



Universidad  
Complutense  
Madrid



Universidad  
Rey Juan Carlos



POLITÉCNICA

# EFFECTO DE LAS ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE MONTAÑA: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas

**Presentado por:**

D. Beñat Apaolaza Lopez

**Co-Directores:**

Dr. Ignacio Palomo Ruiz

Dr. Silvestre García de Jalón González del Tánago

**Tutor académico:**

Dr. José María Rey Benayas

En Madrid, a 20 de octubre de 2020

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>8</b>
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>13</b>
3.1. CARACTERÍSTICAS ESPACIALES Y TEMPORALES .....	13
3.2. CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS Y FUENTES DE DATOS .....	14
3.3. SOBRE LA ESCALA, ESTÍMULO Y MOMENTO DE APLICACIÓN .....	15
3.4. SOBRE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y SUS AGENTES IMPULSORES Y ACTORES .....	16
3.5. SOBRE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA.....	17
3.6. OBJETIVOS Y DIFICULTADES .....	18
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	<b>19</b>
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES .....	19
4.2. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS Y FUENTES DE DATOS .....	21
4.3. SOBRE EL ESTÍMULO, MOMENTO DE APLICACIÓN Y AGENTES IMPULSORES Y ACTORES.....	21
4.4. LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE MONTAÑA .....	23
4.5. OBJETIVOS, LIMITACIONES Y DESAFÍOS FUTUROS .....	24
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>26</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>28</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>29</b>

## RESUMEN

Los socio-ecosistemas de montaña tienen la capacidad de proporcionar una amplia gama de servicios ecosistémicos, desde un flujo regular de agua o la regulación del clima, hasta valores espirituales y de inspiración. Al mismo tiempo, el cambio climático supone una amenaza cada vez mayor sobre éstos, por lo que diversas medidas de adaptación se han implementado en los últimos años. Esta revisión sistemática de literatura busca comprender cuál es el efecto de diferentes medidas de adaptación sobre los servicios ecosistémicos de los socio-ecosistemas de montaña. Los resultados de este trabajo muestran una concentración de trabajos en zonas montañosas del hemisferio norte. Los servicios ecosistémicos más frecuentemente analizados se clasifican en las categorías de aprovisionamiento y regulación. Las estrategias y proyectos de adaptación evaluados describen un efecto positivo sobre los servicios de los ecosistemas. También se ha recogido en los trabajos analizados una reiterada limitación metodológica que supone un desafío a abordar en investigaciones futuras. Esta limitación concuerda con el escaso número de artículos llevados a cabo mediante trabajos en campo y evaluaciones objetivas de las actuaciones acometidas, lo cual se suma a la carencia de información y certidumbre necesaria para abordar la adaptación al cambio climático en este tipo de ecosistemas.

## ABSTRACT

Mountain socio-ecosystems have the capacity to provide a wide range of ecosystem services, from a regular flow of water or climate regulation, to spiritual and inspirational values. At the same time, climate change poses an increasing threat to them, which is why various adaptation measures have been implemented in recent years in mountain systems. This systematic literature review seeks to understand the effects of different adaptation measures on the ecosystem services of mountain socio-ecosystems. At the same time, this work has come across a concentration of studies on certain mountainous areas of the northern hemisphere and an excessive insistence on the ecosystem services included under the categories of provisioning and regulation. A repeated methodological limitation has also been collected in the analyzed works, which represents a challenge to be addressed in future research. This limitation is consistent with the small number of articles carried out through field work and objective evaluations of the actions undertaken, which adds to the lack of information and certainty necessary to address the adaptation to climate change in these types of ecosystems

**PALABRAS CLAVE:** socio-ecosistemas de montaña, servicios de los ecosistemas, cambio global, actuaciones de adaptación.

## 1. INTRODUCCIÓN

La relevancia de las zonas montañosas para el sustento y bienestar de la humanidad es sumamente amplia. El conjunto de las precipitaciones de estas zonas son las responsables de proveer de agua dulce a la mitad de la humanidad (Immerzeel et al., 2020; Viviroli et al., 2020), en las montañas se producen una gran variedad de alimentos de los que dependen comunidades locales (Rasul, 2010), tiene gran interés cultural, estético y turístico (Scott, 2006; Schirpke et al., 2013) y ha sido valorada como unos de los más importantes focos de biodiversidad (Rahbek et al., 2019), la cual está positivamente correlacionada con una mayor disposición de servicios ecosistémicos (Harrison et al., 2014). Estos, fueron definidos como “los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas” en el marco de trabajo original de los servicios ecosistémicos promovido por Millennium Ecosystem Assessment [MA] 2005, y el concepto sigue teniendo gran relevancia, por ejemplo en el Panel Intergubernamental sobre Biodiversidad y servicios de los Ecosistemas (IPBES) (Diaz et al., 2018).

Los socio-ecosistemas de montaña ocupan prácticamente una cuarta parte de la superficie terrestre de la Tierra, al mismo tiempo, respectivamente son el hogar del 12% y 40% de la población mundial directa e indirectamente, y proporcionan gran cantidad de beneficios al conjunto de la población (Chaudhary et al., 2017; Khan et al., 2013; Schild 2008). Fenómenos como sequías, inundaciones, incendios forestales y deslizamientos de tierra, se han visto incrementados por el cambio climático, por lo que los sistemas físicos, ecológicos y sociales de estos ecosistemas tienen un futuro incierto (Sekhri et al., 2020). No solo esto, bien es sabido que el cambio climático tiene diversos efectos sobre el estado y funcionamiento de todos los ecosistemas del planeta en general (Mooney et al., 2009), pero los de montaña, además de ser unos de los más notoriamente afectadas por este cambio global (Beniston, 2005), dadas sus características son buenos indicadores del avance del mismo (Whiteman, 2000). Esta atribución como sistemas de alerta tempranos del cambio climático, se debe a que sufren impactos mayores (por ejemplo, aumentos de temperatura más elevados que en zonas más bajas) y tienen ecosistemas muy sensibles (los glaciares y el permafrost entre otros).

Si bien los servicios de los ecosistemas generados en los ecosistemas de montaña son vitales para el sustento de miles de millones de personas, los desarrollos ambientales, económicos y sociales recientes, como el cambio climático, y su consecuente aumento de los desastres naturales, unido al crecimiento de la población mundial y su subsecuente expansión de la agricultura comercial y la urbanización, comprometen la capacidad de los ecosistemas de montaña para proporcionar bienes y servicios ambientales esenciales (Watson et al., 2004).

Por lo tanto, los efectos de las afecciones del cambio climático en las zonas de montaña pueden ser traducidos en cambios en los servicios ecosistémicos y en consecuencia en el bienestar de las personas que habitan en estas zonas y sobre todo aquel que recibe de ellas algún beneficio de modo indirecto (Gret-Regamey et al., 2012; Palomo, 2017). Ejemplo de ello son el impacto sobre la comida y alimentación, disponibilidad de agua, impacto en la identidad espiritual y cultural o en actividades de recreación entre otras (Huber et al., 2013; Crouzat et al., 2015). Más en concreto y con ánimo de hacer entender la magnitud del problema, la pérdida de criosfera de montaña debido al ya evidente incremento de la temperatura del globo en diferentes puntos del planeta (Huggel et al., 2019), tiene implicaciones directas para las personas que viven en áreas montañosas e implicaciones indirectas para quienes viven aguas abajo de las cuencas fluviales glaciares (Rasul et al., 2020).

Por otro lado, no se puede olvidar una importante variable de carácter social, y es que el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) y numerosos estudios reconocen que las personas clasificadas en los estratos de carácter económico más bajos son las más vulnerables ante los impactos del cambio climático (Ehrlich et al., 2012). Además, existen estudios que muestran que, en determinadas ocasiones, la pobreza es mayor para los habitantes de zonas de montaña, como el realizado para la zona de Hindu Kush-Himalaya (Gerlitz et al., 2012). Y es que los cambios climáticos plantean graves riesgos para los medios de subsistencia de las comunidades de montaña de los países en desarrollo, donde la población es predominantemente rural y la mitad de los habitantes experimentan inseguridad alimentaria (Gratzer et al., 2017). Asimismo, a menudo, están expuestos a múltiples peligros con recursos limitados de subsistencia y una gran dependencia de los recursos naturales de la zona (Shahzad et al., 2019).

Con todo lo anterior, es evidente que los ecosistemas de montaña deben adaptarse al cambio climático para contribuir al bienestar de la población a largo plazo y el alivio de la pobreza (VijayaVenkataRaman et al., 2012). La adaptación al cambio climático es definida como toda acción que “implica cambios en los sistemas socio-ecológicos en respuesta a los impactos reales y esperados del cambio climático en el contexto de cambios no climáticos que interactúan. Las estrategias y acciones de adaptación pueden variar desde afrontamientos a corto plazo hasta transformaciones más profundas a largo plazo, pretenden cumplir más que los objetivos del cambio climático por si solos, y pueden o no tener éxito en moderar daños o explotar oportunidades beneficiosas” (Moser et al., 2010). En este sentido, la adaptación es de vital importancia para reducir la vulnerabilidad de diferentes comunidades y la de los diferentes servicios ecosistémicos asociados a los socioecosistemas que habitan (Munang et al., 2015).

Hasta hoy, la mayor parte de los trabajos de adaptación se han centrado en ámbitos asociados a la producción de alimentos, desde variedades de cultivo a sistemas de almacenamiento de agua más eficientes (Pandey et al., 2018; Rasul et al., 2020). Otro aspecto muy valorado es el del turismo de montaña (como el asociado al esquí y senderismo), con diferentes iniciativas centradas en mantener sus aportaciones económicas a la vez que intentan adaptarlas a términos lo más sostenibles posibles (Bury et al., 2011, Steiger et al., 2016). Para la valoración de estas actuaciones se están utilizando todo tipo de metodologías y modos de evaluación, sin haber gran consenso sobre la idoneidad de cada uno y su compatibilidad, sobre todo en lo que a los métodos de simulación respecta (Terzi et al., 2019). Al mismo tiempo, la efectividad de este tipo de medidas discretas está teniendo buenos resultados (Macchi et al., 2015), pero los efectos que causan problemas a mayor escala (como la polinización o regulación del clima) y que repercuten sobre servicios más difícilmente valorables (como los englobados bajo la categoría de culturales) están siendo más complicados de evaluar y por tanto las conclusiones son inciertas.

Con todo lo anterior, es evidente que el cambio climático está afectando, y así lo seguirá haciendo, sobre diferentes servicios ecosistémicos de montaña. Además, en los últimos años se está dando una proliferación de trabajos centrados en intentar atajar estos efectos mediante diversas medidas de adaptación. Por lo tanto, es de vital interés reunir y analizar el mayor número de trabajos posibles que aborden dicha problemática. De este modo, se podrá facilitar el trabajo de investigaciones y proyectos futuros además de la labor de gobernantes en la toma de decisiones, ya que el presente trabajo puede proporcionar información de calidad para dichas tomas de decisiones.

