

LOS SERVICIOS DEL ECOSISTEMA PÁRAMO: UNA VISIÓN DESDE LA EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS DEL MILENIO

Robert Hofstede

Director Regional (*ad interim*)

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)
Oficina Regional para América del Sur

INTRODUCCIÓN: UNA NUEVA VISIÓN SOBRE EL ROL DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS

Desde que los científicos y los manejadores de áreas naturales han se han interesado de manera especial en los páramos, el trabajo se ha concentrado más que nada en el estudio y la preservación de su biodiversidad, sus funciones ecológicas y su belleza paisajística. Desde que nacieron un interés y un esfuerzo amplio de integrar la conservación del páramo con el desarrollo sustentable y la equidad social (aproximadamente en los años noventa del siglo pasado), mucha atención se ha dado a la importancia de la capacidad del páramo de brindar servicios ambientales (también llamados servicios ecosistémicos o servicios de los ecosistemas, dependiendo de su interpretación) a la población andina, y a la potencialidad de incluir la gestión de los servicios del ecosistema páramo como una herramienta que conecta su conservación con el desarrollo. En varias reuniones anteriores del Grupo de Trabajo de Páramos se han analizado diferentes servicios del ecosistema y discutido su gestión. Específicamente se ha tratado los servicios de regulación hídrica, mitigación de cambio climático y aspectos relacionados a la biodiversidad, incluyendo la belleza escénica (GTP 1, 3, 4, 5 y 7, entre otros).

En este artículo quisiera analizar de forma sistemática un abanico amplio de servicios del ecosistema del páramo, con la visión desde la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. Esta evaluación pone un énfasis específico en

los servicios del ecosistema, propone un marco para identificarlos y tipificarlos y propone formas de incluir el análisis de los servicios del ecosistema en la gestión de los ecosistemas. La aplicación de esta visión al páramo nos ayuda a ampliar la cantidad de servicios del ecosistema identificados, a analizarlos y a identificar su potencial rol en el manejo sustentable del páramo. Además, demuestra que incluir el análisis de servicios del ecosistema en la gestión de páramo va mucho más allá que la sola opción de compensación y/o pago por servicios ambientales, aunque la podría incluir como una de muchas opciones.

LA EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS DEL MILENIO

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM) es la evaluación más grande de la salud de los ecosistemas de la Tierra. Fue convocada por el Secretario General de las Naciones Unidas Kofi Annan en 2000, y autorizada por los gobiernos del mundo a través de cuatro convenios ambientales internacionales. Fue ejecutada en una alianza de agencias de la ONU, convenios internacionales, y empresas y organizaciones no gubernamentales, con un Consejo Directivo representativo de múltiples intereses. Ejecutada entre 2001 y 2005, la EM tuvo como objetivo evaluar las consecuencias de los cambios en los ecosistemas para el bienestar humano y las bases científicas para las acciones necesarias para mejorar su conservación y el uso sostenible, así como su contribución al bienestar humano. La EM ha involucrado el trabajo de más de 1.360 expertos de todo el mundo. Sus conclusiones, contenidas en cinco volúmenes técnicos y seis informes de síntesis, proporcionan una valoración científica de punta sobre la condición y las tendencias en los ecosistemas del mundo y los servicios que proveen (tales como agua, alimentos, productos forestales, control de inundaciones y servicios de los ecosistemas) y las opciones para restaurar, conservar o mejorar el uso sostenible de los ecosistemas (véase www.millenniumassessment.org).

SERVICIOS DEL ECOSISTEMA EN EL PÁRAMO

Los servicios que prestan los ecosistemas son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, que la EM describe en términos de servicios de suministro, regulación, de base y culturales (Figura 1). Los servicios que prestan los ecosistemas incluyen productos tales como alimentos, combustibles y fibras; servicios de regulación, tales como la regu-

lación climática y el control de las enfermedades; y beneficios intangibles, como los de carácter espiritual y estético (Hassan *et al.*, 2005).

