

Vulnerabilidad de deforestación del bosque de los Yungas del Cotacajes (Noroeste del departamento de Cochabamba, Bolivia)

Vulnerability of the forest in the Cotacajes's Yungas to deforestation (Northwest from Cochabamba, Bolivia)

Ariel Isaías Ayma Romay

Fundación Rufford Small Grants - Proyecto de Restauración y Manejo de Bosques de Independencia. Calle Adela Zamudio # 223.

ariel.isaias.aymar@gmail.com

Resumen: Decidir en qué áreas de bosque se debe intervenir para evitar la deforestación requiere analizar múltiples criterios de manera objetiva. En este estudio se aplicó el procesamiento analítico jerárquico en sistemas de información geográfica para determinar a través de un modelo lineal ponderado la vulnerabilidad de áreas de bosque a la deforestación y así ayudar a decidir estrategias de conservación del bosque de la zona norte del municipio de Independencia Cochabamba. El modelo incluye criterios biofísicos que limitan o facilitan la presencia de bosque como: la pendiente, la altitud sobre el nivel del mar y la distancia a fuentes de agua; así mismo, factores antrópicos como la distancia del bosque a pueblos, distancia a caminos y densidad de familias usuarias del bosque en cada comunidad. En este modelo el factor antrópico tuvo más peso que las limitantes biofísicas; entre las variables antrópicas la de mayor peso fue la densidad poblacional de las comunidades y entre las limitantes biofísicas, la pendiente y la altitud sobre el nivel del mar. En la zona existen 19.675 ha de bosque nativo, el 95% del bosque (18.810 hectáreas) tiene menos de 60% de vulnerabilidad a deforestación, 797 hectáreas tiene alta vulnerabilidad y 67 has muy alta. En el mapa se identificaron los sectores de bosque y comunidades donde se debe tomar medidas para evitar la deforestación. Aplicar esta herramienta para tomar decisiones objetivas ayuda a definir áreas invertir para evitar la deforestación, ya que muchas decisiones se toman intuitivamente por desconocimiento de métodos.

Palabras clave: bosque de neblina, bosque seco, conservación, deforestación, SIG.

Abstract: Take decisions to define vulnerable forest areas to deforestation need an analysis of multiple criteria to be objective. This study applied the Hierarchical Analytic Process method integrated in a geographic information

system to estimate the deforestation vulnerability across of a lineal model with weight on variables. Thus, I could help to take decisions for the conservation of native forest in the north of the Independencia municipality (Cochabamba, Bolivia). I considered in the model constrain and facilitate criteria biophysics and anthropogenic for the deforestation. Inside the biophysics were slop, altitude and distance from forest to source of water for irrigate and inside the anthropogenics were the distance from forest to communities, distance from ways to forest, and quantity of families inside each community. In the building model the antropic criteria has more weight than the criteria biophysics. Inside the antropic factors the variable with more weight was quantity of families per community; on the other hand, inside bio-physic factors the variables more weights were the slop and altitude. The area has 19,675 hectares of native forest. A great portion of the forest (18,810 hectares) has less that 60% of vulnerability (categories of very low, low and moderate), 797 hectares has high vulnerability and 67 hectares very high vulnerability. The map elaborated shows the zones and communities where take actions to avoid the deforestation is necessary. I recommended apply this tool to take decisions objectively and define what areas should have more financial resource to avoid the deforestation, since the most of the decisions are take intuitively for unknown of methods.

Key words: Cloud forest, dry forest, conservation, deforestation, GIS.

1 Introducción

La deforestación es uno de los problemas más graves que afectan los bosques en el trópico (1). A consecuencia, muchas acciones de conservación en los Andes están dirigidas a reducir la deforestación causado principalmente por la expansión de la agricultura, la ganadería y la tala de madera y leña (2, 3). Considerando, que la deforestación es un fenómeno complejo de evitar y que requiere grandes inversiones de organizaciones públicas y privadas interesadas en evitarlo, es importante optimizar sus acciones, dirigiendo los escasos recursos económicos y humanos que se cuentan a las áreas de bosque prioritarios, donde efectivamente existe mayor vulnerabilidad a la deforestación. Hacemos esta observación, porque muchas veces, las áreas de intervención de los proyectos de las organizaciones, se definen subjetivamente guiadas por vocaciones personales o institucionales, opiniones de expertos, herramientas de análisis insuficientes para considerar los múltiples criterios asociados a las causas de la deforestación.

Se sabe muy bien que la deforestación no es causada por un solo factor, más bien de la interacción de múltiples factores socioeconómicos, demográficos (4) y factores biofísicos que pueden limitar o facilitar el avance de la deforestación (5). Tomar decisiones en base estas múltiples causas es por demás una acción no operable para un simple análisis subjetivo; y a lo largo de mucho tiempo se han desarrollado diversas herramientas de análisis que permitan tomar decisiones objetivas y de manera lógica con múltiples criterios. En este estudio intentamos analizar la importancia e interacción de estos múltiples factores a través de un

análisis multicriterio denominado Procesamiento Analítico Jerárquico (JHP) (6) que integrado a un Sistema de Información Geográfico (SIG) (7) puede ayudarnos a identificar, valorar y cuantificar en el espacio la vulnerabilidad de deforestación de los bosques y así priorizar áreas donde realizar acciones de conservación.