## 2. OBJETIVOS

Este Trabajo Fin de Máster (TFM) tiene como objetivo principal realizar una revisión sistemática de la literatura existente sobre cómo las medidas de adaptación al cambio climático en socio-ecosistemas de montaña afectan a los servicios de los ecosistemas. Además, los objetivos específicos son:

- 1) Conocer la distribución espacial y temporal de las actuaciones que se están materializando.
- 2) Evaluar cuáles son los servicios ecosistémicos más valorados y cuáles los que menos se están teniendo en cuenta en dichas actuaciones de adaptación.
- 3) Reconocer cuáles han sido hasta ahora las limitaciones con las que se han encontrado los trabajos existentes.
- 4) Identificar cuáles son los vacíos de conocimiento y proponer futuras sendas a seguir por las investigaciones venideras.

### 3. METODOLOGÍA

Las revisiones sistemáticas tratan de analizar la literatura existente sobre un tema específico, bajo unos criterios de elegibilidad predefinidos para responder a las preguntas de investigación planteadas (Berrang-Ford et al., 2015). Dicho lo cual, este trabajo se ha llevado a cabo mediante una metodología formal que permite caracterizar las medidas de adaptación al cambio climático y sus efectos sobre los servicios ecosistémicos de montaña. A pesar de que este tipo de metodologías sistemáticas fueron originalmente desarrolladas en el ámbito de la salud, también han sido utilizadas para analizar las estrategias de adaptación al cambio climático (McDowell et al., 2014; Sherman et al., 2016; Sierra-Correa et al., 2015; Shaffril et al., 2018).

Este tipo de trabajos se caracterizan por su sistematización, transparencia y reproducibilidad (Gough et al., 2012), haciendo uso de guías establecidas para facilitar el entendimiento de los procedimientos de revisión, como por ejemplo la “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis” (PRISMA). La utilización de esta metodología formal permite proveer información creíble y veraz sobre temas de interés para los investigadores, políticos y público en general. No obstante, a pesar de su potencial la metodología ha tenido escasa aplicación en sistemas montañosos (Mengist et al., 2019).

La fuente de información utilizada para la realización del trabajo está compuesta de artículos redactados en inglés y publicados en las bases de datos Web of Science y Scopus. La búsqueda engloba artículos de los últimos 28 años, es decir, entre el 1 de enero de 1992 y el 30 de agosto de 2020. Se establece dicha fecha de inicio para hacerla coincidir con el año de la Cumbre de la Tierra de Río en la que por primera vez la comunidad internacional compiló la importancia global de las montañas (United Nations, 1992), también influye en la determinación de este marco temporal para el presente análisis el hecho de que en el mismo año se creó el “United Nations Framework Convention on Climate Change” (UNFCCC). Con todo, se consideran estos hitos históricos relevantes en la emersión de la investigación y de diferentes programas internacionales.

Haciendo uso de los buscadores de las bases de datos de Scopus y Web of Science se utilizaron términos de búsqueda referidos a cambio climático, servicios de los ecosistemas, adaptación y sistemas de montaña (Tabla 1). Dado que como se ha especificado anteriormente el concepto “ecosystem services” es relativamente nuevo, se han introducido términos que han podido ser utilizados refiriéndose al mismo concepto, pudiendo captar mejor la noción relativa a los beneficios que los ecosistemas aportan a la humanidad. Además, se incluyen sinónimos y

antónimos de dicho concepto con ánimo de capturar tanto los efectos positivos como negativos de las medidas de adaptación sobre los distintos servicios ecosistémicos.

Tabla 1. Términos de búsqueda utilizados en la revisión sistemática de la literatura.

Topic	Search terms
Climate change	“climate change*”
Adaptation	“adapt*”
Ecosystem services	“ecosystem service*” OR “environmental service*” OR “nature benefit*” OR “nature contribution*” OR “service*” OR “disservice*”)
Mountains	“mountain*” OR “Alps” OR “Andes” OR “Carpathians” OR “massif” OR “Pyrenees” OR “Rockies”

De este modo, se han podido recopilar todos los artículos potencialmente útiles para el presente trabajo compilados en las citadas bases de datos, en concreto 162 en la de Scopus y otros 213 en la de Web of Science, un total de 375. Con ellos se ha realizado un primer cribado en el que han sido eliminados los artículos duplicados, es decir, los que se encontraban en las dos bases de datos utilizadas. Después de este paso el número de artículos se reduce a 261, eliminando los duplicados de la base de datos de Web of Science para futuros análisis.

El siguiente paso es el análisis de título, resumen y palabras clave de cada uno de los 261 artículos para dirimir cuales acceden a la siguiente fase de análisis. Para ello se han leído con detenimiento y en dos ocasiones las citadas fracciones de cada artículo, con el objetivo de decidir si cumplen con los siguientes criterios de inclusión. En primer lugar, deben estar centrados en ecosistemas de montaña, haciendo uso de la definición de Korner et al., (2011). Además, tienen que analizar de algún modo el impacto de actuaciones de adaptación al cambio climático sobre algún servicio ecosistémico. Estos servicios ecosistémicos podrían ser de cualquier tipo y no tienen por qué estar catalogados en el artículo como tal si la noción en sí misma sí que está presente. Finalmente, las medidas de adaptación se consideran como cualquier actuación que implica cambios en los sistemas socioecológicos en respuesta a los impactos reales y esperados del cambio climático en el contexto de cambios no climáticos que interactúan con los mismos, coincidiendo con la definición de Moser et al. (2010). Este segundo cribado, como bien se ha explicado se realiza de forma manual, pudiendo seleccionar así los artículos que se analizan al completo para decidir finalmente su inclusión en el proceso de extracción de datos. Con todo, de los 261 candidatos de la fase anterior se reducen hasta 48 (37 de Scopus y 11 de Web of Science).

Este escaso medio centenar de trabajos se leen en dos ocasiones al completo y bajo los mismos criterios de inclusión anteriormente expuestos, intentando corregir los posibles fallos derivados del filtro de análisis anterior. Finalmente se obtienen 15 en total (11 y 4 artículos de Scopus y Web of Science respectivamente). Este metódico proceso busca mejorar la objetividad y prevenir errores. Cabe remarcar que la mayoría de los trabajos excluidos lo eran por una de las dos siguientes razones. Primeramente, gran parte de los relegados analizaban los efectos del cambio climático en socioecosistemas de montaña (Negi et al., 2017; Terzi et al., 2019) y ensalzan la necesidad de medidas de adaptación, pero no las aplican. Y algunos otros, a pesar de recoger en sus trabajos la aplicación de alguna medida de adaptación, no evaluaban la efectividad de las mismas.

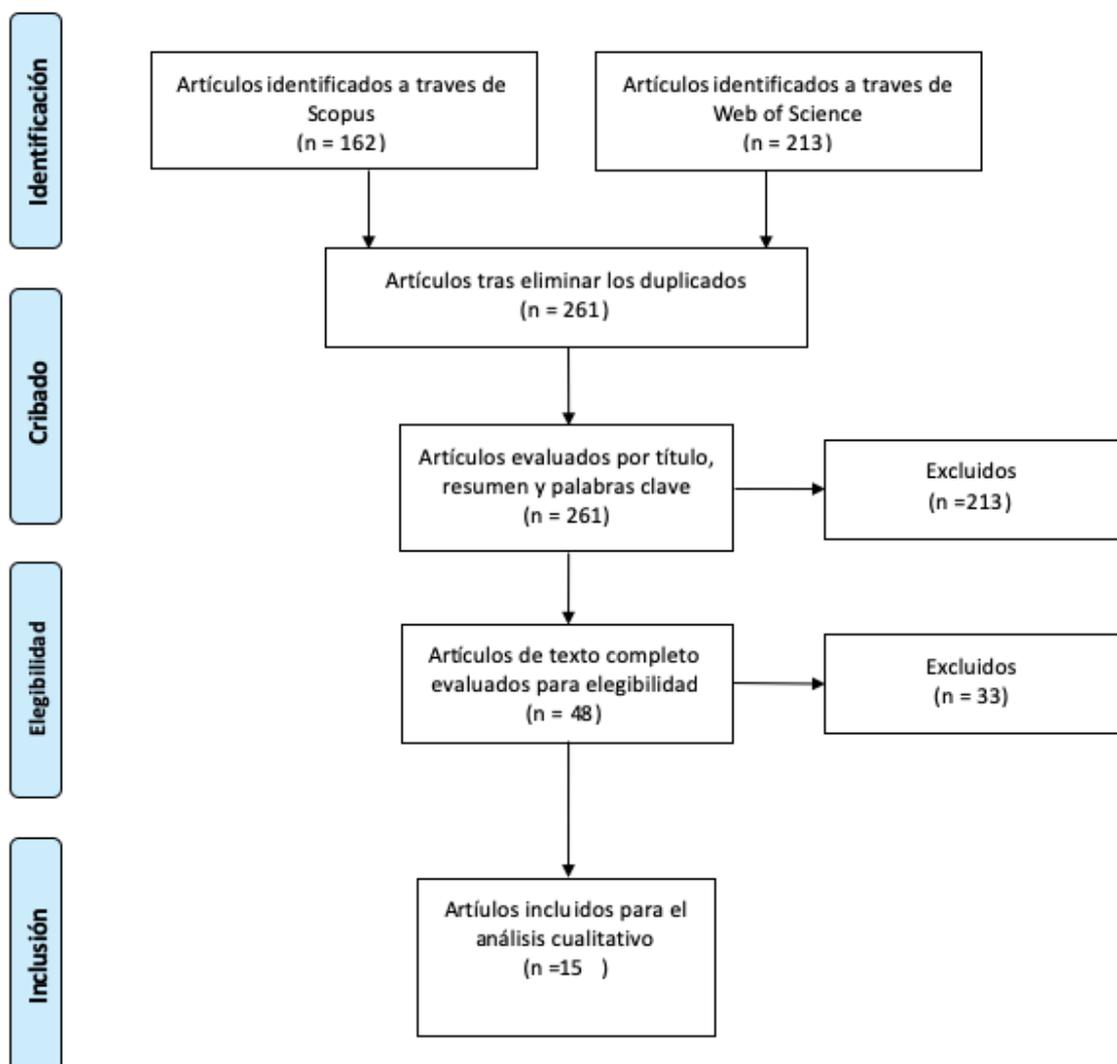


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología a partir de PRISMA. Fuente: Elaboración propia.