A continuación, se identifican diferentes servicios del ecosistema páramo en las categorías propuestas por la EM. Este análisis de ninguna manera intenta ser completo o exhaustivo, sino que más bien pretende proveer de un ejemplo de cómo se puede ampliar el abanico de servicios del ecosistema en el páramo más allá que los "clásicos" o bien conocidos (regulación hídrica, biodiversidad, mitigación de cambio climático). Además, ayuda a identificar a algunos servicios de los cuales tenemos demasiado poco conocimiento para poder incluir en la gestión del páramo.

Ejemplos de **servicios ecosistémicos de apoyo** son la formación del suelo y el ciclo de nutrientes. La formación de suelo, bien estudiada y analizada en el páramo (Podwojewski y Poulénard, 2000) de hecho es un apoyo a la agricultura. El suelo tiene una fertilidad potencialmente alta, pero su manejo es muy difícil y requiere de muchos años de barbecho después de cada cosecha para no destruir su frágil estructura. El ciclo de nutrientes tiene una relación directa con la fijación de carbono y por esto es uno de los más importantes factores de apoyo, tanto para la regulación hídrica como para el almacenamiento de carbono en el suelo (Torn *et al.*, 1997).

Otro servicio de apoyo es la producción primaria. Aunque por las bajas temperaturas y la fijación de nutrientes la producción primaria natural del ecosistema páramo no es alta, en su conjunto se produce mucha materia vegetal que está aprovechada parcialmente por la ganadería, que provee la población de parte de su demanda de carne y leche (Hofstede *et al.*, 1995). Finalmente, cada ecosistema natural brinda un servicio de apoyo a la agricultura y a otros ecosistemas mediante su rol en la polinización. En el páramo seguramente existe hábitat natural para polinizadores de importancia económica. Aunque en otros (agro)ecosistemas este servicio está más estudiado, en el caso del páramo casi no existe información y sería importante estudiarlo para analizar su potencial.

El más conocido y estudiado servicio de **aprovisionamiento** del páramo es agua dulce. El páramo provee de hasta 80% del agua dulce de los grandes ciudades como Quito y Bogotá (Buytaert *et al.*, 2006; Hirata *et al.*, 2006) y no existe otro servicio más valorado que éste. Sin embargo, el páramo también provee otros productos, aunque de un volumen mucho más limitado, a un grupo humano más pequeño y de menos importancia económica para la sociedad en general, pero de mucha importancia para

la gente que se beneficia de ello. Esto es el aprovisionamiento de alimento, madera y fibra. Varias comunidades asentadas en la alta montaña usan el páramo diariamente para recolectar una serie de plantas medicinales y algunas animales como alimento suplementario. La paja es usada en la construcción tradicional pero también en algunas construcciones modernas o rústicas. El uso de leña y madera (construcción, herramientas, cercas) de los bosques dentro del páramo también es frecuente (Vega y Martínez, 2000; Mena y Hofstede 2006). Adicionalmente, toda la sociedad ecuatoriana consume por lo menos una vez por año una alguna fruta del páramo (mortiño) en la colada morada del 1 de Noviembre. Finalmente, un servicio de aprovisionamiento que es usado pero probablemente nunca de forma sustentable, es la minería de suelo. Hay volquetas grandes que sacan tierra negra de páramo para llevarla a valles interandinos y mezclarla con otras sustancias, convirtiéndola en buen abono para viveros y jardines.

Entre los servicios de **regulación** se encuentra nuevamente el agua dulce. El dilema es si tenemos que definir el páramo como proveedor de agua dulce (usando la metáfora de "fabricas de agua") o de regulador ("esponja"). En realidad, los científicos confirman que se debe definir el páramo como regulador, ya que en sí el agua no se produce en el páramo, sino se retiene y se libera continuamente (Buytaert *et al.*, 2006; Harden, 2006). Sin embargo, la sociedad, que percibe el ambiente de montaña de forma integral y que busca las fuentes de agua dulce para consumo o riego, valoriza el páramo como proveedor de agua dulce.

