

Lineamientos de una estrategia de restauración ecológica para bosques altimontanos degradados en San Miguel, Parque Nacional Tunari (Cochabamba, Bolivia)

Guidelines to a Proposal of Ecological Restoration for High Mountain Andes Forests Degraded in San Miguel, National Park Tunari (Cochabamba, Bolivia)

Adriana Rendón¹, Cecilia Smith-Ramírez² & Estela Herbas³

¹Universidad Simón I. Patiño, Av. Villazón 22, Cochabamba, Bolivia.

²Departamento de Ciencias Biológicas y Biodiversidad, Universidad de Los Lagos; Av. Fuchslocher 1305, Osorno, Chile.

³Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, C. M. Marquez (Tupuraya), Cochabamba, Bolivia.

Adriana20041@hotmail.com

Resumen: San Miguel es una comunidad quechua parlante dentro del Parque Nacional Tunari (PNT), Cochabamba, Bolivia. Dentro de esta existen remanentes del bosque nativo de *Polylepis subtusalbida* (Kewiña). Esta formación ha sido afectada por el uso humano y reemplazada por *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, especies exóticas conocidas por ser perjudiciales para el ecosistema. En este trabajo se propone la recuperación del bosque de *Polylepis* en áreas ahora ocupadas por plantaciones forestales en la comunidad de San Miguel. El buen estado de conservación del bosque de *Polylepis* se definió según la presencia del ave *Oreomanes fraseri* y la estructura vertical de la vegetación. En base a entrevistas a la comunidad se caracterizaron los factores críticos de degradación del bosque. Se elaboró un mapa parlante de la presencia y abundancia del ave bioindicadora. Se delimitó una superficie de 50 ha alrededor del poblado de San Miguel, en esta área se identificaron todas las formaciones vegetales. Se encontró que el 47% del área es cultivo y vivienda, un 13% son plantaciones y el resto son fragmentos de bosques de *Polylepis*, bosques mixtos con plantaciones y pastizales. Se seleccionó aquella área con más posibilidades de éxito de ser restaurada. También se encontró que los pobladores de San Miguel manifiestan un mayor interés por las plantaciones madereras que por el bosque nativo de Kewiña, siendo este el mayor impedimento para la restauración, por lo que se propone intervención con educación ambiental, consulta a la comunidad sobre el futuro de las plantaciones y desarrollo de actividades económicas alternativas que aprovechen sosteniblemente el bosque nativo.

Palabras clave: Piso Altimontano, Parque Nacional Tunari, *Polylepis subtusalbida*, Restauración ecológica, San Miguel, Cochabamba.

Abstract: San Miguel is a Quechua speaking community inside the National Park Tunari (PNT), Cochabamba, Bolivia. Inside exists remnants of the native forest of *Polylepis subtusalbida* (Kewiña, Rosaceae). This formation has been affected by human use and replaced by *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus*, exotic species well known to be harmful for the ecosystem. Therefore, in this work we propose the recuperation of the *Polylepis* forest in areas currently occupied by timber plantations. Good conservation condition of the *Polylepis* forest is defined by the presence of the bird *Oreomanes fraseri*. Based on interviews to the community, we characterized the critical factors of the forest degradation. We elaborated a talking map of presence and abundance of the bioindicator bird, delimited a surface of 50 ha around San Miguel, in which all the vegetation formations were identified, and found that nearly 50% of the area are crops and households, the rest are fragments of *Polylepis* forest, mixed forest with plantations, plantations and pasturelands. We defined the reference area and the most adequate area for starting the replacement of plantations with *Polylepis*. Interviews revealed that the principal impediments for the native forest conservation and the services it provides are its displacement by exotic species, the expansion of croplands and forest fires. Additionally, poverty is making people migrate to the city, increase agricultural pressure over soil and wanting to expand woodlands for logging. We propose the introduction of alternative economic activities, environmental education and the elimination of exotic species so the native forest can slowly recover itself.

Key words: Altimontan, National Park Tunari, *Polylepis subtusalbida*, Ecological restoration, San Miguel, Cochabamba.

1 Introducción

El Parque Nacional Tunari (PNT, 17°16' 25.25" S y 66° 19' 47.57" O) fue creado en 1962, se encuentra en Cochabamba, ocupando parte de las provincias de Ayopaya, Cercado, Quillacollo, Chapare y Tapacarí. Posee una extensión aproximada de 300.000 ha, cumple varias funciones ecosistémicas al ser un área de reserva de acuíferos, proporciona agua a Cochabamba y a las actividades agropecuarias de los alrededores. Protege a la ciudad de inundaciones ya que los escombros y sedimentos lavados desde las partes más altas, donde se encuentran los pastizales, son acumulados en los bosques. Sin estos bosques el flujo de agua correría lavando los nutrientes y empujándolos hacia las tierras bajas (SERNAP 2014). Además, conservan la fertilidad y estabilidad del suelo lo cual beneficia a la agricultura, y ayuda a preservar el equilibrio ecológico y la biodiversidad nativa (Arrázola et. al 2010; SERNAP 2014).