Una vez recopilada la selección de artículos que forman parte de la revisión de literatura, se procede a extraer la información necesaria para cumplir con el objetivo del trabajo. Esto se

hace mediante la extracción de las variables descritas en la Tabla 2. En esta se explican de forma ordenada cada una de las variables utilizadas, además de las categorías que engloba cada una de estas y la justificación de su inclusión en el cuestionario de extracción de información. Los datos utilizados de cada uno de los artículos seleccionados se han almacenado en una hoja de cálculo en Microsoft Excel para su posterior clasificación y procesamiento, preparándolos de este modo para su análisis, cuyo resultado final se presenta mediante tablas y gráficos.

Finalmente, se procede a la evaluación de los datos sintetizados y conclusión de los trabajos seleccionados, dando respuesta en este momento a los objetivos del trabajo. Este apartado abarca tanto la explicación cualitativa como cuantitativa y la narración de los resultados, discutiendo los mismos e indicando el camino a seguir por futuros trabajos e infiriendo finalmente una conclusión.

Tabla 2. Variables, categorías y justificación utilizadas para la extracción de información de los artículos finalmente seleccionados para el trabajo.

VARIABLE	CATEGORÍAS	JUSTIFICACIÓN
Año de publicación	Entre los años 1992 y 2020	Estudios anteriores fueron excluidos. Para poder describir la distribución temporal del trabajo
Ubicación del estudio	País	Para poder describir la distribución espacial del trabajo
Clase de fuente de datos	Datos primarios Datos secundarios Datos mixtos	Datos derivados de muestreo en el campo (por ejemplo, datos de campo, encuestas o entrevistas o datos censo) Datos que se derivaron de otra información fácilmente disponible y no verificados en el campo (por ejemplo, datos de teledetección, datos socioeconómicos) Base de datos (estadísticas globales, bibliografía, modelado, encuestas y datos de campo)
Método del estudio	Relaciones causales Valoración de encuestados Modelos	Emplear relaciones de causa efecto entre medidas de adaptación y servicios ecosistémicos para sus resultados Emplear valoración de entrevistas y conversaciones de grupo para sus resultados Emplear datos de simulaciones y modelos para sus resultados
Escala de la acción de adaptación	Parche Local Regional Nacional Global	$10-10^2$ km <sup>2</sup> $10^2-10^3$ km <sup>2</sup> $10^3-10^5$ km <sup>2</sup> $10^5-10^6$ km <sup>2</sup> $>10^6$ km <sup>2</sup>
Estímulo de la acción de adaptación	Glaciares Precipitaciones Temperatura Fenómenos extremos Flora y fauna	Cambios en los glaciares Cambios en los patrones de precipitación Cambios en el régimen de temperaturas Cambios en el régimen de fenómenos extremos Cambios en la flora y fauna
Momento de la aplicación	Anterior Posterior	Anterior a la percepción de cambios en el territorio achacables al cambio del clima A posteriori de sufrir consecuencias del cambio del clima
Impulsores de las medidas de adaptación	Organismos supranacionales Organismos gubernamentales ONGs Entidades o instituciones locales Organismos universitarios o de carácter científico	Identificación de el o los organismos impulsores de las medidas de adaptación
Actores de las medidas de adaptación	Empleados de la administración nacional Miembros de ONG Comunidades locales Empleados de administraciones locales/regionales Científicos	Identificación de los actores que llevan a cabo las medidas de adaptación planteadas
Medidas de adaptación	Cambio en técnicas de riego Cambio en agricultura Cambio en gestión forestal Restauración ecológica	Identificación de las diferentes medidas de adaptación llevadas a cabo
Modo de evaluación	Cualitativo Cuantitativo	Los servicios ecosistémicos evaluados con términos verbales Los servicios ecosistémicos evaluados de forma numérica

Tipos de servicios ecosistémicos	Culturales Aprovisionamiento Regulación	Beneficios tangibles e intangibles derivados del ecosistema, como recreación, estética, beneficios espirituales Productos obtenidos de ecosistemas, como agua, alimentos, fibra Servicios de los ecosistemas que regulan las condiciones ambientales en las que viven los seres humanos (por ejemplo, regulación del clima, ciclos hidrológicos, calidad del agua)
Número de servicios ecosistémicos evaluados	De forma numérica	Al menos un servicio ecosistémico se evalúa
Objetivos del trabajo	Ampliación del conocimiento existente Desarrollo metodológico Opción de gestión	Obtención de nuevos resultados con objetivos meramente de investigación Desarrollar un nuevo método o verificar métodos existentes Recomendar la opción de gestión para su utilización
Dificultades mencionadas	Metodológico Datos Otros	Incertidumbre de los resultados asociada a la fiabilidad del método o su incorrecta aplicación Incertidumbre asociada a la calidad de los datos utilizados Otras incertidumbres

Por otro lado, para comprobar si existen diferencias significativas entre las diferentes categorías de análisis y evaluar cuan acertada puede ser la distribución teórica a la hora de representar la distribución real de los datos de una determinada muestra, se realiza el test de Chi-cuadrado. Esta prueba contrasta las frecuencias observadas con las frecuencias teóricas de acuerdo con la hipótesis nula, en este caso, esta afirma que las categorías de análisis son independientes. En ninguno de los casos para los que se realiza la prueba de Chi-cuadrado el p-valor es inferior al nivel de significación (5%) y por lo tanto no es posible rechazar la hipótesis nula en ningún caso, es decir, no se puede afirmar que las categorías de análisis no sean independientes. Sin embargo, en la tabla de frecuencias teóricas se observa más de una frecuencia que es inferior a 5 (ver ejemplo en tabla 3), por lo cual no es prudente utilizar el valor del Chi-cuadrado para ninguno de los casos. El hecho de que los resultados del análisis estadístico no sean significativos puede deberse en parte a que el número de artículos analizados no es muy elevado.

Tabla 3. Frecuencias teóricas (%) de los servicios ecosistémicos y las medidas de adaptación.

	Cambios en técnicas de riego	Cambios en agricultura	Cambios en gestión forestal	Restauración ecológica	Total
<b>Culturales</b>	0.1%	0.8%	2.2%	0.5%	3.6%
<b>Aprovisionamiento</b>	2.3%	13.8%	39.0%	9.2%	64.3%
<b>Regulación</b>	1.1%	6.9%	19.5%	4.6%	32.1%
<b>Total</b>	3.6%	21.4%	60.7%	14.3%	100.0%

## 4. RESULTADOS

En primer lugar, se presenta una visión general de los artículos analizados, mostrando la situación actual de las actuaciones de adaptación al cambio climático en su influencia sobre los servicios ecosistémicos de socio-ecosistemas de montaña. A continuación, se relata y comparan los métodos, las fuentes de datos y los modos de evaluación de cada uno de los trabajos de la revisión. En los dos apartados siguientes de esta sección se vuelve a proceder del mismo modo con los datos relativos a la escala, estímulo y momento de la aplicación, además de con los de los impulsores y actores de las medidas de adaptación recogidas en las publicaciones. También se recoge en el quinto punto los tipos de servicios ecosistémicos que se han valorado a raíz de la actuación con objetivo de adaptación al cambio climático y el número total de ellos que constan en cada uno de los trabajos. Finalmente, se concluye con un apartado dedicado a los objetivos de cada uno de los artículos analizados y las dificultades mencionadas con las que se han encontrado los autores de cada uno de ellos.

### 3.1. Características espaciales y temporales

El primer artículo en analizar la influencia de actuaciones de adaptación sobre servicios ecosistémicos de montaña es del año 2011. En el periodo 2011-2015 aparecen tan solo 4 trabajos, es decir el 27% de los seleccionados, mientras que en los cinco años posteriores 11 (73% del total). Más de la mitad de las publicaciones han sido publicados en los últimos tres años, por lo que como se puede observar en la figura 2 existe una tendencia ascendente de este tipo de trabajos.

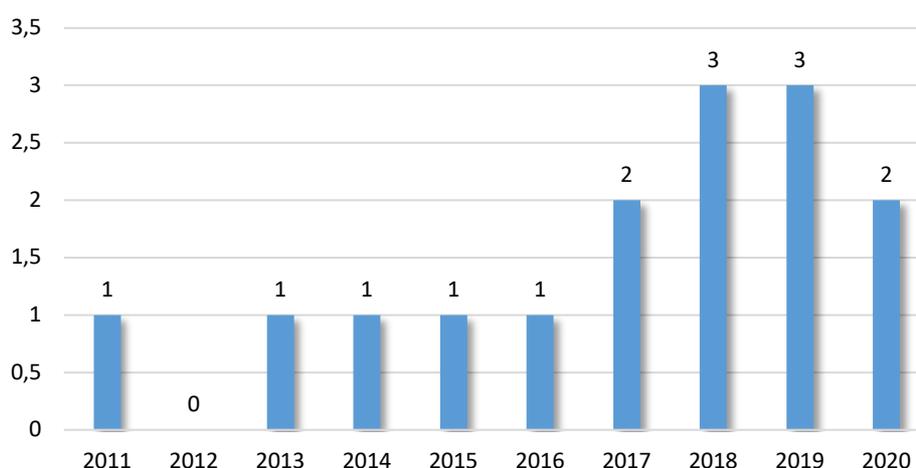


Figura 2. Año de publicación de los artículos seleccionados.

En lo que a la distribución espacial de los artículos respecta, por continentes el mayor número se ha encontrado en Europa (6), seguido de América (5), Asia (4) y en último lugar África

(2), en Oceanía el resultado ha sido nulo. El total de países cubiertos es de 13. También es importante señalar que solo hay tres países en los que se pueden encontrar más de una investigación, estos son Nepal, donde hay 3, y Canadá y Austria, donde hay 2, en los demás tan solo se ha encontrado uno (figura 3).