Otros servicios de regulación son la función reguladora de clima y de eventos eventuales. Aunque no se ha logrado nunca a cuantificarlo, el efecto regulador del páramo parece evidente para normalizar el clima tanto a nivel macro como meso y micro. A nivel macro, la conservación del páramo en su estado natural ayuda de alguna forma a mitigar el efecto del calentamiento global. Dado que en el suelo del páramo hay tanta cantidad de materia orgánica almacenada que se puede emitir a la atmósfera en caso de degradación del ecosistema, puede ser considerado un sumidero de carbono; así, manejar bien el páramo puede ser considerado bajo los mismos criterios que la deforestación evitada en los bosques tropicales (Castaño, 2002; Medina y Mena, 1999). Sin embargo, el problema es que la cuantificación es difícil ya que no se conoce cual porcentaje del carbono en el suelo se encuentra en forma estable y cuanto en forma móvil (Poulenard *et al.*, 2003). La regulación a nivel meso, es aún más difícil de entender. Aunque la gente del campo evidencia que "el páramo atrae lluvia" o "el viento del páramo da más frío en el valle", no se conoce cualitativamente ni

mucho menos cuantitativamente que pasaría si en una montaña no hubiera este ecosistema. La regulación a nivel micro está mejor entendida: un páramo con una vegetación alta y diversa, de buena estructura, crea microclimas que protegen a plantas y animales en su medio, incluyendo plántulas jóvenes de árboles. Esto es una función determinante para mantener su propia biodiversidad, pero también un aspecto tomado en consideración en la forestación de estas áreas (independientemente de la discusión si la forestación del páramo es una práctica adecuada o no). Finalmente, la capacidad de mantener grandes cantidades de agua en su estructura, ayuda a que el páramo también tiene un rol importante en eventos eventuales, como el Fenómeno del Niño o la prevención de erosión de gran magnitud y deslaves; aunque, nuevamente, este servicio de regulación está basado en supuestos lógicos que todavía tienen una limitada evidencia científica (Poulenard *et al.* 2003; Vanacker *et al.*, 2007).

Un otro servicio de regulación, es la protección contra enfermedades y plagas. El mismo clima frío del páramo permite cultivos en un ambiente con menor presencia de parásitos y hongos nocivos para la producción. En algunas zonas inclusive se han instalado grandes almacenes para mantener granos y tubérculos por largos periodos en temperaturas bajas y libres de enfermedades y plagas.

Los servicios **culturales** del ecosistema páramo son muy evidentes y generalmente están altamente valorados por la población, pero limitadamente tomados en cuenta en la gestión. En primer lugar, es el servicio del páramo como espacio fuertemente relacionado con la espiritualidad y la identidad de la población. Esto es más que todo válido para los pueblos indígenas de los Andes, que tienen una relación espiritual fuerte con el territorio; dentro de su cosmovisión y el concepto de Pacha Mama, reconocen al páramo como un espacio de respeto, culto e importancia para el balance ecológico y el buen vivir (Ortiz y Viteri, 2002). También para la población en general existe una apreciación espiritual, a veces subconsciente, del páramo, ya que la gente rural y urbana, inclusive en metrópolis de los Andes donde la mayoría de la gente pocas veces visita directamente algún páramo, reconoce y valora que su identidad y su cultura está determinada por la montaña, incluyendo el páramo. Esta apreciación (valorar el páramo por el sencillo hecho de que está allí) es un servicio espiritual del ecosistema páramo.