Una de las especies presentes dentro el PNT es la Kewiña (*Polylepis subtusalbida*) que conforma los bosques nativos del piso Altimontano. La Kewiña del Tunari es endémica del centro de Bolivia, siendo considerada una especie Vulnerable (Arrázola & Coronado, 2012). Los bosques de Kewiña son formaciones abiertas que se caracterizan por la presencia de alguna de las especies arbóreas dominantes del género *Polylepis*, las cuales se ubican entre 2.800 – 4.500 m en la

región andina. Representan uno de los ecosistemas más amenazados en el mundo, siendo su conservación en Bolivia, deficiente a muy mala (Arrázola et al. 2010). Estos bosques se encuentran en un estado de degradación continua, poseyendo actualmente menos del 10% de su cobertura original. Ramírez (2003) considera que la principal causa de la pérdida de bosques dentro del PNT, se debe a la perturbación humana y su sobreexplotación. En el PNT existen aproximadamente 100.000 habitantes, distribuidos en diferentes comunidades quechua hablantes (SERNAP, 2014). El presente estudio se realizó en una comunidad del PNT llamada San Miguel, distante 80 km al norte de Cochabamba y se usa como bioindicador de buen estado de conservación del bosque a un ave especialista de bosques de Kewiña, este es el paseriforme *Oreomanes fraseri*.

Existen dos aproximaciones en conservación y restauración, una trata de conservar lo que está pronto a extinguirse para evitarlo, la otra trata de conservar lo que tiene mayor potencial de recuperarse, dado que los recursos son escasos. Para este caso se siguió una aproximación que trata de restaurar aquello que tiene mayor potencial de éxito (Orsi & Geneletti 2010).

2 Planteamiento del problema de investigación

En San Miguel el bosque de Kewiña ha sido reemplazado por *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, al igual que en las comunidades que habitan las cuencas cercanas de Khora Tiquipaya, Pajcha, Pintu Mayu y Thola Pujru (Vargas et al. 2006). En estas cuencas un porcentaje mínimo o incluso nulo (cuenca Khora Tiquipaya) de las formaciones vegetales la constituyen los bosques no reemplazados de Kewiña. Se seleccionó trabajar en San Miguel debido a que presenta la ventaja de estar cerca de Cochabamba, porque existen estudios ecológicos sobre Kewiña (Fernández-Terrazas 1997; Ramírez 2003; Arrázola et al. 2007; Arrázola & Cornado 2012; Martínez et al. 2015; Mercado & Agreda 2015) y porque se ha desarrollado educación ambiental en su escuela (Martínez et al. 2015). Este estudio se presenta como un modelo que podría ser útil para otras comunidades donde se presenta la problemática ambiental asociada a plantaciones y degradación de Kewiña.

Ha sido demostrado que *Pinus radiata* y especialmente *Eucalyptus* tienen impactos negativos sobre el ecosistema, los cuales al ser plantados a alta densidad, y ser especies de rápido crecimiento son altamente consumidoras de agua (Agreda 2008, Zarate & Agreda 2007, Gareca & Martínez 2015, Gareca et al. 2007), poniendo probablemente en riesgo el acceso al agua por parte de comunidades en época de sequías, como ha sido mostrado en otras partes del mundo (Jobbágy et al. 2013, Meynard et al. 2007, Le Maitre et al. 2002); sumado a esto Souto et al. 1993 muestra que pueden producirse efectos alelopáticos durante la descomposición de residuos provenientes de *Eucalyptus globulus* y en menor medida de *Pinus radiata*.

provocando inhibición y problemas en la germinación de especies nativas. Por su parte, Agreda (2007) señala que los elementos estructurales del bosque nativo de Kewiña sufren reducciones drásticas cuando se encuentra coexistiendo con especies exóticas de *E. globulus* y *P. radiata*. En cuanto a las especies herbáceas, Agreda (2007) señala que tienen mayor porcentaje de abundancia y sobre todo diversidad en el bosque nativo de *Kewiña* que en el de exóticas.

3 Objetivos

El objetivo de este estudio fue desarrollar una propuesta de restauración ecológica a escala local en los bosques altimontanos de Kewiña degradados por uso humano dentro el territorio del poblado San Miguel en el PNT. Los objetivos específicos fueron: 1.- Determinar las formaciones vegetales actuales presentes en San Miguel y su entorno inmediato; 2.- Determinar el grado de fragmentación de los bosques de Kewiña y distribución del uso de la tierra en San Miguel; 3.- Determinar si existen áreas de referencia para la restauración dentro de San Miguel o hay que buscarlas fuera de la comunidad; 4.- Determinar si existe y donde se encontrarían las poblaciones más abundantes de *Oreomanes fraseri* dentro el territorio del poblado San Miguel; 5.- Proponer y justificar en base a variables de amenazas y oportunidades cual sería el área más apropiada para restaurar los bosques de Kewiña; 6.- Conocer la disposición de la comunidad a continuar las plantaciones de exóticas y conservar el bosque de Kewiña, y 7.- Proponer y discutir los lineamientos para un proceso de restauración ecológica en San Miguel. Para efectos de este estudio entenderemos como restauración ecológica al proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido, en el cual se busca recuperar su composición, integridad y funcionalidad (Clewell *et al.* 2005; SER 2016).