Existen cientos de factores que influyen en la deforestación (4), pero en el estudio se ha identificado las limitantes biofísicas como la pendiente del suelo, la altitud sobre el nivel del mar que se relaciona con las condiciones propicias para la agricultura y la proximidad de fuentes de agua para el riego de los cultivos. Por ejemplo, en el Parque Sama al suroeste de Bolivia, las pendientes más planas, con altitudes óptimas para la agricultura y con acceso a agua fueron los lugares con mayor deforestación (8). Asimismo, la presencia de poblaciones humanas y su infraestructura se relaciona con la deforestación. Por ejemplo, la proximidad de centros poblados a los bosques (9), la proximidad de los caminos hacia el bosque que en la mayoría de los casos es un factor que promueve la extracción ilegal de productos del bosque como la madera y crea las condiciones para incrementar la expansión agrícola y los asentamientos (10, 11) y la densidad demográfica de la población existente que promueve mayores tasas de extracción de recursos (12, 13).

El objetivo de este proyecto es determinar las áreas vulnerables a deforestación en la zona norte del municipio de Independencia, Cochabamba, Bolivia considerando limitantes biofísicas y factores antrópicos. Este estudio es importante para el municipio de Independencia, porque actualmente se están iniciando muchas acciones de conservación y manejo de los bosques nativos del municipio, y se requiere orientar estas acciones en base a estudios más objetivos para decidir dónde se debe priorizar las acciones para evitar la deforestación. El gobierno municipal y otras organizaciones públicas o privadas, fácilmente puede utilizar esta herramienta y el producto del mismo, para tomar decisiones políticas para la conservación del bosque. También es importante por su aporte metodológico para orientar acciones y sugerir métodos prácticos y simples para tomar decisiones correctas para seleccionar áreas de intervención y contribuir en la reducción de la deforestación; ya que es generalizado el hecho de priorizar, tomar decisiones y asignar recursos financieros para la conservación, de manera subjetiva y con pobre soporte metodológico.

2 Metodología

2.1 Área de estudio

El municipio Independencia es la primera sección municipal de la provincia Ayopaya, departamento de Cochabamba, Bolivia. La zona norte del municipio de Independencia limita al Este con el municipio de Morochata de la misma provincia

Ayopaya y al sur con el municipio de Tapacarí (departamento de Cochabamba) y al oeste y norte con el municipio de Inquisivi (departamento de La Paz). Este municipio se ubica en la cordillera oriental de los Andes. Biogeográficamente pertenece a los Yungas Peruano-Boliviano sector Yungas de la cuenca del río Cotacajes y se caracteriza por presentar bosques de neblina entre los 2500 y 3400 m por efecto de la condensación de la neblina del amazonas y bosques xerofíticos en valles profundos entre 1500 y 2500 en exposiciones con sombra de lluvia (14). Tiene una superficie de 85.300 hectáreas. La población es campesina e indígena Quechua y Aymara de 18.653 habitantes distribuidos en 4.439 familias. El bosque se encuentra en territorios comunales bajo propiedad común, la responsabilidad de su manejo depende del sindicato de cada comunidad, estos bosques tienen múltiple utilidad y servicios para la población local. El acceso y aprovechamiento de los bosques se regula a través de normas y un manejo tradicional(15).

2.2 Actualización de mapa de bosques nativos de Independencia

En una imagen satelital Landsat del año 2007 con una resolución de 30 m x 30 m se realizó una clasificación no supervisada de coberturas. A través de geoprocursos llegamos a obtener polígonos en formato de vector de la cobertura boscosa. La presencia de bosque de estas coberturas fueron verificadas con las coordenadas geográficas tomadas con GPS de inventarios forestales realizados por diferentes proyectos de inventarios forestales y mapeo de los bosques(15–18). Luego corregimos algunos polígonos y realizamos algunas verificaciones con GPS en el campo. El mapa que obtuvimos fue a una escala 1: 30000 y consideramos que su precisión fue suficiente para los propósitos de este estudio. No se realizó clasificaciones de tipo de bosque. En el estudio se incluyeron los bosques xerofíticos y bosques de neblina de manera general.

2.3 Proceso Analítico Jerárquico

Se utilizó el Procesamiento Analítico Jerárquico (JHP), como un modelo para organizar los factores y variables relacionadas a la deforestación, ayudando a sintetizarlos y otorgándoles pesos de importancia (6). Bajo esta metodología se ordenaron los factores en nivel 1, la limitante biofísica y el factor antrópico, cada uno con su peso de contribución a la deforestación, y dentro de cada uno de estos, se ordenaron factores de nivel 2, tres limitantes biofísicas para la deforestación (como la pendiente, el óptimo altitudinal para la agricultura y la proximidad de bosque a fuentes de agua) y tres factores antrópicos que contribuyen a la deforestación (proximidad de caminos a bosque, número de familias por comunidad y proximidad del bosque a centros poblados). Los valores de estos últimos estuvieron categorizados en porcentajes para representar su peso en la vulnerabilidad a la deforestación según correspondió en cada caso (Fig. 1). Por ejemplo, la pendiente fue dividida en diferentes categorías de porcentaje de

pendiente (leve a fuerte) y a cada categoría se dio un peso de probabilidad de deforestación en porcentaje (0 a 100%) según como se relaciona cada variable con la deforestación.

