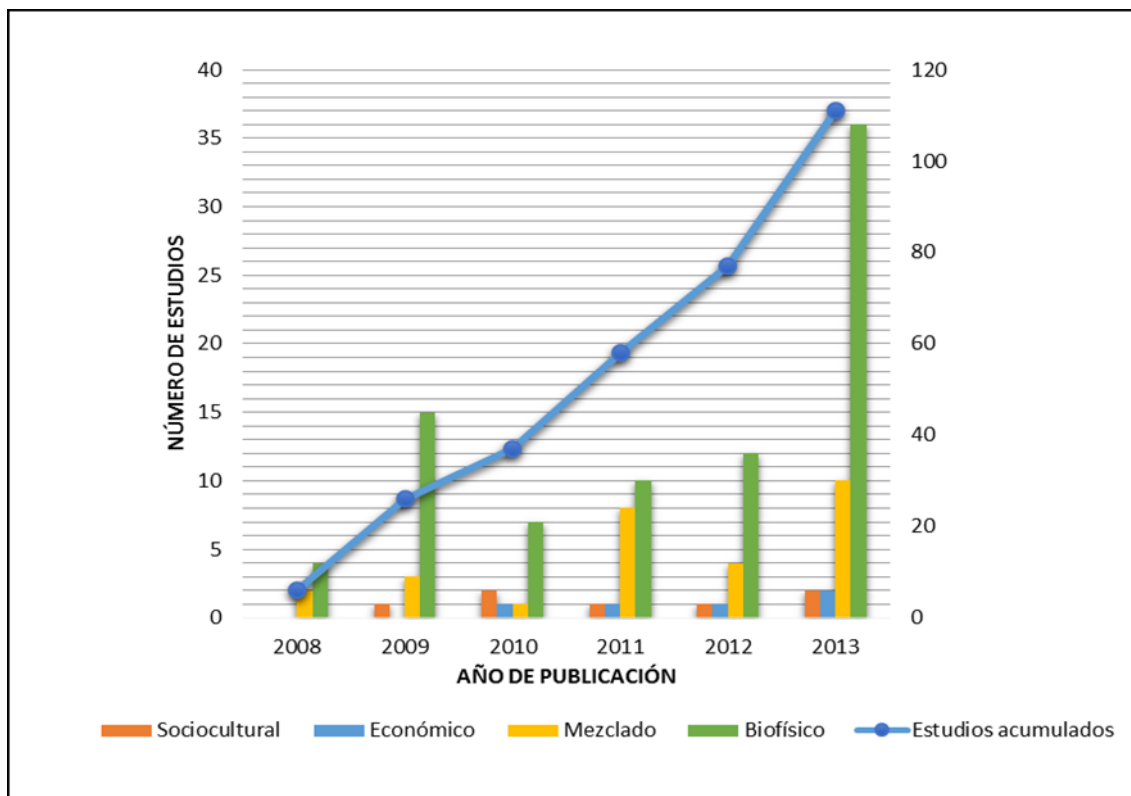


Figura 3 – Evolución temporal del número de publicaciones sobre servicios de ecosistemas de montaña, así como el carácter de cada publicación.

3.2 Ubicación

Como se puede apreciar en la Figura 4, las publicaciones se distribuyen en su gran mayoría sobre los países a los que pertenecen algunos de los grandes sistemas montañosos de nuestro planeta como la cordillera de los Alpes, la cordillera del Himalaya, las montañas rocosas, los montes Apalaches o la cordillera de los Andes. Los países con mayor número de estudios realizados son EEUU (14), Suiza (11), China (11) y Tanzania (9), lo que revela que la preocupación por los servicios de los ecosistemas de montaña afecta de forma casi similar a los países que disfrutan de ellas, independientemente de su ubicación. Concluimos que Europa es el continente con mayor número de estudios realizados (28%), seguido de América del Sur (23%) y Asia (21%). América del Norte y África están igualados en número de estudios (12%) y Oceanía es en el que menos se han realizado (2%). Cabe destacar un 3% de estudios no reflejados en las figuras ya que el alcance de su análisis es global.

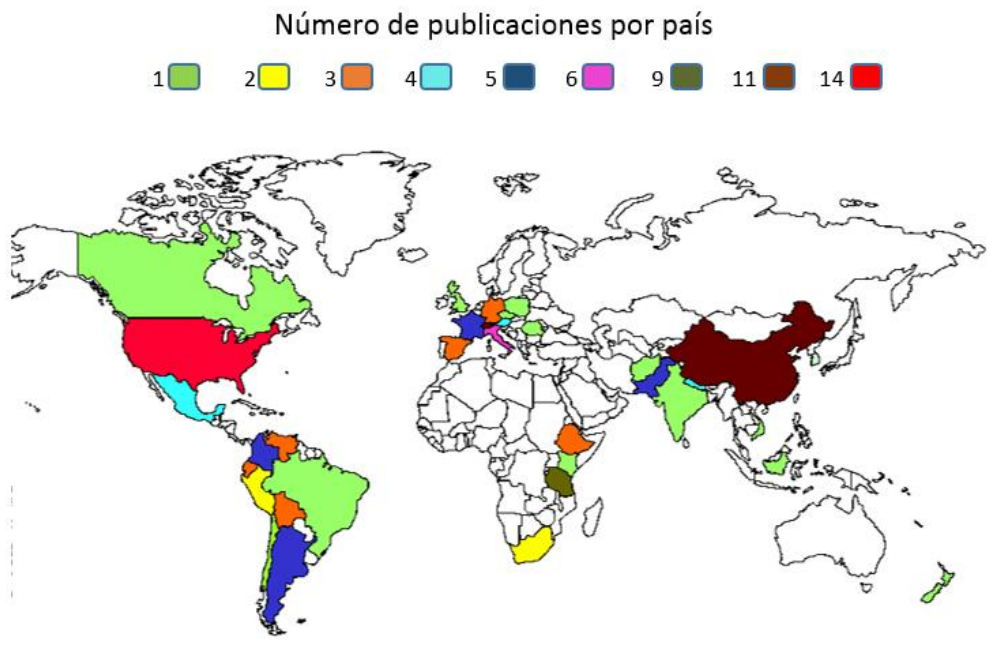


Figura 4 – Distribución por países de las publicaciones

3.3 Características ecológicas

Los resultados obtenidos de la revisión, respecto a las características ecológicas recogidas en cada estudio (Figura 5), muestran en primer lugar que el 54% de las publicaciones no incluye ningún tipo de estudio sobre la biodiversidad de la zona, y un 8% lo incluye pero en términos generales, de forma superficial. El 38% restante sí incluye algún tipo de estudio de biodiversidad, obteniendo un 16% sobre el total, tanto los estudios focalizados en especies como los que se centran en el estudio de la comunidad. Un 5% de las publicaciones, realiza estudios sobre la biodiversidad funcional.

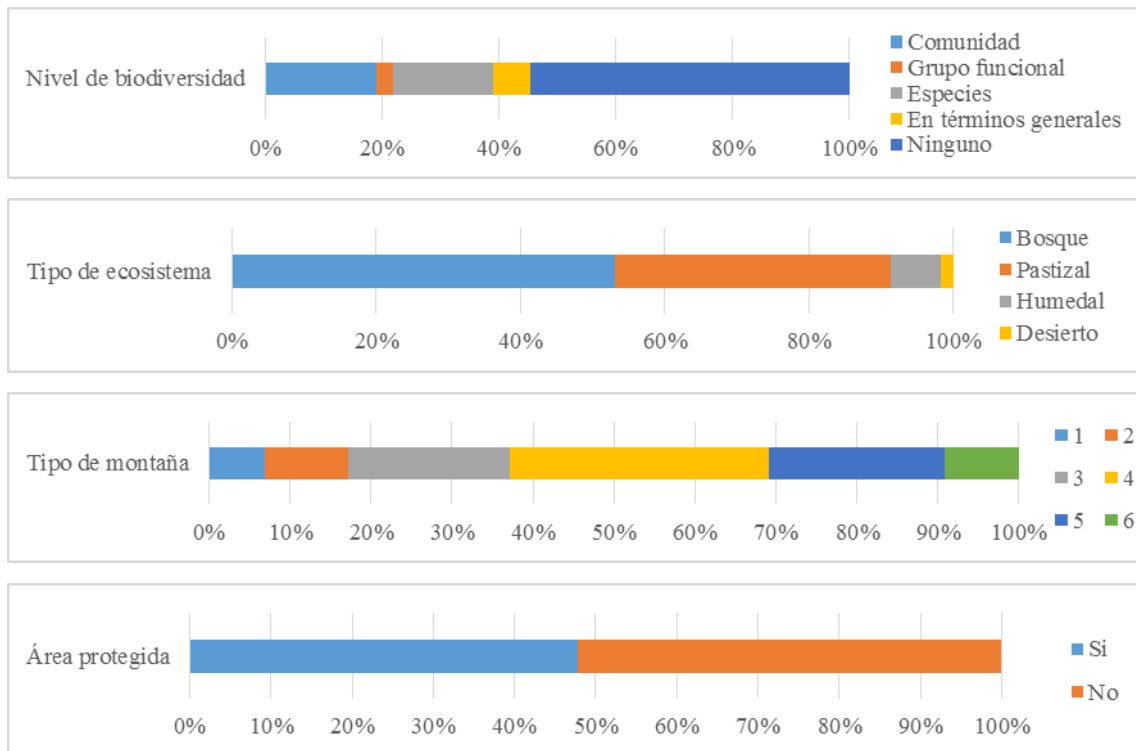


Figura 5 – Porcentaje del número de estudios en función de sus características ecológicas.