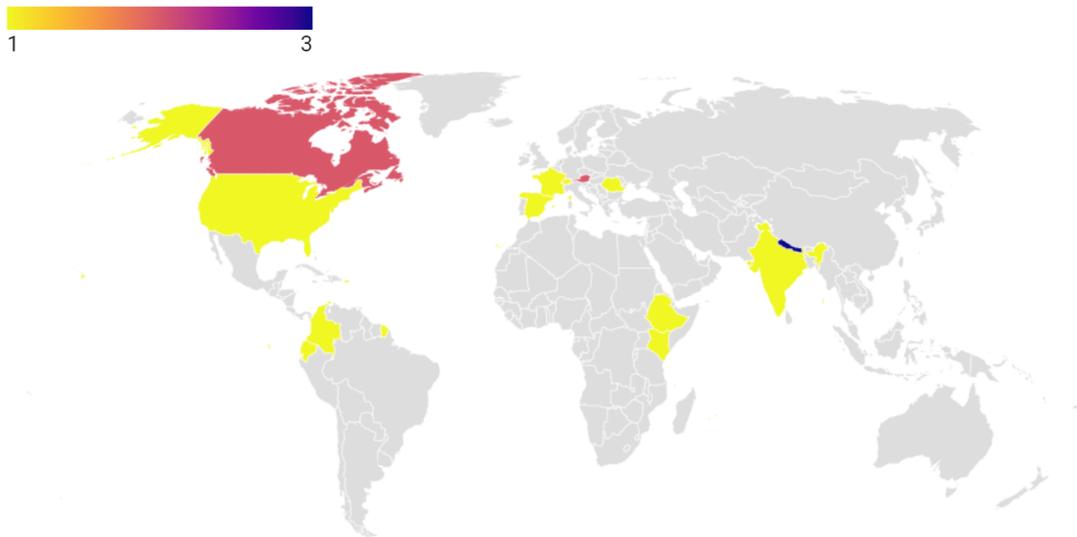


Figura 3. Distribución de artículos por país

### 3.2. Características metodológicas y fuentes de datos

La clase de fuentes de datos utilizada por cada artículo se divide en tres categorías, dependiendo del procedimiento de obtención de los datos utilizados para el análisis. De este modo, el 60% de los artículos defienden haber hecho uso de datos mixtos (9 artículos) y el 40% restante ha utilizado datos primarios (6 artículos), definidos como bases de datos (estadísticas globales, bibliografía, modelado, encuestas y datos de campo) y datos derivados de muestreo en el campo (por ejemplo, datos de campo, encuestas o entrevistas o datos censo), respectivamente. Por lo tanto, ninguno se ha valido solamente de datos secundarios para su análisis, es decir, datos que se derivaron de otra información fácilmente disponible y no verificada en el campo (Figura 4A).

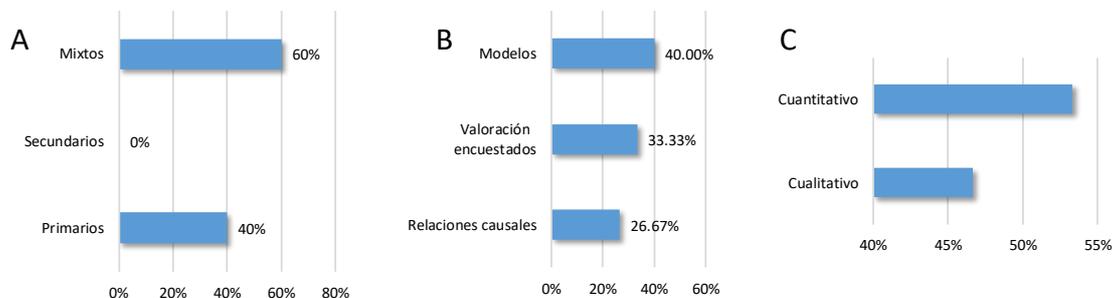


Figura 4. Tipo de análisis utilizado en los trabajos revisados en relación a: (A) Clase de fuente de datos; (B) Método de estudio; (C) Modo de evaluación.

El método más utilizado entre los trabajos de la muestra es de los modelos o simulaciones, el 40% (6 artículos), seguido de la evaluación de servicios mediante encuestados 33% (5 artículos) y relaciones causales 27% (4 artículos) (Figura 4B). Respecto al modo de evaluación, el 47% (7 artículos) utilizan un modo de evaluación cualitativo y el 53% (8 artículos) por el cuantitativo (Figura 4C).

### 3.3. Sobre la escala, estímulo y momento de aplicación

En cuanto a la escala de aplicación de los estudios objeto de análisis, estos fueron agrupados atendiendo a la clasificación de Martínez-Harms y Balvanera (2012) en el que se diferencian 5 categorías. Como puede observarse en la figura 5, en ninguno de los trabajos se han llevado a cabo actuaciones que contemplen aplicaciones de nivel nacional o global, el 40% de las actuaciones han tenido una aplicabilidad de escala local (6), un 33% de escala regional (5 de 15) y el 27% restante de escala de parche (4 de 15).

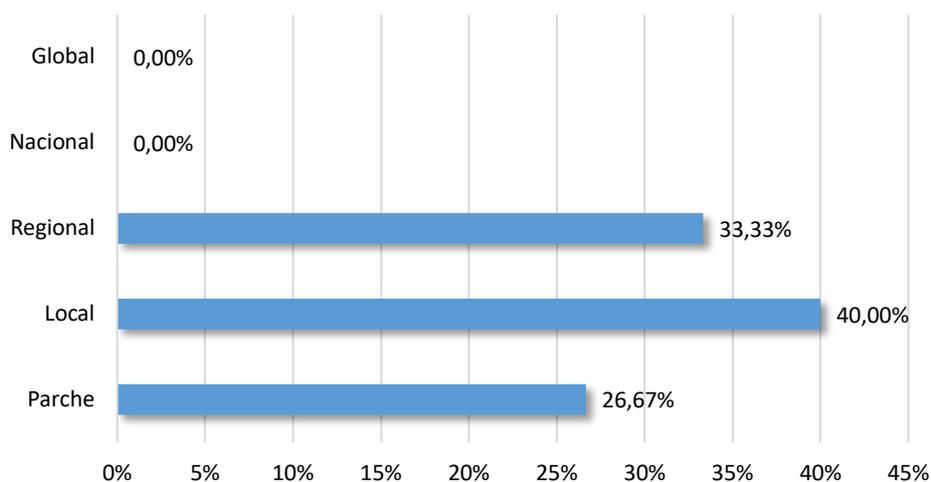


Figura 5. Escala de la acción de adaptación.

En cuanto a los cambios percibidos en el medio que han condicionado las acciones de adaptación, se ha tenido en cuenta que alguno de los trabajos ha mencionado más de un estímulo a tener en cuenta. Así, la categoría de glaciares ha sido mencionada tan solo por uno de los trabajos, suponiendo esto el 6% de los resultados registrados, la temperatura ha sido nombrada también en una única ocasión (6%), en cambio la categoría de precipitación en 4 ocasiones (22%), y la categoría que mayor incidencia ha tenido ha sido la de flora y fauna, con un total de 12 ocasiones (66%). Todos los datos mencionados aquí han sido gráficamente representados en la figura 6 para su mejor comparación y comprensión.

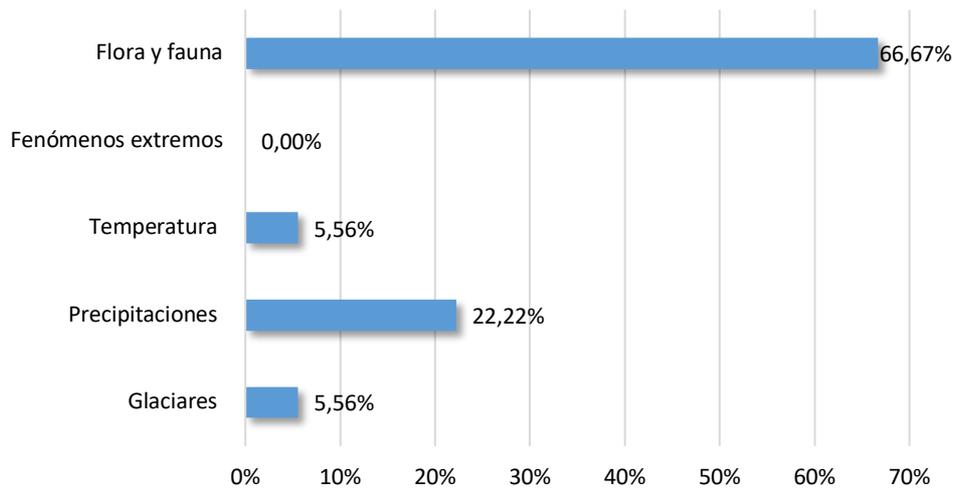


Figura 6. Estímulo de la acción de adaptación.

En conexión con esta última variable expuesta, la tónica general recogida es que la mayor parte de las actuaciones son de aplicación anterior a los cambios, de hecho, dos terceras partes de los registros así lo indican, mientras que el tercio restante tienen una aplicación “a posteriori” de la percepción de cambios.

### 3.4. Sobre las medidas de adaptación y sus agentes impulsores y actores

Una vez más, algún trabajo nombra dos o más impulsores de las medidas de adaptación por lo que el total de registros es mayor que 15, por ello se facilita la información arrojándola de forma relativa, haciendo uso de porcentajes. Todo ello consta de forma resumida y fácilmente comparable en la figura 7A. Dicho lo cual, el 42% de los registros nombra organismos universitarios o de carácter científico como principales impulsores de las acciones, el 26% a organismos gubernamentales, el 16% a entidades de carácter local, el 11% a ONGs, y por último, el 5,2% a organismos supranacionales (por ejemplo, FAO).

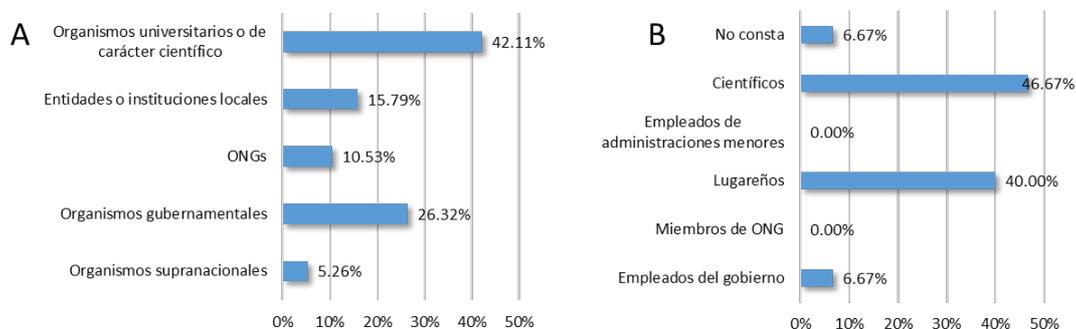


Figura 7: Tipo de análisis utilizado en los trabajos revisados en relación a los: (A) Impulsores de las medidas de adaptación; (B) Actores de las medidas de adaptación.

En lo que a los actores de dichas medidas respecta, el 47% de los registros identifican a científicos como principales actores, un 40% a los lugareños y otro 7% a empleados de la administración nacional. Además, en esta ocasión hay un artículo que no identifica a los autores (7%). También cabe señalar que en ninguno de los trabajos se identifica a miembros de ONGs y a empleados de administraciones locales como ejecutores de las medidas de actuación adoptadas. Una vez más, toda esta información está recogida en la figura 7B para su mejor comprensión de forma visual.