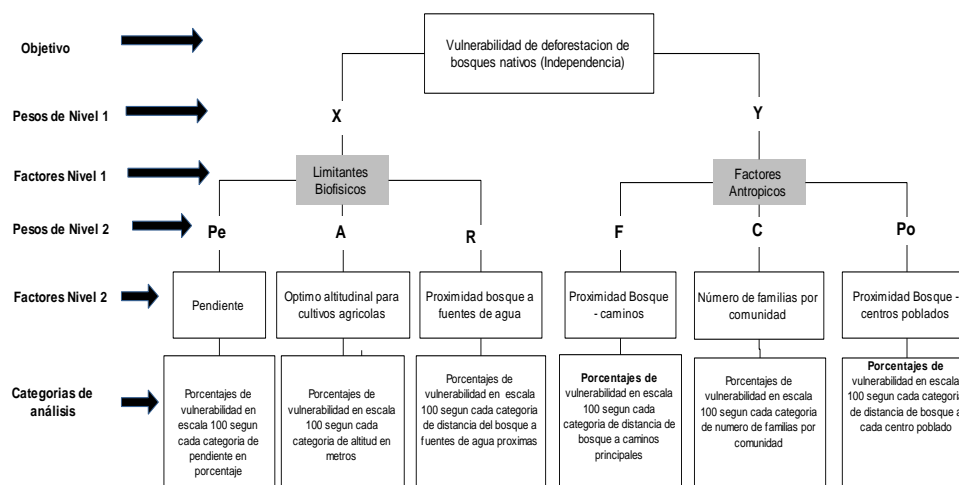


Figura 1: Modelo de Procesamiento Analítico Jerárquico que se utilizó para el análisis multicriterio.

Los pesos de los factores de los dos niveles y los porcentajes de vulnerabilidad para cada categoría fueron obtenidos a través de matrices de “comparación de pares” que sirvieron para reducir la subjetividad del método al momento de realizar comparaciones. Esta comparación de pares fue valorada con números de intensidad de importancia en escala 1 a 9 y en escalas de 1/3, 1/5...1/9 cuando se requería representar una relación inversa de la importancia (6). Esta comparación permitió obtener los pesos que fueron normalizados en las escalas de 0 a 1 para el peso de los factores de nivel 1 y 2 y fueron normalizados en porcentaje de 1 a 100 para las categorías de vulnerabilidad para cada variable. Estos pesos fueron obtenidos a través de la discusión de un grupo de profesionales que trabajan en Independencia en temas de manejo y conservación de bosques. Se invitó a profesionales del Gobierno Autónomo Municipal de Independencia y ONGs que trabajan en el área, en total 6 personas (Anexo 1).

2.4 Modelo lineal ponderado

Los pesos de los factores y limitantes fueron introducidos en un modelo lineal ponderado para obtener los valores de vulnerabilidad, de la siguiente manera:

Porcentaje de vulnerabilidad = 0,33 (0,4 Pendiente + 0,4 Altitud + 0,2 Proximidad fuente de agua) + 0,67 (0,2 Proximidad bosque-caminos + 0,6 número de familias por comunidad + 0,2 Proximidad bosque centros poblados)

Estos pesos del modelo se multiplicaron por los valores de vulnerabilidad de cada variable.

2.5 Análisis de las capas de información en SIG

Los geoprocursos fueron realizados en base a cartografía escala 1 : 30.000 de caminos, ubicaciones, número de familias de las comunidades campesinas y de un mapa de cobertura de bosques que actualizamos. Estas fuentes de información sirvieron para crear otras capas de información con el contenido de los modelos de proximidad de bosques a caminos, proximidad de bosque a comunidades, así como polígonos de comunidades asociados a número de familias. Por otro lado, se consiguió un Modelo de Elevación de Terreno de Earth Science Data Interface con un grano de 90x90 m (<http://glcfapp.glc.f.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>) del cual se generaron los cursos de agua (útil para conocer zonas próximas a fuentes de agua), pendientes y altitudes sobre el nivel del mar. Todas estas capas fueron llevadas a formato raster y fueron reclasificadas con un grano de 30x30 m con sus pesos y valores obtenidos con el JHP. Por último, se utilizó el modelo lineal ponderado para calcular la vulnerabilidad utilizando “raster calculator” de Spatial Analyst en ArcGis 9.3.

3 Resultados

3.1 Vulnerabilidad de los bosques del norte de Independencia

En Independencia existen 19.675 hectáreas de bosque nativo con diferentes valores de vulnerabilidad. El modelo construido sugiere que la zona norte de Independencia tiene bosques en su mayoría con muy baja, baja y moderada vulnerabilidad de deforestación. Por ejemplo, 903 hectáreas se encuentran en la categoría de muy baja vulnerabilidad a deforestación, 9.006 hectáreas dentro de la categoría con baja vulnerabilidad a deforestación y 8.906 hectáreas a la categoría de vulnerabilidad moderada. Estas categorías suman 18.815 hectáreas (95,6% del área total de los bosques). Por otro lado, existen 797 has con vulnerabilidad alta y 67 ha con vulnerabilidad muy alta, ambos suman solo 864 hectáreas de bosque (el 4,4% del total de la superficie del bosque (Fig. 2).