Respecto al tipo de ecosistema de montaña, destacan el 52% de estudios realizados en zonas de bosque y el 38% sobre pastizales. El 10% restante se compone básicamente de humedales y dos estudios llevados a cabo en una zona desértica. El tipo de montaña estudiada no es un factor determinante ya que los estudios han recogido porcentajes no muy dispares de cada clase, que tienden hacia valores intermedios, según la clasificación UNEP-WCMC (2002), que encontramos en la Tabla 2. Las montañas de clase 4 (i.e., Altitud 1500 – 2500 m), son las que más rango abarcan, llegando al 32% de las publicaciones, seguidas de cerca por las de clase 5 (i.e., Altitud 1000 – 1500 m) (22%), y clase 3 (i.e., Altitud 2500 – 3500 m) (20%) Las clases 6 (i.e., Altitud 300 – 1000 m), 2 (i.e., Altitud 3500 – 4500 m) y 1 (i.e., Altitud > 4500 m) aparecen con menos frecuencia, con un 9, 10 y 6% respectivamente. La variable área protegida muestra que en casi un 50% de los casos, los estudios se han llevado a cabo sobre zonas protegidas, aspecto lógico ya que la mayoría de las áreas de montaña se encuentran bajo alguna figura de protección (Blyth et al. 2013).

Tabla 2 – Clasificación de montañas (UNEP-WCMC, 2002).

<i>Clase de montaña</i>	Criterios
1	Altitud > 4500 m
2	Altitud 3500 – 4500 m
3	Altitud 2500 – 3500 m
4	Altitud 1500 – 2500 m y pendiente de $\pm 2^\circ$
5	Altitud 1000 – 1500 m y pendiente de $\pm 5^\circ$ o rango de elevación local (> 7 km de radio) > 300
6	Altitud 300 – 1000m y rango de elevación local (> 7 km de radio) > 300

3.4 Características metodológicas

Las características metodológicas de cada autor también ayudan a visualizar qué métodos son los más empleados en los estudios (Figura 6). Las fuentes de datos, en un 65% del total, son secundarias, apoyadas sobre bases de datos, mientras que un 35% son primarias, desarrollando trabajo de campo y muestreo. Respecto al método del estudio, se ha considerado el método predominante en la publicación; de esta forma observamos que los métodos cuantitativos son los más empleados (40%) seguidos de los métodos cualitativos (25%), de modelado (20%) y, por último, de elaboración de mapas (15%). La escala de estudio, revela una predominancia clara de los estudios a nivel local (72%) y una carencia de estudios a escala nacional (3%).

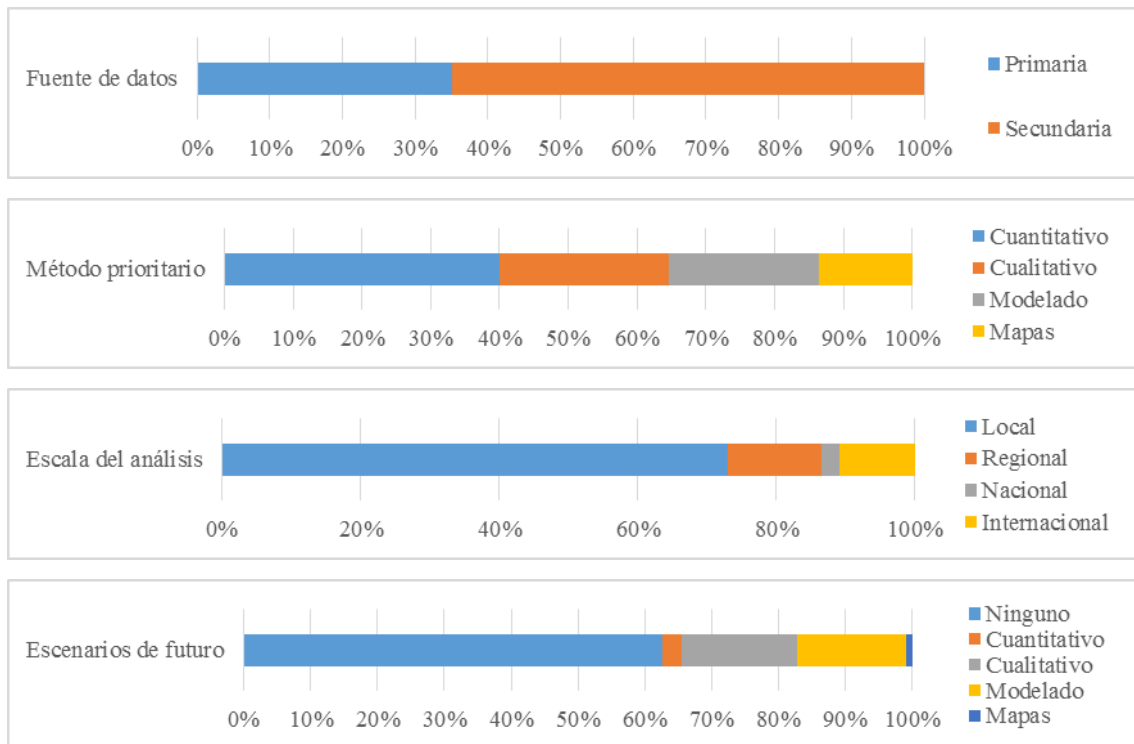


Figura 6 - Porcentaje del número de estudios en función de sus características metodológicas.

Dentro las cuestiones metodológicas, hemos encontrado que la mayoría de las publicaciones (63%) no incluyen escenarios de futuro, mientras que las que sí lo hacen, son principalmente cualitativos (17%) o de modelado (16%).

La metodología individual de cada publicación permite profundizar más analizando el carácter de las publicaciones. En la Figura 1 se encuentran bien definidos, y cabe hacer especial mención a los estudios de carácter biofísico, que no sólo son los más numerosos, sino también los que más crecen durante los últimos años habiéndose multiplicado por 2,5 veces el número de publicaciones del año 2013 frente a las del 2012.

También se puede apreciar que los siguientes estudios en número son los que incluyen caracteres mezclados, generalmente biofísico con económico o biofísico con sociocultural. Los estudios estrictamente económicos o socioculturales no tienen apenas relevancia en número en los ecosistemas de montaña a escala global. Por otro lado, hemos querido valorar la relevancia que tiene el carácter del estudio sobre el número de servicios analizados de los ecosistemas de montaña.

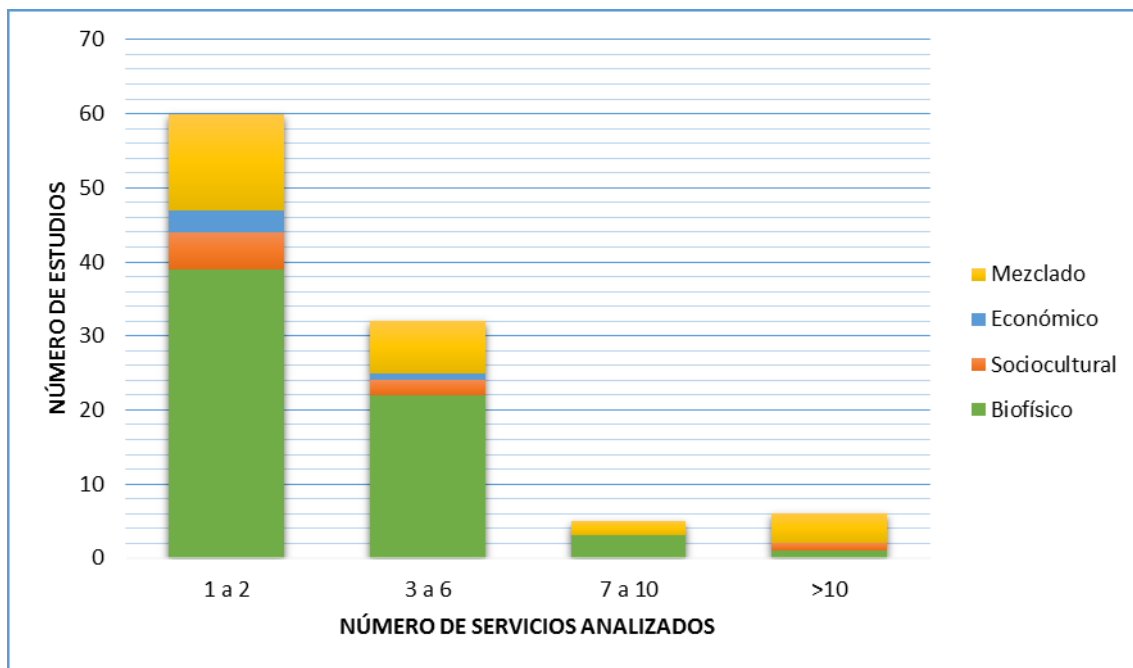


Figura 7 – Relación del número de servicios que se analizan por publicación, incluyendo el carácter de dichas publicaciones.