Otro aspecto del valor cultural es el estético. La belleza del paisaje del páramo es altamente valorada por mucha gente y la industria del turismo lo

aprovecha de manera crecientemente importante. Altamente relacionado con esto está el servicio que brinda el páramo como espacio recreativo. El espacio y la posibilidad de ejercer un sinnúmero de actividades recreativas, algunas más intensivas que otras, atraen gente de todo el mundo al páramo. Muchas personas practican deportes de aventura (en pocas ocasiones en concordancia con la vulnerabilidad del páramo), otras van para descansar o de paseo familiar (Mena y Ortiz, 2001). Finalmente, existe el servicio del páramo como espacio para educación e investigación. Aunque esporádicamente se observan grupos de alumnos en el páramo, existe una gran potencialidad para la explicación de los procesos naturales, la relación con la sociedad y así crear conciencia para su conservación. La ciencia ayuda mucho a entender al páramo y para mejorar su gestión, pero a la vez el páramo, como laboratorio natural muchas veces de fácil acceso y con disponibilidad de infraestructura, brinda el servicio a estudiantes y científicos de satisfacer su curiosidad y apoya al desempeño académico. Hace apenas una década, no había más de cinco personas en el mundo con un doctorado en ecología del páramo. Hoy en día, hay mínimo dos docenas y todos debemos nuestra carrera al servicio que nos ofreció el páramo como tema de estudio.

LA RELACIÓN ENTRE LOS SERVICIOS DEL ECOSISTEMA Y EL BIENESTAR HUMANO

Los servicios de los ecosistemas son definidos como el beneficio que el ser humano recibe de los ecosistemas y, por ende, los cambios que experimentan estos servicios afectan el bienestar humano. La EM define cuatro constituyentes o componentes del bienestar humano: la seguridad, las necesidades materiales básicas para el buen vivir, la salud y las relaciones sociales y culturales. Los componentes del bienestar están influenciados por las libertades y opciones de las personas y, a su vez, afectan estas libertades y opciones. Basado en los 15 análisis subglobales, la EM hizo una aproximación a una generalización a la relación entre los servicios y el bienestar (Figura 1, Hassan *et al.*, 2005). Se demuestra que, en términos generales, los cambios en el servicio de aprovisionamiento son los que más potencial tienen para influir sobre factores socioeconómicos, mientras que los cambios en el servicio de regulación son los que más intensidad de impacto tienen sobre el bienestar. En esta generalización se identifica que los cambios en los servicios culturales, si bien influyen a todos los componentes del bienestar, lo hacen de menor impacto e intensidad que los otros servicios.

La forma y la intensidad de las conexiones entre servicios de los ecosistemas y bienestar humano pueden variar y dependen del tipo de ecosistema, de las características socioeconómicas y culturales de la población y del lugar, la escala y el tiempo. Así, la conexión entre servicios ambientales y bienestar humano en el páramo puede ser de otro carácter e intensidad que en la generalización a nivel global. Por ejemplo, ya que el páramo no es una zona de mucha productividad y no hay actividades comerciales muy intensivas, el potencial impacto socioeconómico de los cambios en los servicios de aprovisionamiento quizás no sean tan importantes como indica la Figura 1. Pero, como estos servicios incluyen el aprovisionamiento de agua potable, un cambio en esto sí sería de gran intensidad. Del otro lado, los servicios culturales probablemente sean relativamente más importantes en el páramo que en el análisis general. Esto es, de un lado, por la relación tan fuerte entre el páramo y las buenas relaciones sociales, y de otro lado, porque el turismo, aprovechando la estética del páramo, podría ser la mayor fuente de ingresos para la gente de los ecosistemas de montaña. Aunque la EM ha incluido el páramo en el análisis subglobal sobre sistemas de montaña (Körner *et al.*, 2005), sería un ejercicio interesante aplicar el marco conceptual de la forma e intensidad de relaciones entre servicios del ecosistema y bienestar humano al páramo e identificar las características específicas de esta relación para las diferentes zonas.