Los bosques con muy alta vulnerabilidad se encuentran cercanos a los centros poblados de Palca y Pucara que en los últimos años ha tenido crecimiento poblacional por la migración de la gente de las comunidades a estos lugares. Los bosques con alta vulnerabilidad se encuentran en las comunidades Pucara, Sanipaya, Huancarani, Machaca, Pajchanti y Togohuasi y el sector de Aceromarka ordenados por importancia según la cantidad de superficie de bosque vulnerable. La atención por parte de las organizaciones locales en estas comunidades también debe ser

prioritaria; ya que los bosques de estos sectores tienen mayor probabilidad de ser deforestados dadas las condiciones antrópicas y biofísicas. En estas comunidades será bueno priorizar el control de las actividades de aprovechamiento de las comunidades y priorizar el monitoreo de estos bosques.

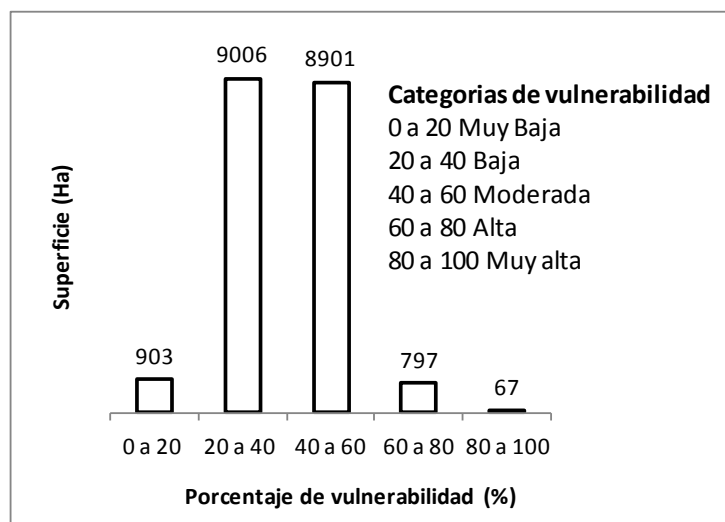


Figura 2: Superficie de bosque categorizado en porcentaje de vulnerabilidad

Las áreas de bosque con vulnerabilidad moderada se extienden por gran parte de la zona de estudio y se encuentran principalmente en la cuenca del río Sanipaya, Machaca, Qorimayu y Palca, en los distritos Sanipaya, Machaca, Keraya y Palca respectivamente, comunidades representativas de estos lugares son Aramani, Machaca, Pujuni, Huancarani, Salviani y Ulupicani. Los bosques con baja y muy baja vulnerabilidad se extienden en el distrito de Sanipaya, Keraya, Tiquirpaya, Machaca e Independencia en orden de importancia; las comunidades de Llavacita, Tultuhani, Togohuasi, Pocanche, Lomas Pocanche, Sailapata, Huaycumarka, Kutí, Pajchanti, Salviani, Tapaza alto, Pujyuni. Estas comunidades son las más importantes para realizar actividades de protección de cuencas, diversidad biológica, ecoturismo ya que su deforestación es muy poco probable.

3.2 Vulnerabilidad de los bosques por distritos del municipio

Para facilitar la planificación de los bosques por distritos, se ha ordenado la superficie de bosque de acuerdo a su porcentaje de vulnerabilidad y de acuerdo al distrito que pertenece (Fig. 3). A esta escala de análisis se puede ver que los distritos de Keraya y Sanipaya son los que tienen bosques con menor vulnerabilidad a la deforestación. Y los distritos de Independencia, Sanipaya y Machaca son los que

tienen más superficie de bosque con vulnerabilidad alta y muy alta a la deforestación.

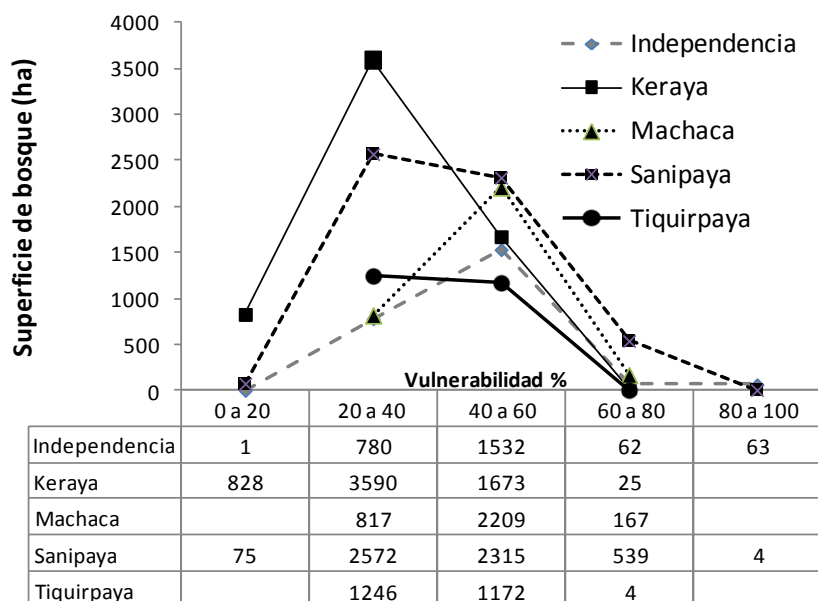


Figura 3: Superficie de bosque por categoría de vulnerabilidad y distritos.