4 Área de estudio

El área de estudio será el territorio del poblado San Miguel, se encuentra en el sector de Morochata, en el piso altimontano a 3.500 m de altitud. La mayor cantidad de precipitación anual en el área ocurre durante el verano y la temperatura no baja de los 0 °C, pero no alcanza los 10 °C. El bioclima es pluviestacional, con un pico importante de lluvias en Enero. Es húmedo la mayor parte del año con una corta época de sequía durante los meses de Junio y Julio. La composición florística presente en el entorno de la comunidad de San Miguel consta de 135 especies, correspondientes a 96 géneros y 42 familias (Ramírez 2003). La principal forma de vida son las herbáceas (109 spp.), encontrándose 20 arbustivas y seis arbóreas. La especie arbórea más abundante es *P. subtusalbida* (Ramírez 2003).

El poblado de San Miguel se encuentra sobre la pendiente de montaña y es una de las zonas de recarga acuífera del valle, es decir, la zona por la que el agua se infiltra a través del suelo y rellena las aguas subterráneas. La población de San Miguel es “flotante” y no vive allí todo el tiempo, siendo difícil precisar su número, el cual sin embargo, se aprecia por el número de viviendas que no asciende las 80 personas.

Para delimitar el área de estudio alrededor de la comunidad de San Miguel, se usaron los límites verticales superiores e inferiores del piso ecológico Altimontano definido en base a Navarro & Maldonado (2011); horizontalmente se usaron las dos quebradas más próximas al poblado Figura 1: La superficie total del área analizada fue aproximadamente 50 ha.

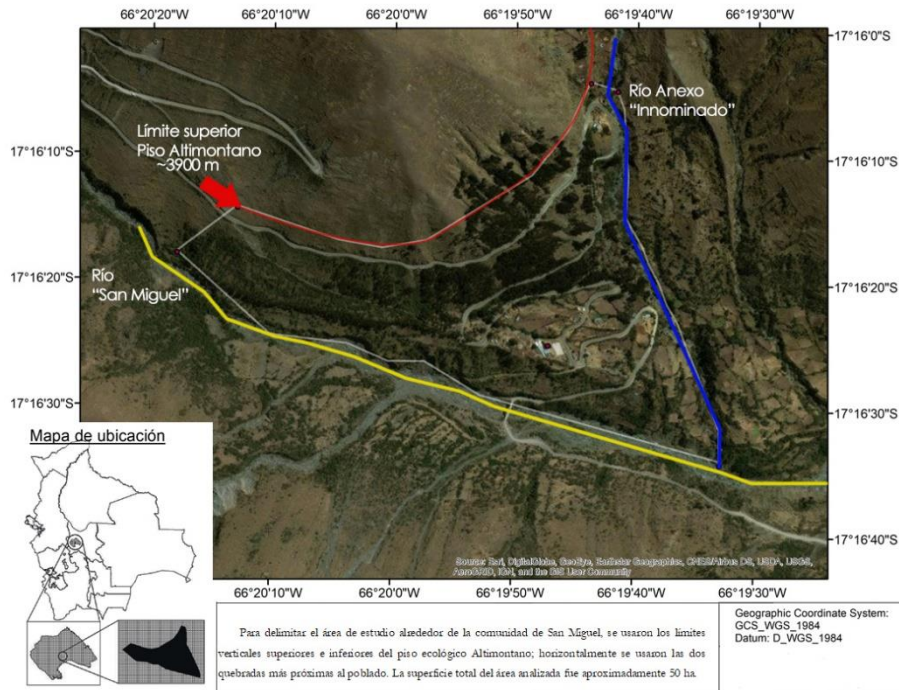


Figura 1: Mapa de la ubicación del área de estudio.

5 Metodología

La metodología se desarrolló en base a lineamientos de la Sociedad de Restauración Ecológica (SER) que describe los objetivos de la restauración en tres secciones: Describir y cuantificar el estado del ecosistema; entender cómo se conduce y regula; y proyectar el cómo mover al ecosistema a un estado menos perturbado (SER 2016).

Para describir el estado actual del bosque y la comunidad de utilizaron tres herramientas: Un mapa parlante, entrevistas a la comunidad y georreferenciación de las formaciones vegetales.

La especie bioindicadora, *Oreomanes fraseri*, es un ave nativa en categoría Vulnerable (Cahill *et al.* 2009), que se encuentra en las regiones de Prepuna, Puna Norteña y Puna Sureña. A nivel local sus poblaciones son escasas debido a la pérdida de hábitat y fragmentación de los bosques de Kewiña. Los bosques donde se la encuentra actualmente tienen menos de 10 ha, por lo cual el área núcleo de estos bosques es aún más pequeña; hay que considerar que *O. fraseri* selecciona principalmente el interior del bosque maduro como hábitat, especialmente para su nidificación, son más abundantes en parcelas menos intervenidas y evitan los bordes del bosque (Cahill & Matthysen 2007; Cahill *et al.* 2008). Dado su grado de especialización su principal amenaza es la pérdida de bosques de Kewiña, siendo la quema la mayor causa de deterioro de su hábitat, seguido por la sustitución del bosque por árboles exóticos como pinos y eucaliptos (Balderrama *et al.* 2009, Cahill *et al.* 2009).