La Figura 7 muestra una evidente tendencia de las publicaciones a examinar en su contenido solamente uno o dos servicios, y pese a la predominancia del carácter biofísico, trasciende respecto al resto el aumento de los estudios socioculturales e incluso económicos. Cabe destacar el descenso paulatino del número de estudios a medida que crece el número de servicios recogidos en ellos. Además, destaca un pequeño grupo en torno a 5% del total de las publicaciones que analizan 10 o más servicios.

3.5 Servicios de ecosistemas

Los servicios de regulación, son los más estudiados, alcanzando una cuota del 77% de las publicaciones, mientras que en el lado opuesto, como los menos estudiados, se encuentran los servicios culturales en un 18% del total. Los servicios de aprovisionamiento se estudian en el 58% de las publicaciones. Para comenzar, observando los datos de la Figura 4, y cruzándolos con los tipos de servicios de ecosistemas descubrimos que sólo hay 8% de estudios de servicios de ecosistemas con carácter estrictamente cultural, y se encuentra localizado en África. Los servicios de regulación dominan ampliamente los estudios de América del Norte (71%) y son los mayoritarios de América del Sur (42%). Todos los continentes salvo Oceanía incluyen estudios con diferentes tipos de servicios de ecosistemas con un porcentaje entre el 30 y el 40% de sus publicaciones. En el caso de

África, dominan los estudios acerca de servicios de aprovisionamiento (39%). También es reseñable que los estudios a escala global incluye más de un tipo de servicio de ecosistema.

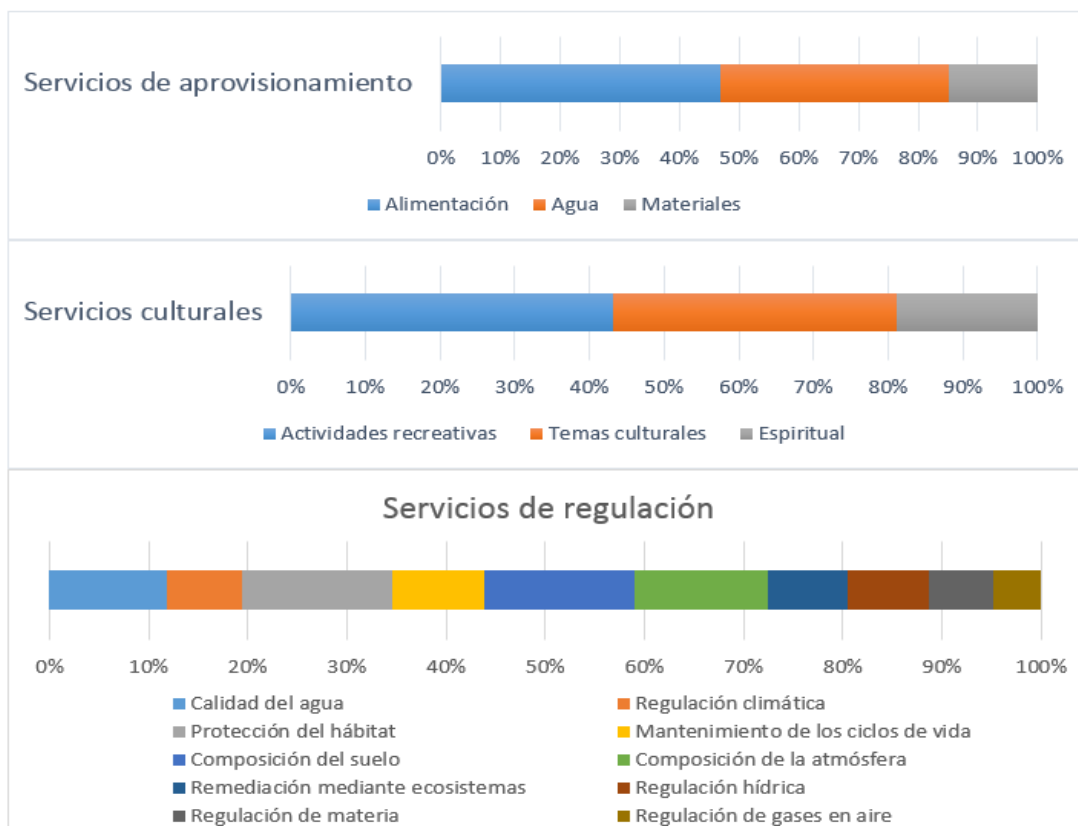


Figura 8 – Desglose de los servicios de los ecosistemas incluidos en la revisión y su tasa de aparición en las publicaciones.

Profundizando en los tipos de servicios analizados hemos cuantificado cada uno para poder determinar cuáles de ellos son los más y los menos estudiados.

Respecto a los servicios de aprovisionamiento, predomina con un 46% la provisión de alimento, junto la provisión de agua en un 39% de las publicaciones, mientras que la provisión de materiales se encuentra reducida al 15%. Los servicios culturales siguen la misma estructura que los anteriores, con dos predominantes, actividades recreativas (43%) y temas culturales (38%), dejando como el menos estudiado a los servicios culturales de carácter espiritual (18%). Los servicios de regulación, no sólo son los más numerosos en cuanto a aparición en publicaciones, sino también en cuanto a variedad. Los más analizados son composición del suelo (15%), conservación del hábitat (15%) y composición atmosférica (14%). El resto de los servicios están comprendidos entre el 5 y el 10% del total de los servicios de regulación.

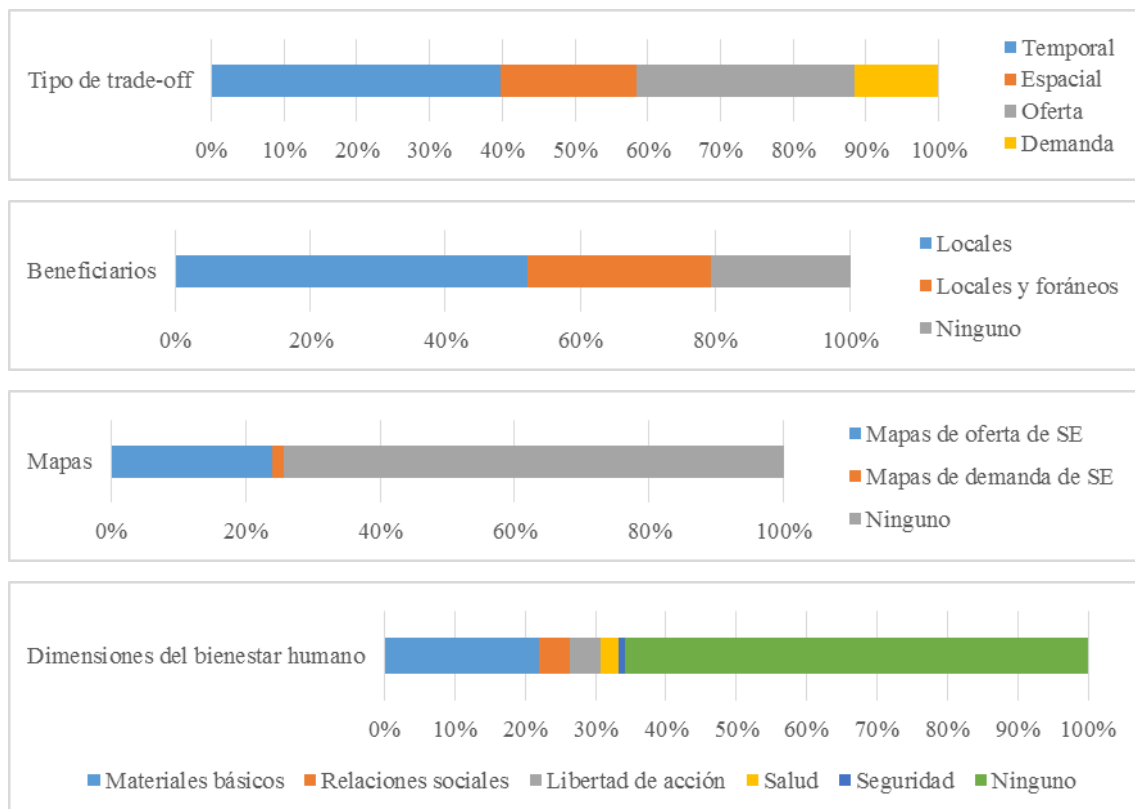


Figura 9 - Porcentaje del número de estudios en función de las características asociadas a los servicios de los ecosistemas y al bienestar humano.