3.3 Mapa de vulnerabilidad de los bosques de la zona norte de Independencia

En este mapa de los bosques de la zona norte de Independencia se ha representado las diferentes categorías de vulnerabilidad de deforestación en el espacio explícitamente; siendo posible identificar áreas de bosque de diferente porcentaje de vulnerabilidad de manera práctica gracias a que también se tiene la referencia de los límites de los distritos, los centros de las comunidades campesinas y ríos principales. Los datos mostrados anteriormente pueden ser también mostrados y resumidos por este mapa (Fig. 4).

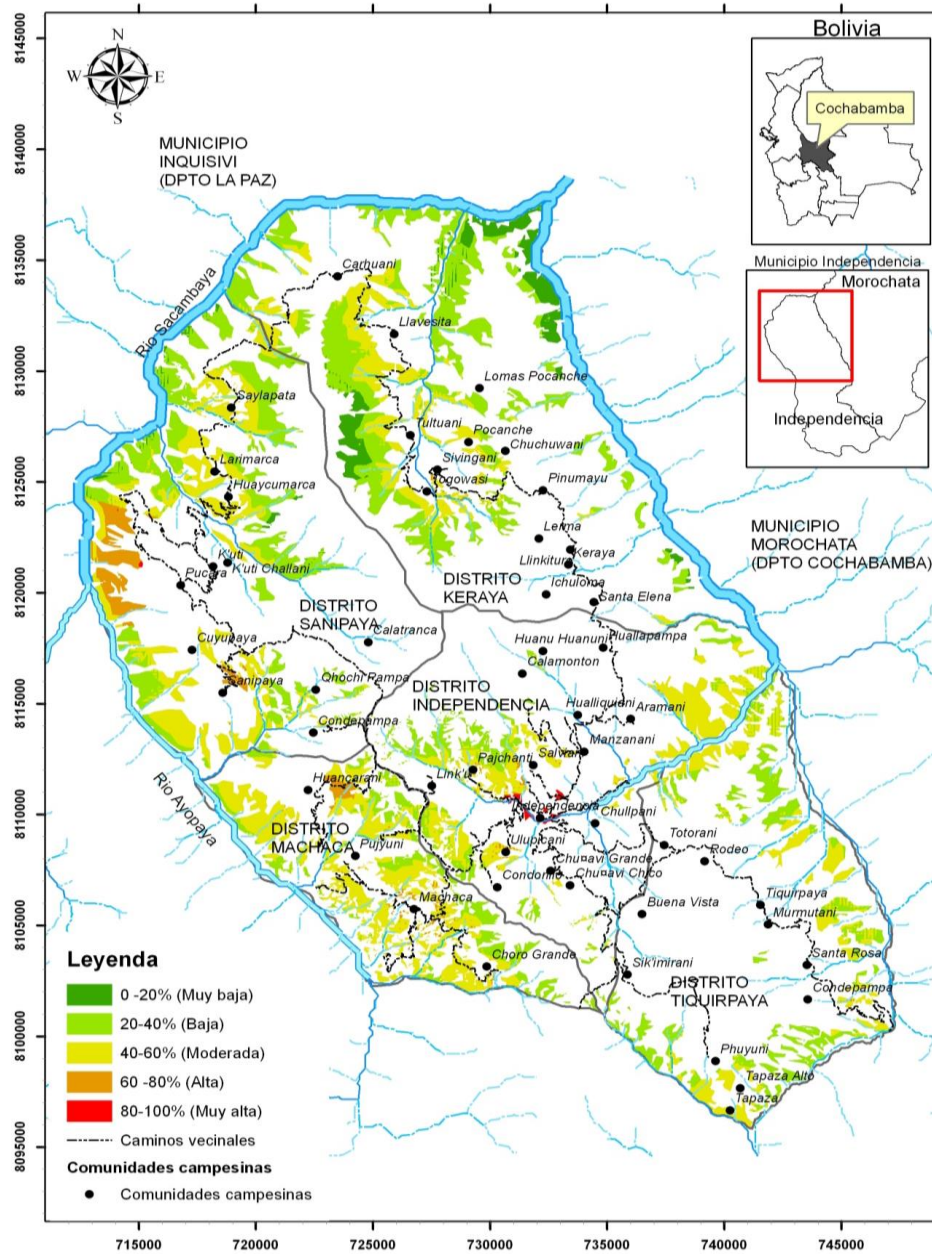


Figura 4: Mapa de la distribución de los bosques de la zona norte del municipio en diferentes categorías de vulnerabilidad a la deforestación. El área en blanco son otros tipos de uso de suelo no analizados en el estudio, como pastizales, zonas agrícolas y arbustos malos.

4 Discusión

En este proyecto se ha podido utilizar una herramienta de toma de decisiones integrado a un sistema de información geográfica, pudiendo determinar a través de un modelo lineal ponderado, las áreas de bosque vulnerable a la deforestación en diferentes categorías de vulnerabilidad, las cuales se han podido cuantificar en superficie de bosque y representarlos explícitamente en el espacio para conocer donde se encuentran estas áreas (a nivel de distrito y comunidades campesinas). Se ha determinado que gran superficie (95,4%) de los bosques de la zona norte de Independencia tienen vulnerabilidad muy baja, baja y moderada a la deforestación. Sin embargo, es importante que las áreas de bosque más vulnerables, por más que sean en menor porcentaje, sean objeto de acciones de conservación que conlleven a evitar su deforestación.