En abril del 2015 realizamos una caracterización socio-económica de la comunidad de San Miguel a través de entrevistas a un grupo focal comunitario (ancianos de la comunidad y dirigentes) siguiendo la metodología adaptada de FAO (2007) y Barrigán (2007). Dentro del pueblo existe un total de 20 casas posiblemente habitadas, de las cuales se entrevistó en un “puerta a puerta” a personas en seis de estas. Las otras casas no estaban ocupadas al momento de hacer la entrevista. Se hicieron preguntas sobre características socio-ambientales, actividades de la población, uso de sus recursos, perspectiva cultural sobre el paisaje y que importancia tienen sus componentes para la comunidad. Además se hicieron preguntas sobre, la tendencia temporal histórica de la cobertura vegetal en los últimos años, cuáles son sus amenazas y su disposición a incrementar el área de Kewiña y qué hacer con las plantaciones. Se realizó un mapa parlante de la presencia y abundancia del ave bioindicadora siguiendo la metodología de Cox (1996), en el cual se pidió a las personas entrevistadas que reconocieran al ave entre otras parecidas por medio de fotografías impresas; además, se les presentó un mapa impreso del lugar.

Se delimitaron las formaciones vegetales del área de estudio mediante análisis de imágenes Spot en Google Earth y georeferencia con GPS. Cada formación vegetal fue visitada en terreno para validar lo observado en las imágenes, se observó la estructura vertical, horizontal y la especie arbórea predominante.

Para la identificación del área con mayor potencial de restauración se tuvo en cuenta el tipo y nivel de amenazas y oportunidades. Las variables de amenazada fueron: cercanía a caminos, presencia de especies exóticas, posible expansión del

área de cultivo y cercanía a cultivos debido al uso de herbicidas (los comuneros manifestaron usarlos). No se consideró al ganado como una amenaza debido a que los comuneros los guardan en sus corrales y el pastoreo se realiza fuera del área de estudio. Las variables relacionadas con las oportunidades de restauración fueron presencia alta del ave bioindicadora, mayor tamaño del fragmento y mayor cercanía a la escuela. A cada una de estas variables se le asignó un puntaje, el cual fue sumado para obtener aquella/s áreas con menores amenazas y por ende mayores oportunidades de ser restaurado. La cuantificación de amenazas y oportunidades se hizo mediante una matriz basada y modificada de Rodríguez *et al.* (2011). Seguimos la lógica que sólo el bosque degradado se restaura, no el bosque en buen estado, ni las áreas donde se encuentran los cultivos de papas, etc. de la comunidad, el bosque mixto lo consideramos como un segundo candidato a priorizar en un programa de restauración. Este no fue la primera prioridad debido a que el bosque mixto sufre de una amenaza adicional por ser un área que cada cierto tiempo se altera por efecto de la corta de los árboles exóticos, y se necesitan mayores estudios sobre la alteración del suelo puesto que puede provocar una baja fertilidad de la Kewiña (Agreda 2008); esto podría dar facilidad a especies exóticas de crear un círculo de retroalimentación entre el árbol y el suelo (SER 2016).

6 Resultados

Mediante las entrevistas se pudo constatar que los habitantes del sector se dedican a la producción agrícola, principalmente de papa y flores, producción artesanal, pastoreo de equinos (ovejas, alpacas y llamas) y la venta de lana. La población de la zona produce y comercializa sus productos en ferias dominicales aledañas a la zona y entre los mismos comunarios. El reemplazo de la vegetación nativa por plantaciones de especies exóticas en el PNT se inició a principios de los años 70, para proteger a la ciudad de Cochabamba de inundaciones (Gareca et al. 2007). El dirigente de la comunidad y otros miembros de la misma manifestaron su interés en continuar las plantaciones de exóticas, desconocían las amenazas que esta representa. Además, manifestaron estar cosechando árboles de las plantaciones para leña y venta de madera.

Se caracterizaron y delimitaron seis formaciones vegetales al interior del área de estudio en base a Navarro 2011, a saber: 1) Bosque de Kewiñas, asociación *Berberis commutata*-*Polylepis subtusalbida*; 2) Vegetación ribereña, comunidad *Ullucus tuberosus* subsp. *aborigineus* – *Alnus acuminata*; 3) Bosque degradado de Kewiña, compuesto de árboles de Kewiña muy dispersos ubicados en una matriz de pastizal; 4) Bosque mixto, compuesta por Kewiñas, Pinos y/o Eucaliptos y otros; 5) Plantación de especies exóticas, compuesta casi en su totalidad por Pinos y/o Eucaliptos; y 6) Pastizales compuestos principalmente de pajonales (asociación

Baccharis papillosa - *Poa kurtzii*) u otras especies de plantas herbáceas con presencia de algunas arbustivas.

La superficie de cada formación vegetal se muestra en la Tabla 1. Representando el área de viviendas y cultivos el principal uso (47% uso del territorio), seguido por las plantaciones de exóticas (13% uso del territorio) y vegetación silvestre (40% del territorio). En esta superficie se analizaron ocho fragmentos de bosque degradado de Kewiña Figura 2: los cuales tenían tamaños de 0,07 a 3,74 ha. Todos los fragmentos estaban desconectados por distancias entre 4 (desconectado por camino) a 222 metros. La desconexión de estos fragmentos ocurre principalmente por pastizales, caminos y campos agrícolas. Se encontró regeneración de Kewiña entre pastizales (la cual no fue cuantificada). El mayor fragmento de Kewiña, de 3,74 ha, es parte de un fragmento mayor de 63 ha que se extiende hacia el oeste del área estudiada. Este fragmento se encuentra sobre una quebrada de pendiente alta Figura 2:. El mapa parlante sobre la presencia del ave bioindicadora Figura 3: permite ver que presenta más abundancia en los bosques preservados de Kewiña, precisamente en el fragmento más grande de 3,74 ha. Por esta razón, lo designamos cómo el área de referencia para un futuro programa de restauración.