Los *trade-offs* se definen como las situaciones en las que el aumento de un servicio supone la disminución de otro. Generalmente se debe a repuestas simultáneas a frente a un impulsor de cambio o interacciones entre los propios servicios (Benent et al, 2009). Estos aparecen en todas las publicaciones revisadas, y se ha elegido el principal para realizar el análisis. Encontramos que en el 40% de los casos son de tipo temporal, frente al 19% de tipo espacial, aunque ambos suelen estar asociados. Así mismo, los *trade-offs* de oferta (30%) prácticamente triplican a los *trade-offs* de demanda (11%).

Los beneficiarios de los servicios de los ecosistemas de montaña, en el 52% de los casos son los habitantes locales. Un 27% de los estudios además muestra personas ajenas al ambiente local que se benefician también de estos servicios. El 21% restante no especifica en sus líneas ningún tipo de beneficiario directo o indirecto de los servicios de ecosistemas de montaña, a pesar que los servicios de los ecosistemas por definición requieren de beneficiarios de los mismos.

Pocas de las publicaciones incluyen mapas que cartografíen los servicios de ecosistema (25%), de las cuales son en su gran mayoría de oferta de servicios de ecosistema, y tan

solo un 8% de las que los incluyen muestran demanda de servicios de ecosistema. Parecido es el caso del bienestar humano, que solamente se evalúa en el 35% de las publicaciones, siendo su temática mayoritaria el acceso a los materiales básicos.

3.6 Presiones

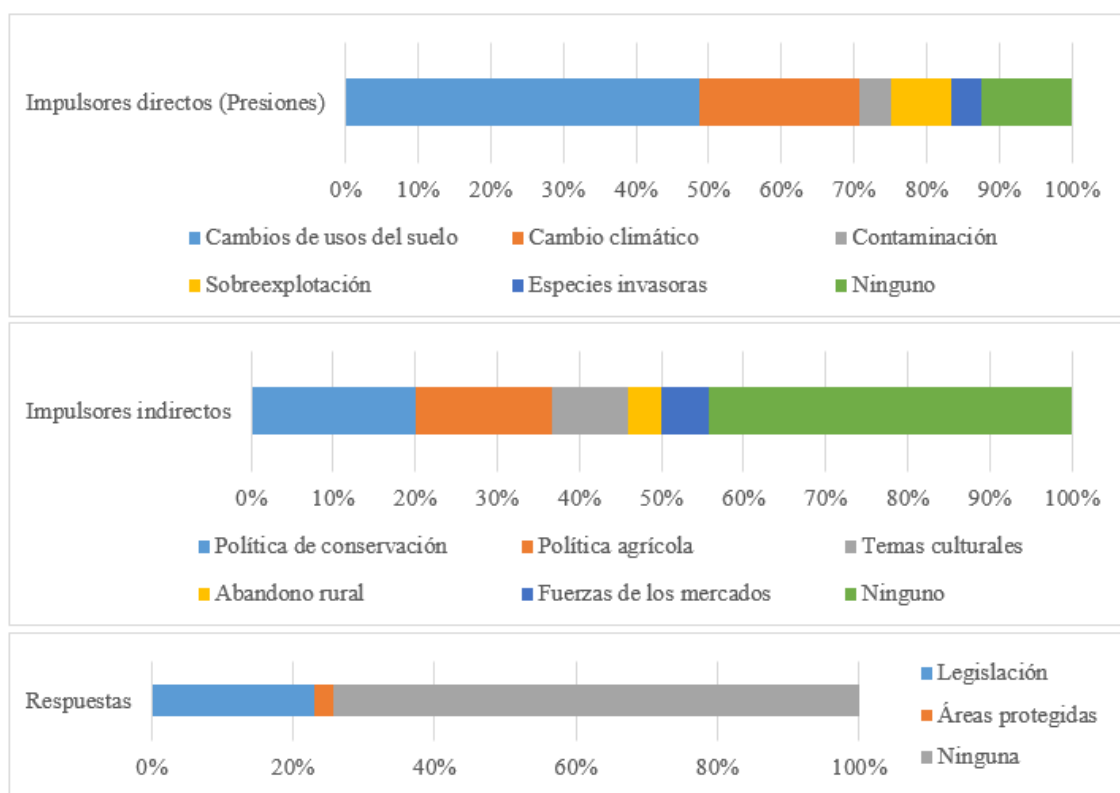


Figura 10 - Porcentaje del número de estudios en función de los impulsores directos e indirectos a los que se ve sometido el ecosistema y porcentaje del tipo de respuestas.

Las presiones a las que se ven sometidas los ecosistemas de montaña pueden ser muy diversas. Estos impulsores de cambio denominados “drivers” pueden actuar de forma directa o indirecta sobre el ecosistema. Como se puede apreciar en la Figura 10, dentro de las publicaciones estudiadas, el 87% incluye impulsores directos (presiones en el marco DPSIR). Entre ellos, abundan en gran número de estudios, los cambios en los usos del suelo (49%) y el cambio climático (23%). La sobreexplotación, la abundancia de especies invasoras o la contaminación, se mantienen, en un rango de abundancia menor, cada una entre un 5 y un 10% sobre el total de las publicaciones. Los impulsores indirectos aparecen en menos estudios, se analizan en el 56% sobre el total. Al igual que con los impulsores directos, hay dos líneas de investigación dominantes, en este caso son las

políticas de conservación (20%) y las políticas agrícolas (27%). Las temáticas culturales y su afección a los servicios de los ecosistemas de montaña son estudiadas en el 9% de los casos, mientras que el abandono rural y las fuerzas incipientes de los mercados sólo se revisan en el 5%, individualmente, de los estudios.

Los tipos de respuestas recibidos a los impactos denotan cierta indiferencia al ser inexistente en el 76% de las publicaciones. El 22% ofrece respuestas de tipo legislativo, aportando un cambio en las políticas que inciden sobre el ecosistema, mientras que tan solo del 2% resultan respuestas de denominación de la zona como área protegida.

4. Discusión

Ha quedado demostrado que la investigación de los servicios de los ecosistemas, y concretamente de los ecosistemas de montaña, es una disciplina moderna dado su desarrollo en los últimos años, convirtiéndola en una disciplina científica relevante (Vihervaara et al., 2010). El corto recorrido de esta disciplina, la primera publicación es del año 1995, todavía implica que la falta de conocimiento de numerosos factores que afectan sobre ella genere incógnitas. Revisiones de este tipo permiten el intercambio de información y la sistematización de los últimos estudios realizados para facilitar el acceso, tanto a la comunidad científica para seguir desarrollando esta disciplina, como a los gestores para tomar decisiones contrastadas (Glowka et al., 1994).

La base para el desarrollo y mantenimiento de los ecosistemas de montaña es la biodiversidad. “La biodiversidad hace que los ecosistemas generen servicios” (Vinhervaara et al., 2010). Esto supone que uno de los puntos clave para continuar desarrollando el conocimiento sobre los servicios de los ecosistemas pasa por dominar el conocimiento de las estructuras ecológicas y los cambios a las que se ven sometidas (Hooper et al., 2005). A partir de los resultados de este TFG, consideramos que los autores tienen que aumentar el número de factores a tener en cuenta respecto a la biodiversidad (Hooper et al., 2005), para facilitar la comprensión de los sistemas bióticos y así potenciar el desarrollo de los servicios de los ecosistemas, y consecuentemente el bienestar humano. Establecer relaciones entre los trade-offs y los servicios es fundamental para la gestión de

los ecosistemas y ordenación territorial pues se pretende promover un suministro variado de servicios (Nieto-Romero, 2013), y como se aprecia en la Figura 7, las publicaciones se centran en analizar pocos servicios, lo que dificulta esta tarea. En la Figura 8 se revela que los servicios de regulación son los mayoritarios, cuando, por norma general, no están dotados de alta relevancia en la toma de decisiones. Por el contrario, los servicios culturales son los minoritarios, cuando la toma de decisiones en zonas y montaña y áreas protegidas debería fundamentarse en este tipo de servicios.

Los impulsores de cambio son ampliamente estudiados en muchas de las publicaciones. Estos provocan que las características del ecosistema cambien en el tiempo. Los impulsores de cambio indirectos, a su vez desencadenan impulsores de cambios directos, por lo que ambos son responsables de afectar al ecosistema (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), y en consecuencia, para analizar correctamente los impulsores de cambio directos, deben identificarse y estudiarse previamente los indirectos. Como se ha comprobado en este TFG, este un aspecto suficientemente cubierto en los estudios sobre servicios de los ecosistemas en las zonas de montaña.

Todas las publicaciones incluyen recomendaciones sobre la gestión teniendo en cuenta los impulsores de cambio, pero generalmente no configuran respuestas, que es la finalidad última de la publicación para algunos autores.

En las valoraciones de los servicios de los ecosistemas de montaña, tanto la oferta de servicios como la demanda juegan un papel igual de importante (Burkhard et al 2011) Esta revisión sistemática muestra como numerosas publicaciones se centran únicamente en cuantificar los servicios en el lado de la oferta de los servicios, abandonando el factor de la demanda, el cual es fundamental establecer un equilibrio entre ambos.