Este análisis a una escala local coincide y contradice algunas estimaciones del estado de la vegetación de los bosques de este sector. Por un lado, coincide con un estudio de cambio de cobertura de los bosques andinos realizado desde Venezuela hasta Bolivia, el cual categoriza a los bosques de la zona noroeste de Cochabamba como estables, es decir que no han cambiado de superficie, incluso han mostrado ganancias de vegetación en altitudes mayores de la montaña(19). Por otro lado, existen estudios anteriores a nivel nacional que encontraron que los bosques de la zona estaban en estado crítico de conservación considerando algunos factores antrópicos como (distancia a caminos, densidad poblacional y pobreza)(20) y sugiriendo que en la zona existe alta vulnerabilidad para la deforestación y degradación del bosque. Otro estudio a través del juicio de expertos también califica a la ecoregión de los yungas bolivianos, eco región al cual pertenece la zona de estudio, como vulnerable a la desaparición ya que tiene tasas de pérdida de vegetación de 0,49% por año(21), pero consideramos que esta tasa es muy elevada, ya que es más representativo para los yungas bolivianos del departamento de La Paz. Satisfactoriamente, en este estudio se muestra que los bosques nativos yungueños, al menos en la zona noroeste del departamento de Cochabamba tienen buenas probabilidades de no deforestarse debido a las condiciones demográficas y biofísicas existentes.

En la zona existen al menos 500 años de interacción entre humanos y los bosques y al menos 50% de la superficie los bosques ya han desaparecido(15). Estos bosques ya fueron modificados y transformados a conveniencia de los habitantes y deforestados en los mejores lugares para la agricultura y ganadería. En el análisis realizado los bosques existentes son poco vulnerables a deforestación porque estos ya se encuentran lejanos de los centros poblados, caminos, se encuentran en pendientes poco favorables para la agricultura, lejanos de fuentes de agua y en altitudes ya no favorables para la agricultura (por ejemplo, en tierras bajas con altas temperaturas, alta evapotranspiración y poca disponibilidad de agua, o en

su defecto en tierras muy altas con temperaturas muy frías, poca radiación y alta humedad). La pequeña fracción de los bosques que son vulnerables a la deforestación son aquellos que se encuentran todavía cerca de comunidades, caminos y bajo condiciones biofísicas favorables para iniciar agricultura.

Los bosques se encuentran protegidos por limitantes biofísicas que dificulta accederlos fácilmente y se encuentran bajo factores antropicos que se han mantenido en el tiempo y ya no les afectan. Por ejemplo, en la zona los caminos son difíciles de habilitar y transitar por la topografía accidentada y la población no ha tendido a crecer en los últimos años y se ha mantenido. La vulnerabilidad aumentaría si en el futuro se construyen nuevos caminos, la población crece y aparecerían nuevos asentamientos humanos.

5 Estrategias de manejo y conservación del bosque

Considerando los resultados recomendamos implementar las siguientes estrategias:

Estrategia de control: Implementar un programa de control de la expansión de cultivos agrícolas e incendios acompañado del monitoreo del cambio de la cobertura de los bosques en las zonas categorizadas como de alta, muy alta vulnerabilidad y moderada deforestación en orden de prioridad. Este aspecto es uno de los más descuidados por las organizaciones locales públicas y privadas, ya que no existen responsables, medios logísticos y de personal para implementar esta estrategia tan importante(22).

Estrategia institucional: Iniciar programas de fortalecimiento de normas de uso local de los bosques con las comunidades que tienen bosques con alta y muy alta vulnerabilidad de deforestación para que el bosque sea usado adecuadamente sin sobreexplotarlo. Principalmente facilitar que las comunidades regulen las densidades de ganado en el bosque, la tala de árboles y arbustos, la quema de los bosques y habilitación de terrenos agrícolas. Al respecto, existe un largo trabajo de ONG trabajando en el tema con comunidades campesinas que han sido elegidas a juicio de expertos, pero con este estudio se puede elegir las comunidades con quienes trabajar con prioridad y donde es más urgente (23).

Estrategia de protección local: Considerando la mayor cobertura de bosques con baja, muy baja y moderada vulnerabilidad, es necesario formalizar su protección a través de un programa de creación de áreas protegidas comunales como medida preventiva y que garantice a largo plazo la conservación de estos bosques, según corresponda el contexto social y ambiental de cada comunidad. En la zona existen importantes iniciativas al respecto de 11 comunidades campesinas motivadas por el programa ECOBONA y la Fundación Rufford Small Grants

quienes crearon sus áreas protegidas a través de acuerdos comunales estableciendo: límites, usos permitidos y no permitidos en cada área según los conocimientos y decisiones de cada comunidad (24, 25).