LA INCLUSIÓN DE LOS SERVICIOS DEL ECOSISTEMA EN LA GESTIÓN DE LOS PÁRAMOS

Quienes estamos preocupados por una buena gestión de los páramos, la entendemos como un manejo del ecosistema que conserve su biodiversidad y sus funciones ecológicas de tal forma que apoye al desarrollo sustentable de sus habitantes. Incluir los servicios de los ecosistemas en la gestión, de la manera como sugiere la EM, significa que el objetivo de una buena gestión es asegurar que los servicios de los ecosistemas aporten al bienestar humano en todos sus componentes. Para esto, es necesario saber cuáles factores causan cambios en los servicios de los ecosistemas y cómo estos cambios afectan al bienestar humano.

Saber cuáles son los impulsores (factores que provocan los cambios) en los ecosistemas y los servicios que éstos prestan, es fundamental para diseñar intervenciones que capten impactos positivos y minimicen los impactos negativos. Existen impulsores directos, que influyen en los procesos del ecosistema, e impulsores indirectos, que operan de manera más

difusa, alterando uno o más impulsores directos. Tanto los impulsores directos como los indirectos generalmente operan en forma sinérgica. Los impulsores de cambio indirectos son fundamentalmente de carácter demográfico, económico, sociopolítico, científico y tecnológico o cultural y religioso. Los impulsores directos son fundamentalmente físicos, químicos y biológicos, como el cambio en la cobertura del suelo, el cambio climático, la contaminación del aire y del agua, el riego, el uso de fertilizantes, las cosechas y la introducción de especies invasoras. La interacción de múltiples impulsores provoca cambios en los servicios que prestan los ecosistemas y por ello, en el bienestar humano (Figura 2). Existen interdependencias funcionales al interior de los impulsores directos e indirectos, como también entre unos y otros; y, a su vez, los cambios en los servicios ecológicos llevan a retroalimentaciones o *feedbacks* en los impulsores del cambio de tales servicios, directamente o a través de los componentes de bienestar humano, que impulsarán procesos o decisiones que mitiguen o fortalezcan un impulsor indirecto (demográfico, económico, político etc.). Finalmente, la forma como interactúan los impulsores directos e indirectos, los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano, depende de la escala temporal y espacial (Hassan *et al.*, 2005).

Una vez entendido el marco conceptual de cómo impulsores causan los cambios en los servicios ambientales y en el bienestar humano, y cómo estos cambios pueden retroalimentar los mismos impulsores, se podría diseñar decisiones (sociales, políticas, económicas, técnicas) que generen cambios positivos. Por esto, en la gestión de los páramos es de fundamental importancia conocer la complejidad de los cambios y los efectos en que los servicios de los ecosistemas forman un vector visible y cuantificable. Sin profundizar mucho, en el presente artículo se presenta el ejemplo de tres procesos de cambios en diferentes servicios del ecosistema páramo, como éstos afectan al bienestar humano de forma positiva o negativa, y cómo esto, a su vez, influye en los impulsores de cambios. A propósito no presento el caso del servicio de regulación hídrica o aprovisionamiento de agua dulce, ya que se supone que es ejemplo demasiado obvio y conocido.

Un cambio en el ecosistema lógico y fácil de entender tiene que ver con el avance del límite agrícola y la intensificación de la agricultura en zonas de páramo. Un impulsor indirecto de carácter demográfico, por ejemplo un aumento de población en una zona cercana al páramo, aumenta la demanda de alimentos, fibras u otros recursos. Esto causará un cambio en el uso de la tierra en el páramo (impulsor directo). Si el cambio de uso de