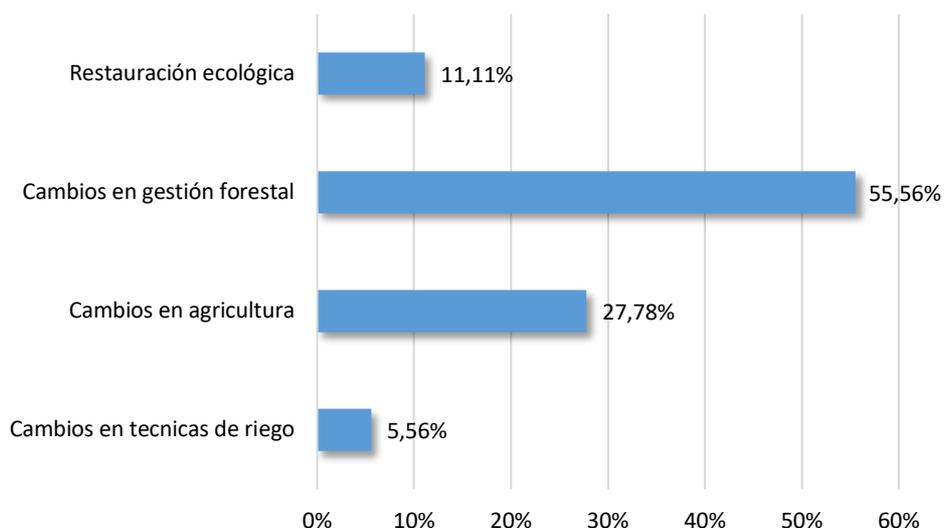


Figura 8. Medidas de adaptación.

Respecto a la naturaleza de las actuaciones de adaptación llevadas a cabo por los anteriormente citados, el 56% de ellas han consistido en cambios en los patrones de gestión forestal, el 28% han sido cambios en el ámbito de la agricultura (como calendario de siembra o variedades de especies), otro 11% actuaciones de restauración ecológica y el 6% cambios en las técnicas de riego (figura 8).

### 3.5. Sobre los servicios de los ecosistemas de montaña

La gama de servicios recogida no es demasiado amplia pero la mayoría de los artículos han recogido y evaluado más de uno. Como de forma clara y comprensible se muestra en la figura 9A, el 54% de los registros hace mención a los servicios de los ecosistemas de aprovisionamiento, el 32% de los de regulación y tan solo el 3% de los culturales. El gran número de trabajos que se han llevado a cabo con estímulos relativos a fauna y flora, se representa aquí mediante ese alto número de registros de servicios de aprovisionamiento como son los relacionados con la agricultura y el aprovechamiento forestal.

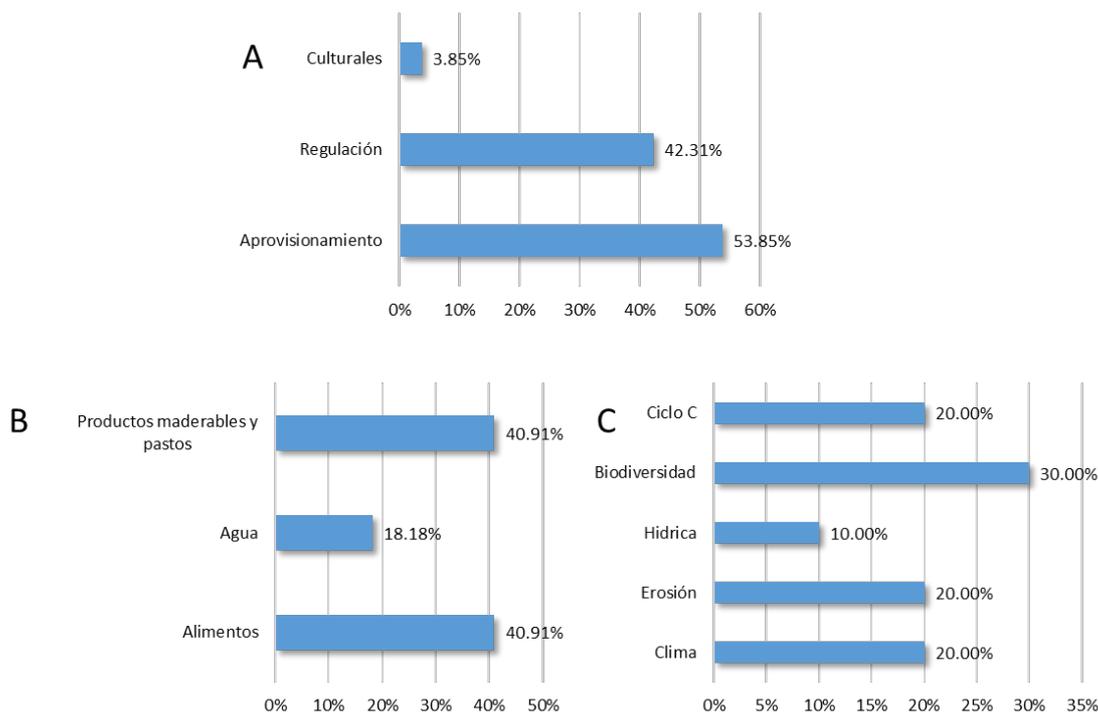


Figura 9: Tipo de análisis utilizado en los trabajos revisados en relación a los: (A) Tipos de servicios ecosistémicos; (B) Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento; (C) Servicios ecosistémicos de regulación

Además, el 26,6% de los artículos tan solo evalúa un servicio ecosistémico en función de las medidas de adaptación ejecutadas, el 40% de ellos analiza dos, otro 26,6% tres y finalmente un único artículo analiza cuatro servicios ecosistémicos diferentes. De este modo, prácticamente tres cuartas partes de los trabajos analiza más de uno.

### 3.6. Objetivos y dificultades

En lo que a los objetivos de las publicaciones analizadas respecta, el 60% de los registros los recoge la categoría denominada como opción de gestión, el 30% se engloban bajo la categoría de ampliación del conocimiento existente sobre la materia en cuestión, y finalmente el 10% los que tienen como fin el desarrollo metodológico de la estrategia o herramientas (por ejemplo, de modelación) utilizadas en el trabajo.

Por último, se ha de mencionar que en la revisión se han identificado una amplia gama de dificultades. En primer lugar, las incertidumbres asociadas a la metodología empleada para evaluar los servicios que aportan los ecosistemas reúnen el 60% de los registros de esta variable, en segundo lugar, el 19% de los registros están asociados a la carencia de datos adecuados para la investigación, otro 19% no menciona dificultades y finalmente un 6% nombran otros problemas, en este caso la complejidad de las interrelaciones de la dinámica de los ecosistemas forestales.

## 5. DISCUSIÓN

La presente revisión de literatura revela que las acciones de adaptación centradas en socio-ecosistemas de montaña y su influencia sobre los servicios ecosistémicos de estos, componen una problemática de cada vez mayor alcance, relevancia y urgencia. Pero del mismo modo es palpable la carencia de información y certidumbre necesaria para abordar un desafío de tal calado. En vista de los resultados expuestos en la sección anterior, se buscará responder aquí a la siguiente disyuntiva: ¿en qué punto se encuentra la evidencia científica de esta temática, y cuáles son sus luces y sombras en la actualidad?

### 4.1. Consideraciones generales

Como bien es sabido, se espera que el cambio climático ejerza una influencia considerable en los ecosistemas naturales de todo el mundo, aunque del mismo modo, no todos los ecosistemas son igualmente vulnerables a los cambios (Beniston, 2005). Los ecosistemas de montaña son muy sensibles al cambio global, de hecho, la capacidad continua de las regiones montañosas para proporcionar bienes y servicios a la sociedad se ve amenazada por el impacto de los cambios ambientales en los ecosistemas. Es por ello que llegar a comprender, proteger y adaptar adecuadamente estos socio-ecosistemas es de especial relevancia, no solo para sus habitantes, si no para el conjunto de la humanidad.

Este trabajo ha evaluado el estado del arte y las lagunas existentes en la investigación de la influencia de actuaciones de adaptación sobre servicios ecosistémicos de montaña. Como bien se ha expuesto anteriormente se han conseguido registrar 375 artículos en las dos bases de datos utilizadas, pero de esta primera búsqueda 15 de ellos han conseguido superar todos los criterios de inclusión para su extracción de datos y participación en el trabajo. De este modo el 4% de las publicaciones iniciales han sido las que forman la presente revisión de literatura, por lo que el porcentaje final de artículos analizados respecto al número de resultados obtenido inicialmente es algo mayor que el de otras revisiones de temáticas relacionadas como McDowell et al (2019) o Yang et al (2018), con unas muestras de 3% y 2,8% respectivamente. Cabe señalar, que como es obvio el tamaño de la muestra está muy influenciado por los filtros de exclusión utilizados a lo largo del proceso seleccionador de publicaciones, y en este caso, la precisión de la información necesaria ha hecho que el número absoluto de la muestra de artículos se haya reducido hasta los 15. No solo esto, la cantidad y calidad de las bases de datos utilizadas en este tipo de trabajos también cobran su peso sobre el tamaño de las muestras finales.

En lo que a la distribución espacial y temporal se refiere, se han identificado varios hallazgos interesantes. En primer lugar, puede afirmarse con rotundidad que el número de publicaciones que estudian la presente problemática se encuentran en aumento. Ello demuestra que es un tema que está cobrando cada vez más interés en el ámbito científico, y poco a poco en el político y social, ya que como puede observarse en la figura 7A buena parte de las acciones de adaptación registradas son impulsadas por administraciones gubernamentales o de menor autoridad política.

De este modo, es más que probable que en los próximos años se siga con la tónica de hasta ahora y los trabajos centrados en este ámbito sigan en aumento. Una de las posibles razones para explicar dicho auge de las publicaciones puede ser la inclusión del concepto de desarrollo sostenible en la agenda del desarrollo del milenio y el inicio del concepto en MA de 2001. Además, esto pudo aunar todavía más fuerza con la publicación de TEEB en 2010, y la creación de IPBES en 2012, con sus consiguientes publicaciones y la existencia de seminarios sobre servicios ecosistémicos.