Referencias bibliográficas

- [1] MYERS, Norman. Tropical forests: the main deforestation fronts. *Environmental Conservation* 20 (1): 9–16. 1993
- [2] FJELDSA, Jon y KESSLER, Michael. Conservación de la biodiversidad de los bosques de Polylepis de las tierras altas de Bolivia. Una contribución al manejo sostenible de los Andes. 1ª Ed. Santa Cruz, Bolivia. FAN. 2004. 120 p.
- [3] BASCH, K, FJELSÄ, S, HERZOG, M., KESSLER, Michael, RASMUSSEN, J and SWASON, G. Cocapata and Sailapata: People and biodiversity in a Bolivian montane valley. Centre for Research on Cultural and Biological Diversity of Andean Rainforest. DIVA Technical Report, 1999. 180 p.
- [4] GEIST, Helmut y LAMBIN, Erik. What drives tropical deforestation. 1a ed. Louvain-la-Neuve, Belgium. LUCG International Project Office. 2001. 116p.
- [5] CHOWDHURY, Rinku Roy. Driving forces of tropical deforestation: The role of remote sensing and spatial models. *Singapore Journal of Tropical Geography* 27 (1): 82–101. 2006
- [6] SAATY, Thomas. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research* 48 (1): 9–26. 1990
- [7] PONCE COILA, Juan Edgar. Análisis multicriterio para la planificación de caminos de bajo impacto en la concesión forestal Lago Rey. 1ª ed. Santa Cruz, Bolivia. Proyecto FOMABO. 2005. 15 p.
- [8] BRANDT, Jodi y TOWNSEND, Philip. Land use–land cover conversion, regeneration and degradation in the high elevation Bolivian Andes. *Landscape Ecology* 21 (4): 607–623. 2006
- [9] LAWRENCE, Deborah, PEART, David y LEIGHTON, Mark. The impact of shifting cultivation on a rainforest landscape in West Kalimantan: spatial and temporal dynamics. *Landscape Ecology* 13 (3): 135–148. 1998.
- [10] ALI, Jawad, BENJAMINSEN, Tor, HAMMAD, Ahmed y DICK, Øystein. The road to deforestation: An assessment of forest loss and its causes in Basho Valley, Northern Pakistan. *Global Environmental Change* 15 (4): 370–380. 2005
- [11] YOUNG, Kenneth R. Roads and the environmental degradation of tropical montane forests. *Conservation Biology* 8 (4): 972–976. 1994.

- [12] GEIST, Helmut J. y LAMBIN, Eric. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *BioScience* 52 (2): 143–150. 2002.
- [13] ARMENTERAS, Dolores, RUDAS, Guillermo, RODRIGUEZ, Nelly, SUA, Sonia y ROMERO, Milton. Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon. *Ecological Indicators* 6 (2): 353–368. 2006.
- [14] NAVARRO, Gonzalo. Vegetación y unidades biogeográficas de Bolivia. En: Geografía ecológica de Bolivia. 1ª Ed. Santa Cruz, Bolivia. Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño. 2005. pp. 31– 428.
- [15] AYMA-ROMAY, Ariel Isaías, VILLAVICENCIO, Roberto, ROCHA, Eberth, ZAMBRANA, Natalia, VALDIVIA, Federico y OSCO, Omar. Bosques de Independencia: Pautas ecológicas y conocimiento local para el manejo tradicional. 1ª ed. Cochabamba, Bolivia. Exito, 2009. 120 p.
- [16] AYMA-ROMAY, Ariel Isaías, PADILLA, Elsa y CALANI, Emidgio. Estructura, composición y regeneración de un bosque de neblina: sugerencias silviculturales para *Podocarpus glomeratus* en la comunidad de Pajchanti. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 21: 27–42. 2007
- [17] LISPERGUER, Grover. Estructura, composición y factores asociados a la abundancia de la regeneración natural de los bosques del Norte de Independencia. Trabajo de titulación (Licenciado en ingeniería forestal). Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. 2012. 54 p.
- [18] LAURA, F. Mapeo de los bosques nublados de la Micro Cuenca Q'ORIMAYU (Ayopaya-Independencia). Trabajo de titulación (Técnico Superior Forestal). Cochabamba, Bolivia, Universidad Mayor de San Simón. 2002. 58 p.
- [19] CUESTA, Francisco, PERALVO, Manuel y VALEREZO, Natalia. Los bosques montanos de los Andes Tropicales. 1ª ed. Quito, Ecuador. Mariscal. 2009. 73 p.
- [20] Mapa de bosques nativos andinos de Bolivia: Estado actual de la vegetación. IBISCH, Pierre, CUELLAR, Saul, NOWICKI, Cristoph, CARRETERO, Alain, BECK, Stephan, CHIVE, Juan Carlos, ESPINOZA, Sara y ARAUJO, Natalia. 1:1000000. Santa Cruz, Bolivia. 2002.
- [21] GARAVITO, Tejedor, ÁLVAREZ, E., CARO, Arango, MURAKAMI, Araujo, BLUNDO, C., ESPINOZA, T. E. Boza, CUADROS, La Torre, GAVIRIA, J., GUTIÉRREZ, N. y JØRGENSEN, P. M. Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Revista Ecosistemas* 21 (1): 148-166. 2012.

- [22] AYMA-ROMAY, Ariel Isaías. Instituciones y autogobernanza del bosque común de una comunidad aymara en los Andes bolivianos. Trabajo de titulación (Maestría en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza). Santiago, Chile. Universidad de Chile. 2012. 98 p.
- [23] RIVADENEIRA, Claudia. Normas concertadas para el manejo de los recursos naturales en la zona andina de Bolivia. ECOBONA-INTERCOOPERATION. La Paz, Bolivia, 2010. 12 p.
- [24] AYMA-ROMAY, Ariel Isaías. Plan de manejo tradicional de montes del norte de Independencia. Programa Ecobona - Gobierno Municipal de Independencia. 2009. 89 p.
- [25] AYMA-ROMAY, Ariel Isaías. Propuesta de reglamento municipal para la creación de reservas comunitarias en Independencia. Cochabamba, Bolivia. INTERCOOPERATION - Programa BIOCULTURA. 2010. 8 p.