suelo significa mayor cultivo industrial de, por ejemplo, la papa, el uso de fertilizantes y pesticidas tiende a ser mayor y la variedad en la oferta de productos menor. El cambio de uso del suelo afecta un servicio de **apoyo** (formación y fertilidad de suelo) y por esto servicios de **aprovisionamiento** (fibra, alimento y, finalmente, agua dulce). Esto tiene su efecto directo sobre dos componentes del bienestar humano: la base material mínima para una vida digna y la salud. Estos cambios en la sociedad, a su vez, serían causa de cambios demográficos, ya que si la base material (incluyendo lo económico) subiera, podría atraer aún más población; y, en el caso contrario, impulsaría la emigración (Hess, 1990). Pero el cambio en base material para el buen vivir también impactará en otros impulsores indirectos, como ciertos cambios culturales por la pérdida de diversidad en la agricultura y los efectos sociales de la emigración. Estos nuevos cambios indirectos causan cambios en otros impulsores directos y afectan de otras formas los diferentes servicios ambientales. En este ejemplo, para una buena gestión de la situación es fundamental tomar decisiones estratégicas y políticas a diferentes niveles (cultural, técnico, económico), para asegurar que los cambios en los impulsores y su efecto sobre el servicio de apoyo sean menos negativos y así generar un efecto positivo en el ecosistema y el bienestar humano.

Otro ejemplo de un proceso de cambio es cómo la coyuntura social y política actual ha generado una revalorización de la identidad cultural en varias zonas de los Andes. Esto resultó en que jóvenes líderes y comunidades enteras hayan decidido volver a aplicar prácticas y técnicas ancestrales asociadas a la vida en el páramo, incluyendo diferentes ritos, usos de biodiversidad y cultivos tradicionales. Esto fortalece el servicio **cultural** del páramo como espacio de expresión espiritual, que a su vez influye positivamente en el bienestar humano mediante las buenas relaciones sociales, la salud (medicina natural, diversificación de dieta) y, así, la libertad de elección y acción. Esto, a su vez, fortalece el impulsor indirecto cultural, pero también puede tener importantes impactos sobre un impulsor indirecto importante: la política y gobernanza del páramo. Poder entender en detalle y valorar este proceso en la gestión de páramo puede ayudar de forma muy significativa a incluir la dimensión cultural en toda la política alrededor del páramo.

Un tercer ejemplo se basa en impulsores indirectos de carácter tecnológico y económico, que han tenido resultados en nuevas técnicas agrícolas intensivas (quizás a escala industrial), a veces asociadas a la introducción o remoción de especies nuevas (plantas, insectos). Esto podría tener efectos

en el servicio de **regulación** del páramo, ya que las especies invasoras o la desaparición de especies nativas pueden influir sobre la capacidad de polinización, aumentar las plagas y/o reducir la defensa contra las enfermedades. Desafortunadamente, existe poco conocimiento científico sobre estas interacciones. No obstante, si se diera este efecto, tendría un impacto directo sobre los componentes de base material mínima y seguridad del bienestar humano. Esto, a su vez, influirá en las decisiones sobre el mismo desarrollo tecnológico, pero, además, en impulsores económicos y culturales que, sin un buen manejo, podrían coadyuvar en una serie más amplia de cambios en el ecosistema y el bienestar humano. Esto es una ilustración de cómo un mayor conocimiento e investigación sobre las relaciones con servicios aún no calificadas ni cuantificadas del ecosistema podría apoyar a la gestión.

CONCLUSIONES

En este artículo se ha mostrado que existe una variedad de servicios ambientales (aquí denominados servicios del ecosistema) del páramo. Son de diferentes tipo (de apoyo, aprovisionamiento, regulación y culturales); algunos son generales para todos los ecosistemas naturales, otros más específicos para ecosistemas de montaña y algunos incluso especiales para el páramo. Los servicios del ecosistema tienen una relación directa con los diferentes componentes de bienestar humano: la seguridad, las necesidades materiales básicas para el buen vivir, la salud y las relaciones sociales y culturales. En el contexto de tratar de entender la relación entre cambios indirectos y directos con factores que influyen en el ecosistema y el bienestar humano, los servicios del ecosistema son un vector visible y cuantificable. Incluir los servicios de los ecosistemas en la evaluación de la gestión de éstos ayuda a entender la complejidad de las interacciones y buscar alternativas para un manejo adecuado. Para lograr esto, faltan más estudios, entendimiento y capacidad de tomar decisiones positivas. A la vez, monitorear los servicios cuantificables podrá ser una buena herramienta en la evaluación de la efectividad de manejo y definir adaptaciones a la gestión. Aplicar este concepto, que vincula cambios culturales, económicos, políticos y sociales con los cambios en el ecosistema, influyendo sobre los componentes básicos del bienestar humano a través de cambios en los servicios del ecosistema, facilita la toma de decisiones que finalmente resultan en la máxima expresión de bienestar: las libertades de elección y acción.

