



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

**DIPLOMADO EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE Y ÁREAS PROTEGIDAS**

Gestiones 2018 - 2019

**ZONAS APTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE
MANEJO DE COMBUSTIBLES NATURALES (BIOMASA DE
RESIDUOS FORESTALES) EN EL PARQUE NACIONAL TUNARI**

**Monografía presentada para
optar al Diplomado en Gestión
Ambiental y Social para el
Desarrollo Sostenible y Áreas
Protegidas**

ESTUDIANTE: MARÍA ALEJANDRA SARDAN BRIANCON

La Paz - Bolivia

2021



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

**DIPLOMADO EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE Y ÁREAS PROTEGIDAS**

Gestiones 2018 - 2019

**ZONAS APTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE
MANEJO DE COMBUSTIBLES NATURALES (BIOMASA DE
RESIDUOS FORESTALES) EN EL PARQUE NACIONAL TUNARI**

**Monografía presentada para
optar al Diplomado en Gestión
Ambiental y Social para el
Desarrollo Sostenible y Áreas
Protegidas**

ESTUDIANTE: MARÍA ALEJANDRA SARDAN BRIANCON

TUTORA: PhD. SUSANA RENGEL ROJAS

La Paz - Bolivia

2021

EPÍGRAFE

“Existen personas que, muy anticientíficamente, intentaron demostrar la necesidad de una lucha económica destructiva, motivada por la competencia entre individuos. Se trata de una equivocación, ya que el hombre solo tiene fuerza para luchar por su vida gracias a su condición de animal social”.

Albert Einstein

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, a la Virgen de Lourdes y a mi mamá por darme fuerzas para continuar y terminar este diplomado, a la PhD. Susana Rengel Rojas por su dedicación durante el diplomado y la revisión de la monografía y por último al Servicio Nacional de Áreas Protegidas y a la Universidad Andina Simón Bolívar, por brindarnos esta oportunidad de seguir creciendo profesionalmente.

RESUMEN

El Parque Nacional Tunari es una de las Áreas Protegidas (AP) de Carácter Nacional que tiene el país, esta se encuentra bajo el cuidado del SERNAP. Esta AP en los últimos años ha estado sometida a grandes presiones, siendo una de estas los incendios forestales de gran magnitud. Es por eso que el presente trabajo propone una alternativa para reducir los incendios forestales o disminuir el impacto negativo de los mismos sobre los bosques, ayudando a la conservación de los servicios ecosistémicos que brinda el AP, por un lado, a los comunarios que viven en su interior, y por el otro a toda la ciudad de Cochabamba. Siendo el objetivo principal determinar las áreas de vegetación óptimas para realizar un manejo adecuado de los combustibles naturales que posee el Parque Nacional Tunari. En este entendido por medio de imágenes landsat 8 se obtuvo el NDVI para ver por un lado la salud de la vegetación al interior del AP y por otro la biomasa vegetal existente, además por medio de capas obtenidas de diferentes instituciones se procedió hacer los análisis técnicos correspondientes para cada uno de los factores y restricciones, por último con los datos obtenidos se procedió a realizar una evaluación multicriterio la cual fue representada mediante un mapa final, donde indica que más del 50% del AP puede ser sometida a un plan de manejo de combustible natural. Considerando estos resultados se realizó una propuesta para lograr el manejo de los residuos forestales primarios, con el cual se espera lograr un interés real de las comunidades a través de una ganancia del cuidado de sus bosques y la preservación de los ecosistemas.

Palabras Claves: Biomasa forestal, Evaluación Multicriterio, Plan de Manejo, Residuos Forestales, NDVI.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
1.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.2.1 Justificación teórica.....	3
1.2.2 Justificación social.....	3
1.2.3 Justificación ambiental.....	3
1.3 OBJETIVO.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 METODOLOGÍA.....	4
1.4.1 Área de Estudio.....	4
1.4.1.1 Formaciones fisiografías y suelos.....	4
1.4.1.2 Formaciones vegetales, flora y fauna.....	4
1.4.1.3 Plantaciones Forestales.....	5
1.4.1.4 Población.....	6
1.4.2 Métodos.....	7
1.4.2.1 Imagen satelital.....	7
1.4.2.2 Tratamiento de Imagen satelital.....	7
1.4.2.3 Método NDVI.....	7
1.4.2.4 Factores para el análisis.....	8
1.4.2.5 Factor de Biomasa Disponible.....	8
1.4.2.6 Factor pendiente.....	10
1.4.2.7 Factor distancia a caminos (Desembosque).....	10

1.4.2.8	Restricciones de zonas	10
1.4.2.9	Análisis Multicriterio	10
CAPÍTULO II.....		12
2.....		12
2.1	MARCO TEORICO	12
2.1.1	NDIVI y Evaluación Multicriterio	13
2.1.2	Plan de Manejo.....	14
CAPÍTULO III.....		15
3.....		15
3.1	MARCO CONTEXTUAL.....	15
3.1.1	Parque Nacional Tunari.....	15
3.1.2	Categoría de Manejo.....	15
3.1.3	Plan de Manejo.....	15
3.1.4	Marco Institucional del Área Protegida.....	16
3.2	RESULTADOS	17
3.2.1	NDVI	17
3.2.2	Biomasa Disponible.....	18
3.2.3	Pendiente	18
3.2.4	Desembosque.....	20
3.2.5	Zonas Optimas para realizar Aprovechamiento de Biomasa Forestal.....	20
CAPÍTULO IV		22
4.....		22
4.1	PROPUESTA DE GESTIÓN.....	22
4.1.1	Introducción.....	22
4.1.2	Antecedentes.....	23

4.1.3	Objetivos y duración del plan de manejo	26
4.1.4	Evaluación del recurso a manejar.....	26
4.1.4.1	Aspectos físicos del área de manejo	26
4.1.4.2	Clima.....	27
4.1.4.3	Topografía.....	27
4.1.4.4	Suelo	27
4.1.5	Aspectos biológicos del recurso	27
4.1.5.1	Fauna.....	27
4.1.5.2	Vegetación	27
4.1.5.3	Descripción biológica del recurso.....	28
4.1.6	Análisis, amenazas y potencialidades.....	31
4.1.6.1	Análisis de las amenazas.....	31
4.1.6.2	Análisis de potencialidades.....	32
4.1.7	Estrategias de intervención.....	32
4.1.7.1	Modelos de trabajo a seguirse en las actividades	32
4.1.7.2	Estrategias de sostenibilidad ambiental y social.....	34
4.1.8	Pautas para el aprovechamiento del recurso.....	34
4.1.8.1	Procedimiento para la construcción de composteras y obtención de compost	35
4.1.8.2	Construcción de hornos para la realización de carbón y fabricación del Carbón	36
4.1.8.3	Estrategia de recolecta de troncos caídos sistemas de cable.....	37
4.1.8.4	Procedimiento para la poda de pinos y eucaliptos.....	37
4.1.9	Pautas para el manejo	38
4.1.9.1	Análisis económico pre inversionista del aprovechamiento (costo/beneficio).	38

4.1.10	Monitoreo y Evaluación	40
4.1.10.1	Evaluación	40
4.1.10.2	Monitoreo.....	40
4.1.11	Cronograma de actividades	42
4.1.12	Presupuesto.....	43
4.1.12.1	Presupuesto específico.....	43
4.1.12.2	Presupuesto general	45
4.2	CONCLUSIONES.....	47
4.3	RECOMENDACIONES	48
4.4	BIBLIOGRAFÍA	49
	ANEXOS.....	liv

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores para la evaluación del NDVI.	8
Tabla 2: Toneladas por hectáreas producidas	9
Tabla 3: Tipo de pendiente y facilidad de extracción de Biomasa.	10
Tabla 4: Pesos asignados a cada valor.	11
Tabla 5: Análisis costo/beneficio	39
Tabla 6: Cronograma de actividades.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa del Área de Estudio	6
Figura 2: Zonificación del Área Protegida.....	16
Figura 3: NDVI del Área Protegida	18
Figura 4: Mapa de Biomasa Vegetal.....	19
Figura 5: Mapa de pendientes.....	19
Figura 6: Mapa de accesos o desemboque.....	20
Figura 7: Mapa de Zonas Óptimas para el aprovechamiento de la biomasa vegetal en el AP.....	21
Figura 8: Eucalyptus spp.....	28
Figura 9: Pinus spp.....	29
Figura 10: Polylepis spp.....	30
Figura 11: Como realizar la poda en los árboles de Pinus spp. y Eucalyptus spp	33
Figura 12: Compostera para la creación de compost de pino	35
Figura 13: Ciclo de fabricación del carbón.....	36

CAPÍTULO I

1

1.1 INTRODUCCIÓN

Las áreas protegidas, fueron definidas por la UICN en el año 2008 como: “*un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados*”. Convirtiéndose en los últimos años en el instrumento primordial de todas las estrategias nacionales e internacionales de conservación, constituyendo el núcleo principal para proteger a las especies amenazadas del mundo y siendo elementos fundamentales en las estrategias de mitigación en el cambio climático (Dudley 2008, Oviedo 2008, Borrini *et al.* 2014).

En Bolivia las áreas protegidas resguardan los recursos genéticos y biodiversidad del país, además cumplen con funciones ambientales de protección del agua, conservación de los recursos hídricos, promueven la absorción del carbono, protegen los suelos y forman corredores ecológicos de enorme importancia. Puede agregarse también que son reservorios importantes de recursos naturales no renovables y muchas de ellas constituyen el hábitat de comunidades indígenas, campesinas y poblaciones locales que conviven con ecosistemas de características únicas y, en general, en situaciones de extrema pobreza y carencias de servicios básicos. Es así que las Áreas Protegidas contribuyen de diferente manera al desarrollo integral de los bolivianos.

Por las características mencionadas en el párrafo anterior las AP's, se encuentran reconocidas en la Constitución Política del Estado como un bien común que forma parte de un patrimonio natural y cultural del país, conformando en su conjunto el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, mismo que actualmente cuenta con 23 Áreas Protegidas de Carácter Nacional, alrededor de 25 AP's de carácter Departamental y más de 83 AP's Municipales, abarcando aproximadamente el 23% del territorio nacional. (MMAYA 2012, SERNAP 2018).

Con la finalidad de mejorar la coordinación y el funcionamiento del SNAP, para realizar gestiones más asertivas para el cumplimiento de los objetivos de las AP's, se creó el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP). Esta institución tiene a su tuición a

las 23 Áreas Protegidas de Carácter Nacional del país las cuales son: el Territorio Indígena y Parque Nacional Isiboro Secure, a la Reserva Natural de Vida Silvestre Manuripi, a la Reserva Nacional de Fauna Andina Eduardo Avaroa, a la Reserva de la Biosfera Estación Biológica del Beni, a la Reserva Biológica Cordillera de Sama, Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquia, a la Reserva de la Biosfera y Tierra comunitaria de origen Pilon Lajas, el Parque Natural y Área de Manejo Integrado el Cardón; las Áreas Naturales de Manejo Integrado: El Palmar, Amboro, San Matias, Apolobamba; los Parques Nacionales y Áreas de Manejo Integrado: Serranía del Agüarague, Kaa Iya del Gran Chaco, Otuquis, Madidi, Cotapata y Serranía del Iñaño, a los Parques Nacionales: Sajama, Tunari, Toro Toro, Noel Kempff Mercado, Carraco mismas que abarcan una superficie aproximada de 17,066,902.33 hectáreas del territorio nacional (MMAYA 2012).

El Parque Nacional Tunari se encuentra inmerso en una problemática bastante particular debido primeramente al incremento de asentamientos ilegales por un lado y por otro lado a incendios recurrentes que son la principal causa de degradación del parque. Estos incendios son ocasionados por los chaqueos descontrolados, que a su vez se ven influenciados por los vientos característicos del lugar, además se suma el material combustible de especies nativas de *Polylepis spp.* (Renner & Velasco 2000, Gareca et. al 2007).

Ante estas amenazas el AP durante los últimos años y para contrarrestar el efecto negativo que ocasionan los incendios, ha ido implementando planes de reforestación con especies exóticas como *Pinus radiata* y *Eucaliptus globulus*, pero esto ha ocasionado un aumento de material combustible facilitando que los incendios se propaguen más rápidamente, afectando a las especies nativas del AP (Quintero 2003, Zárate 2007, Gareca et. al 2007).

Por lo expuesto en el párrafo anterior se evidencia que existen fallas a nivel de manejo de los recursos forestales principalmente con lo referente a la recolección de los individuos muertos, las ramas y hojarasca. Es así que una de las potencialidades del Parque Nacional Tunari se concentra en la gran cantidad de material combustible. El cual si se utilizará de manera óptima podría generar ingresos económicos para mejorar la calidad de vida de los comunarios del AP, reducir la propagación del fuego y conservar los ecosistemas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

1.2.1 Justificación teórica

La presente investigación tiene como propósito determinar las zonas óptimas para realizar un plan de manejo de combustibles naturales al interior del AP, ayudando en cierta medida al estado de conservación de este Parque Nacional.

1.2.2 Justificación social

El presente estudio permitirá dar a conocer a los municipios las principales zonas donde se puede hacer un manejo de combustibles naturales, dando así una alternativa económica a las familias, favoreciendo el cuidado de los bosques evitando la deforestación e incendios forestales.

1.2.3 Justificación ambiental

A través de este trabajo se quiere generar un plan de manejo adecuado de combustibles naturales, coadyuvando a la disminución de la deforestación e incendios forestales favoreciendo la preservación de los bosques donde se alberga una gran variedad de recursos genéticos de especies nativas y endémicas importantes para todo el país.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo general

Determinar las áreas de vegetación óptimas para realizar un manejo adecuado de los combustibles naturales que posee el Parque Nacional Tunari.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las áreas óptimas para realizar el manejo de combustibles naturales en el Área Protegida Tunari.
- Delimitar al interior del Área Protegida Tunari las zonas óptimas para realizar el manejo de combustibles naturales.
- Realizar una propuesta de Plan de Manejo de los combustibles naturales en el área protegida.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Área de Estudio

El presente trabajo se realizó en el Parque Nacional Tunari, al noroeste del departamento de Cochabamba, en las provincias de Ayopaya, Quillacollo, Tapacarí y Chapare. Involucra a los municipios de Independencia, Morochata, Tiquipaya, Quillacollo, Vinto, Colcapirhua, Sipe Sipe, Tapacarí, Cochabamba, Sacaba, Colomi y Villa Tunari (Fig.2) (Plan de Manejo 2016 - 2025, SERNAP 2016). Esta área protegida se caracteriza por presentar un clima típico de la ecorregión valles y montañas semiáridas hasta semihúmedas de la Cadena Montañosa, teniendo una época seca marcada los meses de abril a septiembre y una moderadamente húmeda de octubre a marzo con una temperatura media anual que varía entre 14°C-15°C y una precipitación media anual de 656,8 mm. (Agroecología Universidad de Cochabamba 2006, Plan de Manejo 2016 - 2025, SERNAP 2016).