Anexos

Comparación de pares

Tabla 1: Ponderación de pesos de nivel 1 (Factores antrópicos y limitaciones biofísicas)

Factores de nivel 1	Factores antrópicos A	Limitaciones biofísicas B	Suma C = A + B	Pesos ponderados normalizados Ej. = $3/4,5 * 100$
Factores antrópicos	1	2	3	0,67
Limitaciones biofísicas	0,50	1	1,5	0,33
Suma			4,5	1,00

Tabla 2: Ponderación de pesos de factores del nivel 2 (factores antrópicos)

Factores de nivel 2	Proximidad caminos A	Proximidad a centros poblados B	Densidad poblacional (N° de familias) C	Suma D= A+B+C	Pesos ponderados normalizados Ej. = 2,33/11,66*100
Proximidad caminos	1	1	0,33	2,33	0,20
Proximidad a centros poblados	1	1	0,33	2,33	0,20
Densidad poblacional (nro de familias)	3	3	1	7	0,60
Suma				11,66	1

Tabla 3: Ponderación de pesos de nivel 2 de (limitaciones biofísicas)

	Pendiente del terreno Columna A	Altitud sobre el nivel del mar Columna B	Proximidad a fuentes de agua Columna C	Suma C= A+B+C	Pesos ponderados normalizados
Pendiente del terreno	1	1	2	4	0,40
Altitud sobre el nivel del mar	1	1	2	4	0,40
Proximidad a fuentes de agua	0,5	0,5	1	2	0,20
Suma				10	1

Porcentaje de vulnerabilidad por categoría de las variables del nivel 2 obtenido por comparación de pares

Tabla 4: Porcentajes de vulnerabilidad de la variable proximidad de bosque a caminos.

Categorías en metros	0-500 m	500-1000 m	1000-2500 m	>2500 m	Suma	Peso ponderado escala 0 - 1	% Vulnerabilidad
0-500	1	3	7	9	20	0,56	100
500-1000	0,33	1	3	5	9,33	0,26	47
1000-2500	0,14	0,33	1	3	4,47	0,13	22
>2500	0,11	0,2	0,33	1	1,64	0,05	8
Suma					35,45	1	

Tabla 5: Porcentajes de vulnerabilidad de la variable proximidad de bosque a pueblos

Categorías en metros	0-1000	1000-2000	2000-3000	3000 a 5000	5000 a 9000	Suma	Peso ponderado escala 0 – 1	% Vulnerabilidad
0-1000	1	2	5	7	9	24	0,47	100
1000-2000	0,5	1	3	5	6	15,5	0,30	64,58
2000-3000	0,2	0,33	1	2	2	5,53	0,11	23,05
3000 a 5000	0,13	0,2	0,5	1	2	3,84	0,08	16,01
5000 a 9000	0,11	0,16	0,5	0,5	1	2,27	0,04	9,49
Suma						51,15		

Tabla 6: Porcentajes de vulnerabilidad de la variable de densidad poblacional por comunidad

Categorías en número de familias por comunidad	< 20	20 - 50	51 - 100	101-210	> 200	Suma	Peso ponderado escala 0 – 1	% Vulnerabilidad
< 20	1	0,33	0,2	0,14	0,11	1,78	0,03	5,76
20 – 50	3	1	0,5	0,33	0,14	4,97	0,08	16,05
51 – 100	5	2	1	0,33	0,14	8,47	0,14	27,34
101-210	7	3	3	1	0,14	14,14	0,23	45,62
> 200	9	7	7	7	1	31	0,51	100
Suma						60,38	1,00	

Tabla 7: Porcentajes de vulnerabilidad de la variable de pendiente de terreno del bosque

Categorías en grados de pendiente	<15°	15-45°	45° a 75°	Suma	Peso ponderado escala 0 – 1	% Vulnerabilidad
<15°	1	1,5	5	7,5	0,58	100
15-45°	0,66	1	2	3,66	0,28	48,88
45° a 75°	0,2	0,5	1	1,7	0,13	22,66
Suma				12,86	1	

Tabla 8: Porcentajes de vulnerabilidad de la variable optimo altitudinal para la agricultura

Categorías en metros sobre el nivel del mar	1350 - 2000	2000 - 3300	>3300	Suma	Peso ponderado escala 0 - 1	% Vulnerabilidad
1350 – 2000	1	0,2	1	2,2	0,14	20
2000 – 3300	5	1	5	11	0,71	100
>3300	1,00	0,2	1	2,2	0,14	20
Suma				15,4	1	

Tabla 9: Porcentajes de vulnerabilidad de la variable proximidad de fuentes de agua a bosque

Categorías en metros	0- 250	250 - 1000	1000 - 2500	Suma	Peso ponderado escala 0 - 1	% Vulnerabilidad
0-250	1	4	5	10	0,67	100
250 – 1000	0,25	1	2	3,25	0,22	32,5
1000 – 2500	0,2	0,5	1	1,7	0,11	17
Suma				14,95	1	