LITERATURA CITADA

- Buytaert, W., R. Celleri, B. De Bièvre, R. Hofstede, F. Cisneros, G. Wyseure, y J. Deckers. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews* 79, 53–72.
- Castaño, C.; ed. 2002. Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición hotspot y global climatic tensor. IDEAM. Bogotá.
- Harden, C.P. 2006. Human impacts on headwater fluvial systems in the northern and central Andes. *Geomorphology* 79, 249 – 263.
- Hassan, R., R. Scholes y N. Ash (Eds.). 2005. Ecosistemas y Bienestar Humano: Estado actual y tendencias, Volumen 1. Conclusiones del Grupo de Trabajo sobre Condición y Tendencias de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. Island Press. Washington D.C.
- Hess, C.G. 1990. Hacia arriba-hacia abajo: Un bosquejo de sistemas de producción en el Páramo del Ecuador. *Revista Geográfica de Ecuador* 29.
- Hirata, R., J. Stimson y C. Varnier. 2006. Urban hydrogeology in developing countries: A foreseeable crisis. (ISGWAS). Alicante.
- Hofstede, R. G. M., E. J., Chilito, P. y E.M. Sandoval S. 1995. Vegetative structure, microclimate, and leaf growth of a paramo tussock grass species, in undisturbed, burned and grazed conditions. *Vegetatio* 119: 53-65.
- Hofstede, R., R. Coppus, P. Mena Vásconez, P. Segarra, J. Wolf y J. Sevink. 2002. El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. *Ecotropicos* 15 (1): 3-18
- Körner, C, M. Ohsawa, E. Spehn, E. Berge, H. Bugmann, B. Groombridge, L. Hamilton, T. Hofer, J. Ives, N. Jodha, B. Messerli, J. Pratt, M. Price, M. Reasoner, A. Rodgers, J. Thonell, M. Yoshino (Lead Authors), J. Baron, R. Barry, J. Blais, R. Bradley, R. Hofstede, V. Kapos, .Leavitt, R. Monson, L. Nagy, D. Schindler, R. Vinebrooke, T.Watanabe (Contributing Authors) B. Fitzharris, K. Shrestha (Review Editors). 2005. Mountain Systems. Chapter 24. Pp. 677-712 *En: Hassan, R., R. Scholes y N. Ash (2005), 2005. Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being, vol.1. Island Press. Washington D.C.*
- Medina, G. y P. Mena Vásconez. 1999. El páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico. *Serie Páramo* 1.
- Mena Vásconez, P. y R. Hofstede. 2006. Los páramos ecuatorianos. *En: Moraes, M. et al. (Eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz.*