Otro factor a tener en cuenta es el alcance de los estudios, donde en la mayoría de ocasiones se focaliza sobre una región demasiado pequeña (Grêt-Regamey et al., 2010) y se elaboran planes de acción sin considerar la posible demanda de servicios de ecosistemas que la región puede sufrir desde las áreas circundantes. Las zonas urbanas, aparentemente ajenas a las montañas, se han convertido en el principal generador de demanda de servicios de ecosistemas tanto de zonas rurales (Kroll et al., 2012), como de áreas protegidas (McDonald et al., 2010), demandando principalmente servicios de aprovisionamiento y culturales (Palomo et al., 2012)

Con el feroz crecimiento de la población mundial y el creciente requerimiento de servicios de ecosistemas de montaña, es preciso estimar adecuadamente la demanda de los servicios de los ecosistemas y la escala de esta demanda, valorar los impulsores de cambio en todas sus escalas y conocer a fondo las propiedades de los ecosistemas (Hooper et al. 2005), esto permitirá desarrollar planes de acción más efectivos, así como implementar las estrategias de acción.

5. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en este Trabajo de Fin de Grado, se puede afirmar que este estudio ha cumplido los objetivos propuestos, hallando datos relevantes para ayudar a orientar futuras investigaciones acerca de los servicios de los ecosistemas de montaña. La creciente preocupación del bienestar humano en la sociedad ha multiplicado exponencialmente el número de publicaciones acerca de los servicios de ecosistemas de montaña en todas sus escalas. Teniendo en cuenta que la mayoría de los estudios cubren únicamente un ámbito local, es necesario establecer más relaciones de interdependencia con los ámbitos de mayor escala, ya que participan activamente en la generación de servicios de los ecosistemas, así como es a la escala global donde están operando los impulsores de cambio indirectos.

La biodiversidad es la base sobre la que se asientan los pilares del bienestar humano. Esta afirmación revela la necesidad de aumentar los estudios acerca de la biodiversidad en todas sus dimensiones, puesto que ha quedado demostrado que el grado de su conocimiento es relativamente bajo para componentes de la biodiversidad esenciales en el suministro de servicios de los ecosistemas, como es la diversidad funcional.

Por último, y de acuerdo con el marco DPSIR, el factor detonante para mejorar la biodiversidad, y consecuentemente el bienestar humano, son las respuestas elaboradas. Sin embargo, un bajo porcentaje de estudios contribuyen en la generación de respuestas para abordar el reto de conservar y gestionar las montañas como sistemas integrados de ser humano-naturaleza.

6. Referencias

- Bennett EM, Peterson G, Gordon L (2009) Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecol Lett* 12: 1394–1404.
- Blyth S, Groombridge B, Lysenko I, Miles L, Newton A (2013), Mountain Watch, UNEP-WCMC
- McDonald GK, Raudsepp-Hearne C, Peterson GD, Tengö M, Bennett EM, Holland T, Benessaiah K, Pfeifer L, (2010), Untangling the Environmentalist's Paradox: Why Is Human Well-being Increasing as Ecosystem Services Degrade?, *BioScience* 60 (8): 576-589.
- Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F, (2012) Mapping ecosystem service supply, demand and budgets, *Ecological Indicators* 21, 17–29
- Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewell, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S. et al. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.*, 75, 3–35.
- Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, V4.3)
- Daily GC, (ed. 1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island.
- David Rodríguez-Rodríguez, Bastian Bomhard, Stuart H.M. Butchart, Matthew N. Foster, (2011). Progress towards international targets for protected area coverage in mountains: A multi-scale assessment. *Biological Conservation* 144: 2978–2983
- Driver-Pressure-State-Impact-Response (Marco DPSIR)
- Europe's ecological backbone: recognising the true value of our mountains, (2010) EEA
- Glowka L, Burhenne-Guilmin F, Synge H, McNeely JA, Gündling L, (1994). *Environmental Policy and Law Paper No. 30*, IUCN -The World Conservation Union.
- Gret-Regamey A, Hanna Brunner S, Kienast F. (2012) Mountain ecosystem services: Who cares? *Mountain Research Development* 32:23-33.
- Harrington et al., (2010). Ecosystem services and biodiversity conservation: Concepts and a glossary, *Biodiversity and Conservation* 10 pp 2773-2790.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), (2005). *Ecosystems and human*

well-being: A framework for assessment, Island Press, Washington, D.C.

- Martín-López B, Iniesta-Arandia I, García-Llorente M, Palomo I, Casado-Arzuaga I, et al. (2012) Uncovering Ecosystem Service Bundles through Social Preferences. *PLoS ONE* 7(6): e38970.
- Mertz O, Ravnborg H.M., Lövei G.L., Nielsen I, Konijnendijk C, (2007). Ecosystem services and biodiversity in developing countries, *Biodiversity Conservation* 16:2729–2737.
- Messerli and Ives (1997), *Mountains of the World*, Science
- Müller F, Burkhard B (2012) The indicator side of ecosystem services. *Ecosystem Services* 1: 26–30
- Nieto-Romero M, Oteros-Rozas E, González JA, Martín-López B. (2014) Exploring the knowledge landscape of ecosystem services assessments in Mediterranean agroecosystems: insights for future research. *Environm Science & Pol* 37: 121-133.
- Ostrom E, (2009) A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325: 419–422.
- Palomo I, et al., (2012) National Parks, buffer zones and surrounding lands: Mapping ecosystem service flows, *Ecosystem Services*
- Palomo I, Martín-López B, Potschin M, Haines-Young R, Montes C. (2013). National Parks, buffer zones and surrounding lands: mapping ecosystem service flows. *Ecosystem Services* 4: 104-116.
- Santos-Martín et al. (2013). Unraveling the Relationships between Ecosystems and Human Wellbeing in Spain. *PLoS ONE* 8(9): e73249
- UNEP-WCMC (2002)
- Van Jaarsveld A.S., Biggs R, Scholes R.J., Bohensky E, Reyers B, Lynman, T, Musvoto C, Fabricius C. (2005). Measuring conditions and trends in ecosystem services at multiple scales: the Southern African Millennium Ecosystem Assessment (ASfMA) experience. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B Biological Sciences* 360: 425–441.
- Vihervaara P, Rönkä M, Walls M (2010) Trends in Ecosystem Service Research: Early Steps and Current Drivers. *Ambio* 39: 314–324
- Web of Science (webofknowledge.com), Google Scholar (scholar.google.es) y Google Web (www.google.es)

7. Anexos

Anexo 1 – Lista de artículos y revisiones empleadas en el Trabajo de Fin de Grado

1. Ren, GH; Deng, B; Shang, ZH; Hou, Y; Long, RJ. , 2013 Plant communities and soil variations along a successional gradient in an alpine wetland on the Qinghai-Tibetan Plateau, *ECOLOGICAL ENGINEERING*, 61: 110-116
2. Briner, S; Elkin, C; Huber, R. , 2013 Evaluating the relative impact of climate and economic changes on forest and agricultural ecosystem services in mountain regions, *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, 129: 414-422
3. Sanchez-Cuervo, AM; Aide, TM., 2013 Identifying hotspots of deforestation and reforestation in Colombia (2001-2010): implications for protected areas, *ECOSPHERE*, 4
4. Pop, AI; Mihaiescu, R; Mihaiescu, T; Oprea, MG; Tanaselia, C; Ozunu., 2013 A PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SOME GLACIAL LAKES IN THE ROMANIAN CARPATHIANS *CARPATHIAN JOURNAL OF EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES*, 8: 5-11
5. Kaczan, D; Swallow, BM; Adamowicz, WL., 2013 Designing a payments for ecosystem services (PES) program to reduce deforestation in Tanzania: An assessment of payment approaches, *ECOLOGICAL ECONOMICS*, 95: 20-30
6. Cai, WH; Yang, J; Liu, ZH; Hu, YM; Weisberg, PJ. , 2013 Post-fire tree recruitment of a boreal larch forest in Northeast China, *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 307: 20-29
7. Narloch, U; Pascual, U; Drucker, AG, 2013 How to achieve fairness in payments for ecosystem services? Insights from agrobiodiversity conservation auctions, *LAND USE POLICY*, 35: 107-118
8. Caruso, BS; O'Sullivan, AD; Faulkner, S; Sherratt, M; Clucas, R. , 2013 Agricultural Diffuse Nutrient Pollution Transport in a mountain Wetland Complex, *WATER AIR AND SOIL POLLUTION*, 224
9. Gutierrez, N; Gartner, S; Lopez, JY; Pacheco, CE; Reif, A. , 2013 The recovery of the lower montane cloud forest in the MucujA(0)n watershed, M,rida, Venezuela, *REGIONAL ENVIRONMENTAL CHANGE*, 13: 1069-1085
10. Yu, PT; Wang, YH; Du, AP; Guan, W; Feger, KH; Schwarzel, K; Bonell, M; Xiong, W; Pan, S., 2013 The effect of site conditions on flow after forestation in a dryland region of China, *AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY*, 178: 66-74
11. Gret-Regamey, A; Brunner, SH; Altwegg, J; Bebi, P. , 2013 Facing uncertainty in ecosystem services-based resource management, *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, 127: S145-S154
12. Moretti, M; de Bello, F; Ibanez, S; Fontana, S; Pezzatti, GB; Dziock, F; Rixen, C; Lavorel, S. , 2013 Linking traits between plants and invertebrate herbivores to track functional effects of land-use changes, *JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE*, 24: 949-962
13. Qasim, M; Hubacek, K; Termansen, M. , 2013 Underlying and proximate driving causes of land use change in district Swat, Pakistan, *LAND USE POLICY*, 34: 146-157
14. Ko, DW; Lee, D. , 2013 Dendroecological reconstruction of the disturbance dynamics and human legacy in an old-growth hardwood forest in Korea, *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 302: 43-53
15. Higuera, D; Martin-Lopez, B; Sanchez-Jabba, , 2013 A. Social preferences towards ecosystem services provided by cloud forests in the neotropics: implications for conservation strategies, *REGIONAL ENVIRONMENTAL CHANGE*, 13: 861-872