Tabla 1. Superficie de cada tipo de vegetación presente en el área de estudio.

| Tipo de vegetación | Composición vegetal | Superficie ha |
|--|--|---------------|
| Plantaciones Eucaliptus y Pino | <i>Eucalyptus globulus</i> y <i>Pinus Radiata</i> | 6,25 |
| Bosque degradado | Árboles de Kewiña muy dispersos ubicados en una matriz de pastizal | 5,93 |
| Bosque de Kewiña | Asociación <i>Berberis commutata</i> - <i>Polylepis subtusalbida</i> (Navarro 2011) | 5,79 |
| Bosque Mixto | Compuesta por Kewiñas, Pinos y/o Eucaliptos y otros | 3,77 |
| Pastizales | Principalmente de pajonales (asociación <i>Baccharis papillosa</i> - <i>Poa kurtzii</i> , Navarro 2011) u otras especies de plantas herbáceas con presencia de algunas arbustivas. | 3,45 |
| Vegetación ribereña | Plantas circundantes al río como la comunidad <i>Ullucus tuberosus</i> subsp. <i>aborigineus</i> – <i>Alnus acuminata</i> (Navarro 2011). | 1,10 |
| <i>Total plantaciones y vegetación silvestre</i> | | 26,29 |
| Cultivos y viviendas | | 23, 71 |

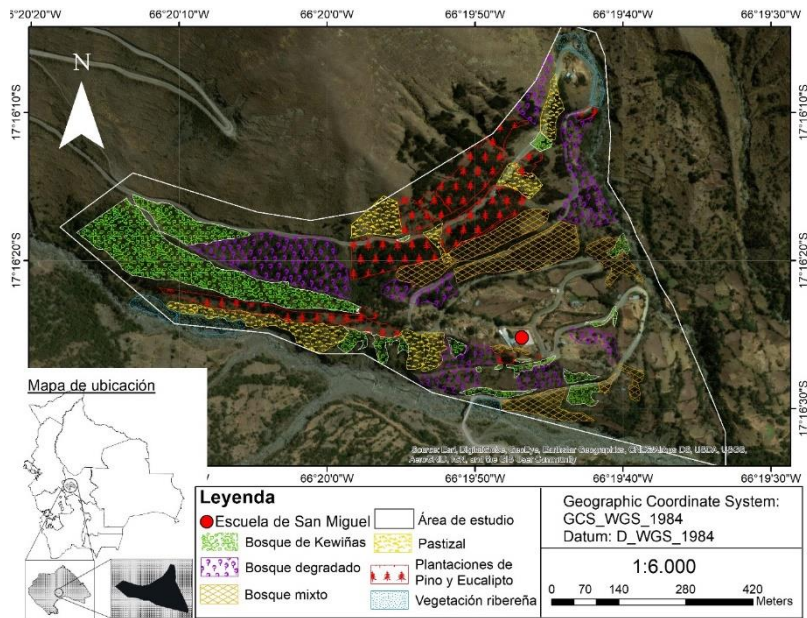


Figura 2: Mapa zonificado de acuerdo a vegetación presente. Las áreas destinadas a cultivo y vivienda no se encuentran marcadas

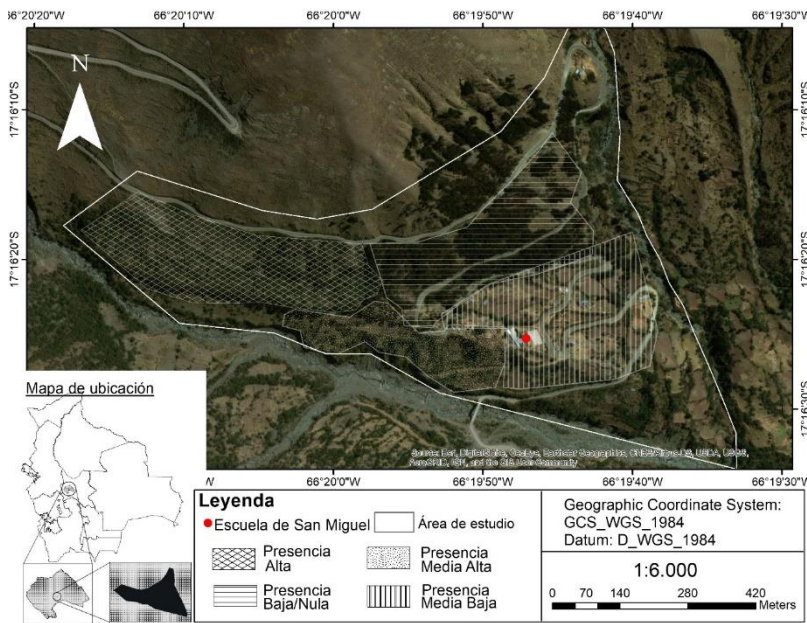


Figura 3: Mapa de presencia y abundancia de *Oreomanes fraseri* (mapa parlante). Debido a que es un mapa parlante los límites de la presencia de *Oreomanes* suele salir de los límites del bosque.