- Mena Vásconez, P.A. y D. Ortiz. 2001. El ecoturismo en los páramos. Serie Páramo 9.
- Ortiz, D. y P. Viteri. 2002. Páramos y Cultura. Serie Páramo 12.
- Podwojewski, P. y Poulénard J. P. 2000. Los suelos de los páramos del Ecuador. Pp 5-26. En P.A. Mena, C. Josse y G. Medina (Eds). Los suelos del páramo. Serie Páramo 5.
- Poulénard, J., P. Podwojewski, J. L. Janeau y J. Collinet. 2001. Runoff and soil erosion under rainfall simulation of andisols from the Ecuadorian páramo: effect of tillage and burning. *Catena* 45: 185–207.
- Poulénard J.P., P. Podwojewski y A.J. Herbillon. 2003. Characteristics of non-allophanic Andosols with hydric properties from the Ecuadorian páramos. *Geoderma* 117(3–4):267–81.
- Torn, M.S.S., S.E. Trumbore, O.A. Chadwick, P.M. Vitousek y D.M. Hendricks. 1997. Mineral control of soil organic carbon storage and turnover. *Nature* 389(6647):170–3.
- Vanacker, V., G. Govers, J. Poesen, J. Deckers and P. Kubik. 2007. Restoring dense vegetation can slow mountain erosion to near natural benchmark levels. *Geology* 35 (4): p. 303–306.
- Vega, E. y D. Martínez. 2000. Productos económicamente sustentables y servicios ambientales del páramo. Serie Páramo 4.



Figura 1. Las categorías de servicios ecosistémicos y los impactos potenciales que tienen sobre los constituyentes del bienestar humano, según el marco conceptual de evaluación de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Hassan *et al*; 2005).

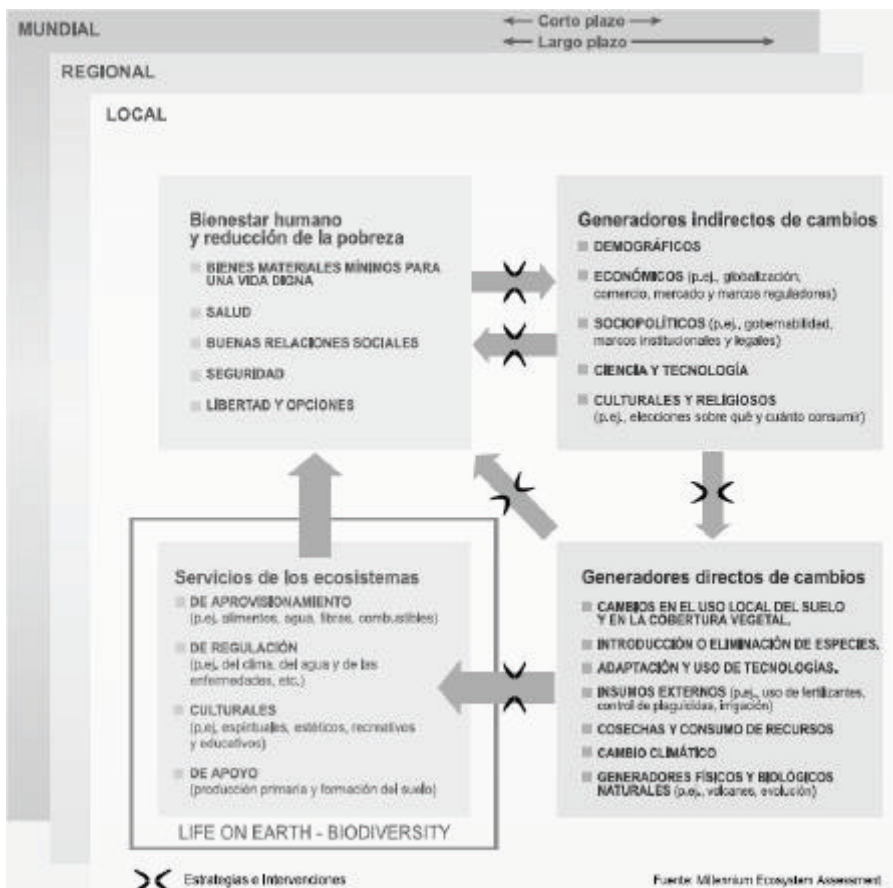


Figura 2. Marco conceptual de la EM de relacionamiento y retroalimentación entre impulsores (generadores de cambio), servicios de los ecosistemas y bienestar humano (Hassan *et al.*, 2005).