1.4.1.1 Formaciones fisiografías y suelos

La fisiográfica del AP corresponde a la cordillera oriental, donde resaltan las geoformas de cadenas montañosas, las serranías, colinas y llanuras, (Plan de Manejo 2016 - 2025, SERNAP 2016). Respecto a los suelos que conforman el AP, predominan los entisoles, inceptisoles y aridisoles con un afloramiento rocoso. En cuanto a su hidrografía en su totalidad la red hídrica del AP es parte de la gran macrocuenca del río Amazonas, siendo drenado esencialmente por las cabeceras de tres grandes ríos: el río Beni, Mamoré y el río Grande (SERNAP 2016).

1.4.1.2 Formaciones vegetales, flora y fauna

El PN Tunari se ubica en dos ecorregiones: Puma norteña, que se caracteriza por resguardar los bosques de *Polylepis*, *Buddleja*, etc., y Bosques Secos Interandinos que se caracteriza por presentar un alto endemismo de especies (Ibisch 2003). Referente a la vegetación esta se encuentra distribuida en 23 unidades de vegetación, predominando los pajonales altoandinos de puna que ocupa el 60% del territorio, seguido de los bosques de *Polylepis* de yunga y bosques puneños de *Polylepis*, que llegan a un poco más del 30% (Navarro & Ferreira 2007, Plan de Manejo 2016 - 2025).

Respecto a la flora actualmente se tiene un inventario de 112 familias siendo las más representativas: Anacardiaceae, Asteraceae, Verbenaceae, Caryophyllaceae, Poaceae y Leguminosae y 760 especies siendo las más emblemáticas: el molle (*Schinus molle*), el algarrobo (*Prosopis juliflora*), el k'inhi (*Acacia macracantha*), la kishuara (*Buddleja hypoleuca*) y la thola (*Baccharis dracunculifolia*), kewiña (*Polylepis besseri*) y la kishuara de puna (*Buddleja coriacea*) (Plan de Manejo 2012 – 2021, SERNAP 2016).

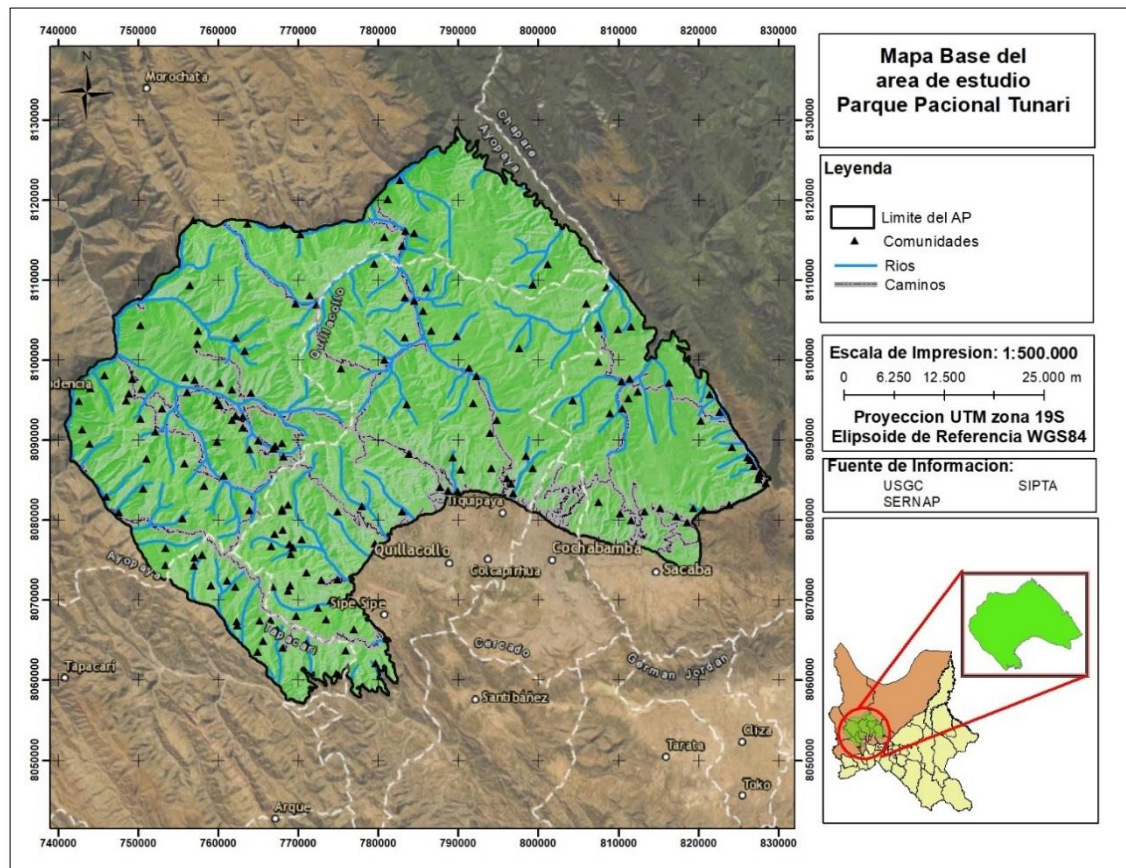
Por último, entre las especies más utilizadas por las comunidades, características de la dinámica económica y productiva del AP son: la papa (*Solanum tuberosum ssp.*), la oca (*Oxalis tuberosa*), la papalisa (*Ullucus tuberosus*), el isaño (*Tropaeolum tuberosum*) y otras especies sahuinto (*Myrcianthes pungens*) (Plan de Manejo 2012 - 2021, Ibisch 2003).

En cuanto a fauna el AP, tiene un registro total de 280 especies, distribuidas entre los grupos de fauna: Mamíferos con 30 especies estando dentro de las familias más diversas los ratones (Muridae), Aves 230 especies siendo la familia más diversa registrada los atrapamoscas (Tyrannidae) con 32 especies. Por otro lado, se cuenta con registro de diez especies de Reptiles, ocho Anfibios y dos Peces (MMAyA 2009, SERNAP 2016).

1.4.1.3 Plantaciones Forestales

Respecto a las plantaciones forestales al interior del AP se estima la existencia actual de 4.080 has. De este total aproximadamente el 65 % son pinos, 35% eucaliptos y sólo el 5 % especies nativas. Representando en total una superficie aproximado del 1,3% de la superficie total del PNT. Actualmente, las plantaciones forestales del PNT no son aprovechadas – de manera legal - en su potencial maderable y no maderable, esto a causa de las normas vigentes en el AP como a la insuficiente interpretación de las mismas. Esta situación es motivo de cuestionamientos de parte de comunidades y familias campesinas como de instituciones que promueven su realización (Plan de Manejo 2016 – 2020).

Figura 1: Mapa del Área de Estudio



Elaboración Propia

1.4.1.4 Población

Asentadas al interior del AP se diferencian a 379 comunidades de matriz cultural andina, con ancestros históricos aymaras, kechuas. Por otro lado, se cuenta con un número aproximado de 68 asentamientos humanos en la cota 2750, población que posee un origen cultural y social diverso. En cuanto al idioma predominante de la población que se encuentra al interior del AP, se tiene al castellano y en las comunidades indígenas se habla además Aymara y Quechua (Plan de Manejo 2016 – 2025).

La actividad económica principal de las comunidades es la agricultura predominando los cultivos de maíz, papa, cebada, hortalizas, chirimoya y palta. (Plan de Manejo 2016 – 2025). La segunda actividad económica es la ganadería especialmente del ganado bovino, porcino y aves de corral. ((MDRYT 2011, Plan de Manejo 2016 – 2025).

1.4.2 Métodos

1.4.2.1 Imagen satelital

En el presente trabajo la imagen satelital empleada pertenece al Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), fue tomada en fecha 10 de diciembre del 2018. Esta al ser una imagen LANDSAT 8 cuenta con una resolución de 30 x 30 m.

La imagen está compuesta de 11 bandas tipo OLI (Operational Land Imager) y TIRS (Thermal Infrared Sensor), una banda BQA (Quality Assessment) que contiene información sobre la superficie, atmosfera y condiciones del sensor y por último, un archivo Metadata (MYL.txt) que contiene valores operacionales para el manejo de los datos.

1.4.2.2 Tratamiento de Imagen satelital

Primeramente, se estableció el sistema de referencia, basado en la ubicación del polígono del Parque Nacional Tunari, siendo este WGC 84 (World Geodetic System 1984) y proyección UTM Zona 19 S, posteriormente se procedió mediante el programa **QGIS 2.18.12 with GRASS 7.2.1**, a realizar la corrección atmosférica y radiométrica de la imagen con el fin de eliminar los ruidos causados a la señal que llega al satélite luego de haber atravesado la atmósfera (Chuvieco 2002).

1.4.2.3 Método NDVI

Con la finalidad de estimar la biomasa relativa al interior del Parque Nacional Tunari y poder determinar las zonas óptimas para realizar la propuesta del plan de manejo de la presente monografía se empleó el *Índice de vegetación de Diferencia Normalizada* empleando la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}$$

, donde NIR = banda infrarroja y VIS = banda Visible (roja). Posteriormente se realizó una clasificación tomando en cuenta lo establecido en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores para la evaluación del NDVI.

Estado de la Vegetación	Rangos
Sin vegetación aparente	-1 a 0,2
Vegetación Dispersa	0,2 a 0,5
Alta densidad de vegetación	0,5 a 1

Chuvieco 2002.

1.4.2.4 Factores para el análisis

En el presente trabajo, se han establecido factores basados en los estudios realizados por C. de la Paz *et al.*, (2013) y Estrada *et al.*, (2017), es así que para las zonas de mayor aptitud se consideraron los siguientes factores:

1.4.2.5 Factor de Biomasa Disponible

Considerando que no se tiene un mapa de biomasa como en otros país, el cálculo de la misma se realizó tomando como base el Mapa de Cobuso del año 2010, donde se identificaron los distintos tipos de cobertura que presente el AP, posteriormente con las descripciones de la biomasa encontradas en el Mapa de Biomasa Vegetal Potencial de Bolivia (Preliminar), se procedió hacer una comparación y se pusieron los promedios de valores correspondientes según el tipo de vegetación que presenta el PN Tunari (Tabla 2), se consideró como 0 a los lugares donde no se puede realizar el manejo de biomasa debido a que son lugares donde la biomasa es casi inexistente o son cuerpos de agua donde no se realizara este tipo de manejo ya que no se encuentran las especies que se tienen dentro de la propuesta de Manejo de Combustibles Naturales. Posteriormente el polígono fue transformado a *ráster* para su posterior normalización.

Tabla 2: Toneladas por hectáreas producidas

Cobertura Cobuso 2010	Posible Biomasa Potencial (Tn/ha)
Bosque Denso Andino Montano Húmedo	150
Bosque o Monte Ralo Andino Montano subhúmedo	4,5
Matorral Pajonal Andino Montano Semiárido	0,75
Herbazal Graminoide Vivaz Puna Altoandina Árida	1,065
Vegetación Dispersa Vivaz en playas salinas Puna árida	3,07
Vegetación Dispersa Vivaz en pedregales Puna Altoandina semiárida	3,04
Agricultura Múltiple	0
Cuerpos y Cursos de Agua: Lagos, Lagunas, Embalses, Estanques de decantación o Sedimentación, Ríos y Arroyos	0
Herbazal Graminoide Vivaz Llanura inundada por periodos cortos	0
Vegetación Dispersa Vivaz en llanura semiárida (Valles)	2,04
Plantaciones Forestales	0
Estructura urbana y rural ciudades y pueblos	0

Cobuso (2010) y FAO-PAFBOL (2000)

1.4.2.6 *Factor pendiente*

Las pendientes fueron obtenidas mediante un DEM de 30 m, empleando para esto la herramienta de “*slope*” del programa de ARGIS, posteriormente esta fue reclasificada considerando los valores establecidos por Garañeda & Bengoa (2005) para medir las pendientes del terreno y la eficacia de extracción de recursos (Tabla 3).

Tabla 3: Tipo de pendiente y facilidad de extracción de Biomasa.

Pendientes (%)	Eficiencia de Extracción (%)
<10%	80%
10 – 30 %	70%
30 – 50 %	20%
>50 %	Nula

García-Martín, A *et al* (2011).

1.4.2.7 *Factor distancia a caminos (Desembosque)*

El presente factor se obtuvo empleando la herramienta de “*Euclidean Distance*” sobre la cobertura de caminos y se realizó el ajuste opuesto para que las localizaciones más próximas a los caminos tomen valores más elevados.

1.4.2.8 *Restricciones de zonas*

Para la restricción de zonas en primer lugar se rasterizó la capa vectorial de la zonificación del área protegida, después se realizó una reclasificación a la capa resultante del procedimiento anterior, asignando el valor de 0 a los espacios considerados como zona de protección estricta o zonas donde no se puede realizar un manejo de recursos naturales y 1 a los espacios donde se pueden realizar este tipo de actividad acorde a lo establecido al Plan de Manejo del AP.

1.4.2.9 *Análisis Multicriterio*

Una vez obtenido todos los factores y la restricción, se procedió a realizar el análisis multicriterio para el cual se consideró la importancia del recurso y la dificultad de extracción del mismo y se obtuvo como resultado un raster ponderado con las zonas de

aprovechamiento forestal, para esto se implementó la herramienta de “*Weighted Overlay*”, donde se colocó los pesos que se indican en la tabla 4 las restricciones basados en cada factor.

Tabla 4: Pesos asignados a cada valor.

Factores	Indicadores	Peso
Biomasa Forestal	Cantidad de Residuos	45
Pendiente	Desnivel en porcentaje	30
Desembosque	Distancia a Red Viaria	25

C. de la Paz *et al* (2013).

CAPÍTULO II

2

2.1 MARCO TEORICO

Actualmente el PN Tunari, al tener comunidades al interior, se ha visto gravemente afectado por las actividades antrópicas en particular por: asentamientos de nuevas comunidades, aumento de Actividades, Obras, Proyectos y deforestación de bosques, lo cual ha derivado en un incremento de desastres naturales como la inundación, sequía, deslizamientos e incendios forestales (Plan de Manejo 2016 – 2025).

Los incendios forestales y su propagación no controlada han venido afectando a los diferentes tipos de vegetación existentes en el Parque Nacional Tunari. Estos fueron ocasionados por un lado por actividades antrópicas y por otro lado por causas naturales, siendo los meses de junio, julio, agosto y septiembre donde se registran mayor cantidad de incendios en el AP. Este efecto negativo producido al interior del AP podría haberse reducido a través del manejo de biomasa, ya que la expansión del mismo depende de la disponibilidad del combustible natural que existe en el AP (Escobar 2016).

La biomasa o combustibles naturales se definen como la masa por unidad de área de materia orgánica vegetal viva o muerta, esta es utilizada como fuente de energía distinguiéndose varios tipos según su origen teniendo: la biomasa generada por el bosque y la agrícola. Cada una de estas a su vez se clasifica dependiendo de su procedencia. Es así que la clasificación realizada por Carrillo *et al.*, (2012) estable que la biomasa producida por residuos forestales primarios, se obtienen del aprovechamiento maderable de los bosques y de los tratamientos silvícolas (cortas, podas, desbroce, entre otras), esta definición será la implementada en el presente trabajo.

Actualmente los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se han convertido en aliados muy importantes para el monitoreo de la biomasa forestal que se encuentra distribuida a nivel local, municipal, regional y global (Zhang *et al.*, 2004). Siendo la herramienta más importante y robusta la teledetección, ya que a través de diferentes técnicas nos permite reconocer las propiedades y procesos de distintos ecosistemas, reduciendo costos y tiempo mediante la captura de información territorial a partir de la radiación electromagnética captada por sensores (Duarte *et al.*, 2016). De esta manera se facilita

hacer diferentes estudios implementado imágenes satelitales y diferentes índices para estimar la biomasa de diferentes áreas de interés.

2.1.1 NDVI y Evaluación Multicriterio

El NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), es uno de los indicadores más confiables que se emplea hasta la actualidad para medir el crecimiento de las plantas, determinar cubiertas vegetales y realizar el monitoreo de la biomasa vegetal. Eso se debe a que los sensores captan información de cuatro regiones del espectro electromagnético concretamente el rojo, verde, azul e infrarrojo cercano (Benefetti & Rossini 1993, Xavier *et al.*, 2004). El NDVI se calcula a partir de la información obtenida del rojo y del infrarrojo cercano (Chuvienco 1996).

El cálculo del NDVI, reduce los efectos topográficos y produce una escala lineal de medición, que va de -1 a 1 con el valor cero representando el valor aproximado donde empieza la ausencia de vegetación. Los valores negativos representan superficies sin vegetación. La normalización que realiza, reduce el efecto de la degradación de calibración del sensor y la influencia de los efectos atmosféricos (Chuvienco 1996).

Aunque el NDVI, nos permite saber la biomasa respecto a un área determinada, existen otros factores y restricciones que son relevantes al momento de establecer zonas aptas para el manejo de la biomasa es así que las Gracia *et al.*, (2011), C. de La Paz *et al.*, (2013) y Estrada *et al.*, (2017), plantean que la evaluación multicriterio es uno de los métodos más eficientes para determinar las zonas óptimas y realizar una zonificación adecuada sobre el manejo de combustibles naturales o biomasa.

La evaluación multicriterio involucra una serie de técnicas espaciales que permiten lograr un objetivo considerando simultáneamente todas las variables y restricciones que intervienen, ayudando a resolver diferentes problemas, implementando modelos adecuados óptimos, con la finalidad de lograr un análisis que contribuya a la planificación y delimitación para la implementación de un instrumento de gestión como es el Plan de manejo de una especie o de territorios (López-Marrero, González-Toro, Heartsill-Scalley & Hermansen-Báez, 2011).

2.1.2 Plan de Manejo

Por un lado, la UICN define a un plan de manejo como el instrumento o la guía para buscar la armonía entre el mejor uso de los recursos, la protección, la conservación y orientar así un desarrollo que integre las comunidades con el ambiente, por otro lado, en el RGAP se define a los planes de manejo como: “... *los instrumentos fundamentales de ordenamiento espacial que coadyuvan a la gestión y conservación de los recursos de las áreas protegida y contienen las directrices, lineamientos y políticas para la administración del área, modalidades de manejo, asignación de usos y actividades permitidas...*”. En este entendido se puede definir a los planes de manejo como el instrumento más óptimo para consolidar acuerdos que conduzcan y regulen el manejo y aprovechamiento de los recursos, realizando un manejo sustentable de los mismos, asegurando los mismos para futuras generaciones.

Si bien casi todas las áreas protegidas de Carácter Nacional, cuentan con sus respectivos planes de manejo en la actualidad, muchos de ellos no son aplicados en su totalidad o dejan de lado algunos lineamientos valiosos para el AP, ese es el caso del PN Tunari donde los incendios constantes han provocado una pérdida de cobertura vegetal y una degradación del suelo, es por este motivo que el presente trabajo quiere ofrecer una alternativa para minimizar el riesgos de los incendios por medio de la aplicación de un Plan de Manejo de combustibles naturales en AP, con este fin se hallaran las zonas más óptimas para la implementación del mismo, cabe recalcar que este estudio se realizó solo mediante la implementación de imágenes satelitales, por lo que si se quisiera aplicar esta propuesta se debe realizar una verificación de las zonas en campo para un análisis más efectivo.

CAPÍTULO III

3

3.1 MARCO CONTEXTUAL

3.1.1 Parque Nacional Tunari

El Parque Nacional Tunari, fue creado bajo Decreto Supremo N° 06045 el 30 de marzo del 1962, años después de la creación del área protegida se amplió el límite mediante la Ley N 1262, ocupando así una superficie aproximada de 303,000 hectáreas en el departamento de Cochabamba albergando en su territorio varias cuencas que abastecen a la ciudad de Cochabamba, siendo su objetivo de creación, evitar las inundaciones, las erosiones del suelo y la degradación de la vegetación.

3.1.2 Categoría de Manejo

El área protegida de acuerdo a ley pertenece a la categoría de manejo, Parque Nacional que de acuerdo al Reglamento General de Áreas Protegidas (REGAP) tiene como objeto: *“la protección estricta y permanente de muestras representativas de ecosistemas o provincias biogeográficas y de los recursos de flora, fauna, así como los geomorfológicos, escénicos o paisajísticos que contengan y cuenten con una superficie que garantice la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos de sus ecosistemas”* (REGAP 1997).

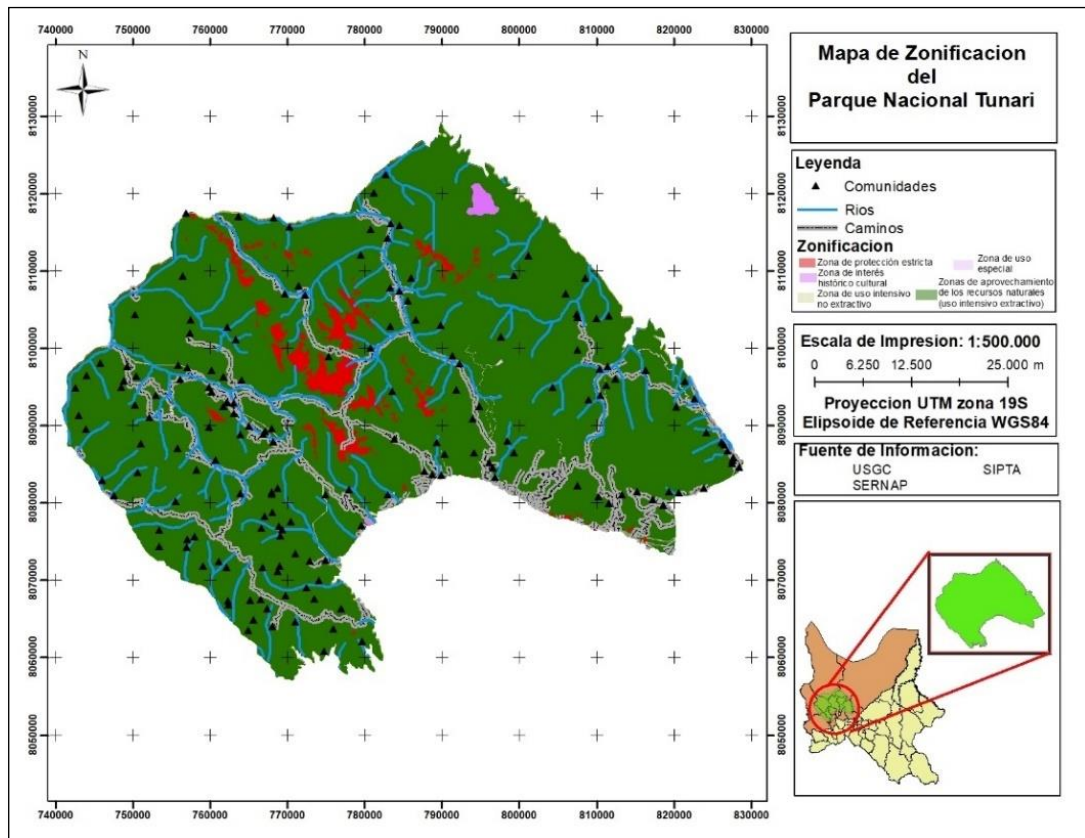
3.1.3 Plan de Manejo

Con la finalidad de contribuir al cumplimiento de los objetivos de la categoría de manejo y mejorar la gestión al interior del área protegida, se elaboró su Plan de Manejo el cual fue aprobado en el años 2016, con el objeto de: *Contribuir a la conservación de las especies, los sistemas ecológicos, las diversas manifestaciones culturales inmateriales y materiales, la adaptación e interacción de los grupos humanos con su ecosistema y su cosmovisión relacionada con el uso de los recursos naturales*, con la finalidad de cumplir con este objetivo se planteó : Un Plan Estratégico de Gestión, Programas de Manejo y una Zonificación (Plan de Manejo 2016 – 2025).

Respecto a la zonificación esta se dividió en cinco zonas: Zona de interés cultural, zona de uso especial, zona de uso intensivo no extractivo, Zona de aprovechamiento de los recursos naturales y Zona de Protección estricta. En las primeras cuatro zonas es

permitido realizar diferentes actividades antrópicas con algunas restricciones dependiendo del aparte ecológico y cultural que se tiene, por otro lado, en la última zona debido a que alberga ecosistemas altamente frágiles y conservados solo se permite realizar investigación científica (Fig.2).

Figura 2: Zonificación del Área Protegida.



Plan de Manejo del Parque Nacional Tunari 2016 – 2025.

3.1.4 Marco Institucional del Área Protegida

La máxima autoridad al interior del PN Tunari es el director del AP, siendo una de sus principales funciones realizar gestiones adecuadas para la misma, siguiendo las normas para cumplir con los objetivos de creación del área protegida, contando para esto con un instrumento de planificación estratégico denominado Plan de Manejo.

El AP por otro lado cuenta con un administrador que se encarga por un lado de la gestión financiera, realizando la administración de los recursos económicos del AP, los cuales pueden ser propios o provenir del Presupuesto Operático Anual y por otro de la gestión

administrativa para utilizar asertivamente los recursos humanos y materiales del AP (SERNAP 2017).

Por último, el AP cuenta con un cuerpo de protección encargado del control, monitoreo, protección, vigilancia y resguardo de la integridad territorial del Área Protegida, basándose para esto en la normativa vigente relacionada al Medio Ambiente. Este se encuentra conformado por un Jefe de Protección que se encarga de coordinar con los 12 guardaparques que se encuentran al interior del área protegida (Plan General de Protección 2013 – 2018).

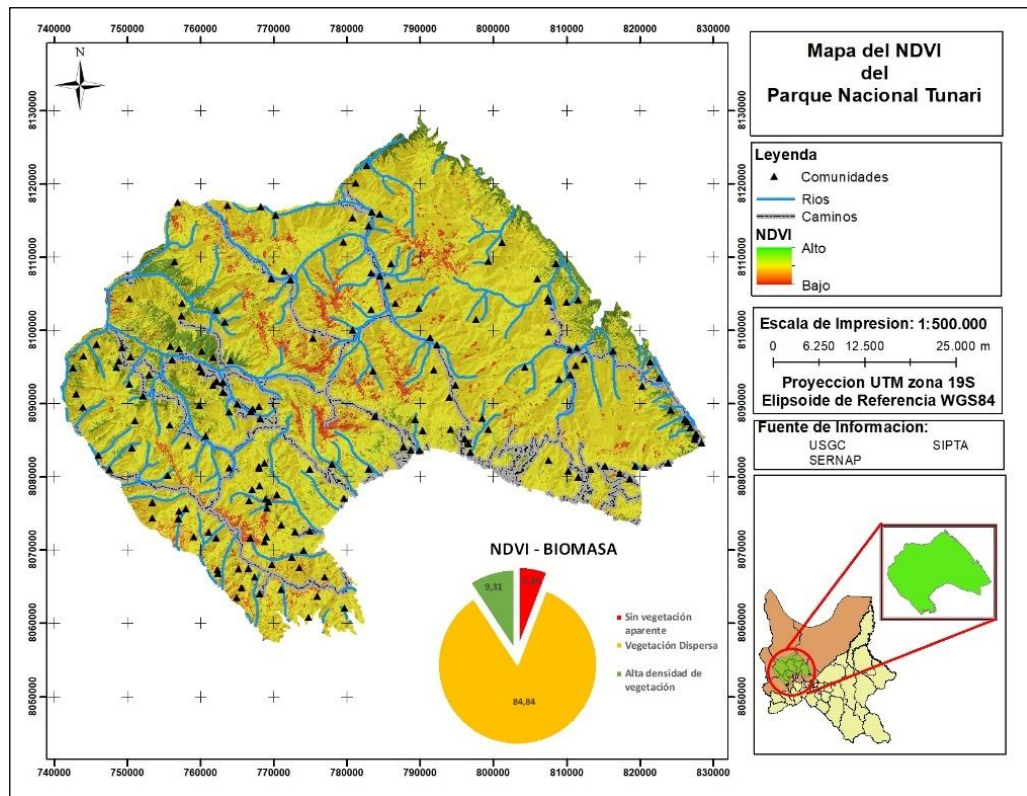
En cuanto al Comité de Gestión que debería estar conformado por los representantes de los Municipios, Prefecturas, pueblos Indígenas, etc y organizados de la siguiente manera: Un presidente, un vicepresidente, un secretario y dos vocales, con la finalidad de coadyubando al director del AP en la gestión de la misma, no se encuentra conformado principalmente debido a conflictos al interior del AP (SERNAP 2017).

3.2 RESULTADOS

3.2.1 NDVI

En la figura 3 se observa el Índice de Vegetación Normalizado, el cual nos indica que del 100% del Parque Nacional Tunari el 84,84 % pertenece a la vegetación dispersa; el 9,31 % pertenece a una alta biomasa con una vegetación saludable y el 5,85 % al suelo y cuerpos de agua que no presentan vegetación. Esto nos indica claramente que el AP se encuentra sufriendo una presión con respecto a la vegetación ya que esta se encuentra dispersa por lo que podríamos deducir que se tiene pequeñas islas, lo cual podría llevar a una extinción definitiva de los bosques de *Polylepis spp.* y a toda la fauna asociada a ella, en especial a la ornitofauna valiosa que se tiene en esta AP.

Figura 3: NDVI del Área Protegida



3.2.2 Biomasa Disponible

El mapa de biomasa vegetal (figura 4) varía del NDVI, esto se puede deber a que el NDVI considera como biomasa a los cultivos al interior del AP y no hace una distinción entre biomasa arbórea y biomas de cultivos. Por este motivo en la figura 4 se observa que las comunidades de biomasa forestal son menores, esto se puede deber a la ampliación de la frontera agrícola de los comunarios del lugar como única fuente de ingreso o a asentamientos que se dan en varias áreas protegidas por parte de personas que quieren tierras, siendo indispensable tomar medidas de gestión antes que la afectación sea irreversible.

3.2.3 Pendiente

En la figura 5 se observa que el AP presenta pocos lugares donde las pendientes son mayores a una inclinación del 50%, esto es favorable para la aplicación del plan de manejo de recursos forestales no maderables porque, facilitaría la extracción de biomasa, sin una inversión alta en el proceso. Por otro lado en las zonas con pendientes pronunciadas no es recomendable realizar este manejo debido a que la vegetación en estas

zonas juegan un papel importante en evitar los derrumbes y la erosión del suelo es por este motivo que estas zonas se convirtieron en zonas restringidas para realizar el presente manejo de combustibles naturales, siendo las zonas más óptimas las verdes donde la inclinación de la pendiente son menores a 10 grados.

Figura 4: Mapa de Biomasa Vegetal.

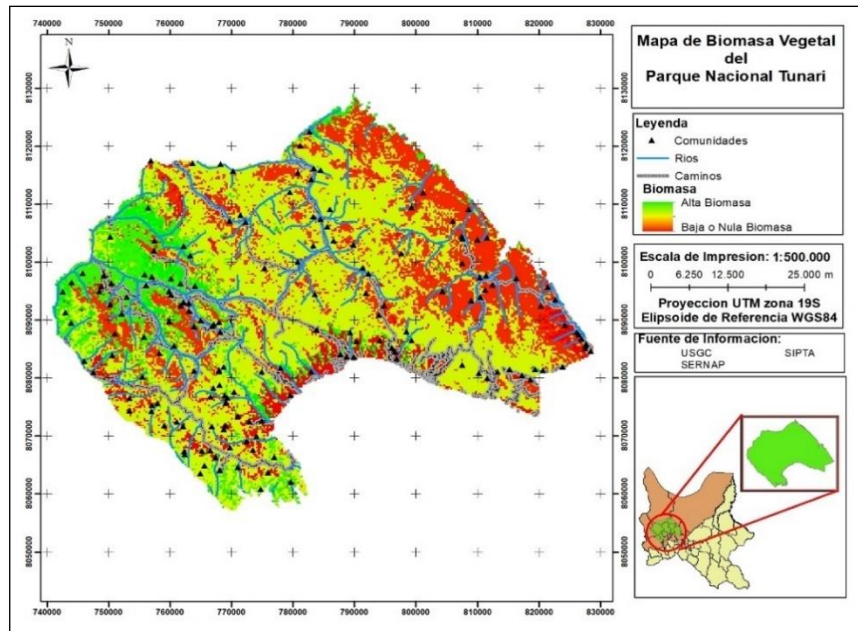
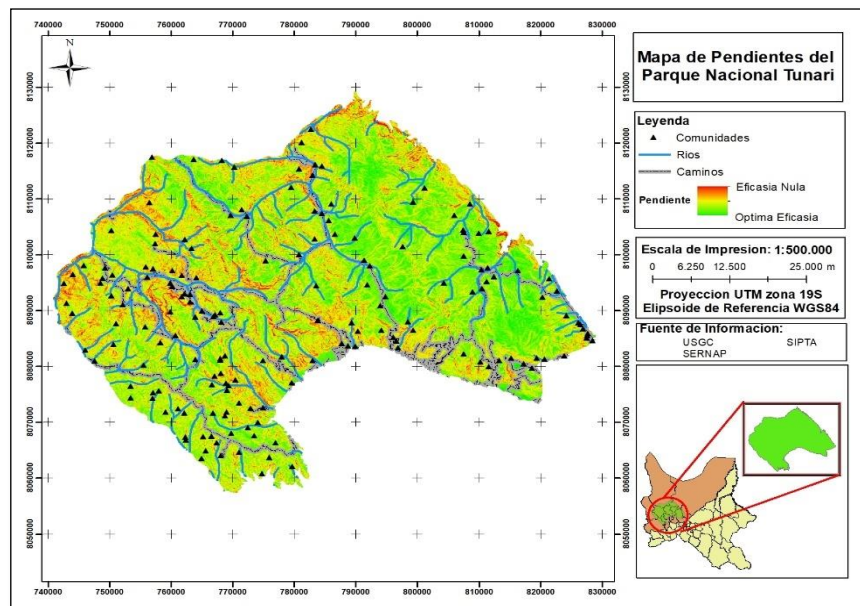


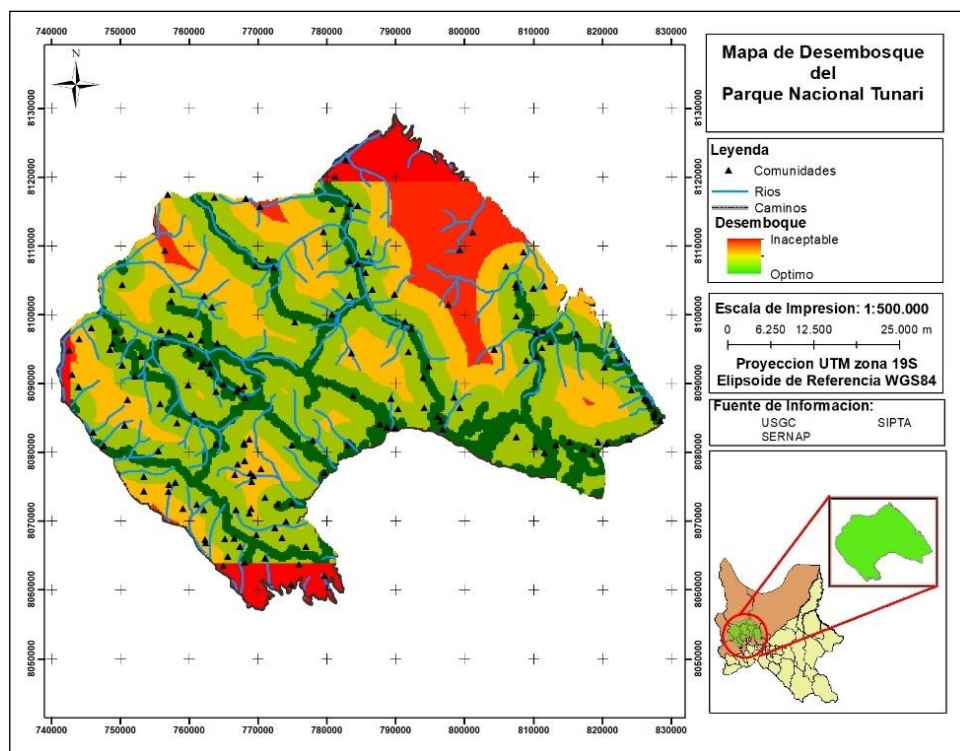
Figura 5: Mapa de pendientes.



3.2.4 Desembosque

Una de las maneras más fácil de extracción del recurso sin muchos gastos es la proximidad que se tiene hacia una vía, camino o ruta, como estas ya están establecidas no se debe abrir brechas o hacer caminos para la obtención de la biomasa residual, por esta razón en la figura 6 se observa un buffer de 1000 m alrededor de la carretera de color verde oscuro donde sería más fácil la obtención de la biomasa residual y a medida que se aleja de las vías el costo de la obtención va aumentando por lo que fue sumamente importante considerar el acceso de vías en la evaluación multicriterio.

Figura 6: Mapa de accesos o desembosque.

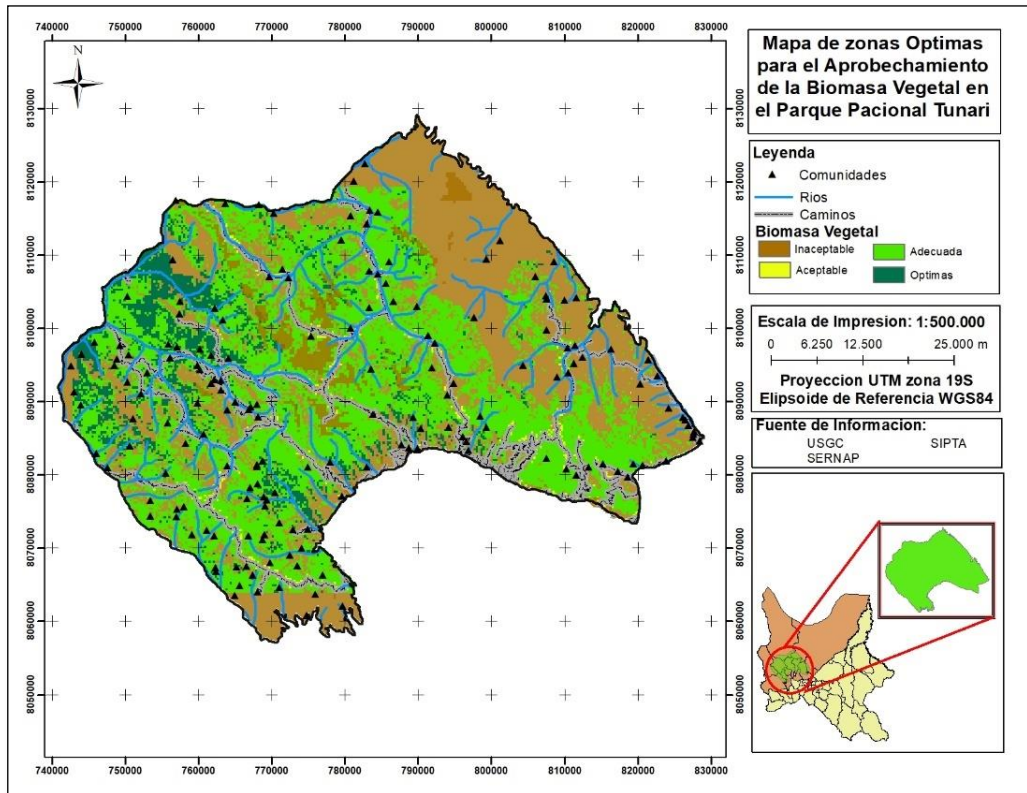


3.2.5 Zonas Óptimas para realizar Aprovechamiento de Biomasa Forestal

En la figura 7 se observa las zonas donde se puede realizar el manejo de biomasa residual de manera óptima solo llega al 9,1%, de manera adecuada al 48,4 % y de manera aceptable e inaceptable al 2,1 y 40,3 respectivamente, si bien se podría llevar de manera aceptable un manejo de biomasa forestal, no es recomendable realizarlo porque se necesitaría mayor esfuerzo y recursos económicos lo que conllevaría a una alza de precios no siendo competitivos con las comunidades que podrían realizar el manejo en las zonas óptimas y

adecuadas, cabe mencionar que al ser solo un estudio basado en imágenes satelitales siempre es bueno corroborar en campo por medios como parcelas permanentes y GPS, la ubicación de las islas de bosques y la biomasa producida en las mismas.

Figura 7: Mapa de Zonas Optimas para el aprovechamiento de la biomasa vegetal en el AP.



CAPÍTULO IV

4

4.1 PROPUESTA DE GESTIÓN

PLAN DE MANEJO DE COMBUSTIBLES NATURALES EN EL PARQUE NACIONAL TUNARI

4.1.1 Introducción

El Parque Nacional Tunari se encuentra inmerso en una problemática bastante particular; por una parte, el crecimiento urbano desmedido sin planificación alguna genera problemas y enfrentamientos entre las instituciones del estado y las localidades del lugar (Renner & Velasco 2000). Además, existen asentamientos humanos ilegales que contribuyen a la degradación del parque, ya que se dedican principalmente a la actividad agrícola (Quinteros 2003).

La reforestación con especies exóticas como *Pinus radiata* y *Eucaliptus globulus*, ha ocasionado que el parque sufra repetidos eventos de incendios, ya que estas especies aportan con bastante material combustible y facilitan que los incendios se propaguen (Quintero 2003, Zárate 2007, Gareca *et. al* 2007).

Los incendios repetidos son la causa principal de la degradación del parque, estos incendios son ocasionados por los chequeos descontrolados, que a su vez se ven influenciados por los vientos característicos del lugar, además se suma el material combustible de especies nativas de *Polylepis spp.* (Gareca *et. al* 2007).

Existen fallas a nivel de manejo forestal sobre todo en especies introducidas, evidentemente no se ha tenido cuidado con la recolección de individuos muertos, ni de ramas y hojarasca principalmente de *Eucaliptus globulus* (Gareca *et. al* 2007).

La potencialidad del Parque Nacional Tunari se concentra primordialmente en la gran cantidad de material combustible. Si se utilizará de manera óptima este recurso podría generar ingresos económicos para mejorar la calidad de vida de los comunarios interesados. Inclusive se podría incentivar a la producción de carbón como fuente de ingresos. Además, como foco principal con este aprovechamiento se reducirían los eventos repetidos de incendios.

4.1.2 Antecedentes

a. Aspectos generales del área

El Parque Nacional Tunari fue creado mediante el decreto supremo N° 06045 el 30 de marzo de 1962, posteriormente fue elevado al rango de ley el 4 de noviembre de 1963. (Crespo 1989, MDSP & SNAP 2000, Quinteros 2003, Balderrama 2006). Geográficamente se encuentra entre 17°16'31'' y 17°24'08'' S, y 66°06'33'' y 66°11'33'' W (Crespo 1989). Presenta una superficie de 300,000 hectáreas (3000 Km²). El rango altitudinal oscila entre 2,200 y 4,000 m (Balderrama 2006). La temperatura anual es de 23,9°C con precipitaciones anuales de 600 mm (Gareca 2007) (Anexo 1). Hidrográficamente, pertenece a la cuenca superior del Amazonas, a las subcuencas del río Beni y del río Mamoré (Crespo 1989, Quinteros 2003, Balderrama 2006).

El Parque Tunari se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Cochabamba, capital de la provincia Cercado, abarca la región de los valles secos mesotérmicos y la Cordillera de Tunari, comprende las provincias Ayopaya, Cercado, Quillacollo, Chapare y Tapacari, y los municipios involucrados son: Morochata, Cochabamba, Quillacollo, SipeSipe, Tiquipaya, Vinto, Colcapirhua, Sacaba, Colomi, Villa Tunari y Tapacarí (Quinteros 2003, Balderrama 2006). Además, se encuentran presentes comunidades campesinas como Tirani, Andrada, Pocolloa y Leucocampa (Guzman & Rodriguez 2008).

Limita al norte con la ceja de monte de la Región de Tablas, al sur con la avenida circunvalación del departamento de Cochabamba, al este limita con la quebrada de Arocagua, y al oeste con la quebrada de Taquiña (Crespo 1989).

Tiene una topografía accidentada, muestra un paisaje con relieves ondulados y abruptos, con fuertes pendientes y abundantes afloramientos rocosos. Los suelos en las pendientes son pardos amarillentos a pardo oscuros con textura franco-arenoso, los suelos de la zona de montaña son poco profundos de color pardo amarillentos a pardo grisáceos, de textura franco a franco-arenosos y franco arcillosos-arenosos (Crespo 1989). El pH es significativamente ácido.

Fisiográficamente comprende dos zonas: Zona I abarca el piso altoandino semihúmedo, con vegetación caracterizada por pajonales de ladera, y árboles en áreas más bajas. Predominan las gramíneas y algunas especies con valor forrajero *Poa*, *Calamagrostis*,

Paspalum y *Eragrostis*. En las especies arbustivas predominan géneros de *Satureja*, *Baccharis* (Balderrama *et al.* 2008).

La zona II comprende valles–valles interandinos, predomina el estrato arbóreo- arbustivo con especies de *Schinus molle*, *Prosopis juliflora*, *Acacia spp.* como género representativo se encuentra *Polylepis spp* y *Buddleia spp.* (Balderrama 2006).

El parque presenta formaciones boscosas de especies tanto nativas como exóticas. Cuenta con 193 ha. reforestadas con especies de eucaliptos y pinos, con 250 ha. de especies nativas arbóreas y 2724 ha. de gramíneas y arbustos, en el resto del parque se encuentran zonas urbanizadas, zonas rocosas y cultivos (Crespo 1989). Existiendo aproximadamente 450 ha. de cultivos agrícolas.

La vegetación nativa está representada por: molle (*Schinus molle*), algarrobo (*Prosopis juliflora*), el kinhi (*Acacia macracantha*), kishuara (*Buddleja hipoleuca*) y thola (*Baccharis dracunculifolia*), kewiña (*Polylepis besseri*), y kishuara de puna (*Buddleja coriacea*) (Crespo 1989, MDSP & SNAP 2000, Terán *et. al* 2010).

Balderrama (2006) realizó un trabajo de diversidad y endemismo en el Parque Tunari, donde registró 187 especies de aves, en 38 familias. Tres de todas las especies registradas son endémicas de Bolivia, entre ellas *Aglaeactis pamela*, *Oreopsar bolivianus* y *Poospiza garlepii* esta última en peligro de extinción. Además, se registraron nueve especies en estado de amenaza y una especie vulnerable *Agriornis andicola*. La mayor parte de las aves se encuentran asociadas a Bosques de *Polylepis* (Terán *et. al* 2010).

La cooperación técnica Suiza (COTESU) con el fin de proteger las cuencas de la ladera sur del Parque Nacional Tunari, implementó un programa de reforestación desde el año 1960, con especies exóticas de eucaliptos y pinos sin considerar los efectos negativos que estas especies podrían causar a los suelos, a bosques nativos de *Polylepis*, y a la degradación del parque en general, gracias a su contribución de combustibles que ayudan a la propagación de incendios (Balderrama 2006, Zárate 2007).

La reforestación realizada antes que el Parque Nacional Tunari fuera decretado parque, también se concentraría en brindar sustento económico a los comunarios del lugar explotando las especies exóticas. Ya que Tunari fue decreto Parque Nacional en 1962, los comunarios no pudieron aprovechar el recurso que les estaba brindando (Quinteros 2003).

En 1991 se fijaron los límites de la ladera sur del parque en la cota 2750, con el fin de frenar las construcciones urbanas que se encontraban en ese momento en la cota 1650. Al establecer esta ley no se tomó en cuenta que muchos terrenos ya se encontraban cedidos por el gobierno, incluso desde la reforma agraria en 1952 (Quinteros 2003).

Actualmente entre las personas que viven en el Parque Nacional se tienen a poblaciones que fueron relocalizadas como mineros y migrantes, y aquellos que se establecieron antes que el Tunari fuera decretado Parque Nacional, para estos últimos la ley Nacional respeta el derecho a la propiedad privada (Quinteros 2003).

En los últimos años la población fue creciendo y sobrepasando los límites del parque, principalmente en los municipios de Sacaba, Cercado y Tiquipaya, referentes a la ladera sur. Según estudios realizados estarían urbanizadas 380 hectáreas sobrepasando la cota 2750 y llegando incluso hasta la cota 2900 (Quinteros 2003).

Entre las medidas que tomaron las autoridades para frenar las construcciones urbanas (ex cooperación regional) fue construir un camino que marcara el límite de la zona urbanizable (circunvalación II), pero esta avenida incrementó aún más la intervención urbana (Quinteros 2003).

Entre los años 1996 y 1997 las autoridades del lugar trataron de evitar que la gente siga urbanizando el parque y procedieron a la destrucción de las viviendas. A estas actividades se sumaron conflictos y falta de acuerdos de la alcaldía y su alcaldía de Cochabamba (Quinteros 2003).

b. Descripción del manejo y aprovechamiento vigente del recurso

El Parque Nacional Tunari presenta mucho material combustible que actualmente no está siendo manejado. Las especies tanto exóticas como nativas son un potencial importante.

Sin embargo, se sabe que muchos de los comunarios realizan recolección de leña del mismo parque. Aunque no se esté realizando un manejo, la gente se encuentra utilizando el recurso como leña, pero sin la realización de un plan de manejo. Evidentemente los comunarios no saben de la importancia del recurso y menos como manejarlo.

c. Aspectos socio-económicos relacionados con el recurso

Los asentamientos humanos se encuentran dentro del parque, los comunarios se dedican principalmente a la agricultura con la realización de cultivos ubicados en zonas de menor pendiente. Los cultivos se utilizan para sembrar maíz (*Zea mays*), arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*), cebada (*Hordeum distichum*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*).

El uso del recurso combustible se restringe solo a la recolección de leña por los pobladores, con fines locales. No existen cadenas de custodia vigentes ni mercados de leña.

4.1.3 Objetivos y duración del plan de manejo

Objetivo general

Reducir el impacto negativo causado por los incendios, mediante el manejo de recursos combustibles naturales en el Parque Nacional Tunari, al tercer año

Objetivos específicos

- Promover la participación de la comunidad incentivándolos con trabajos bien pagados dentro del plan de manejo
- Desarrollar programas de usos sostenibles de los combustibles naturales
- Disminuir las áreas potencialmente incendiables a través del manejo de los combustibles

4.1.4 Evaluación del recurso a manejar

4.1.4.1 Aspectos físicos del área de manejo

El PN Tunari se encuentra al noroeste del departamento de Cochabamba, en las provincias de Ayopaya, Quillacollo, Tapacarí y Chapare. Involucra a los municipios de Independencia, Morochata, Tiquipaya, Quillacollo, Vinto, Colcapirhua, Sipe Sipe, Tapacarí, Cochabamba, Sacaba, Colomi y Villa Tunari. (Servicio Nacional de Áreas Protegidas, 2017).

La vegetación se encuentra representada por tres estratos: un estrato arbóreo, el cual se caracteriza por presentar especies exóticas predominantes como el *Pinus sp.* y el *Eucalyptus sp.*; el estrato arbustivo en el cual predomina *Polylepis sp.* y la especie *Dodonea viscosa*; por último, se encuentra un estrato herbáceo, que se caracteriza

principalmente por presentar abundante cantidad de pajas y gramíneas (Agroecología Universidad de Cochabamba, 2006)

4.1.4.2 Clima

El área de manejo presenta un clima típico de la ecoregión Valles y montañas semiáridas hasta semihúmedas de la Cadena Montañosa con una temperatura media anual que varía entre 14°C-15°C y una precipitación media anual de 656,8 mm. Se presenta una estación seca que abarca desde el mes de abril a septiembre y un estación húmedo que se da empezando el mes de octubre y acabando en marzo (AGRUCO 2006).

4.1.4.3 Topografía

Presenta una variación altitudinal que va desde los 2.600 hasta los 4.400 msnm, se puede distinguir dentro de estas laderas y colinas muy onduladas, ocasionando que exista la presencia de microclimas heterogéneos en la zona (AGRUCO 2006).

4.1.4.4 Suelo

Los suelos se caracterizan por presentar una textura franca limosa y, en algunas zonas de puna los suelos tienen textura franca a franca arcillosa los colores varían entre amarillentos a pardo y pardo grisáceo, el suelo presenta baja cantidad de nutrientes y un pH significativamente ácido hasta moderadamente ácido (AGRUCO 2006).

4.1.5 Aspectos biológicos del recurso

4.1.5.1 Fauna

La micro fauna se caracteriza por la presencia de ortópteros, coleópteros, hemípteros, dípteros, arácnidos, anélidos.

Con respecto a la macro fauna se encuentra: llamas (Lamas), cabras (Capra), cóndor (*Vultur gryphus*), golondrina (*Hirundo rustica*), zorro (canidae), zorrino (Mephitidae), etc (AGRUCO 2006).

4.1.5.2 Vegetación

La vegetación se encuentra representada por tres estratos: un estrato arbóreo, el cual se caracteriza por presentar especies exóticas predominantes como el *Pinus sp.* y el *Eucalyptus sp.*; el estrato arbustivo en el cual predomina *Polylepis sp.* y la especie

Dodonea viscosa; por último, se encuentra un estrato herbáceo, que se caracteriza principalmente por presentar abundante cantidad de pajas y gramíneas (AGRUCO 2006).

4.1.5.3 Descripción biológica del recurso

Figura 8: *Eucalyptus* spp.

Familia: Myrtaceae

Subfamilia: Myrtoideae

Tribu: Eucalypteae

Género: *Eucalyptus*



a) Morfología

Árbol perennifolio que alcanza hasta los 50 m de altura (Fig. 8), **Tronco:** recto o flexuoso, con un ritidoma que se desprende en tiras longitudinales; **Hojas:** presentan puntos translucidos, en las plantas jóvenes son opuestas, ovales y sésiles, mientras que en los adultos son alternas pecioladas y colgantes más o menos coriáceas, con un limbo asimétrico en forma de hoz; **Flores:** son solitarias en las axilas de las ramas superiores, presentan un ovario ínfero, el cáliz y la corola se encuentran fusionados formando un opérculo leñoso que tiende a caer en época de floración dejando al descubierto un elevado número de filamentos de color cremoso claro; **Fruto:** es una capsula leñosa dehiscente por 4-5 valvas; **Semillas:** pequeñas casi redondas (Skolmen & Ledig, 1990).

b) Distribución

El centro de origen del eucaliptus es Australia y Tasmania, pero actualmente también se lo puede encontrar en España, Portugal, California, Estados Unidos, Marruecos, China, La India Costa Rica, Guatemala, México, Honduras, Panamá, Venezuela, Ecuador, Perú, Chile Colombia y Argentina. En Bolivia se hallan en los departamentos de La Paz, Santa Cruz, Chuquisaca y Cochabamba (Trópicos, 2021).

c) Hábitat

Los eucaliptos se desarrollan por lo general sobre diversos sustratos, aunque tiende a predominar en suelos pobres, desprovistos de arcillas y con escasa retención de agua. Los climas en los que se desenvuelven son variados ya que se los pueden encontrar desde zonas húmedas y calor constante, hasta áreas templadas con lluvias invernales y secas, pero no son capaces de resistir temperaturas inferiores a los -5°C , además cabe resaltar que estas especies necesitan de mucha luz para desarrollarse.

d) Usos

El eucalipto es un recurso natural importante ya que su tronco por lo general es usado para hacer postes, cajas de madera entre otras, pero el uso más frecuente que se le da es como leña en muchos países ya que se caracteriza por dejar poca ceniza y producir un buen carbón.

Figura 9: *Pinus spp.*



Familia: Pinaceae

Género: *Pinus*

a) Morfología

Árbol perennifolio monoico que alcanza hasta los 4m de altura **Tronco:** recto y grueso; **Hojas:** aciculares, largas que miden entre 10.25 cm, se encuentran dispuestas en parejas; **Conos masculinos:** se encuentran en grupos en el extremo de las ramas y producen mucho polen; **Conos femeninos:** se encuentra casi en el extremo de las ramas más altas; **Fruto:** son pinas largas y estrechas simétricas con escamas puntiagudas y punzantes (Fig. 9); **Semillas:** aladas (Wiegand 1999).

b) Distribución

El pino es más abundante en Europa y Asia, también se encuentra distribuido en los otros continentes (Wiegand 1999).

c) Hábitat

Los pinos por lo general se encuentran sobre suelos ácidos, arcillosos y sílico arcillosos que poseen proporciones abundantes de hierro. Los climas en los que se desenvuelven son subtropicales y templados, además predomina en las regiones frías y templadas. El pino puede resistir temperaturas muy bajas y soportar veranos muy cálidos además cabe resaltar que necesita mucha luz para un óptimo crecimiento (Wiegand 1999).

d) Usos

El tronco del pino es lo más utilizado ya que sirve para la fabricación de muebles, contrachapados, planchas para cestas de madera entre otras, pero también muchas veces es utilizado como leña ya que se puede producir carbón, además por otro lado se puede utilizar las acículas de pino y su corteza para la producción de compost (Wiegand 1999).

Figura 10: *Polylepis spp*

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Rosoideae

Género: *Polylepis*



a) Morfología

Arbustos que poseen una forma retorcida, que alcanza una altura de 15 a 20 m, de **Troncos:** rojos y torcidos (Fig. 10), corteza delgada que se desprende en placas; **Hojas:** compuestas pequeñas imparipinadas, por lo general los folíolos son de color verde claro a verde oscuro gruesos, cubiertos por resina y tricomas, con nervadura bien marcada; **Flores:** pequeñas agrupadas en racimos con pétalos reducidos, estambres sobresalientes y un estigma amplio; **Fruto:** son aquenios dispersados por el viento (Fjeldsa, J & Kessler, K 2004).

b) Distribución

El género *Polylepis* se distribuye a lo largo de la cordillera de los Andes, desde el norte de Venezuela hasta Argentina. En Bolivia se encuentra en los departamentos de Potosí, Santa Cruz, Tarija, Chuquisaca, La Paz y Cochabamba (Trópicos 2021).

c) Hábitat

El género *Polylepis* se encuentran constituyendo ecosistemas de los Andes por arriba de los 3.000 a 3.500m. Estos arbustos crecen por lo general en zonas que presentan una temperatura anual de 30-12°C. Además, es capaz de soportar condiciones externas de frío y altitud, son muy resistentes a las sequías, sin embargo, para tener un mejor desarrollo se prefiere que el nivel de humedad sea de 30%, con un pH ligeramente ácido y que la textura del suelo sea mediana. Los suelos en el que se desarrolla son variados, desde los suelos superficiales hasta los que presentan alfombra miento de rocas en laderas protegidas, hasta en el fondo de los valles y quebradas en suelos profundos (Fjeldsa, J & Kessler, K 2004).

d) Usos

Por lo general es usado como combustible, para la construcción de postes de cercas y ornamentalmente (Fjeldsa, J & Kessler, K 2004).

4.1.6 Análisis, amenazas y potencialidades

4.1.6.1 Análisis de las amenazas

Evidentemente el problema central es la pérdida de material combustible en el Parque Nacional Tunari. Al existir intervención y urbanización humana, las comunidades del lugar realizan prácticas agrícolas, para la implementación de cultivos; donde la gente debe deshierbar el lugar y es en este momento que se produce el gran problema de incendios.

Como ya se mencionó anteriormente, el Parque Nacional Tunari sufre eventos repetidos de incendios. Los incendios son generalmente ocasionados por los chaqueos que realizan los comunarios para la implementación de cultivos, esta quema es empleada principalmente en los meses de sequía, de junio a septiembre, siendo estos los más peligrosos para la propagación de incendios y por ende para la pérdida del material combustible proporcionado por las plantaciones de especies introducidas.

Existe también falta de manejo silvicultural de las especies exóticas que al ser combustibles aumentan la vulnerabilidad de la población nativa a los incendios. En especial de especies de pinos, al ser combustibles y no recibir las podas adecuadas, existe mayor cantidad de combustibles en el bosque y mayor susceptibilidad a incendios.

Por otro lado, las especies exóticas combustibles presentan competencia por sus recursos con las especies nativas como *Polylepis spp*, así como entre ellas mismas (eucalipto y pino); ya que ambas especies acidifican los suelos y crecen muy bien en los mismos, además de tener las mismas necesidades energéticas.

La acidificación de los suelos por parte de las especies introducidas puede reducir fuertemente las poblaciones naturales, por ejemplo, el eucalipto ocasiona desbalance hídrico, y afecta los ciclos de nutrientes del suelo interviniendo con el crecimiento de microorganismos. Es por ello que los bosques nativos de *Polylepis* se ven afectados.

4.1.6.2 Análisis de potencialidades

Los *Pinus spp.* y *Eucaliptus spp.* son especies de crecimiento rápido, recomendadas para la reforestación en bosques naturales, ya que ayudan a la preservación de los mismos (Gareca *et. al* 2007). Aunque en el parque Tunari no es lo recomendable.

Las especies de pinos son un recurso combustible importante, sus características de combustión lo convierten en uno de los materiales para la realización de carbón. Además, cuando se realizan podas adecuadas puede rebrotar de manera que el recurso siempre se encuentre disponible para utilizar sin dañar las poblaciones de pinos. El tiempo estimado de rebrote en los pinos es aproximadamente de seis meses lo que la convierte en una especie con potencialidad de manejo sustentable, gracias a su rápido crecimiento.

Los árboles caídos de pino, eucalipto y kewiña, podrían utilizarse también para la fabricación de carbón, ya que son especies con un alto valor combustible. Los restos de hojarasca y acículas de pinos pueden utilizarse como material para la realización de compost, las ramas también podrían utilizarse como leña.

4.1.7 Estrategias de intervención

4.1.7.1 Modelos de trabajo a seguirse en las actividades

El 2004 el instituto nacional de tecnología agropecuaria editó un manual de poda forestal, este trabajo presenta un enfoque más industrial con el fin de obtener madera sin nudos. En el caso del pino, la época de poda debe realizarse entre los meses de abril-julio, y la poda en eucaliptos de julio-septiembre. La metodología consiste en la eliminación de ramas mediante un corte limpio, es importante el tipo de herramienta para tener calidad en el corte, se recomienda cortar las ramas con tijeras manuales o eléctricas, en ocasiones

se utilizan serruchos si se lo maneja correctamente; la utilización de machetes deja heridas en los troncos que promueven la propagación de hongos, por ellos no es recomendable. La poda se debe realizar al ras justo antes del rodete de cicatrización (Fig. 11) de arriba hacia abajo.

Figura 11: Como realizar la poda en los árboles de *Pinus spp.* y *Eucalyptus spp*



El CONAF (2000) realizó una ficha técnica de elaboración de carbón a partir de residuos forestales, donde se indican varios métodos de obtención de carbón. Método de fosa de tierra, consiste en cavar una fosa en un lugar inclinado, la profundidad y ancho dependerá del volumen de madera a usar (Anexo 2). Método de parvas, es una alternativa de la fosa, en vez de cavar, se apila la madera sobre el suelo y se cubre de tierra, encerrando la madera en una cámara fuera del contacto del aire (Anexo 3). Por último, los hornos que pueden ser de ladrillos, son uno de los mejores métodos son hornos que no permiten la entrada de aire y se puede obtener carbón desde 5 a 10 días (Anexo 4). Hornos metálicos requieren mantenimiento y son transportables, el tiempo de obtención de carbón es de 5 a 10 días.

Wiegand en 1999 realizó un experimento con las acículas de pino y guano de pavo, trataron de hacer la degradación de esta materia orgánica sin utilizar lombrices. Encontraron que el pino es mejor abono que el guano de pavo. Se utilizaron composteras en forma de “U” y se tapa con nylon, en la compostera se incorpora todo el material orgánico después de seis meses se obtiene compost.

4.1.7.2 Estrategias de sostenibilidad ambiental y social

Se realizarán capacitaciones participativas con los comunarios interesados, donde se implementarán cursos taller, que ayuden a aprender las técnicas adecuadas de poda de pinos, así como la construcción y mantenimientos de hornos y composteras. Con los cursos talleres participativos en la comunidad en general tomará conciencia en el manejo sostenible de los recursos combustibles y de las potenciales y beneficios que estos les pueden brindar.

Las técnicas de poda que se realizarán a los árboles de pinos, permitirán el rebrote de nuevas ramas para la obtención de nuevo material combustible que se utilizará para realizar los productos derivados de carbón y compost.

La recolección de recursos maderables combustibles permitirá la disminución de los eventos de incendios, además que se estará recuperando el material combustible del parque para utilizarlos posteriormente en productos derivados de carbón y compost.

Por otro lado, con la implantación de las tres últimas actividades mencionadas anteriormente, se podrá mejorarla calidad de vida de los comunarios del lugar, incentivándolos con empleos dignos y contribuyendo al empoderamiento del Parque Nacional Tunari.

Además, existirán la colaboración de las comunidades, la subalcaldía de Cochabamba y una ONG local que apoye con el presupuesto del plan de manejo.

Las actividades realizadas en el plan de manejo serán difundidas en talleres de comunicación que la ONG local organizará, por medios de comunicación como radios y programas de televisión que se encontrarán a cargo de la Subalcaldía de Cochabamba; y se repartirán trípticos y documentos escritos a colegios y universidad con ayuda de la Subalcaldía.

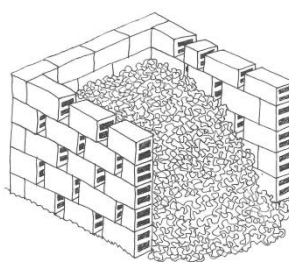
4.1.8 Pautas para el aprovechamiento del recurso

Los comunarios de las comunidades contribuirán con la poda de pinos, recolección del material combustible del bosque y con la mano de obra en la construcción de hornos y composteras.

4.1.8.1 Procedimiento para la construcción de composteras y obtención de compost

Primeramente, a 1Km de las comunidades interesadas en un área donada por ellos que sea de preferencia sombreado con poca influencia de vientos, se realizará la construcción de tres composteras en forma de “U” grandes de 100m. Para esto se fijará los ladrillos con cemento en forma de “U” acostada, dejando orificios en las uniones de los ladrillos y se colocará en la parte superior una lona de plástico para cubrir el compost tal como lo muestra la figura 12.

Figura 12: Compostera para la creación de compost de pino



Para obtener el compost en el fondo del compostador se pondrá 10 cm de material leñoso que será obtenido del pino, lo cual ayudará a la entrada de aire y servirá como un colchón para los materiales, dificultando que estos se compacten. Posteriormente se pondrá una mezcla casi heterogénea de material orgánico que consistirá principalmente en ramas trituradas y acículas de pino, para la obtención de un buen compost. Para garantizar una buena relación de Carbono y Nitrógeno, además que tanto el oxígeno como la humedad sean suficientes, se procurará que haya más material vegetal fresco que seco en cada mezcla que se realice. Al pasar los días se esperará que exista un aumento en la temperatura y una disminución del volumen de los materiales puestos en la compostera por lo que se seguirá incorporando el material mencionado anteriormente intentando siempre guardar las proporciones de dos partes de material frescos y una de seco, estos deberán mezclarse bien con la ayuda de un rastrillo o Pala. Pasado de 3 a 6 meses, la parte de abajo del montón ya habrá sufrido un proceso de descomposición convirtiéndose en una tierra vegetal de color marrón oscuro, de textura grumosa y de olor parecido a tierra de bosque (Compost). Después el compost obtenido se sacará por la parte de abajo y será cernido con ayuda de un tamiz para separar elementos que todavía no se hayan descompuesto. Por último, el compost obtenido será puesto en bolsas plásticas para su posterior comercialización en los mercados de la ciudad de Cochabamba.

4.1.8.2 Construcción de hornos para la realización de carbón y fabricación del Carbón

Primeramente, en otras áreas cercanas a las comunidades interesadas se llevará a cabo la construcción de dos hornos de ladrillos con dimensiones de dos metros de ancho y 1.5 metros de largo considerando para esto lo establecido en la normativa ambiental. Los hornos deben presentar forma acampanada además tendrán dos compartimentos, uno de ellos donde se depositarán troncos para la fabricación de carbón, el segundo compartimento es destinado para mantener la temperatura de fuego adecuada para la formación de carbón.

Para la obtención de carbón se utilizará toda la madera recolectada del Parque Tunari, esta será apilada y expuesta al sol para que se seque, durante este proceso el agua de la madera se perderá rápidamente en el aire. El secado de la madera expuesta al sol será llevado a cabo durante tres meses en los que se espera que el material disminuya en humedad, de un 30-35%. Posteriormente el material secado será llevado al horno donde iniciará el proceso de carbonización en el cual se comenzará a carbonizar la madera al llegar a una temperatura aproximada de 300°C, luego la temperatura irá aumentando hasta llegar a los 500°C, teniendo como resultado el carbón; una obtenido el carbón se dejará enfriar de cinco a diez días sin acceso de aire dentro del mismo horno (fig. 13). Por último, el carbón será extraído del horno y puesto en bolsas, para su posterior venta en los mercados de Cochabamba.

Figura 13: Ciclo de fabricación del carbón



4.1.8.3 Estrategia de recolecta de troncos caídos sistemas de cable

Para extraer los árboles que se ubiquen en pendientes se procederá a usar el sistema de cables para lo cual se tomará en cuenta que la carga no exceda las 1,7 toneladas para esto se realizará un anclaje de la parte superior del cable aéreo en un árbol de la parte superior y se obtendrá así el lugar de plataforma de lanzamiento en la cual se apilarán los troncos ya trozados sobre el porta cargas los cuales se encontrará enganchado al cable aéreo con las trozas, las cuales se encontraran unidas por estobos y por gravedad estas bajarán por el cable, por medio de roldanas hasta llegar a la parte inferior que frenará al porta cargas. Una vez que llegue se procederá al descargado, posteriormente la trozas serán cortadas en 4 y trasladadas con una carretilla al camión para ser llevadas a la comunidad (Anexo 6).

El material recolectado de las dos actividades anteriores será trasladado con ayuda de un camión a las comunidades interesadas y se realizará el respectivo tratamiento para cada parte del árbol recolectado.

4.1.8.4 Procedimiento para la poda de pinos y eucaliptos

La extracción del recurso se realizará por dos medios: El primero consistirá en la poda cada seis meses de los individuos de los cuales se eliminarán las ramas del tronco, mediante un corte neto y limpio realizado con tijeras de podar cortando siempre por encima del rodete de cicatrización (al ras), teniendo cuidado de no provocar heridas, para no intervenir con el proceso de cicatrización. Para la realización de la poda se tomará en cuenta la altura total promedio de los árboles más altos y el DAP de los árboles más gruesos y con estos datos se determinará cuanto podar tomando en cuenta que la altura de poda no debe superar el 40% de los árboles más altos. En el caso del pino si estos presentan una altura total promedio de 5 a 7 m y un DAP promedio de 9-12 cm se los podara hasta una altura de 2,20- 2,40 m, en el caso de los Eucaliptos si la altura promedio alcanza los 7-8m y el DAP promedio es de 6-7 cm se los podara hasta los 3 m. (Kurtz & Ferruchi 2004).

La poda será realizada en diferentes meses: La poda de los pinos será llevada a cabo en la época seca en los meses de abril a julio, ya que influenciará la cantidad necesaria de resina para sellar la herida y así al iniciar la actividad de rebrote en la época húmeda, donde la herida comenzará a sanar poco a poco. Los eucaliptos se podarán entre los meses

de agosto a septiembre, ya que las temperaturas son más elevadas y se evita que las heladas afecten al desarrollo de los rebrotes en los eucaliptos (Kurtz & Ferruchi 2004).

Todo el material que se obtenga de la poda será recogido en costales de yute.

4.1.9 Pautas para el manejo

Los comunarios contribuirán con la sustentabilidad del recurso, a partir de la realización de podas adecuadas, recolecta de material combustible; con el fin de obtener derivados como carbón y compost.

El procedimiento de podas adecuadas hacia pinos y eucaliptos, evitará las posibles infecciones por hongos causadas por podas inadecuadas; y permitirá que exista regeneración de brotes que puedan volver a ser utilizados como combustibles naturales. El material combustible obtenido de las podas de pinos y eucaliptos, será distribuido a los distintos hornos para la fabricación de carbón.

Los árboles caídos de *Polylepis spp.* Son potencialmente combustibles, al igual que los árboles caídos de pinos y eucaliptos; estas tres fuentes de combustibles naturales serán recolectadas según la técnica descrita anteriormente. Estos combustibles serán llevados por un lado a los distintos hornos para iniciar el proceso de carbonización y obtener carbón, el resto de los materiales serán llevados a las distintas composteras para la obtención de compost.

Además, se recolectarán otros materiales del parque como acículas de pinos, hojas y ramas caídas, que serán llevados a composteras para la producción de compost; otra parte será vendida como leña.

Al realizar la recolección de material combustible se disminuirán los eventos repetidos de incendios y se permitirá la regeneración de los bosques, tanto naturales de *Polylepis spp.* Como de las especies introducidas.

4.1.9.1 Análisis económico pre inversionista del aprovechamiento (costo/beneficio)

De acuerdo con los costos establecidos, se cuenta con tres socios que aportarán económicamente al plan de manejo. Los tres socios son las comunidades interesadas, la subalcaldía de Cochabamba y una ONG local. La tabla 5 detalla el balance de inversión realizado.

Las comunidades aportaran con una parte los gastos en mano de obra construcción de hornos de ladrillos y composteras. Las comunidades serán las encargadas de la recolección de material combustible del Parque, donde intervienen las actividades de podas semestrales a los árboles de pino; además de realizar las actividades de recolección de árboles caídos y de leña. Se espera el aporte total de la comunidad sea de 30%.

El segundo socio es la subalcaldía de Cochabamba que colaborará con equipo y servicios al proyecto. Los servicios a prestar están relacionados con fotocopias, comunicación por medios de televisión, radios locales y difusión de información en colegios y universidades de Cochabamba. Se estima que la subalcaldía colaborará con un 30% de los gastos.

El tercer socio es una ONG local, que colaborará con los talleres comunicativos al departamento de Cochabamba, talleres de capacitación, material, insumos y herramientas. Se estima que la ONG colaborará al plan de manejo con un 30% a los gastos totales.

El 10% restante del presupuesto total será financiado por el proyecto, estos ingresos se encontrarán destinado principalmente a la paga de los comunarios durante el primer año, como guías.

Con aprovechamiento adecuado del recurso se obtendrán productos de carbón, compost y leña que puedan ser vendidos en mercados de la ciudad de Cochabamba, con esta venta estimulará a los comunarios al uso de su recurso incrementando sus ingresos económicos y mejorando sus calidades de vida.

Tabla 5: Análisis costo/beneficio

Actividad	Socio estratégico 1	Aporte socio 1 (%)	Socio estratégico 2	Aporte socio 2 (%)	Socio estratégico 3	Aporte socio 3 (%)	Total
Recolección de material combustible	Comunidades	20%					90%
Mano de obra	Comunidades	10%					
Material					ONG local	10%	
Equipo			Subalcaldía Cochabamba	20%			
Servicios			Subalcaldía Cochabamba	10%			
Insumos					ONG local	10%	
Herramientas					ONG local	10%	

Elaboración propia

4.1.10 Monitoreo y Evaluación

4.1.10.1 Evaluación

La evaluación constará de dos partes, una evaluación interna y otra externa. La evaluación interna es constante y será realizada por los responsables del plan de manejo. Esta evaluación es ejecutada a nivel de las actividades propuestas.

La evaluación externa será llevada a cabo por un consultor staff. La primera evaluación será realizada antes de la implementación del proyecto, con el fin de detectar posibles errores en el ciclo de vida en el proyecto.

La segunda evaluación externa (medio término) será realizada al año y medio de la implementación del plan de manejo, con el fin de detectar errores, que se mejoren en el futuro y; para lograr identificar las actividades positivas, y seguir implementándolas.

Además, se realizará una evaluación de fin de proyecto, donde se evaluarán los alcances de los objetivos planteados en plan de manejo, los resultados obtenidos y actividades realizadas.

Al cabo de tres años de la finalización del plan de manejo se realizará una evaluación de impacto, para verificar si las acciones realizadas en dicho plan siguen una línea de sostenibilidad.

4.1.10.2 Monitoreo

El monitoreo será de contenido, en función al avance en cumplimiento de las actividades. Este monitoreo se realizará trimestralmente y se controlarán las actividades mediante los siguientes indicadores:

- Al finalizar el proyecto los comunarios aumentan sus ingresos económicos al menos en un 30% como producto de la comercialización del carbón, compost y leña.
- A la finalización del proyecto el plan de manejo se encuentra en pleno funcionamiento en un 85%
- A la finalización del proyecto los combustibles naturales se regeneran permanentemente en un 80%, a medida que se los va aprovechando.

- A la finalización del proyecto, el número de incendios en el Parque Nacional Tunari ha disminuido al menos en un 60%, como resultado del manejo y aprovechamiento de combustible naturales.
- Al finalizar el proyecto se ha reducido la vulnerabilidad a los incendios de poblaciones naturales de *Polylepis spp.* al menos en un 40%, gracias al aprovechamiento sostenible de combustibles naturales.

4.1.11 Cronograma de actividades

Tabla 6: Cronograma de actividades.

Objetivo específico 1 Promover la participación de la comunidad incentivándolos con trabajos bien pagados dentro del plan de manejo.

Actividades	Responsable (s)	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Viajes de campo (Valido para los objetivos 1, 2 y 3)	Consultores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Capacitación cursos taller	Consultores y Comunarios Interesados	X	X										
Difusión de usos y beneficios de los combustibles naturales	Consultores, ONG local y Comunarios Interesados	X		X		X		X		X		X	
Pago por el trabajo de los comunarios	Consultores	X	X	X	X	X	X	X	X				

Objetivo específico 2 Desarrollar programas de usos sostenibles de los combustibles naturales

Actividades	Responsable (s)	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Construccion de Hornos	Consultores y Comunarios Interesados		X	X									
Construcción de Composteras	Consultores y Comunarios Interesados			X	X								
Capacitación relacionada a las técnicas	Consultores y Comunarios Interesados				X	X			X				
Poda de pino	Comunarios Interesados							X				X	
Poda de eucalipto	Comunarios Interesados				X				X				X
Recoleccion de material combustible	Comunarios Interesados				X	X		X		X	X	X	X
Secado de la madera	Comunarios Interesados					X		X		X		X	X
Fabricación de carbón	Comunarios Interesados					X		X		X		X	X
Obtencion de compost	Comunarios Interesados						X		X		X	X	X

Objetivo específico 3 Disminuir las áreas potencialmente incendiables a través del manejo de los combustibles

Actividades	Responsable (s)	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Recolecta de troncos caídos	Comunarios Interesados			X	X	X		X		X		X	X
Recolecta de asículas	Comunarios Interesados			X	X	X		X		X		X	X
Recolecta de ramas y otros materiales caídos	Comunarios Interesados			X	X	X		X		X		X	X
Empaquetamiento del compost	Comunarios Interesados					X		X		X		X	X
Empaquetamiento del carbón	Comunarios Interesados					X		X		X		X	X
Comercialización del carbón	Comunarios Interesados					X		X		X		X	X
Comercialización del compost	Comunarios Interesados						X		X		X	X	X

4.1.12 Presupuesto

4.1.12.1 Presupuesto específico

Objetivo específico 1 Promover la participación de la comunidad incentivándolos con trabajos bien pagados dentro del plan de manejo.

Código partida	Insumo o ítem operativo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Sub-total (Bs)
A1	Pasajes al interior del país	Pasaje ida/vuelta	19	80	1520
A2	Viáticos por viajes al interior del país	Día/persona	200	200	40000
A3	Pago a los comunarios por el trabajo en la primera etapa de plan	Día/jornada	12	150	1800
A4	Tripticos, folletos, papelógrafos	Global			1000
A5	Papel en general, material de escritorio	Global			1000
				Sub-total 1	45320

Objetivo específico 2 Desarrollar programas de usos sostenibles de los combustibles naturales

Código partida	Insumo o ítem operativo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Sub-total (Bs)
B1	Maquinaria y equipo	Global			8000
B2	Material de construcción, ladrillos, cemento	Global			5000
B3	Tijeras de podar, carretillas, sacos de yute	Global			1000
				Sub-total 2	14000

Objetivo específico 3 Disminuir las áreas potencialmente incendiables a través del manejo de los combustibles

Código partida	Insumo o ítem operativo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Sub-total (Bs)
C1	Plásticos para el empaquetamiento del producto	Global			5000
C2	Transporte para la venta de carbón, compost y leña				1000
C3	Promoción de los productos adquiridos				2000
				Sub-total 3	8000

4.1.12.2 Presupuesto general

Objetivo específico 1 Promover la participación de la comunidad incentivándolos con trabajos bien pagados dentro del plan de manejo.

Actividades	Responsable (s)	Sub-total (Bs)
Viajes de campo (Valido para los objetivos 1, 2 y 3)	Consultores	41520
Capacitación cursos taller	Consultores	1000
Difusión de usos y beneficios de los combustibles naturales	Consultores, Subalcaldía de CBBA y ONG local	1000
Pago por el trabajo de los comunarios como guías	Consultores	1800
	Total 1	45320

Objetivo específico 2 Desarrollar programas de usos sostenibles de los combustibles naturales

Actividades	Responsable (s)	Sub-total (Bs)
Construcción de Hornos	Comunarios Interesados	2000
Construcción de Composteras	Comunarios Interesados	1500
Capacitación relacionada a las técnicas establecidas	Consultores y ONG local	1000
Poda de pino	Comunarios Interesados	1500
Poda de eucalipto	Comunarios Interesados	1500
Recolección de material combustible	Comunarios Interesados	1500
Secado de la madera	Comunarios Interesados	1000
Fabricación de carbón	Comunarios Interesados	2000
Obtención de compost	Comunarios Interesados	2000
	Total 2	14000

Objetivo específico 3 Disminuir las áreas potencialmente incendiables a través del manejo de los combustibles.

Actividades	Responsable (s)	Sub-total (Bs)
Recolecta de troncos caídos	Comunarios Interesados	500
Recolecta de acículas de pino	Comunarios Interesados	500
Recolecta de ramas y otros materiales caídos	Comunarios Interesados	1000
Empaquetamiento del compost	Comunarios Interesados	1000
Empaquetamiento del carbón	Comunarios Interesados	1000
Comercialización del carbón	Comunarios Interesados	2000
Comercialización del compost	Comunarios Interesados	2000
	Total 3	8000

4.2 CONCLUSIONES

- Mediante el uso de SIG e imágenes satelitales se ha logrado establecer las zonas más aptas para el manejo de combustibles naturales en el Parque Nacional Tunari sin perjudicar la sostenibilidad ecológica de los bosques del AP, para lo cual se consideraron criterios técnicos ya establecidos en anteriores estudios, para poder optimizar la extracción del recurso de una forma más rápida y adecuada.
- La propuesta es una manera óptima de realizar un manejo conjunto y un cuidado del área protegida es a través de la generación de ingresos económicos para las comunidades a cambio de conservar y preservar los recursos naturales que se convertirían en su fuente de ingreso, tal como pasa en el AP Manuripi, donde conservan sus bosques para cuidar a los árboles de castaña y asai.
- El AP al verse sometido a una alta presión antrópica, poco a poco está terminado con las islas de bosques que se encuentran en su interior, por este motivo es relevante realizar un manejo de los recursos al interior del AP de manera sustentable, para que los comunarios puedan generar recursos económicos y ayuden a la protección del PN Tunari.
- Al hacer el manejo de combustibles naturales en el AP se espera que la cantidad de incendios disminuyan y que si se dan los mismos sean de menor intensidad, se quiere que los comunarios se apropien de la idea de Área Protegida y ayuden a realizar una cogestión con el SERNAP, pudiendo así proteger su biodiversidad y por ende los servicios ambientales que esta trae a los habitantes evitando mayor degradación de los ecosistemas.

4.3 RECOMENDACIONES

- Se recomienda trabajar con el SERNAP para la aprobación de una normativa donde se puede aprovechar los residuos forestales de manera óptima permitiendo a las diferentes AP's la recaudación de fondos por medio de un SISCO y a las comunidades la generación de ingresos económicos involucrándolas más con el cuidado de los recursos naturales.
- Es importante realizar un plan de aprovechamiento de la biomasa en las AP's donde se tenga una mayor incidencia de incendios forestales, acorde a las especies arbóreas o arbustivas más dominantes en el lugar y así poder evitar en cierta medida el impacto negativo de los incendios sobre las AP's.
- Es relevante establecer el presente Plan de Manejo de Combustibles Naturales en el Parque Nacional Tunari, primero debido a la constante presión de asentamientos que viene sufriendo el AP y a los incendios que son más recurrente en el área, ya que lo que se quiere es que las personas se interioricen con la idea de conservación y la generación de recursos económicos, llegando a ellos mismos optar por la protección de estos.

4.4 BIBLIOGRAFÍA

- Agroecología Universidad Cochabamba (AGRUCO). 2006. Sistematización de fichas de indicadores locales para la prevención y gestión local de riesgos en la producción agropecuaria. Editorial COSUDE. 45 pp.
- Benefetti, R. y Rossini, P. 1993. On the Use of NDVI Profiles as a Tool for Agricultural Statistics: The case Study of Wheat Yield Estimates and Forecast in Emilia Romagna. *Remote Sensing of the Environment*. 45(3):311-326 pp.
- Balderrama J. & A. Ramirez. 2001. Diversidad y endemismo de aves en dos fragmentos de bosque de *Polylepis besseri* en el parque nacional tunari (cochabamba, bolivia). *Rev. Bol. Ecol.* 9: 45 – 60 pp.
- Balderrama J. 2006. Diversidad, endemismo y conservación de la ornitofauna del Parque Nacional Tunari (Cochabamba, Bolivia). *Ecología en Bolivia* 41(2):149-170 pp.
- Balderrama J., M. Crespo, R. Vargas & L. Aguirre. 2008. Descripción del nido, huevos y polluelos de *Caprimulgus longirostris atripunctatus* en el Parque Nacional Tunari, Cochabamba, Bolivia. *Kempffiana* 4(2):3-7 pp.
- Borrini-Feyerabend, G., N. Dudley, T. Jaeger, B. Lassen, N. Pathak Broome, A. Phillips y T. Sandwith. 2014. Gobernanza de áreas protegidas: de la comprensión a la acción. No. 20 de la Serie Directrices para buenas prácticas en áreas protegidas, Gland, Suiza: UICN. 123 pp.
- Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. Madrid: Ediciones RIALP 568 pp.
- CONAF. 2000. Producción de carbón vegetal a partir de residuos forestales. Corporación Nacional Forestal. 22pp.
- Chuvieco, E. 2002. Fundamentos de teledetección Espacial. Madrid: RIALP, SA.
- Capillo M. & Sánchez L. 2004. Las carboneras en el campo de salinas. Memorias de San Miguel (Carboneras).14 pp.
- Carrillo-Ávila, N., Fuentes-López, M. E., Aguilar-Sánchez., P., Flores-Velázquez, R., Ordóñez-Prado, C., Buendía-Rodríguez, E. 2012. Uso de los residuos forestales en la producción de bioenergía. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,

- Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Martinito Tlahuapan, Puebla. 30 pp.
- C. de La Paz., Domínguez J & Pérez E. 2013. Metodología SIG para la localización de Centrales de Biomasa mediante Evaluación Multicriterio y Análisis de Redes. Modelos de localización – Asignación para el Aprovechamiento de Biomasa Forestal. Informe técnico. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Madrid - España. 48 pp.
- Decreto Supremo N° 24781 (Reglamento General de Áreas Protegidas). Gaceta Oficial de Bolivia, La Paz, Bolivia, 31 de julio de 1997.
- Dudley, N. (Editor). 2008. Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. Gland. Suiza. UICN. 96 pp.
- Duarte-C., E., Emanuelli-A., P., Milla-A., F., Orellana, O., López, S., & Quiroz-H., A. 2016. Análisis de cambios de la cobertura forestal y uso de la tierra mediante imágenes satelitales de alta resolución especial: años 2009-2015. Costa Rica. 48 pp.
- Estrada T., Ordóñez-P., Rodríguez B., Enrique & Águilar 2017. Determinación de áreas aptas para el aprovechamiento de Biomasa Forestal Residual en la Umafor 1008: “El Salto”, Durango, México. Revista de Aplicación Científica y Técnica. 3-9: 1-9 pp.
- Garañeda, R.J. y Bengoa, L. 2005. Estudio de disponibilidad de biomasa en seis zonas de Castilla y León. S.E.C.F. (Ed.): La ciencia forestal: respuestas para la sostenibilidad. 4º Congreso Forestal Español. Zaragoza, Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Garate E., I Martinez, L. Bustamante, R. Aguirre & M. Siles. 2007. Regeneration patterns of *Polylepis subtusalbida* growing with the exotic trees *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus* at Parque Nacional Tunari, Bolivia. 11pp.
- Guzmán G. & A. Rodríguez. 2008. Modelos de riego y vulnerabilidad a incendios forestales, a partir de condiciones naturales y antrópicas; caso de estudio Parque Nacional Tunari. FOMAGO. Dinamarca. 40 pp.

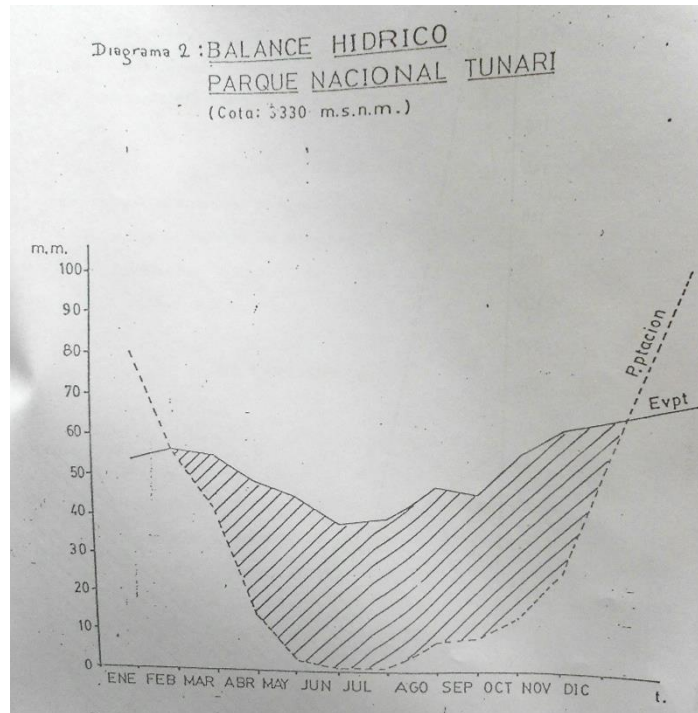
- García-Martín, A., García Galindo, D., Pascual, J., De la Riva, J., Pérez-Cabello, F. y Montorio, R. 2011. Determinación de zonas adecuadas para la extracción de biomasa residual forestal en la provincia de Teruel mediante SIG y teledetección. *GeoFocus (Artículos)*, nº 11, p. 19-50 pp.
- Ibisch P.L. & G. Mérida (eds.) 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra - Bolivia. 382 pp.
- Ley N° 133. Ley del Medio Ambiente. Gaceta Oficial de Bolivia, La Paz, Bolivia, 15 de junio de 1992. Promulgada el 27 de abril de 1992.
- López-Marrero, T., González-Toro, A., Heartsill-Scalley, T., & Hermansen-Báez, L.A. 2011. Evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica para la planificación y la toma de decisiones acerca del uso de terrenos. [Guía]. Gainesville, FL: USDA Forest Service, Southern Research Station. 8 pp.
- Malheiros D. & Paula J. 1997. Utilização de resíduosagroindustriais no processo de compostagem. 19° Congresso Brasileiro de EngenhariaSanitária e Ambiental. p. 1897-1905. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/agro.pdf>
- Machado Neto C., Custódio; P., Carvalho N., Yamamoto & Cacciolari. C. 2005. Casca de *Pinus*: avaliação da capacidade de retenção de água e fitotoxicidade. 1(1): 19 – 24. <http://revistas.unoeste.br/revistas/ca/include/getdoc.php?id=110&article=47&mode=pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua 2009. Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, La Paz, Bolivia. 571 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAYA).2012. Áreas Protegidas Subnacionales en Bolivia. Situación actual 2012. La Paz – 87pp.
- Navarro, G. & W. Ferreira. 2007. Mapa de vegetación de Bolivia a escala 1:250000. The Nature Conservancy & Rumbol, Cochabamba. CD ROM.

- Osterling, Ralph S. 1983. Managing a coastal bluegum (*Eucalyptus globulus*) forest. In: Standiford, Richard B.; Ledig, F. Thomas, technical coordinators. Proceedings of a workshop on Eucalyptus in California; 1983 June 14-16; Sacramento, CA. Gen. Tech. Rep. PSW-69. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station: 93-94 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2000. Mapa de Biomasa Vegetal Potencial de Bolivia (Preliminar). Edic. FAO-PAFBOL. La Paz – Bolivia. 24 pp.
- Oviedo, G. (Editor). 2008. Áreas protegidas desarrollo y cultura. Gland. Suiza. UICN. 3pp.
- Plan de Manejo del Parque Nacional Tunari. 2016 - 2025. Servicio Nacional de Áreas Protegidas. Cochabamba –Bolivia. Edit. Faunagua.488 pp.
- Plan de Protección del Parque Nacional Tunari. 2010. Servicio Nacional de Áreas Protegidas. Cochabamba –Bolivia. Elaborado por: Antezana A. 6 pp.
- Quinteros V. 2003. Asentamientos humanos en el Parque Nacional Tunari. Fundación Simón I Patiño. Ginebra. 11 pp.
- Rubbo R. 1998. Como se fabrica el carbón en nuestros montes. Industrias rurales. 5 pp.
- RENNER, S., VELASCO, C. (2000) Geología e Hidrogeología del valle central de Cochabamba. Recuperado en mayo 2020, de https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/TZ/Bolivia/renner_velasco.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Skolmen, Roger G.; Ledig, F. Thomas. 1990. Eucalyptus globulus Labill. bluegum eucalyptus. In: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., technical coordinators. Silvics of North America: Vol. 2, Hardwoods. Agriculture Handbook 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 299-304 pp.
- Servicio Nacional de Áreas Protegidas.2016. Atlas de Áreas Protegidas de Interés Nacional de Bolivia. La Paz Bolivia. 286 pp.
- Servicio Nacional de Áreas Protegidas. 2017. Guía para Capacitación a Comités de Gestión. La Paz, Bolivia. 8 pp.

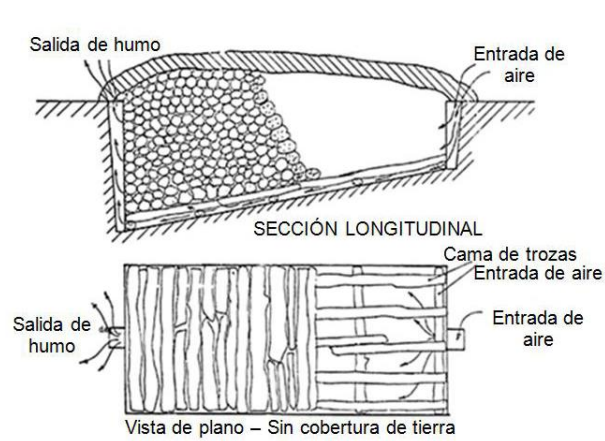
- Servicio Nacional de Áreas Protegidas. 2018. Guía para el Diseño e Implementación de Programas de Monitoreo Integral para Áreas Protegidas del SNAP. SERNAP – WCS. La Paz, Bolivia- 128 pp.
- Tropicos.2021. Enero 1. URL: <http://www.tropicos.org>
- Wiegand H. 1999. Efecto de utilización de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y guano de pavo sobre la productividad del palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass. Quillota. 131 pp.
- Xavier, A. C.; Carlos, A.; Vettorazzi, R. e Machado, E. 2004. Relação entre índice de área foliar e frações de componentes puros do modelo linear de mistura espectral, usando imagens ETM+/Landsat. Eng. Agríc. 24 (2): 421-430 pp.
- Zhang, P.; Anderson, B.; Dong Huang and Ranga Myneni. 2005. Potential monitoring of crop production using a satellite-based Climate-Variability Impact Index. Agricultural and Forest Meteorology 132(4):344 – 358 pp.
- Zárate M. 2007. Estado actual de bosque de *Polylepis subtusalbida* en el Parque Nacional Tunari de Cochabamba. Biología, ecología y conservación ambiental 21: 19-26 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Balance hídrico del Parque Nacional Tunari (CORDECO, 1986).



Anexo 2. Fosa de tierra para la realización de carbón



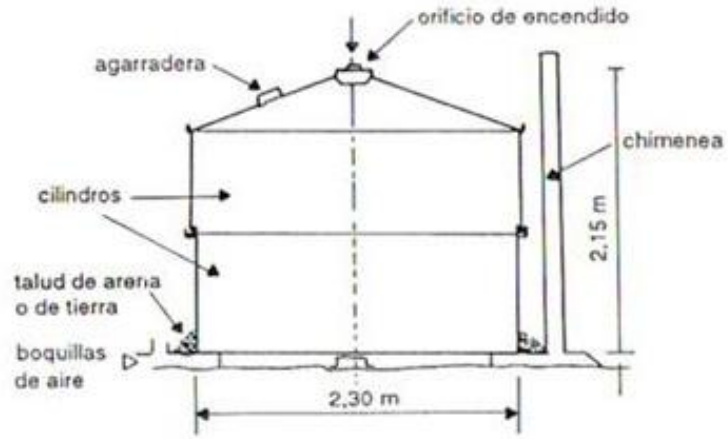
Anexo 3. Parva para la realización de carbón



Anexo 4. Horno de ladrillos para realizar carbón.



Anexo 5. Horno metálico para obtener carbón



Pacheco, G. 2005

Anexo 6. Diagrama de la extracción de trozas en pendiente.