Se observó que los principales factores de degradación al bosque nativo son la fragmentación, la tala y recolección de madera, alteración del hábitat por reemplazo del bosque nativo con plantaciones madereras e impactos secundarios por la presencia de una carretera o pasó de animales; también existe el peligro de incendios forestales por efectos secundarios de plantaciones madereras y posible expansión agrícola.

Se analizaron seis bosques degradados, todos menores a 2 ha, excepto un bosque degradado de 2,34 ha. Este último fue originalmente parte del bosque de Kewiña del área de referencia. Entre estos seis fragmentos se seleccionó aquel que tendría mayor potencial (éxito) de ser restaurado con la formación original de Kewiña. Se seleccionó a aquel que está colindante con el área de referencia, debido a que por su cercanía puede aportar propágulos y por la presencia del ave *O. fraseri*, Tabla 2. Este fragmento se encuentra en una pendiente de 60° y una altura de 3.805 m.s.n.m. De ser restaurada, esta área junto al área de referencia, podrían proveer de semillas fértiles para la restauración de las otras áreas; un banco de semillas es importante para la sustitución de plantaciones exóticas por especies nativas (SER 2016).

Tabla 2. Análisis de bosques degradados.

| Bosque degradado | Superficie ha | Amenazas | Oportunidades de éxito | Valoración final |
|--|---------------|------------|------------------------|------------------|
| 1 | 2,33 | Baja | Alta | Alta |
| 2 | 1,23 | Media | Alta | Media Alta |
| 3 | 0,79 | Baja | Media | Media Alta |
| 4 | 0,3 | Alta | Media | Media Baja |
| 5 | 0,29 | Alta | Media | Media Baja |
| 6 | 0,19 | Media Alta | Baja | Media Baja |
| Conjunto de fragmentos al oeste de la escuela | | | | |
| 1 | 0,44 | Alta | Media | Media Baja |
| 2 | 0,37 | Alta | Media Baja | Baja |
| 3 | 0,23 | Media Baja | Media Alta | Media Alta |

Además, hay un pequeño conjunto de tres fragmentos inmediatamente al oeste de la Escuela Figura 2: que fue analizado en su conjunto, obteniendo el segundo más alta oportunidad de restauración Tabla 2. Estos fragmentos están compuestos de un bosque en buen estado, y dos fragmentos degradados. No alcanza el valor más alto de restauración dentro de nuestra escala de valores, debido a que no hay alta

abundancia del *O. fraseri* y posee bosque mixto, pero tiene la ventaja de estar cerca de la escuela y servir para socializar el proceso de restauración, la enseñanza y cuidado del bosque de Kewiña.

Respecto a la disposición de la comunidad a reforestar, se encontró que casi todos los entrevistados, especialmente el dirigente manifestaron su interés en continuar la reforestación con exóticas. Ninguno de los entrevistados manifestó interés en reforestar con Kewiña.

Para el plan de restauración ecológica se propone:

1. Realizar una campaña de educación ambiental, donde se darán a conocer y discutirán las amenazas y beneficios de las plantaciones y del bosque nativo. Esto para poder generar un intercambio de saberes, conocer las prioridades de los comuneros respecto al bosque y generar un interés por el bosque nativo en pro de la conservación y el bienestar de la comunidad.
2. Realizar la consulta de interés en restauración a la comunidad en forma ampliada y acuerdos si corresponde, explicando cada paso de un proyecto de restauración e incluirlos en el mismo. Validar ante la comunidad la presente propuesta de sitios prioritarios a restaurar. Solo cuando recuperar el bosque de Kewiña sea de interés para la comunidad se prosigue con los siguientes pasos. La restauración puede llevar varios años en ejecución, es importante incluir a la comunidad en cada etapa de la misma.
3. Si la comunidad decide continuar plantando exóticas, entonces y con acuerdo del PNT se puede zonificar donde puede ser menos perjudicial tener este tipo de plantaciones.
4. Realización de talleres sobre crecimiento de plantines y cosecha de plantas exóticas sin daño a las especies nativas. La inclusión de la comunidad en cada etapa de la estrategia es importante y los talleres guiarán la aplicación de la estrategia en base al intercambio de saberes y acuerdos realizados previamente.
5. También se sugiere realizar el aprovechamiento sostenible de la Kewiña como actividad económica alternativa a la agricultura, para minimizar la presión agrícola sobre el suelo, revalorizar las prácticas tradicionales y restablecer vínculos de la comunidad con las especies nativas.
6. Una actividad económica alternativa es promocionar turismo ornitológico y de montaña en San Miguel.

7 Discusión

Consideramos en base a los antecedentes mostrados que ambientalmente en la comunidad de San Miguel existe potencial para la restauración de los bosques degradados de Kewiña, debido a que existen áreas que pueden ser fuente de propágulos, la existencia del bioindicador de buen estado de conservación y la ausencia de presión por herbivoría.

Sin embargo, en el ámbito social este potencial es negativo. Por una parte, existen antecedentes desde hace una década de trabajo ambiental con la comunidad de San Miguel, este no ha sido continuo. Martínez *et al.* (2015) han sido quienes principalmente han realizado actividades de plantación con Kewiña en San Miguel. Ellos realizaron la reforestación en un pastizal de la ladera oeste de uno de los dos ríos que delimitan San Miguel. Según resultados preliminares de los autores ésta plantación ha sido exitosa (Arrázola com. pers. 2014). Para realizar la reforestación con Kewiña se creó un invernadero en la escuela, lo cual sirvió al mismo tiempo como herramienta para la educación ambiental de los niños. Este mismo plan de reforestación incluyó la venta de plantines para otros proyectos de reforestación, actividad que según Arrázola (com. pers. 2014) contaría con suficiente demanda para ser una actividad económica sostenible. En este proyecto también surgieron las iniciativas de turismo, brindando no solo capacitación a los pobladores, sino también se crearon senderos, se construyó un letrero para la comunidad y un mirador para que los turistas observen la avifauna (Martínez *et al.* 2015).