16. Khan, SM; Page, SE; Ahmad, H; Harper, DM. , 2013 Sustainable utilization and conservation of plant biodiversity in montane ecosystems: the western Himalayas as a case study, *ANNALS OF BOTANY*, 112: 479-501
17. Moran-Ordóñez, A; Bugter, R; Suarez-Seoane, S; de Luis, E; Calvo, L. , 2013 Temporal Changes in Socio-Ecological Systems and Their Impact on Ecosystem Services at Different Governance Scales: A Case Study of Heathlands, *ECOSYSTEMS*, 16: 765-782
18. Bangash, RF; Passuello, A; Sanchez-Canales, M; Terrado, M; Lopez, A; Elorza, FJ; Ziv, G; Acuna, V; Schuhmacher, M. , 2013 Ecosystem services in Mediterranean river basin: Climate change impact on water provisioning and erosion control, *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, 458: 246-255
19. Arndt, N; Vacik, H; Koch, V; Arpaci, A; Gossow, H. , 2013 Modeling human-caused forest fire ignition for assessing forest fire danger in Austria, *IForest-BioGeosciences and Forestry*, 6
20. Giday, K; Eshete, G; Barklund, R; Aertsens, W; Muys, B. , 2013 Wood biomass functions for *Acacia abyssinica* trees and shrubs and implications for provision of ecosystem services in a community managed enclosure in Tigray, Ethiopia, *JOURNAL OF ARID ENVIRONMENTS*, 94: 80-86
21. Li, Y; Vina, A; Yang, W; Chen, XD; Zhang, JD; Ouyang, ZY; Liang, Z; Liu, JG. , 2013 Effects of conservation policies on forest cover change in giant panda habitat regions, China, *LAND USE POLICY*, 33: 42-53
22. Meyfroidt, P. , 2013 Environmental Cognitions, Land Change and Social-Ecological Feedbacks: Local Case Studies of Forest Transition in Vietnam, *HUMAN ECOLOGY*, 41: 367-392
23. Elkin, C; Gutierrez, AG; Leuzinger, S; Manusch, C; Temperli, C; Rasche, L; Bugmann, H. 2013, A 2 degrees C warmer world is not safe for ecosystem services in the European Alps, *GLOBAL CHANGE BIOLOGY*, 19: 1827-1840
24. Akhtar, N; Rashid, A; Murad, W; Bergmeier, E. , 2013 Diversity and use of ethno-medicinal plants in the region of Swat, North Pakistan, *JOURNAL OF ETHNOBIOLOGY AND ETHNOMEDICINE*
25. Wen, L; Dong, SK; Li, YY; Li, XY; Shi, JJ; Wang, YL; Liu, DM; Ma, YS. , 2013 Effect of Degradation Intensity on Grassland Ecosystem Services in the Alpine Region of Qinghai-Tibetan Plateau, China, *PLOS ONE*, 8
26. Powers, EM; Marshall, JD; Zhang, JW; Wei, L. , 2013 Post-fire management regimes affect carbon sequestration and storage in a Sierra Nevada mixed conifer forest, *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 291: 268-277
27. Jindal, R; Kerr, JM; Ferraro, PJ; Swallow, BM. , 2013 Social dimensions of procurement auctions for environmental service contracts: Evaluating tradeoffs between cost-effectiveness and participation by the poor in rural Tanzania, *LAND USE POLICY*, 31: 71-80
28. Lu, CX; Yu, G; Xiao, Y; Xie, GD. , 2013 Wind tunnel simulation and evaluation of soil conservation function of alpine grassland in Qinghai-Tibet Plateau, *ECOLOGICAL ECONOMICS*, 86: 16-20
29. Khan, SM; Page, S; Ahmad, H; Shaheen, H; Ullah, Z; Ahmad, M; Harper, DM. , 2013 Medicinal flora and ethnoecological knowledge in the Naran Valley, Western Himalaya, Pakistan, *JOURNAL OF ETHNOBIOLOGY AND ETHNOMEDICINE*, 9
30. Briner, S; Huber, R; Bebi, P; Elkin, C; Schmatz, DR; Gret-Regamey, A. , 2013 Trade-Offs between Ecosystem Services in a mountain Region, *ECOLOGY AND SOCIETY*, 18
31. Gret-Regamey, A; Brunner, SH; Altwegg, J; Christen, M; Bebi, P, 2013 Integrating Expert Knowledge into Mapping Ecosystem Services Trade-offs for Sustainable Forest Management, *ECOLOGY AND SOCIETY*, 18
32. Hirschi, C; Widmer, A; Briner, S; Huber, R. , 2013 Combining Policy Network and Model-Based Scenario Analyses: An Assessment of Future Ecosystem Goods and Services in Swiss mountain Regions, *ECOLOGY*

33. Huber, R; Briner, S; Peringer, A; Lauber, S; Seidl, R; Widmer, A; Gillet, F; Buttler, A; Le, QB; Hirschi, C. , 2013 Modeling Social-Ecological Feedback Effects in the Implementation of Payments for Environmental Services in Pasture-Woodlands, *ECOLOGY AND SOCIETY*, 18
34. Alvarez, S; Rubio, A. , 2013 CARBON BASELINE IN A MIXED PINE-OAK FOREST IN THE JUAREZ mountain RANGE (OAXACA, MEXICO) USING THE CO2FIX V.3.2 MODEL, *REVISTA CHAPINGO SERIE CIENCIAS FORESTALES Y DEL AMBIENTE*, 19: 125-137
35. Mendoza-Hernandez, PE; Orozco-Segovia, A; Meave, JA; Valverde, T; Martinez-Ramos, M. , 2013 Vegetation recovery and plant facilitation in a human-disturbed lava field in a megacity: searching tools for ecosystem restoration, *PLANT ECOLOGY*, 214: 153-167
36. Bastian, O. , 2013 The role of biodiversity in supporting ecosystem services in Natura 2000 sites, *ECOLOGICAL INDICATORS*, 24: 12-22
37. Carrer, M; Motta, R; Nola, P. , 2012 Significant Mean and Extreme Climate Sensitivity of Norway Spruce and Silver Fir at Mid-Elevation Mesic Sites in the Alps, *PLOS ONE*, 7
38. Montagna, M; Lozzia, CG; Giorgi, A; Baumgartner, J. , 2012 Insect community structure and insect biodiversity conservation in an Alpine wetland subjected to an intermediate diversified management regime, *ECOLOGICAL ENGINEERING*, 47: 242-246
39. Izquierdo, AE; Clark, ML. , 2012 Spatial Analysis of Conservation Priorities Based on Ecosystem Services in the Atlantic Forest Region of Misiones, Argentina, *FORESTS*, 3: 764-786
40. Svadlenak-Gomez, K; Badura, M; Kraxner, F; Fuss, S; Vetlorato, D; Walzer, C. , 2013 Valuing Alpine ecosystems: the recharge green project will help decision-makers to reconcile renewable energy production and biodiversity conservation in the Alps, *ECO MONT-JOURNAL ON PROTECTED mountain AREAS RESEARCH*
41. Torres-Lezama, A; Vilanova, E; Ramirez-Angulo, H; Alciaturi, G. , 2012 Socioeconomic and Environmental Basis for the Development of Small Scale Forestry in a Highly Degraded Watershed in the Venezuelan Andes, *SMALL-SCALE FORESTRY*, 11: 321-337
42. Schaafsma, M; Morse-Jones, S; Posen, P; Swetnam, RD; Balmford, A; Bateman, II; Burgess, ND; Chamshama, SAO; Fisher, B; Green, RE; Hepelwa, AS; Hernandez-Sirvent, A; Kajembe, GC; Kulindwa, K; Lund, JF; Mbwambo, L; Meilby, H; Ngaga, YM; Theilade, I; Treue, T; Vyamana, VG; Turner, RK. , 2012 Towards transferable functions for extraction of Non-timber Forest Products: A case study on charcoal production in Tanzania, *ECOLOGICAL ECONOMICS*, 80: 48-62
43. Bowman, WD; Murgel, J; Blett, T; Porter, E. , 2012 Nitrogen critical loads for alpine vegetation and soils in Rocky mountain National Park, *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, 2012, 103: 165-171
44. Khan, SM; Page, S; Ahmad, H; Harper, D., 2012 ANTHROPOGENIC INFLUENCES ON THE NATURAL ECOSYSTEM OF THE NARAN VALLEY IN THE WESTERN HIMALAYAS, *PAKISTAN JOURNAL OF BOTANY*, 44: 231-238
45. Su, SL; Xiao, R; Jiang, ZL; Zhang, Y. , 2012 Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco-regional scale, *APPLIED GEOGRAPHY*, 34: 295-305
46. Raboin, ML; Posner, JL. , 2012 Pine or Pasture? Estimated Costs and Benefits of Land Use Change in the Peruvian Andes, *mountain RESEARCH AND DEVELOPMENT*, 32: 158-168
47. Poveda, K; Martinez, E; Kersch-Becker, MF; Bonilla, MA; Tschamtkke, T. , 2012 Landscape simplification and altitude affect biodiversity, herbivory and Andean potato yield, *JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY*, 49: 513-522
48. Bahadur, KCK. , 2012 Spatio-temporal patterns of agricultural expansion and its effect on watershed

- degradation: a case from the mountains of Nepal, ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES, 65: 2063-2077
49. Briner, S; Elkin, C; Huber, R; Gret-Regamey, A., 2012 Assessing the impacts of economic and climate changes on land-use in mountain regions: A spatial dynamic modeling approach. AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT, 149: 50-63
 50. Moreno-Sanchez, R; Maldonado, JH; Wunder, S; Borda-Almanza, C. , 2012 Heterogeneous users and willingness to pay in an ongoing payment for watershed protection initiative in the Colombian Andes, ECOLOGICAL ECONOMICS, 75: 126-134
 51. Gret-Regamey, A; Brunner, SH; Kienast, F. , 2012 mountain Ecosystem Services: Who Cares?, mountain RESEARCH AND DEVELOPMENT, 32: S23-S34
 52. Fries, A; Rollenbeck, R; Nauss, T; Peters, T; Bendix, J. , 2012 Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization, AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY, 152: 17-30
 53. Garrard, R; Kohler, T; Wiesmann, U; Price, MF; Byers, AC; Sherpa, AR. , 2012 Depicting community perspectives: repeat photography and participatory research as tools for assessing environmental services in Sagarmatha National Park, Nepal, ECO MONT-JOURNAL ON PROTECTED mountain AREAS RESEARCH
 54. Band, LE; Hwang, T; Hales, TC; Vose, J; Ford, C. , 2012 Ecosystem processes at the watershed scale: Mapping and modeling ecohydrological controls of landslides, GEOMORPHOLOGY, 137: 159-167
 55. Notaro, S; Paletto, A. , 2012 The economic valuation of natural hazards in mountain forests: An approach based on the replacement cost method, JOURNAL OF FOREST ECONOMICS, 18: 318-28
 56. Norton, JB; Jungst, LJ; Norton, U; Olsen, HR; Tate, KW; Horwath, WR. , 2011 Soil Carbon and Nitrogen Storage in Upper Montane Riparian Meadows, ECOSYSTEMS, 14: 1217-1231
 57. Rodriguez-Rodriguez, D; Bomhard, B; Butchart, SHM; Foster, MN. , 2011 Progress towards international targets for protected area coverage in mountains: A multi-scale assessment, BIOLOGICAL CONSERVATION, 144: 2978-2983
 58. Lamarque, P; Tappeiner, U; Turner, C; Steinbacher, M; Bardgett, RD; Szukics, U; Schermer, M; Lavorel, S., 2011 Stakeholder perceptions of grassland ecosystem services in relation to knowledge on soil fertility and biodiversity, REGIONAL ENVIRONMENTAL CHANGE, 11: 791-804
 59. Narloch, U; Pascual, U; Drucker, AG. , 2011 Cost-effectiveness targeting under multiple conservation goals and equity considerations in the Andes, ENVIRONMENTAL CONSERVATION, 38: 417-425
 60. Pelorosso, R; Della Chiesa, S; Tappeiner, U; Leone, A; Rocchini, D. , 2011 Stability analysis for defining management strategies in abandoned mountain landscapes of the Mediterranean basin, LANDSCAPE AND URBAN PLANNING, 103: 335-346
 61. Saravia, M, 2011 CONDESAN: Two Decades of Innovation for the Sustainable Development of the Andean Ecoregion, mountain RESEARCH AND DEVELOPMENT, 31: 363-366
 62. Nie, Y; Li, AN. , 2011 Assessment of Alpine Wetland Dynamics from 1976-2006 in the Vicinity of Mount Everest, WETLANDS, 31: 875-884
 63. Fisher, B; Turner, RK; Burgess, ND; Swetnam, RD; Green, J; Green, RE; Kajembe, G; Kulindwa, K; Lewis, SL; Marchant, R; Marshall, AR; Madoffe, S; Munishi, PKT; Morse-Jones, S; Mwakalila, S; Paavola, J; Naidoo, R; Ricketts, T; Rouget, M; Willcock, S; White, S; Balmford, A. , 2011 Measuring, modeling and mapping ecosystem services in the Eastern Arc mountains of Tanzania, PROGRESS IN PHYSICAL GEOGRAPHY, 35: 595-611
 64. Platts, PJ; Burgess, ND; Gereau, RE; Lovett, JC; Marshall, AR; McClean, CJ; Pellikka, PKE; Swetnam, RD; Marchant, R. , 2011 Delimiting tropical mountain ecoregions for conservation, ENVIRONMENTAL CONSERVATION, 38: 312-324

65. Dong, XB; Zhang, YF; Cui, WJ; Xun, B; Yu, BH; Ulgiati, S; Zhang, XS. , 2011 Energy-Based Adjustment of the Agricultural Structure in a Low-Carbon Economy in Manas County of China, *ENERGIES*, 4: 1428-1442
66. Glab, T; Kacorzyk, P. , 2011 Root distribution and herbage production under different management regimes of mountain grassland , *SOIL & TILLAGE RESEARCH*, 113: 99-104
67. Zipper, CE; Burger, JA; Skousen, JG; Angel, PN; Barton, CD; Davis, V; Franklin, JA. , 2011 Restoring Forests and Associated Ecosystem Services on Appalachian Coal Surface Mines , *ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, 47: 751-765
68. Renison, D; Hensen, I; Suarez, R. , 2011 Landscape Structural Complexity of High-mountain *Polylepis australis* Forests: A New Aspect of Restoration Goals, *RESTORATION ECOLOGY*, 19: 390-398
69. Monteiro, AT; Fava, F; Hiltbrunner, E; Della Marianna, G; Bocchi, S. , 2011 Assessment of land cover changes and spatial drivers behind loss of permanent meadows in the lowlands of Italian Alps, *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING*, 100: 287-294
70. Wardrop, DH; Glasmeier, AK; Peterson-Smith, J; Eckles, D; Ingram, H; Brooks, RP. , 2011 Wetland ecosystem services and coupled socioeconomic benefits through conservation practices in the Appalachian Region, *ECOLOGICAL APPLICATIONS*, 21: S93-S115
71. Swetnam, RD; Fisher, B; Mbilinyi, BP; Munishi, PKT; Willcock, S; Ricketts, T; Mwakalila, S; Balmford, A; Burgess, ND; Marshall, AR; Lewis, SL. , 2011 Mapping socio-economic scenarios of land cover change: A GIS method to enable ecosystem service modelling, *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, 92: 563-574
72. Moore, CC; Holmes, TP; Bell, KP. , 2011 An attribute-based approach to contingent valuation of forest protection programs , *JOURNAL OF FOREST ECONOMICS*, 17: 35-52
73. Buytaert, W; Cuesta-Camacho, F; Tobon, C. , 2011 Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions, *GLOBAL ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY*, 20: 19-33
74. Stratford, CJ; Acreman, MC; Rees, HG. , 2011 A simple method for assessing the vulnerability of wetland ecosystem services, *HYDROLOGICAL SCIENCES JOURNAL-JOURNAL DES SCIENCES HYDROLOGIQUES*, 56: 1485-1500
75. Lavorel, S; Grigulis, K; Lamarque, P; Colace, MP; Garden, D; Girel, J; Pellet, G; Douzet, R. , 2011 Using plant functional traits to understand the landscape distribution of multiple ecosystem services, *JOURNAL OF ECOLOGY*, 99: 135-147
76. Li, JC; Wang, WL; Hu, GY; Wei, ZH. , 2010 Changes in ecosystem service values in Zoige Plateau, China , *AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT*, 139: 766-770
77. Gareca, EE; Hermy, M; Fjeldsa, J; Honnay, O. , 2010 *Polylepis* woodland remnants as biodiversity islands in the Bolivian high Andes, *BIODIVERSITY AND CONSERVATION*, 19: 3327-3346
78. Ribeiro, KT; Freitas, L. , 2010 Potential impacts of changes to Brazilian Forest Code in campos rupestres and campos de altitude, *BIOTA NEOTROPICA*, 10: 239-246
79. Tomback, DF; Achuff, P. , 2010 Blister rust and western forest biodiversity: ecology, values and outlook for white pines, *FOREST PATHOLOGY*, 40: 186-225
80. Schwandt, JW; Lockman, IB; Kliejunas, JT; Muir, JA. , 2010 Current health issues and management strategies for white pines in the western United States and Canada, *FOREST PATHOLOGY*, 40: 226-250
81. Kijazi, MH; Kant, S. , 2010 Forest stakeholders' value preferences in Mount Kilimanjaro, Tanzania, *FOREST POLICY AND ECONOMICS*, 12: 357-369
82. Quetier, F; Rivoal, F; Marty, P; de Chazal, J; Thuiller, W; Lavorel, S. , 2010 Social representations of an alpine grassland landscape and socio-political discourses on rural development, *REGIONAL ENVIRONMENTAL CHANGE*, 10: 119-130

83. Blignaut, J; Mander, M; Schulze, R; Horan, M; Dickens, C; Pringle, C; Mavundla, K; Mahlangu, I; Wilson, A; McKenzie, M; McKean, S. , 2010 Restoring and managing natural capital towards fostering economic development: Evidence from the Drakensberg, South Africa, *ECOLOGICAL ECONOMICS*, 69: 1313-1323
84. Giorgis, MA; Cingolani, AM; Teich, I; Renison, D; Hensen, I. Do *Polylepis australis* trees tolerate herbivory? Seasonal patterns of shoot growth and its consumption by livestock, *PLANT ECOLOGY*, 2010, 207: 307-319
85. Null, SE; Viers, JH; Mount, JF. , 2010 Hydrologic Response and Watershed Sensitivity to Climate Warming in California's Sierra Nevada, *PLOS ONE*, 5
86. Descheemaeker, K; Mapedza, E; Amede, T; Ayalneh, W. , 2010 Effects of integrated watershed management on livestock water productivity in water scarce areas in Ethiopia, *PHYSICS AND CHEMISTRY OF THE EARTH*, 35: 723-729
87. Burt, JW; Rice, KJ. , 2009 Not all ski slopes are created equal: Disturbance intensity affects ecosystem properties, *ECOLOGICAL APPLICATIONS*, 19: 2242-2253
88. Pauchard, A; Kueffer, C; Dietz, H; Daehler, CC; Alexander, J; Edwards, PJ; Arevalo, JR; Cavieres, LA; Guisan, A; Haider, S; Jakobs, G; McDougall, K; Millar, CI; Naylor, BJ; Parks, CG; Rew, LJ; Seipel, T. , 2009 Ain't no mountain high enough: plant invasions reaching new elevations, *FRONTIERS IN ECOLOGY AND THE ENVIRONMENT*, 7: 479-486
89. Martinez, ML; Perez-Maqueo, O; Vazquez, G; Castillo-Campos, G; Garcia-Franco, J; Mehlreter, K; Equihua, M; Landgrave, R. , 2009 Effects of land use change on biodiversity and ecosystem services in tropical montane cloud forests of Mexico, *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 258: 1856-1863
90. Quintero, M; Wunder, S; Estrada, RD, 2009 For services rendered? Modeling hydrology and livelihoods in Andean payments for environmental services schemes, *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 258: 1871-1880
91. Fries, A; Rollenbeck, R; Gottlicher, D; Nauss, T; Homeier, J; Peters, T; Bendix, J. , 2009 THERMAL STRUCTURE OF A MEGADIVERSE ANDEAN mountain ECOSYSTEM IN SOUTHERN ECUADOR AND ITS REGIONALIZATION, *ERDKUNDE*, 63: 321-335
92. Schroth, G; Laderach, P; Dempewolf, J; Philpott, S; Haggard, J; Eakin, H; Castillejos, T; Moreno, JG; Pinto, LS; Hernandez, R; Eitzinger, A; Ramirez-Villegas, J. , 2009 Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico, *MITIGATION AND ADAPTATION STRATEGIES FOR GLOBAL CHANGE*, 14: 605-625
93. Hadgu, KM; Kooistra, L; Rossing, WAH; van Bruggen, AHC. , 2009 Assessing the effect of *Faidherbia albida* based land use systems on barley yield at field and regional scale in the highlands of Tigray, Northern Ethiopia, *FOOD SECURITY*, 1: 337-350
94. Currie, B; Milton, SJ; Steenkamp, JC. , 2009 Cost-benefit analysis of alien vegetation clearing for water yield and tourism in a mountain catchment in the Western Cape of South Africa, *ECOLOGICAL ECONOMICS*, 68: 2574-2579
95. Lara, A; Little, C; Urrutia, R; McPhee, J; Alvarez-Garreton, C; Oyarzun, C; Soto, D; Donoso, P; Nahuelhual, L; Pino, M; Arismendi, I. , 2009 Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile, *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 258: 415-424
96. Loheide, SP; Lundquist, JD, 2009 Snowmelt-induced diel fluxes through the hyporheic zone, *WATER RESOURCES RESEARCH*, 45
97. van Biervliet, O; Wisniewski, K; Daniels, J; Vonesh, JR. , 2009 Effects of Tea Plantations on Stream Invertebrates in a Global Biodiversity Hotspot in Africa, *BIOTROPICA*, 41: 469-475
98. Tenhunen, J; Geyer, R; Adiku, S; Reichstein, M; Tappeiner, U; Bahn, M; Cernusca, A; Dinh, NQ; Kolcun, O; Lohila, A; Otieno, D; Schmidt, M; Schmitt, M; Wang, Q; Wartinger, M; Wohlfahrt, G. , 2009 Influences

- of changing land use and CO₂ concentration on ecosystem and landscape level carbon and water balances in mountainous terrain of the Stubai Valley, Austria, *GLOBAL AND PLANETARY CHANGE*, 67: 29-43
99. Teich, M; Bebi, P. , 2009 Evaluating the benefit of avalanche protection forest with GIS-based risk analyses- A case study in Switzerland, *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 257: 1910-1919
 100. Miralles, I; Ortega, R; Almendros, G; Sanchez-Maranon, M; Soriano, M. , 2009 Soil quality and organic carbon ratios in mountain agroecosystems of South-east Spain, *GEODERMA*, 150: 120-128
 101. Endreny, TA; Gokcekus, H. , 2009 Ancient eco-technology of qanats for engineering a sustainable water supply in the Mediterranean Island of Cyprus, *ENVIRONMENTAL GEOLOGY*, 57: 249-257
 102. Wang, CY; van der Meer, P; Peng, MC; Douven, W; Hessel, R; Dang, CL. , 2009 Ecosystem Services Assessment of Two Watersheds of Lancang River in Yunnan, China with a Decision Tree Approach, *AMBIO*, 38: 47-54
 103. Naidoo, R; Malcolm, T; Tomasek, A. , 2009 Economic benefits of standing forests in highland areas of Borneo: quantification and policy impacts, *CONSERVATION LETTERS*, 2: 35-44
 104. Townsend, PA; Helmers, DP; Kingdon, CC; McNeil, BE; de Beurs, KM; Eshleman, KN. , 2009 Changes in the extent of surface mining and reclamation in the Central Appalachians detected using a 1976-2006 Landsat time series, *REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 113: 62-72
 105. Carvajal, AF; Feijoo, A; Quintero, H; Rondon, MA. , 2009 Soil Organic Carbon in Different Land Uses of Colombian Andean Landscapes, *REVISTA DE LA CIENCIA DEL SUELO Y NUTRICION VEGETAL*, 9: 222-235
 106. Gret-Regamey, A; Bebi, P; Bishop, ID; Schmid, WA. , 2008 Linking GIS-based models to value ecosystem services in an Alpine region, *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, 89: 197-208
 107. Gret-Regamey, A; Walz, A; Bebi, P. , 2008 Valuing ecosystem services for sustainable landscape planning in Alpine regions mountain, *RESEARCH AND DEVELOPMENT*, 28: 156-165
 108. Heckmann, KE; Manley, PN; Schlesinger, MD. Ecological integrity of remnant montane forests along an urban gradient in the Sierra Nevada, *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 2008, 255: 2453-2466
 109. Albert, CH; Thuiller, W; Lavorel, S; Davies, ID; Garbolino, E. , 2008 Land-use change and subalpine tree dynamics: colonization of *Larix decidua* in French subalpine grasslands, *JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY*, 45: 659-669
 110. Immerzeel, W; Stoorvogel, J; Antle, J., 2008 Can payments for ecosystem services secure the water tower of Tibet? *AGRICULTURAL SYSTEMS*, 96: 52-63
 111. Grau, HR; Hernandez, ME; Gutierrez, J; Gasparri, NI; Casavecchia, MC; Flores-Ivaldi, EE; Paolini, L. , 2008 A Peri-Urban Neotropical Forest Transition and its Consequences for Environmental Services, *ECOLOGY AND SOCIETY*, 13