Afinando la vista, se puede apreciar que la distribución espacial de los estudios está agrupada sobre ciertas zonas muy concretas (los Alpes o el Himalaya por ejemplo), por ende, la mayoría de los estudios se encuentran ubicados en el hemisferio norte, lo que podría afectar a la correcta comprensión y conocimiento sobre las conexiones de los servicios ecosistémicos de montaña con acciones de adaptación. Además, la mayor parte están concentrados en Europa, un continente altamente desarrollado. Estos resultados coinciden con trabajos anteriores sobre servicios de los ecosistemas en zonas de alta montaña, que muestran una mayoría de estudios en el hemisferio norte (Palomo, 2017; McDowell, 2019). Esto, unido al hecho de que la mayoría de los trabajos tienen una escala de parche o local, fomentando la generación de conocimiento específico del sitio sobre los beneficios de los ecosistemas de montaña para el bienestar humano, puede tener diversas y divergentes lecturas. Por un lado, podría pensarse que esta concentración puede tener consecuencias negativas sobre la desigualdad entre los llamados países desarrollados y los menos desarrollados o en desarrollo, al centrarse estos estudios en las necesidades de los primeros. Esto podría agrandar todavía más la brecha abierta entre las comunidades de montaña y las urbanas, la cual es palpable desde diferentes ópticas (Gerlitz et al. 2012; Khandekar et al., 2019).

Por otro lado, aunque con un pequeño retraso temporal en su aplicación, este énfasis en lugares como las montañas europeas puede conllevar la generación de resultados de alta

fiabilidad, brindando enormes oportunidades e información para futuros trabajos que se podrían realizar con mayor facilidad y veracidad en áreas montañosas de comunidades en países en desarrollo.

#### 4.2. Consideraciones metodológicas y fuentes de datos

En lo que al método y datos respecta, es importante señalar que el 73% (figura 4B) de los estudios se basan en datos logrados a partir de valoraciones de encuestado y modelos. Dicho lo cual, las incertidumbres y limitaciones derivadas de estos métodos de estudio no son desdeñables, lo que invita a la realización de futuros análisis para confirmar los resultados obtenidos.

Unido a esta idea, prácticamente la mitad de las publicaciones hacen uso de métodos cualitativos para evaluar los servicios ecosistémicos influenciados por las medidas de adaptación aplicadas, lo cual a primera vista puede parecer congruente con el alto número de trabajos basados en entrevistas y discusiones de grupo. Pero, por otro lado, como más adelante se volverá a analizar, los servicios ecosistémicos culturales, los cuales mayores dificultades de cuantificación requieren, son prácticamente anecdóticos en los trabajos de esta revisión. La escasa evaluación de servicios culturales también se ha observado en otros tipos de ecosistemas (Liquete et al., 2013; Barral et al., 2015). Por lo tanto, de cara a futuros trabajos, mayores esfuerzos en la cuantificación de los logros pueden ser muy útiles para conclusiones de mayor calado y posibles reproducciones de las acciones adoptadas en otros lugares.

A pesar de ello, los estudios que se basan en métodos participativos (33%) indican que se incorpora información de primera mano sobre las medidas de adaptación y los cambios de los servicios ecosistémicos mediante la consulta de las partes interesadas locales. Pero sobre todo, proporciona un mecanismo para entregar información a la comunidades locales, lo cual es clave para el desarrollo de las adaptaciones planificadas. Por lo tanto, aunque buena parte de la investigación sobre la presente temática puede no estar cumpliendo con cierto rigor científico, si muestra un grado razonable de compromiso con los lugareños y afectados más directos.

#### 4.3. Sobre el estímulo, momento de aplicación y agentes impulsores y actores

Atendiendo al carácter de las medidas de actuación adoptadas, puede observarse una vez más la dominancia de las relacionadas con el ámbito forestal y de la agricultura. Es probable que el estar estos relacionados con la generación de diferentes servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, sea la justificación del interés e inversión recibido. A pesar de lo anterior, puede empezar a observarse en los últimos años trabajos que abordan la adaptación al cambio

climático mediante proyectos de restauración ecológica, y es que, nos encontramos a las puertas de lo que la Asamblea General de la ONU ha denominado la década de la restauración (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2019).

Los estímulos más documentados que motivan las adaptaciones documentadas son generalmente consistentes con los cambios relacionados con el clima observados (figura 6) y los temas más recurrentes de las publicaciones (ámbito forestal y agricultura), es decir, cambios en la flora. No solo esto, el predominio de adaptaciones dirigidas por entidades gubernamentales (excluyendo las simulaciones) sugiere que la mayoría de las actuaciones están respaldadas por información científica. A pesar de ello, no pueden echarse por tierra actuaciones de calidad de carácter autónomo o dirigidas por entidades menores, como es el caso del estudio realizado por Adhikari et al (2018) en Nepal.

Otro aspecto por destacar es la preponderancia de las adaptaciones llevadas a cabo anteriormente a impactos detectados del cambio climático en el ecosistema en cuestión. Ello indica que la mayoría de las actuaciones, dos tercios para ser exactos, se adaptan a la naturaleza de los cambios futuros y no a posteriori una vez experimentados. A pesar de ello, no puede pasarse por alto que un gran número de trabajos están centrados en el ámbito forestal, en el cual los procesos son especialmente lentos y tanto algunas consecuencias del cambio climático como la influencia de las medidas de adaptación adoptadas cuestan en adquirir el nivel necesario para poder visualizar los efectos.

En lo que a los actores de las actuaciones respecta, como bien se acaba de mencionar, excluyendo las simulaciones, las administraciones son las principales impulsoras, en mayor medida las gubernamentales que las locales. Esto puede traducirse en que la comunidad científica o la sociedad en general, les han hecho saber a los gobernantes que se trata de un tema de interés comunitario y las actuaciones son necesarias y urgentes. Pero también se debe considerar que en general este tipo de actuaciones son inversiones a largo plazo, por lo que en muchos países con posibilidades económicas más mermadas estas inversiones muchas veces no son posibles para sus gobiernos. Es por ello, que ONGs y organismos supranacionales, atendiendo al conocimiento que se está generando últimamente, deberían estar atentos para poder ayudar en la implementación de este tipo de medidas en zonas más oprimidas económicamente, pero con iguales o incluso mayores necesidades de adaptación. Y es que, los habitantes de los países en desarrollo suelen ser más vulnerables a los efectos del cambio climático y esto puede conducir a las personas de los estratos más bajos de estos países a condiciones aún más precarias.

Sí al igual que con los impulsores, analizamos los resultados de los actores que acometen las medidas excluyendo las simulaciones, la mayor parte de los proyectos de los estudios los ejecutan los lugareños. Ello puede implicar una pequeña pérdida de rigor en la aplicación, pero se compensa con la creación de empleo en la zona, las cuales suelen estar más castigadas que otras en ese aspecto (Murshed et al., 2015). Además, al implicar a los locales en los proyectos, estos comprenden e interiorizan mejor la problemática, sintiéndose parte del proyecto y no valorándolo como algo externo e impuesto (Raihanet al., 2010). No solo esto, adquieren información y conocimientos muy importantes que podrán reproducir en un futuro o incluso asesorar a vecinos para posibles futuros proyectos autónomos.

La razón por la que se interpretan estos resultados excluyendo las modelizaciones es porque en su mayoría estas son impulsadas y ejecutadas por los mismos científicos, lo cual distorsiona el análisis de las medidas de aplicación en campo. A pesar de ello, no puede obviarse que estos son los impulsores del 42% de los registros de actuaciones y en el 47% de los casos los actores de estas.

#### 4.4. Los servicios ecosistémicos de montaña

Los servicios ecosistémicos más estudiados fueron los de aprovisionamiento, como por ejemplo el aprovisionamiento de agua, la producción de madera o la cosecha de diferentes productos vegetales. Pero los de regulación, como el control de la erosión también fueron bastante mencionados. Por el contrario, los servicios culturales (valor espiritual y religioso, inspiración, estético, etc.) fueron los menos tenidos en cuenta. Es probable que la infrarrepresentación de estos dos últimos esté relacionada con su menos precisa definición (Crossman et al., 2013), además de las complicaciones que tienen los servicios englobados bajo estas dos categorías a la hora de su medición y cuantificación. También es reseñable el desinterés académico que algunos expertos mencionan al hablar de este tipo de servicios ecosistémicos (Howe et al., 2014).

El único servicio ecosistémico cultural de montaña mencionado fue el estético, dejando de lado otros de gran interés como la identidad cultural, el valor religioso e incluso otros más fácilmente valorables económicamente como el ecoturismo, para los cuales se han ido desarrollando métodos de evaluación bien detallados. Pero por lo analizado en los artículos de esta revisión, esta problemática actualmente se encuentra en unas fases bastante iniciales, lo que hace que este tipo de servicios todavía no haya sido prácticamente estudiado, como en otros casos, los servicios ecosistémicos culturales van a la cola de las investigaciones (Becken et al., 2013).

A pesar de que en este trabajo no se ha hecho uso de la categoría de servicios ecosistémicos de soporte por problemas de doble conteo, de modo similar, los servicios que se suelen englobar bajo esta categoría se encuentran con problemas parejos. Además, según Mengist et al. (2019) los principales desafíos para la existencia de estudios de casos sobre servicios como la polinización o regulación de enfermedades son la falta de datos y la carencia de métodos bien diseñados para estimar su valor. Por lo tanto, no es una tarea demasiado compleja la que el mundo investigador debe abordar para realizar estudios que cubran este tipo de servicios ecosistémicos, y es necesario esfuerzo y financiación para desarrollar métodos mejores y más ajustados a la realidad para aquellos servicios que demandan metodologías adecuadas para su medición, mapeo y valoración.

Para concluir con este sub-apartado, estaría bien plantear que futuras investigaciones relacionadas con la adaptación al cambio climático en socio-ecosistemas de montaña dieran un paso más y avanzaran hacia los Nature's contribution to people (NCP). Estos son definidos como todas las contribuciones, positivas y negativas, de la naturaleza viva (biodiversidad, ecosistemas y sus procesos ecológicos y evolutivos asociados) para la calidad de vida de las personas (Martin-Lopez et al., 2019). Además, esto ayudaría a contrarrestar la clara carencia de los trabajos analizados relacionados con las consideraciones de desigualdades de género y etnia entre otras, al ir los NCP un paso más adelante que los servicios ecosistémicos en la conexión de las personas con la naturaleza. De hecho, reconocen el papel central y penetrante que juega la cultura al definir los nexos entre las personas y la naturaleza. No solo esto, el uso de NCP eleva y enfatiza el papel del conocimiento indígena y local al entender las contribuciones de la naturaleza a las personas (Martin-Lopez et al., 2019). De este modo, los NCP rompen con el marco donde se mide el valor de los servicios ecosistémicos mayormente mediante análisis económicos.

#### 4.5. Objetivos, limitaciones y desafíos futuros

Atendiendo al análisis de los resultados obtenidos en la presente revisión, se han identificado una serie de brechas de conocimiento o desafíos de investigación de relevancia. En primer lugar y probablemente una de las limitaciones de mayor calado es la escasa cantidad de estudios que analizan el impacto que tienen las medidas de adaptación al cambio climático sobre los servicios ecosistémicos, y es que, a lo largo del cribado ha sido muy habitual encontrar trabajos con la explicación de las medidas de adaptación bien detalladas, pero sin análisis de su influencia sobre estos servicios (Pandey et al., 2018; Halofsky et al., 2018; Bhatta et al., 2015). Esto ha sido exacerbado en el caso de los servicios ecosistémicos culturales. Esta brecha necesita que los investigadores tengan un buen conocimiento sobre la amplia gama de beneficios que

aportan los socio-ecosistemas de montaña, tanto de forma directa como indirecta, además de herramientas necesarias como modelos y metodologías fiables para evaluar los servicios ecosistémicos de montaña.

En segundo lugar y completamente conectado con la idea anterior, la escasez de datos y metodologías apropiadas para la evaluación de los servicios ecosistémicos centrados en zonas de montaña. Hay una apremiante necesidad de evaluaciones detalladas a una escala mayor y que representen el valor utilizando tanto términos biofísicos como económicos y socioculturales. Del mismo modo, es fundamental crear herramientas para evaluar los valores y beneficios de los servicios ecosistémicos de montaña utilizando estudios primarios que se basen en fuentes de datos primarios o de campo, ya que estos trabajos no son los más habituales por lo recogido en los resultados de esta revisión. A su vez, lo expuesto en estas líneas anteriores, se manifiesta en forma de limitaciones metodológicas, y es que, algunas de las publicaciones recogidas aquí se han servido de diversos modelos, para valorar y cuantificar los servicios ecosistémicos. Esta panoplia de herramientas utilizada es la que ejemplifica dicha escasez metodológica uniforme en los estudios de la temática, de hecho, Seppelt et al., (2011) y Costanza et al., (2017) también discutieron esta cuestión en una revisión cuantitativa de estudios sobre servicios ecosistémicos.

Otra cuestión imprescindible por exponer es una de las propias limitaciones de la revisión sistemática de literatura. En el trabajo solo se ha hecho uso de artículos de investigación redactados originalmente en inglés. En los últimos años se ha visto que la investigación en el ámbito de los servicios ecosistémicos de montaña está cambiando y una cantidad importante de investigación se están publicando en otros idiomas como el español o chino entre otros (Mengist et al., 2019). Esto podría subsanarse en futuros trabajos como este con la inclusión en de literatura no solo inglesa e incluso de literatura gris, ayudando de este modo a aumentar el número de trabajos relacionados con la temática en cuestión. Más en concreto, como bien afirman Mengist et al., (2019), un documento de organizaciones afiliadas a los ecosistemas de montaña ayudaría a mejorar las tendencias de investigación y las brechas sobre los tipos, métodos y propósitos de la investigación sobre los servicios ecosistémicos de montaña en general.

## 6. CONCLUSIONES

El presente Trabajo Fin de Máster ha evaluado mediante una revisión sistemática de la literatura como diferentes estrategias y medidas de adaptación afectan a los servicios de los ecosistemas en zonas de montaña. Primeramente, hay que considerar que los artículos seleccionados están bastante concentrados en unas zonas montañosas concretas, y por ello tan solo cubren una porción de las montañas del planeta. De este modo, esta carencia de cobertura de muchas zonas montañosas puede tener consecuencias de calado en el desequilibrio del conocimiento generado en los hallazgos de la presente revisión. Es por ello que futuros trabajos deberían adentrarse con sus estudios en zonas montañosas menos estudiadas, pero no por ello menos importantes e interesantes, pudiendo mejorar la disponibilidad de datos al abordar múltiples servicios ecosistémicos de montaña de diferentes lugares.

Otro de los descubrimientos y a la vez desafío de cara al futuro es la carencia de datos y metodologías compatibles y de calidad que se traduce en un escaso número de trabajos que abordan la problemática de este trabajo, es decir, la influencia de todo tipo de actuaciones de adaptación al cambio climático sobre los servicios ecosistémicos que proporcionan las montañas. Es por ello, que es necesario que la investigación, valoración, mapeo y gestión de los servicios ecosistémicos en general y la influencia de la adaptación centrada en las montañas en particular, cobre mayor relevancia en el mundo científico y en la sociedad en su conjunto. Es preciso un mayor esfuerzo por lograr un compromiso más profundo con evaluaciones matizadas y de escala apropiada tanto de los cambios climáticos como de las medidas de adaptación. Además, puede que los investigadores requieran para ello más medios y colaboración con colegas de otras ramas de conocimiento, llegando a formar grupos de trabajo completamente interdisciplinares.

Unido a lo anterior, debería empezar a plantearse el empleo de conceptos más avanzados que los servicios ecosistémicos como son los valores relacionales y sobre todo los Nature's Contribution to People (NCP), mediante los cuales podrán abordarse además de los objetivos meramente científicos, dimensiones humanas del cambio climático relacionadas con problemáticas como la desigualdad de género y de etnia. De hecho, los NCP elevan y enfatizan el papel del conocimiento y cultura local e indígena al entender las contribuciones de la naturaleza a las personas. No solo esto, y en conexión con la idea ulterior, podrían facilitar la tarea de valoración de los beneficios que se engloban dentro de los servicios ecosistémicos culturales, al superar el marco bajo el cual estos se han creado y en el que las valoraciones suelen estar vestidas por trajes mayoritariamente económicos.

Finalmente, resaltar el predominio en este tipo de estudios de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y de regulación. Dicho lo cual, es más que necesario el llamamiento sobre el ámbito científico para que en investigaciones futuras intenten cubrir esta brecha y reviertan la actual tendencia a infravalorar estos beneficios que los diferentes socio-ecosistemas en general, y los de montaña en particular, brindan a las personas.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer al Basque Centre for Climate Change (BC3), entidad en la que he realizado mis prácticas del máster, la oportunidad que me ha brindado de poder seguir desarrollando mis inquietudes investigadoras y en especial a Ignacio Palomo y Silvestre García de Jalón por la ayuda prestada en la tutorización del presente trabajo a lo largo de estos meses tan atípicos. A pesar de que la crisis sanitaria ocasionada por la COVID-19 me ha privado de la oportunidad de poder conocerles en persona y de conocer más de primera mano las dinámicas de trabajo del BC3, agradezco la capacidad de ambos para adaptarse a las circunstancias sobrevenidas y hacer tan fácil la comunicación en la distancia.

Además, quiero agradecer también la oportunidad que me ha brindado el Máster interuniversitario en Restauración de Ecosistema (UAH, UPM, UCM y URJC) así como cada uno de los profesores que lo han compuesto, por despertar en mi un sinfín de curiosidades de las que espero seguir aprendiendo en el futuro. También a mis compañeros, de los que he aprendido día a día gracias a la interdisciplinariedad de nuestros conocimientos.

Finalmente, no puedo olvidar a Eva, mi pareja, la que ha estado apoyándome en todo momento en estos meses tan duros y animándome cuando más lo necesitaba. Sin todos y cada uno de los anteriores este trabajo no hubiera sido posible. Muchas gracias de corazón.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adhikari, S., Baral, H., & Nitschke, C. (2018). Adaptation to climate change in Panchase Mountain ecological regions of Nepal. *Environments*, 5(3), 42.
- Barral, M. P., Benayas, J. M. R., Meli, P., & Maceira, N. O. (2015). Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: A global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, 223-231.
- Becken, S., Lama, A. K., & Espiner, S. (2013). The cultural context of climate change impacts: Perceptions among community members in the Annapurna Conservation Area, Nepal. *Environmental Development*, 8, 22-37.
- Beniston, M. (2005). The risks associated with climatic change in mountain regions. In *Global Change and Mountain Regions* (pp. 511-519). Springer, Dordrecht.
- Berrang-Ford, L., Pearce, T., Ford, J.D., 2015. Systematic review approaches for climate change adaptation research. *Reg. Environ. Change* 15, 755–769.
- Bhatta, L. D., van Oort, B. E. H., Stork, N. E., & Baral, H. (2015). Ecosystem services and livelihoods in a changing climate: Understanding local adaptations in the Upper Koshi, Nepal. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(2), 145-155.
- Bury, J. T., Mark, B. G., McKenzie, J. M., French, A., Baraer, M., Huh, K. I., ... & López, R. J. G. (2011). Glacier recession and human vulnerability in the Yanamarey watershed of the Cordillera Blanca, Peru. *Climatic Change*, 105(1-2), 179-206.
- Capitani, C., Garedew, W., Mitiku, A., Berecha, G., Hailu, B. T., Heiskanen, J., ... & Johansson, T. (2019). Views from two mountains: Exploring climate change impacts on traditional farming communities of Eastern Africa highlands through participatory scenarios. *Sustainability Science*, 14(1), 191-203.
- Chaudhary, S., Tshering, D., Phuntsho, T., Uddin, K., Shakya, B., & Chettri, N. (2017). Impact of land cover change on a mountain ecosystem and its services: case study from the Phobjikha valley, Bhutan. *Ecosystem Health and Sustainability*, 3(9), 1393314.
- Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., ... & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go?. *Ecosystem services*, 28, 1-16.
- Crossman, N.D., Burkhard, B., Nedkov, S., et al., 2013. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosyst. Serv.* 4, 4–14.
- Crouzat, E., Mouchet, M., Turkelboom, F., Byczek, C., Meersmans, J., Berger, F., ... & Lavorel, S. (2015). Assessing bundles of ecosystem services from regional to landscape scale: insights from the French Alps. *Journal of Applied Ecology*, 52(5), 1145-1155.
- Dhakal, B., & Kattel, R. R. (2019). Effects of global changes on ecosystems services of multiple natural resources in mountain agricultural landscapes. *Science of the total environment*, 676, 665-682.

- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., ... & Polasky, S. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270-272.
- Elkin, C., Giuggiola, A., Rigling, A., & Bugmann, H. (2015). Short-and long-term efficacy of forest thinning to mitigate drought impacts in mountain forests in the European Alps. *Ecological Applications*, 25(4), 1083-1098.
- Gerlitz, J. Y., Hunzai, K., & Hoermann, B. (2012). Mountain poverty in the Hindu-Kush Himalayas. *Canadian Journal of Development Studies*, 33(2), 250-265.
- Gough, D., Thomas, J., Oliver, S., 2012. Clarifying differences between review designs and methods. *Syst. Rev.* 1, 28.
- Gratzer, G., & Keeton, W. S. (2017). Mountain forests and sustainable development: The potential for achieving the United Nations' 2030 Agenda. *Mountain research and development*, 37(3), 246-253.
- Grêt-Regamey, A., Brunner, S. H., & Kienast, F. (2012). Mountain ecosystem services: who cares?. *Mountain Research and Development*, 32(S1).
- Grima, N., & Campos, N. (2020). A farewell to glaciers: Ecosystem services loss in the Spanish Pyrenees. *Journal of Environmental Management*, 269, 110789.
- Halofsky, J. E., Hogle-Wyatt, K., Dello, K., Peterson, D. L., & Stevenson, J. (2018). Assessing and adapting to climate change in the Blue Mountains, Oregon (USA): Overview, biogeography, and climate. *Climate Services*, 10, 1-8.
- Harrison, P. A., Berry, P. M., Simpson, G., Haslett, J. R., Blicharska, M., Bucur, M., ... & Geertsema, W. (2014). Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: a systematic review. *Ecosystem Services*, 9, 191-203.
- Howe, C., Suich, H., Vira, B., Mace, G.M., 2014. Creating win-wins from trade-offs? Ecosystem services for human well-being: a meta-analysis of ecosystem service trade-offs and synergies in the real world. *Global Environ. Change* 28, 263–275.
- Huber, R., Rigling, A., Bebi, P., Brand, F. S., Briner, S., Buttler, A., ... & Lischke, H. (2013). Sustainable land use in mountain regions under global change: synthesis across scales and disciplines. *Ecology and Society*, 18(3).
- Huggel, C., Muccione, V., Carey, M., James, R., Jurt, C., & Mechler, R. (2019). Loss and Damage in the mountain cryosphere. *Regional Environmental Change*, 19(5), 1387-1399.
- Immerzeel, W. W., Lutz, A. F., Andrade, M., Bahl, A., Biemans, H., Bolch, T., ... & Emmer, A. (2020). Importance and vulnerability of the world's water towers. *Nature*, 577(7790), 364-369.
- Khan, S. M., Page, S. E., Ahmad, H., & Harper, D. M. (2013). Sustainable utilization and conservation of plant biodiversity in montane ecosystems: the western Himalayas as a case study. *Annals of botany*, 112(3), 479-501.
- Khandekar, N., Gorti, G., Bhadwal, S., & Rijhwani, V. (2019). Perceptions of climate shocks and gender vulnerabilities in the Upper Ganga Basin. *Environmental Development*, 31, 97-109.

- Körner, C., Paulsen, J., & Spehn, E. M. (2011). A definition of mountains and their bioclimatic belts for global comparisons of biodiversity data. *Alpine Botany*, 121(2), 73.
- Liquete, C., Piroddi, C., Drakou, E. G., Gurney, L., Katsanevakis, S., Charef, A., & Egoh, B. (2013). Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review. *PloS one*, 8(7), e67737.
- Macchi, M., Gurung, A. M., & Hoermann, B. (2015). Community perceptions and responses to climate variability and change in the Himalayas. *Climate and Development*, 7(5), 414-425.
- Martin-Lopez, B., Leister, I., Lorenzo Cruz, P., Palomo, I., Grêt-Regamey, A., Harrison, P. A., ... & Walz, A. (2019). Nature's contributions to people in mountains: A review. *PloS one*, 14(6), e0217847.
- Martínez-Harms, M.J., Balvanera, P., 2012. Methods for mapping ecosystem service supply: a review. *Int. J. Biodiv. Sci. Ecosyst. Serv. Manage.* 8 (1–2), 17–25.
- McDowell, G., Huggel, C., Frey, H., Wang, F. M., Cramer, K., & Ricciardi, V. (2019). Adaptation action and research in glaciated mountain systems: Are they enough to meet the challenge of climate change?. *Global Environmental Change*, 54, 19-30.
- McDowell, G., Stephenson, E., Ford, J., 2014. Adaptation to climate change in glaciated mountain regions. *Clim. Change* 126, 77–91.
- Mengist, W., Soromessa, T., 2019. Assessment of forest ecosystem service research trends and methodological approaches at global level: a meta-analysis. *Environ. Syst. Res.* 8 (1), 22.
- Millennium Ecosystem Assessment, M. (2005). Ecosystems and human well-being. *Synthesis*.
- Mooney, H., Larigauderie, A., Cesario, M., Elmquist, T., Hoegh-Guldberg, O., Lavorel, S., ... & Yahara, T. (2009). Biodiversity, climate change, and ecosystem services. *Current opinion in environmental sustainability*, 1(1), 46-54.
- Moser, S. C., & Ekstrom, J. A. (2010). A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *Proceedings of the national academy of sciences*, 107(51), 22026-22031.
- Munang, R., Mgendi, R., Alverson, K., O'Brien-Onyeka, M., Ochieng, C., Molua, E., ... & Sudarkasa, M. (2015). Ecosystem Based Adaptation (EBA) for food security in Africa—Towards a comprehensive Strategic Framework to Upscale and Out-scale EbA-driven agriculture in Africa. *United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi*.
- Murshed, S. M., & Gates, S. (2005). Spatial–horizontal inequality and the Maoist insurgency in Nepal. *Review of development economics*, 9(1), 121-134.
- Negi, V. S., Maikhuri, R. K., Pharswan, D., Thakur, S., & Dhyani, P. P. (2017). Climate change impact in the Western Himalaya: people's perception and adaptive strategies. *Journal of Mountain Science*, 14(2), 403-416.
- ONU (2019). Resolución aprobada por la asamblea general el 1 de marzo de 2019.

- Pandey, R., Kumar, P., Archie, K. M., Gupta, A. K., Joshi, P. K., Valente, D., & Petrosillo, I. (2018). Climate change adaptation in the western-Himalayas: Household level perspectives on impacts and barriers. *Ecological Indicators*, *84*, 27-37.
- Rahbek, C., Borregaard, M. K., Colwell, R. K., Dalsgaard, B., Holt, B. G., Morueta-Holme, N., ... & Fjelds , J. (2019). Humboldt's enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity?. *Science*, *365*(6458), 1108-1113.
- Raihan, M. S., Huq, M. J., Alsted, N. G., & Andreasen, M. H. (2010). Understanding climate change from below, addressing barriers from above: Practical experience and learning from a community-based adaptation project in Bangladesh. *Assistance to Local Communities on Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction in Bangladesh*.
- Rasul, G. (2010). The role of the Himalayan mountain systems in food security and agricultural sustainability in South Asia. *International Journal of Rural Management*, *6*(1), 95-116.
- Rasul, G., Pasakhala, B., Mishra, A., & Pant, S. (2020). Adaptation to mountain cryosphere change: issues and challenges. *Climate and Development*, *12*(4), 297-309.
- Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodr guez, I. S., Antognoni, F., Martinez-Mosqueira, E. A., ... & Bazile, D. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for sustainable development*, *34*(2), 349-359.
- Schild, A., 2008. ICIMOD's position on climate change and mountain systems. *Mt. Res. Dev.* *28* (3/4), 328–331.
- Schirpke, U., Tasser, E., & Tappeiner, U. (2013). Predicting scenic beauty of mountain regions. *Landscape and Urban Planning*, *111*, 1-12.
- Scott, D. (2006). Global environmental change and mountain tourism. *Tourism and global environmental change*, 54-75.
- Sekhri, S., Kumar, P., F rst, C., & Pandey, R. (2020). Mountain specific multi-hazard risk management framework (MSMRMF): Assessment and mitigation of multi-hazard and climate change risk in the Indian Himalayan Region. *Ecological Indicators*, *118*, 106700.
- Seppelt, R., Dormann, C.F., Eppink, F.V., Lautenbach, S., Schmidt, S., 2011. A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *J. Appl. Ecol.* *48* (3), 630–636.
- Shaffril, H. A. M., Krauss, S. E., & Samsuddin, S. F. (2018). A systematic review on Asian's farmers' adaptation practices towards climate change. *Science of the total environment*, *644*, 683-695.
- Shahzad, L., Tahir, A., Sharif, F., Khan, W. U. D., Farooq, M. A., Abbas, A., & Saqib, Z. A. (2019). Vulnerability, well-being, and livelihood adaptation under changing environmental conditions: a case from mountainous region of Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(26), 26748-26764.
- Sherman, M., Berrang-Ford, L., Lwasa, S., Ford, J., Namanya, D.B., Llanos-Cuentas, A., Maillet, M., Harper, S., 2016. Drawing the line between adaptation and development: a systematic

- literature review of planned adaptation in developing countries. *Wiley Interdiscip. Rev.: Clim. Change* 7, 707–726.
- Sierra-Correa, P. C., & Kintz, J. R. C. (2015). Ecosystem-based adaptation for improving coastal planning for sea-level rise: A systematic review for mangrove coasts. *Marine Policy*, 51, 385-393.
- Steiger, R., Abegg, B., & Jänicke, L. (2016). Rain, rain, go away, come again another day. Weather preferences of summer tourists in mountain environments. *Atmosphere*, 7(5), 63.
- TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations. Earthscan, London and Washington.
- Terzi, S., Torresan, S., Schneiderbauer, S., Critto, A., Zebisch, M., & Marcomini, A. (2019). Multi-risk assessment in mountain regions: A review of modelling approaches for climate change adaptation. *Journal of environmental management*, 232, 759-771.
- Terzi, S., Torresan, S., Schneiderbauer, S., Critto, A., Zebisch, M., & Marcomini, A. (2019). Multi-risk assessment in mountain regions: A review of modelling approaches for climate change adaptation. *Journal of environmental management*, 232, 759-771.
- Tripathi, A. D., Mishra, R., Maurya, K. K., Singh, R. B., & Wilson, D. W. (2019). Estimates for world population and global food availability for global health. In *The role of functional food security in global health* (pp. 3-24). Academic Press.
- UNEP [United Nations Environment Program] World Conservation Monitoring Centre. 2002. Mountain Watch Report. Cambridge, United Kingdom: Swaingrove Imaging.
- United Nations, 1992. Agenda 21. United Nations, New York, pp. 351.
- VijayaVenkataRaman, S., Iniyar, S., & Goic, R. (2012). A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 878-897.
- Viviroli, D., Kumm, M., Meybeck, M., Kallio, M., & Wada, Y. (2020). Increasing dependence of lowland populations on mountain water resources. *Nature Sustainability*, 1-12.
- Watson, R. T., & Haerberli, W. (2004). Environmental threats, mitigation strategies and high-mountain areas. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 33(sp13), 2-10.
- Whiteman, C. D. (2000). *Mountain meteorology: fundamentals and applications*. Oxford University Press.
- Yadav, R. P., Gupta, B., Bhutia, P. L., Bisht, J. K., Pattanayak, A., Meena, V. S., ... & Tiwari, P. (2019). Biomass and carbon budgeting of sustainable agroforestry systems as ecosystem service in Indian Himalayas. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(5), 460-470.
- Yang, Y.C.E., Passarelli, S., Lovell, R.J., Ringler, C., 2018. Gendered perspectives of ecosystem services: a systematic review. *Ecosyst. Serv.* 31, 58–67.