Por otra parte, la comunidad entrevistada no manifestó interés en la reforestación con Kewiña pero sí con exóticas. El beneficio de la venta de madera y uso para leña de las exóticas parece superar los beneficios de uso de leña de la Kewiña, y por otra parte la comunidad desconoce las características perjudiciales del alto consumo de agua de estas plantaciones. Dada la administración mancomunada del PNT, es difícil planificar una restauración ecológica comunitaria sin el entusiasmo e inversión de energía de la comunidad que hará uso de esta. Por lo mismo, en el proceso de restauración se debe incluir la educación ambiental como eje fundamental. Esta educación ambiental debiera por una parte mostrar las desventajas de las plantaciones de exóticas y que por otra parte, incluir de alguna forma las inquietudes de la comunidad de poseer madera de exóticas. Estas plantaciones debieran estar diseñadas de forma que no estén en áreas en que pudieran afectar los acuíferos, y en densidades relativamente bajas.

Dado que la restauración ecológica de un ecosistema puede requerir varios años, la estrategia debe ser planificada a largo plazo, por lo que se debe hacer una gestión constante en el lugar para que este tenga continuidad aún después de que el proyecto haya terminado. Dado que el remplazo de Kewiña por exóticas ha

ocurrido en cuencas aledañas, se plantea implementar un proceso de restauración en San Miguel como piloto y lugar de aprendizaje en otras comunidades

8 Conclusiones

Concluimos que si bien el bosque original de Kewiña en San Miguel se encuentra fragmentado y degradado, existen fragmentos en relativamente buen estado de conservación que pueden servir de área de referencia y de base para realizar proyectos de restauración con potencial de éxito. Una estrategia de restauración debe incluir la participación activa de la comunidad, especialmente educación ambiental, además de la implementación de una actividad económica alternativa a la agricultura, como el ecoturismo, la venta de plantines y el uso sostenible de Kewiña para leña y carbón.

Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por el Instituto de Ecología y Biodiversidad - Chile (IEB), a través de financiamiento y becas para capacitación en Restauración Ecológica. También se agradece a la población de San Miguel por permitirnos realizar el estudio en su comunidad y a la ONG Gaia Pacha por brindarnos apoyo logístico.

Referencias Bibliográficas

- [1] Agreda, D. 2007. Estructura y composición florística de cinco tipos de bosque en las cuencas de Pintumayu (Parque Nacional Tunari). Tesis de licenciatura en biología. Universidad mayor de san simón. Cochabamba. 106 p.
- [2] Agreda, D. 2008. Influencia de la matriz sobre el borde de fragmentos del bosque de *Polylepis subtusalbida* en el Parque Nacional Tunari. Tesis de magister en ciencias ambientales. Universidad mayor de San Simón. Cochabamba. 37 p.
- [3] Arrázola, S., M. Mercado & L.F. Aguirre. 2010. Bosques de Kewiña. Bolivia ecológica 57(1): 36p.
- [4] Arrázola, S. & I. Coronado. 2012. *Polylepis subtusalbida*. pp. 45-46. En: MMyA, Libro rojo de la flora amenazada de Bolivia Volumen I- Zona Andina. Ministerio de medio ambiente y agua. La paz. 583p.
- [5] Balderrama, J., M. Crespo & L.F. Aguirre. 2009. Guía ilustrada de campo de las aves del Parque Nacional Tunari. Centro de Biodiversidad y genética de la Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba. 208pp.

- [6] Barrigán, R.(Coord.). 2007. Guía para la formulación y ejecución de Proyectos de Investigación. 4ta. Edic. Editorial Plural, La paz. 359 p.
- [7] Cahill, J. & E. Matthysen. 2007. Habitat use by two specialist birds in high-Andean *Polylepis* forests. *Biological conservation* 140 (1): 62-69.
- [8] Cahill, J., E. Matthysen & N. Huanca. 2008. Nesting biology of the giant conebill (*Oreomanes fraseri*) in the High Andes of Bolivia. *The Wilson Journal of Ornithology*, 120(3), 545-549.
- [9] Cahill, J., J. Balderrama, N. Huanca & O. Ruiz. 2009. *Oreomanes fraseri*. pp. 401-402. En: MMyA, Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia. Ministerio de medio ambiente y agua. La paz.
- [10] Clewell, A., J. Rieger & J. Munro. 2005. Guidelines for developing and managing ecological restoration projects. Society for Ecological Restoration (SER). s.l. 16 p.
- [11] Cox, R.1996. El saber local: metodologías y técnicas participativas. La paz. 94pp.
- [12] FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. Manual de evaluación local de la degradación de tierras áridas (LADA-L). s.l. 87 p.
- [13] Fernández-Terrazas, E. 1997. Estudio fitosociológico de los bosques de Kewiña (*Polylepis spp.*, Rosaceae) en la Cordillera de Cochabamba. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 2, 49-65.
- [14] Gareca, E., Y. Martinez, R. Bustamante, L. Aguirre & M. Siles. 2007. Regeneration patterns of *Polylepis subtusalbida* growing with exotic trees *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus* at Parque Nacional Tunari, Bolivia. *Plant Ecology* 193:253-263.
- [15] Gareca, E. & Y. Martinez. 2015. Árboles introducidos y nativos conviviendo en el Parque Nacional Tunari - ¿Tienen problemas? pp. 220-223. En: Navarro, G., L. F. Aguirre y M. Maldonado (eds.). Biodiversidad, Ecología y Conservación del Valle Central de Cochabamba. Centro de Biodiversidad y Genética (CBG), Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba.
- [16] Le Maitre, D.,B. van Wilgen, C. Gelderblom, C. Bailey, R. Chapman & J. Nel. 2002. Invasive alien trees and water resources in South Africa: case studies of the costs and benefits of management. *Forest Ecology and Management* 160: 143-159.
- [17] Martinez, Y., E. Gareca & S. Arrázola. 2015. Reforestación de bosques de *Polylepis subtusalbida* (Kewiña) en el Parque Nacional Tunari, Cochabamba-

- Bolivia. pp. 224-227. En: Navarro, G., L. F. Aguirre & M. Maldonado (eds.). Biodiversidad, Ecología y Conservación del Valle Central de Cochabamba. Centro de Biodiversidad y Genética (CBG), Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba.
- [18] Mercado, M. & D. Agreda. 2015. Diversidad florística en los bosques remanentes de *Polylepis subtusalbida* en el Parque Nacional Tunari. pp. 215-219. En: Navarro, G., L. F. Aguirre & M. Maldonado (eds.). Biodiversidad, Ecología y Conservación del Valle Central de Cochabamba. Centro de Biodiversidad y Genética (CBG), Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba.
- [19] Meynard, C., A. Lara, M. Pino, D. Soto, L. Nahuelhual, D. Nuñez, C. Echeverría, C. Lara, C. Oyarzun, M. Jimenez & F. Morey. 2007. La integración de la ciencia, la economía y la sociedad: servicios ecosistémicos en la ecorregión de los bosques lluviosos valdivianos en el cono sur de Sudamérica. *Gaceta ecológica* 84:29-38.
- [20] Navarro, G. 2011. Clasificación de la vegetación de Bolivia. Centro de ecología y difusión simón I. Patiño. Santa cruz. 713 p.
- [21] Navarro, G. & M. Maldonado. 2011. Geografía Ecológica de Bolivia. Vegetación y Ambientes Acuáticos. Centro de Ecología Simón I. Patiño. Quinta edición. Cochabamba. 719 p.
- [22] Orsi, F. & D. Geneletti. 2010. Identifying priority areas for Forest Landscape Restoration in Chiapas (Mexico): An operational approach combining ecological and socioeconomic criteria. *Landscape and Urban Planning* 94(1): 20-30.
- [23] Ramírez, M. 2003. Estructura y composición florística en tres fragmentos de bosque de *Polylepis besseri* subsp. *subtusalbida* en San Miguel, Cochabamba-Bolivia. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba. 113 p.
- [24] Rodríguez, J. P., K. Rodríguez-Clark, J. Baillie, N. Ash, J. Benson, T. Boucher, C. Brown, N. Burgess, B. Collen, M. Jennings *et al.* 2011. Establishing IUCN Red List Criteria for Threatened Ecosystems. *Conservation Biology* 25(1): 21–29.
- [25] SER, Society for Ecological Restoration. 2016. Foundations of restoration ecology. Second edition. Island Press. United States of America. 531pp.
- [26] SERNAP. 2014. Ficha técnica del Parque Nacional Tunari. Servicio nacional de áreas protegidas. Bolivia. 06 p.

- [27] Souto, X.C., L. Gonzales & M.J. Reigosa. 1993. Estudio de los efectos alelopáticos producidos por partes aéreas de distintas especies arbóreas (*Eucalyptus globulus*, *Acacia melanoxylon*, *Quercus robur*, *Pinus radiata*) en descomposición en el suelo. Congreso Forestal Español: Ponencias y comunicaciones. 06 p.
- [28] Vargas, O., A. Vega & M. Zarate. 2006. Informe uso de la tierra – Proyecto COBAT Conservación de bosques naturales andinos en el Parque Nacional Tunari. Programa Menjo Integral de Cuencas (PROMIC) y Centro de Biodiversidad y Genética (CBG). Cochabamba. 17 p.
- [29] Jobbágy, E., A. Acosta, & M. Noretto. 2013. Rendimiento hídrico en cuencas primarias bajo pastizales y plantaciones de pino de las sierras de Córdoba (Argentina). *Ecología austral* 23(2): 87-96.
- [30] Zarate, M. & D. Agreda. 2007. Efecto de especies exóticas (*Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*) sobre la estructura del bosque de Kewiña (*Polylepis subtusalbida*). pp. 1393-1400. En: Feyen J., L. F. Aguirre & M. Moraes (eds.) Congreso Internacional sobre Desarrollo, Medio Ambiente y Recursos Naturales: Sostenibilidad a Múltiples Niveles y Escalas. Sub-tema 5: Biodiversidad y conservación de bosques nativos. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba