

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**“IDENTIFICACIÓN DE SITIOS APTOS PARA LA FORESTACIÓN EN DOS
COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE BATALLAS”**

BERNARDO COAQUIRA HILARI

La Paz – Bolivia

2011

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“IDENTIFICACIÓN DE SITIOS APTOS PARA LA FORESTACIÓN EN DOS
COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE BATALLAS”**

*Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo*

BERNARDO COAQUIRA HILARI

ASESORES:

Ing. Agr. Roberto Miranda Casas

Ing. Agr. Javier Gonzalo Quiroga Aguilar

Ing. Agr. Andrés Bustamante Mercado

TRIBUNAL

Ing. Ph. D. David Cruz Choque

Ing. Agr. Freddy Navia Dávalos

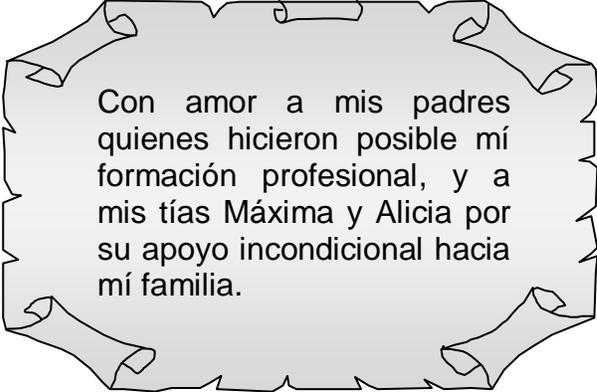
Ing. Agr. Freddy Porco Chiri

Presidente Tribunal Examinador

Aprobada

**La Paz – Bolivia
2011**

DEDICATORIA



Con amor a mis padres quienes hicieron posible mi formación profesional, y a mis tías Máxima y Alicia por su apoyo incondicional hacia mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A la casa superior de estudios, Universidad Mayor de San Andrés, por haberme abierto las puertas y acogido durante mi formación profesional, sin condición alguna.

Al personal docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz, por transmitir y compartir sus conocimientos.

A mis asesores Ing. Roberto Miranda Casas, Ing. Javier Quiroga Aguilar y al Ing. Andrés Bustamante Mercado; por su confianza, que despejaron las dudas, aporte de sugerencias y comprensión hacia mí persona.

A los miembros del tribunal revisor, Ing. Ph. D. David Cruz Choque, Ing. Freddy Navia Dávalos y al Ing. Freddy Porco Chiri; quienes por la sugerencia y enriquecimiento de la redacción y presentación del presente trabajo.

A las comunidades de Huncallani y Tuquia, por acogerme durante la ejecución del trabajo de campo de la presente tesis.

A todos mis compañeros, quienes me brindaron su apoyo desinteresado durante toda mi formación profesional, con quienes superamos malos momentos y sobre todo compartimos buenos momentos en campos experimentales de la facultad.

INDICE

| | Pág. |
|---|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. OBJETIVOS..... | 2 |
| 1.1.1. Objetivo General | 2 |
| 1.1.2. Objetivos Especificos..... | 2 |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 3 |
| 2.1. Factores de sitio..... | 3 |
| 2.1.1. Índice de sitio | 3 |
| 2.1.2. Sitio forestal | 4 |
| 2.1.3. Calidad de sitio | 4 |
| 2.1.4. Métodos para determinar la calidad de sitio | 4 |
| 2.1.5. Aptitud..... | 5 |
| 2.2. Factores edafoclimáticos para la selección de especies forestales | 5 |
| 2.2.1. Factor edáfico | 5 |
| a) Textura del suelo..... | 5 |
| b) Profundidad efectiva del suelo | 7 |
| c) Pedregosidad del suelo | 8 |
| d) Pendiente del suelo..... | 9 |
| e) Reacción del suelo (pH) | 10 |
| f) Altitud..... | 11 |
| 2.2.2. Factor climático | 12 |
| a) Precipitación | 12 |
| b) Temperatura | 14 |
| 2.3. Muestreo del suelo..... | 16 |
| 2.3.1. Profundidad del muestreo | 16 |
| 2.4. Descripción de las características de las especies forestales en estudio | 16 |
| 2.4.1. Keñua | 16 |
| 2.4.2. Quiswara..... | 18 |
| 2.4.3. Pino | 18 |
| 2.4.4. Ciprés | 19 |
| 2.5. Evaluación de las clases de Aptitud | 20 |
| 2.6. Importancia de la investigación participativa | 21 |

| | |
|---|----|
| 2.6.1. Metodologías participativas..... | 21 |
| 2.6.2. Herramientas de evaluación en la investigación participativa..... | 22 |
| 3. LOCALIZACIÓN..... | 23 |
| 3.1. Ubicación Geográfica..... | 23 |
| 3.2. Características Ecológicas..... | 23 |
| a) Clima..... | 23 |
| b) Hidrología..... | 25 |
| c) Suelo..... | 25 |
| d) Flora..... | 25 |
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 27 |
| 4.1. MATERIALES..... | 27 |
| 4.1.1. Material satelital y cartográfico..... | 27 |
| 4.1.2. Material de campo..... | 27 |
| 4.1.3. Material de laboratorio..... | 27 |
| 4.1.4. Material de gabinete..... | 27 |
| 4.2. METODOLOGÍA..... | 27 |
| 4.2.1. Pre-campo..... | 28 |
| 4.2.2. Campo – I..... | 29 |
| 4.2.3. Campo – II..... | 30 |
| 4.2.4. Post - Campo..... | 32 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 34 |
| 5.1. Aptitud edafoclimática para especies nativas..... | 51 |
| 5.1.1. Aptitud edafoclimática de la <i>Polylepis racemosa</i> , comunidad Huncallani..... | 51 |
| 5.1.2. Aptitud edafoclimática para la <i>Polylepis racemosa</i> , comunidad Tuquia..... | 53 |
| 5.1.3. Aptitud edafoclimática para la <i>Buddleja coriacea</i> , en la comunidad Huncallani..... | 55 |
| 5.1.4. Aptitud edafoclimática para la <i>Buddleja coriacea</i> , comunidad Tuquia..... | 57 |
| 5.2. Aptitud edafoclimática para especies introducidas..... | 59 |
| 5.2.1. Aptitud edafoclimática para el <i>Pinus radiata</i> , comunidad Huncallani..... | 59 |
| 5.2.2. Aptitud edafoclimática para el <i>Pinus radiata</i> , comunidad Tuquia..... | 61 |
| 5.2.3. Aptitud edafoclimática para el <i>Cupressus macrocarpa</i> , comunidad Huncallani..... | 63 |
| 5.2.4. Aptitud edafoclimática para la <i>Cupressus macrocarpa</i> , comunidad Tuquia..... | 65 |
| 5.3. Identificación de sitios aprovechables para la forestación con la participación de la comunidad..... | 67 |

| | |
|---|----|
| 5.3.1. Ubicación de sitios aprovechables para la forestación en la comunidad Huncallani. | 67 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 74 |
| 6.1. Conclusiones | 74 |
| 6.2. Recomendaciones | 77 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA..... | 78 |
| 8. ANEXOS..... | 83 |

INDICE DE CUADROS

Pág.

| | |
|---|----|
| Cuadro N° 1. Clasificación fisiográfica de la zona de estudio..... | 34 |
| Cuadro N° 2. Clase textural de las comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 35 |
| Cuadro N° 3. Clase de profundidad efectiva del suelo, comunidades Huncallani y Tuquia..... | 37 |
| Cuadro N° 4. Clase de Pedregosidad, comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 39 |
| Cuadro N° 5. Clase de Pendiente, comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 41 |
| Cuadro N° 6. Clase de pH, en comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 43 |
| Cuadro N° 7. Rango altitudinal de las comunidades Huncallani y Tuquia..... | 45 |
| Cuadro N° 8. Superficies de aptitudes para la <i>P. racemosa</i> , comunidad Huncallani..... | 52 |
| Cuadro N° 9. Superficies de aptitudes para la <i>P. racemosa</i> , comunidad Tuquia..... | 54 |
| Cuadro N° 10. Superficies de aptitudes para la <i>B. coriacea</i> , comunidad Huncallani..... | 56 |
| Cuadro N° 11. Superficies de aptitudes para la <i>B. coriacea</i> , comunidad Tuquia..... | 58 |
| Cuadro N° 12. Superficies de aptitudes para el <i>P. radiata</i> , comunidad Huncallani..... | 60 |
| Cuadro N° 13. Superficies de aptitudes para el <i>P. radiata</i> , comunidad Tuquia..... | 62 |
| Cuadro N° 14. Superficies de aptitudes para el <i>C. macrocarpa</i> , comunidad Huncallani..... | 64 |
| Cuadro N° 15. Superficies de aptitudes para el <i>C. macrocarpa</i> , comunidad Tuquia..... | 66 |
| Cuadro N° 16. Superficie disponible en la comunidad Huncallani..... | 68 |
| Cuadro N° 17. Superficie disponible en la comunidad Tuquia..... | 71 |

INDICE DE FIGURAS

Pág.

| | |
|---|----|
| Figura N° 1. Efecto de la textura del subsuelo en el crecimiento arbóreo..... | 7 |
| Figura N° 2. Comportamiento térmico (°C) en las comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 24 |
| Figura N° 3. Comportamiento pluvial (mm) en las comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 24 |
| Figura N° 4. Aceptación a la forestación por los comunarios de Huncallani..... | 67 |
| Figura N° 5. Aceptación a la forestación por los comunarios de Tuquia..... | 70 |

INDICE DE FOTOS

Pág.

| | |
|---|----|
| Fotografía N° 1 Ubicación con las autoridades de sitios aprovechables..... | 65 |
| Fotografía N° 2 Inicio de recorrido con las autoridades para ubicar sitios disponibles..... | 67 |

INDICE DE MAPAS

| | Pág. |
|--|------|
| Mapa N° 1. Ubicación de las dos comunidades en estudio, Municipio de Batallas..... | 26 |
| Mapa N° 2. Textura de suelo, en las comunidades de Huncallani y Tuquia | 36 |
| Mapa N° 3. Profundidad efectiva del suelo (cm), en las comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 38 |
| Mapa N° 4. Pedregosidad (%) en las comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 40 |
| Mapa N° 5. Pendiente (%) en las comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 42 |
| Mapa N° 6. pH en las comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 44 |
| Mapa N° 7. Altitud (msnm) de las comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 46 |
| Mapa N° 8. Temperatura (°C) en las comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 48 |
| Mapa N° 9. Precipitación (mm) en las comunidades de Huncallani y Tuquia..... | 50 |
| Mapa N° 10. Aptitud edafoclimática de la <i>Polylepis racemosa</i> en la comunidad Huncallani..... | 51 |
| Mapa N° 11. Aptitud edafoclimática de la <i>Polylepis racemosa</i> en la comunidad Tuquia..... | 53 |
| Mapa N° 12. Aptitud edafoclimática de la <i>Buddleja coriacea</i> en la comunidad Huncallani..... | 55 |
| Mapa N° 13. Aptitud edafoclimática de la <i>Buddleja coriacea</i> en la comunidad Tuquia..... | 57 |
| Mapa N° 14. Aptitud edafoclimática del <i>Pinus radiata</i> en la comunidad Huncallani..... | 59 |
| Mapa N° 15. Aptitud edafoclimática del <i>Pinus radiata</i> en la comunidad Tuquia..... | 61 |
| Mapa N° 16. Aptitud edafoclimática del <i>Cupressus macrocarpa</i> en la comunidad Huncallani..... | 63 |
| Mapa N° 17. Aptitud edafoclimática del <i>Cupressus macrocarpa</i> en la comunidad de Tuquia..... | 65 |
| Mapa N° 18. Áreas aprovechables para la forestación en la comunidad Huncallani..... | 69 |
| Mapa N° 19. Áreas aprovechables para la forestación en la comunidad Tuquia..... | 72 |

RESUMEN

El presente estudio se realizó en las comunidades de Huncallani y Tuquia, pertenecientes al Municipio de Batallas, Provincia Los Andes del Departamento de La Paz, con el propósito de identificar sitios aptos para la forestación, para lo cual fue necesario establecer factores edáficos, climáticos de los sitios de estudio y requerimiento edafoclimáticos de las especies en estudio (*Polylepis racemosa*, *Buddleja coriacea*, *Pinus radiata* y *Cupressus macrocarpa*). El objetivo de este trabajo fue evaluar sitios edafoclimáticos aptos para las especies nativas (*P. racemosa* y *B. coriacea*) y especies introducidas (*P. radiata* y *C. macrocarpa*), a través de medición de las propiedades de textura, profundidad efectiva, pedregosidad, pendiente, pH, altitud, precipitación y temperaturas. La metodología aplicada fue descriptiva y analítico, correspondiente a un orden semidetallado, para la obtención de mapas y establecer una base de datos para futuras investigaciones. Los resultados obtenidos son cuantitativos y cualitativos, refiriéndose al estado actual de la aptitud de los suelos para las especies estudiadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, mostraron en la comunidad Huncallani aptitudes como: moderadamente apta para la *P. racemosa* (87,7% en relación a la superficie) y *B. coriacea* (87,7% en relación a la superficie de la comunidad); para el *P. radiata* moderada, marginalmente y no apta (33,3%, 54,4% y 12,3% respectivamente en relación al área total de la comunidad); y para el *C. macrocarpa* marginalmente y no apta (87,7% y 12,3% respectivamente a la superficie de la comunidad).

Y en la comunidad Tuquia, se obtuvo para la *P. racemosa* moderadamente apta y no apta (45,8% y 54,2%, respectivamente en relación a la superficie); para la *B. coriacea* moderadamente apta y no apta (45,8% y 54,2% respectivamente del total del área); para el *P. radiata* moderada, marginalmente apta y no apta (35,0, 10,8 y 54,2% respectivamente del total del área de la comunidad); y para el *C. macrocarpa* marginalmente apta y no apta (45,8% y 54,2% respectivamente del total de la superficie de la comunidad)

La aceptación en la comunidad de Huncallani (52,3% del total de familias de dicha comunidad) fue mayor en relación a la comunidad de Tuquia (30% de las familias del total de la comunidad); esto se debe a que en la comunidad Huncallani existen áreas comunales que no lo utilizan en actividad agrícola debido al difícil acceso, mientras que en la comunidad Tuquia es aprovechado en actividades ganaderas y agrícolas.

SUMMARY

The present study was carried out in the communities of Huncallani and Tuquia, belonging to the Municipality of Batallas, County Los Andes of the Department of La Paz, with the purpose of identifying capable places for the afforestation, for that which was necessary to establish the factor floor, climatic of the study places and ecological requirement of the species in study (*Polylepis racemosa*, *Buddleja coriacea*, *Pinus radiata* and *Cupressus macrocarpa*). The objective of this work was to evaluate places capable efafoclimáticos for the native species (*P. racemosa* and *B. coriacea*) and introduced species (*P. radiata* and *C. macrocarpa*), through mensuration of the texture properties, effective depth, stony, slope, pH, altitude, precipitation and temperatures. The applied methodology was descriptive and analytic, corresponding to an order almost detailed, for the obtaining of maps and to establish a database for future investigations. The obtained results are quantitative and qualitative, referring to the current state of the aptitude of the floors for the studied species.

According to the obtained results, they showed in the community Huncallani aptitudes like: moderately capable for the *P. racemosa* (87,7% in relation to the surface) and *B. coriacea* (87,7% in relation to the surface of the community); for the *P. radiata*, moderate marginally and not capable (33,3%, 54,4% and 12,3% respectively in relation to the total surface of the community); and for the *C. macrocarpa* marginally and not capable (87,7% and 12,3% respectively to the surface of the community).

And in the community Tuquia, was obtained moderately for the *P. racemosa* capable and not capable (45,8% and 54,2%, respectively in relation to the surface); for the *B. coriacea*, moderately capable and not capable (45,8% and 54,2% respectively of the surface of the community); for the *P. radiata*, moderate marginally capable and not capable (35,0, 10,8 and 54,2% respectively of the surface of the community); and for the *C. macrocarpa* marginally capable and the not capable (45,8% and 54,2% respectively of the surface of the community)

The acceptance in the community of Huncallani (52,3% 52,3% of families of this community) it was bigger in relation to the community of Tuquia (30% 52,3% of families of this community); this is due to that in the community Huncallani communal surfaces that don't use it in agricultural activity due to the difficult access, exists while in the community Tuquia is taken advantage of in cattle and agricultural activities.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos importantes en la planificación es la designación de sitios aptos para un determinado y apropiado uso de las tierras. Por ello la selección de un sitio adecuado para el uso del suelo, debe estar fundamentada en una serie de criterios locales tanto biofísico como socioeconómico, que permitan el máximo de los beneficios para el usuario, la sociedad y su entorno, incluyéndose entre estos la conservación del medio ambiente (Morales y Portiño, 2008).

Para el establecimiento de plantaciones forestales es importante ubicar con claridad los objetivos que se persiguen. Estos objetivos determinan en gran medida la forma de establecer la ordenación de la plantación y de las especies a ser utilizadas.

Por lo cual es importante la participación de la comunidad, para definir lugares a forestar, sin que afecten sus actividades agrícolas.

En lugares muy fríos, con heladas y a grandes alturas, existen especies que se han mantenido gracias a su adaptación. En algunos lugares corren peligro de extinción por ser la única fuente de madera y aprovechamiento intensivo para leña o por el avance de la agricultura y ganadería.

En la clasificación de sitios, sobre todo si estos deberán destinarse a forestación, el interrogante más común es si las condiciones climáticas son apropiadas a las necesidades de las especies a plantar. Generalmente se recopila información sobre aspectos tales como: régimen de lluvias, temperatura y otros en casos especiales. Estos parámetros, junto con características edáficas, se usan frecuentemente para establecer un mosaico de sitios que encajan dentro de un código fácil de evaluación: sitios buenos, regulares y malos (FAO, 1978).

El presente trabajo, responde a la necesidad de representar lugares que se puedan forestar, sin la necesidad de afectar las áreas utilizadas en la agricultura; con algunas características generales, con el objeto de facilitar el conocimiento, tomar decisiones y planificaciones a futuro inmediato.

Por lo tanto, este estudio busca clasificar las áreas más aptas para la forestación con determinadas especies forestales en las comunidades en estudio, considerando factores edáficos y climáticos básicos. Se busca contribuir así, a la elaboración de estrategias de manejo forestal adaptativo. El estudio alinea cuatro especies forestales: *Polylepis racemosa*, *Buddleja coriacea*, *Pinus radiata* y *Cupressus macrocarpa*.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

- Identificar sitios aptos para la forestación a partir de criterios edafoclimáticos, en dos comunidades del Municipio de Batallas del Departamento de La Paz

1.1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar sitios edafoclimáticos aptos para fines forestales nativas: *Polylepis racemosa* y *Buddleja coriacea* en dos comunidades del municipio de Batallas.
- Evaluar sitios edafoclimáticos aptos para las especies forestales introducidas: *Pinus radiata* y *Cupressus macrocarpa* en dos comunidades del municipio de Batallas.
- Identificar zonas aprovechables para la forestación con la participación de la comunidad.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Factores de sitio

De las Salas (1987), clasifica a los factores edáficos limitantes en la clasificación de sitios forestales, como la textura del suelo, la profundidad efectiva, el pH, la pedregosidad y la resistencia del suelo a la erosión.

Según De las Salas (1987), señala que existen factores que influyen en la calidad del sitio para plantaciones forestales, estos son: textura, nivel de capa freática, profundidad efectiva, contenido de piedras, pendiente y el pH; en cuanto al clima señala que la temperatura, precipitación y humedad ejercen en forma directa sobre la vegetación. Estos factores califican como determinantes de una condición de sitio, según la zona seleccionada para plantar.

Los estudios edafológicos son considerados como un medio útil para evaluar la aptitud forestal, constituyéndose uno de los factores que inciden en el crecimiento forestal junto con los climáticos y los biológicos (Fernández *et al.*, 1994).

Autores como Donoso (1981), indican que los factores precipitación y temperatura son los que tienen mayor influencia en la distribución y el crecimiento de los bosques; aunque encontraron relaciones entre la precipitación y el crecimiento que es un factor que por sí solo es de poco valor como indicador de la productividad del sitio, debido a que éste es afectado por las características del suelo y la topografía, y que interactúan con la temperatura.

2.1.1. Índice de sitio

El índice de sitio, se determina midiendo el crecimiento anual en altura promedio de los árboles de una especie determinada. Esto permite el establecimiento de curvas de crecimiento, mediante la correlación altura/edad. Este índice es válido sólo para cada una de las especies estudiadas (Carrisón, 1990).

Este índice de sitio está definido por varios autores como Prodan *et al.* (1997) entre otros, de la siguiente manera: es la altura dominante que puede alcanzar un rodal, a una edad determinada.

2.1.2. Sitio forestal

Según Carrisón (1990), define como un área de tierra y los factores climáticos, del suelo y bióticos que constituyen su medioambiente y que, en conjunto, determinan la capacidad del área para desarrollar árboles u otro tipo de vegetación. El sitio incluye espacio físico que ocupa un bosque o un rodal, y del medioambiente que le da sus características de crecimiento y desarrollo.

2.1.3. Calidad de sitio

Según Carrisón (1990), la calidad de sitio, está determinado por el efecto combinado de factores como el clima, el suelo, la exposición, por lo tanto se puede definirse como la capacidad de un área para soportar el crecimiento de los árboles, siendo la suma de los componentes edafológicos, biológicos y climáticos que actúan sobre dicho crecimiento.

La capacidad productiva de un determinado lugar se conoce como calidad de sitio, donde sitio está definida por un complejo de factores bióticos y abióticos, y su calidad es el resultado de la interacción de los factores ambientales (suelo, clima, etc.) y a la vegetación existente. (Broquen, 1987).

Prodan *et al.* (1997), define a la calidad de sitio como la capacidad de un área determinada para el crecimiento de árboles. Respuesta en el desarrollo de una determinada especie, a la totalidad de las condiciones ambientales existentes en un determinado lugar.

2.1.4. Métodos para determinar la calidad de sitio

Echeverría *et al.* (2006), señalan dos métodos para clasificar la calidad de sitio: Métodos directos, donde es estimada en función de datos históricos de rendimientos

en volumen, crecimiento en altura dominante, en bosques naturales, con plantaciones ya establecidas, y el método indirecto que clasifica sitios donde aún no hay plantaciones, los cuales utilizan relaciones entre especies, factores edáficos, topográficos y climáticos.

2.1.5. Aptitud

El término “apta” se refiere a una condición ecológica en donde se puede desarrollar la especie o la plantación forestal de la misma, pero que no logra el máximo potencial. El término “optimo”, se refiere a las condiciones edafoclimáticas en las que la especie logra máximos rendimientos de volumen y calidad de la madera. (Cervi *et al.*, 2006).

2.2. Factores edafoclimáticos para la selección de especies forestales

Según Cervi *et al.* (2006), señalan al termino edafoclimático, como relativo al suelo y al clima, donde las exigencias patrones para cada especie son suelo, lluvia, temperatura e influencia de la altitud sobre las variables climáticas.

2.2.1. Factor edáfico

Entre los factores que se consideran como determinantes, están la profundidad efectiva del suelo y la pendiente del terreno; adicionalmente se considera a la pedregosidad y el drenaje superficial como factores que en forma temporal o permanente pueden modificar la capacidad de uso de la tierra. Estos cuatro factores son los que definen la aptitud física para el crecimiento, manejo y conservación de una unidad de tierra cuando se utiliza para propósitos específicos como usos de naturaleza forestal y agroforestal (Rodas, 1996).

a) Textura del suelo

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las diversas partículas minerales, como arena, limo y arcilla, en el suelo; influye en la estructura del suelo y la aeración; retención de agua y drenaje; capacidad del suelo para retener, intercambiar y fijar nutrientes; penetrabilidad de las raíces y brote de las plántulas. (Raymond, 1991).

La textura, como regla general, los suelos francos son más favorables para crecimiento del bosque que cualquier otro arenoso grueso o arcilloso fino. (De las Salas, 1987).

Según la experiencia adquirida por De las Salas (1987), indica que suelos profundos arenosos y gruesos generalmente soportan plantaciones forestales relativamente pobres (caso del pino en Colombia).

Suelos Arcillosos

Según Raymond *et al.* (1981), señalan que los suelos con altos porcentajes de arcilla (más de 40%) tienen problemas especiales, por los grandes cambios de volumen que ocurren cuando se seca y se humedece, su pegajosidad y plasticidad y sus excepcionales capacidades de retención de agua.

Los suelos arcillosos tienen una textura “pesada” y pueden mantener más agua y minerales pero menos aire que los suelos arenosos. (Stephen *et al.*, 1982).

Suelos Arenosos

También Raymond *et al.* (1981), señalan que los suelos con más de 85 a 90% de arena son clasificados texturalmente como arenas o arenosos francos. Estos suelos tienen dos grandes problemas: baja fertilidad y retención inadecuada de agua.

Según Stephen *et al.* (1982), los suelos arenosos tienen una textura “ligera” y pueden mantener menos agua y minerales pero más aire que los arcillosos.

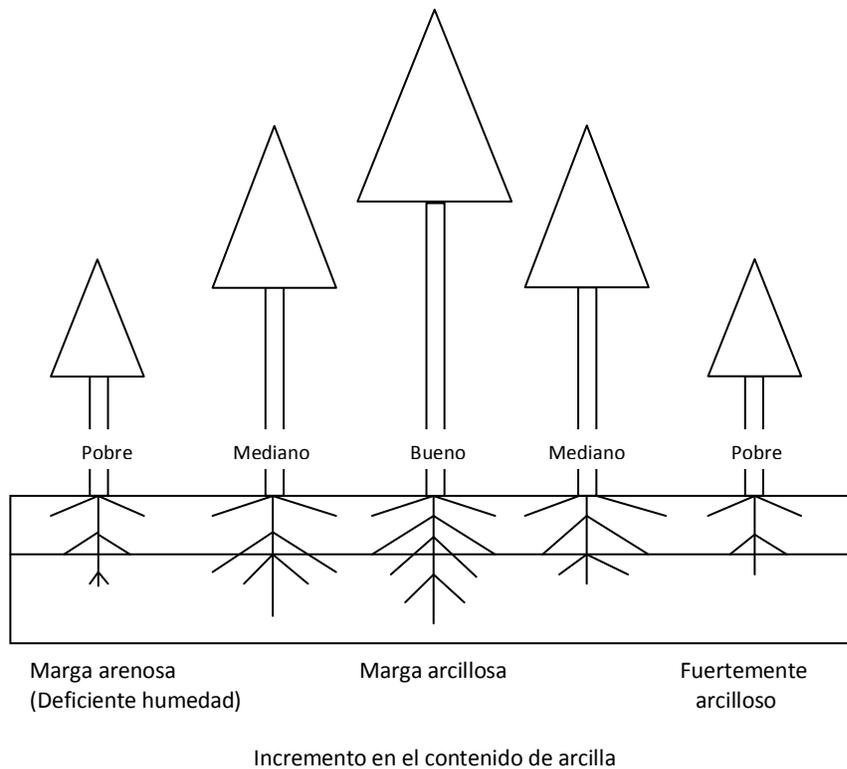
a.1. Importancia de la textura en el desarrollo de los árboles

La textura del suelo es una consideración importante en la reforestación, en la selección del tratamiento y sistemas silvícolas (Raymond, 1991).

Según Stephen *et al.* (1982), señalan que, físicamente, la textura del suelo regula los espacios porosos y consecuentemente determina la capacidad de almacenamiento tanto del aire como del agua del suelo. Las mejores condiciones tanto para la absorción como para la retención de agua y aire, son mezclas de arenas finas y materia orgánica. Las margas bien balanceadas representan la textura de los suelos

más favorables en la mayor parte de las condiciones climáticas forestales. (Figura N° 1).

Figura N° 1. Efecto de la textura del subsuelo en el crecimiento arbóreo



Fuente: Zahner (1957) citados por Stephen *et al.* (1982).

b) Profundidad efectiva del suelo

El volumen de suelo disponible para las raíces, dado por la profundidad efectiva, influye en el crecimiento del árbol, hasta el punto de que puede afectar el suministro de nutrimentos y humedad, el desarrollo adecuado de raíces y su soporte contra el viento. (De la Salas, 1987).

Gallegos (1997), señala que el dato de la profundidad del suelo, permite conocer las condiciones de alimentación mineral y el aprovechamiento hídrico. La ausencia de obstáculos no significa que el enraizamiento será ideal; un cambio textural importante podría limitarlo sin que sea considerado por esta razón como un obstáculo.

Rodas (1996), se refiere a la profundidad máxima del suelo susceptible de ser penetrada por sistemas radiculares de plantas, nativas o cultivadas, dentro de toda la gama de usos agropecuarios y forestales posibles. No se considera parte de la profundidad efectiva horizontes R o capas endurecidas en forma natural o por efectos de labranza. Considera como limitante de la profundidad, a las capas endurecidas, cuya dureza no permitan la penetración de las raíces, también señala que está limitada por capas freáticas cercanas a la superficie de suelo.

b.1. Importancia de la profundidad efectiva en el desarrollo de los árboles

En un suelo profundo las plantas resisten mejor la sequía, ya que a más profundidad mayor capacidad de retención de humedad. De igual manera, la planta puede usar los nutrimentos almacenados en los horizontes profundos del subsuelo, si éstos están al alcance de las raíces. La profundidad de 0.60 m, es la mínima recomendable con vistas a la producción comercial de especies, tales como los cítricos y forestales (De la Salas, 1987).

c) Pedregosidad del suelo

Las piedras pueden ocupar una porción considerable del volumen del suelo y reducir el almacenamiento de agua en el suelo y el crecimiento de los árboles y cultivos.

Gallegos (1997), señala que uno de los factores que influyen, son los obstáculos físicos superficiales, que pueden interferir con las labores y desarrollo de las plantas, como pedregosidad y afloramiento rocoso. Una presencia importante de piedras a poca profundidad de sustrato implica mayores trabajos en el suelo.

c.1. Influencia de la pedregosidad en el desarrollo de los árboles

Según Quiróz (1999), menciona que la pedregosidad afecta al desarrollo radical, disminuye la fertilidad, retención hídrica del suelo y actividad biológica de la masa del suelo.

d) Pendiente del suelo

El tratamiento de los factores del suelo no estaría completo sin considerar la característica topográfica de la localización, su inclinación y su aspecto.

El suelo y la topografía se encuentran estrechamente relacionados el uno con el otro. La topografía afecta la profundidad del suelo, el desarrollo del perfil y la textura y estructura de la superficie del suelo y subsuelo, influenciando de esta manera la composición, desarrollo y productividad del bosque. (Stephen *et al.*, 1982).

También Stephen *et al.* (1982), señalan que las buenas localizaciones forestales con buenas condiciones que se encuentran en una elevación moderada, normalmente contienen más árboles y producen mayores cultivos por hectárea, que aquellas con propiedades similares que se encuentran a nivel.

Según De las Salas (1987), señala que los suelos de ladera varían mucho debido a los contrastes climáticos, fisiográficos y geológicos. Un uso que exponga la superficie del suelo a la acción directa de la lluvia y el viento, favorecerá el desarrollo del proceso erosivo. También señala que en las cordilleras andinas, la pendiente juega un papel importante en el establecimiento y manejo de plantaciones.

d.1. Influencia de la pendiente en el desarrollo de los árboles

Según Padilla (2005), señala lo siguiente:

- Las partes altas tienen mayor escurrimiento y drenaje, lo que influye en una mayor sequedad.
- La insolación sobre el suelo es variada lo que determina la temperatura y la humedad del suelo.
- Tiene influencia sobre la luz, vientos y nieve.
- Influencia directamente sobre el contenido de agua en el suelo.
- En suelos poco profundos y de fuerte pendiente, los árboles son delgados.

e) Reacción del suelo (pH)

La acidez o la alcalinidad de una solución de un suelo a menudo se miden de acuerdo con el pH; un pH menor de 7 indica una solución ácida, en tanto que un pH entre 7 y 14 indica una solución alcalina. El pH es sumamente importante en los suelos forestales, porque influyen en la población microbiana del suelo, la disponibilidad de fósforo, de calcio y elementos residuales (Raymond, 1991).

Según Plaster (2005), la reacción del suelo describe la acidez o alcalinidad de un suelo. El pH del suelo resulta de la interacción de los minerales del mismo (iones en solución) y el intercambio de catión. En condiciones más simples, el pH está producido por la reacción del agua y de las bases de calcio, magnesio y sodio para formar iones de hidroxilo.

e.1. Efecto del pH en el desarrollo de los árboles

Cada planta crece mejor en un rango de pH específico. La mayoría de las plantas que crecen en suelos minerales se desarrollan bien en un pH con rango entre 6,0 – 7,0. Para suelos orgánicos, la mayoría de las plantas prefieren un pH de 5,5 a 6,0 (Plaster, 2005).

Plaster (2005), resalta dos efectos del pH en las plantas:

- El efecto del pH en la disponibilidad de nutrientes: Las plantas pueden ser capaces o no de usar elementos en sus formas combinadas. Las reacciones están controladas por el pH. Cuando el pH del suelo cae por debajo del 5,8, el fósforo reacciona con el hierro para producir un compuesto de hierro insoluble. Por encima de un pH 6,0 la reacción tiende a invertirse a fósforo libre. A un valor de pH alto, el fósforo reacciona de la misma forma con el calcio. Por consiguiente, el fósforo es el más disponible para las plantas entre un pH de 6,0 y 7,0.
- Toxicidad del elemento y el pH: Con un pH por debajo aproximadamente de 5,5, el aluminio empieza a abandonar la estructura de arcilla de silicato. Altos niveles de

aluminio soluble en el suelo son perjudiciales para las plantas, por lo que la toxicidad del aluminio limita el crecimiento en un suelo fuertemente ácido.

f) Altitud

Cuanto mayor sea la elevación, mayor será también el área superficial por hectárea o cualquier otra unidad de medida considerada horizontalmente. Por esta razón, las buenas localizaciones forestales con buenas condiciones que se encuentran en una elevación moderada normalmente contiene más árboles y producen mayores cultivos por hectárea, que aquéllas con propiedades similares que se encuentran a nivel. (Stephen *et al.*, 1982).

f.1. Acción indirecta de la altitud sobre los árboles

Stephen *et al.* (1982), indica que toda acción fisiográfica producida, por efecto de la altitud sobre el nivel del mar, en todas las regiones climáticas tienden a generar alteraciones, pero los efectos son más significativos con la altura, por acción de la radiación solar, la temperatura del suelo y la atmósfera menos densa, lo que influye en la vegetación, con las siguientes características:

- El crecimiento de los árboles en altura es menor.
- El incremento en área basal, no es tan significativo como el incremento en altura.
- Los periodos de desarrollo se hacen más largos en la altura que en las partes bajas. A mayor altura mayor número de años para conseguir la maduración.
- Influye en la forma de los tallos, generalmente más cónicos en la altura y cilíndricos en las zonas bajas.
- La copa de los árboles es baja, y calidad de madera menor.

2.2.2. Factor climático

Otro de los componentes en la elección de sitios que aseguren una buena producción según Nina (1999), es el clima, donde la temperatura y la precipitación óptima son importantes para ejecutar plantaciones forestales.

Según Gallegos (1997), menciona que el clima es el conjunto fluctuante de elementos físicos, químicos y bióticos, que caracterizan la atmósfera de un lugar y afecta la vida de los seres que ahí habitan. Es una herramienta importante para la gestión y que permite realizar análisis de las influencias que distintos escenarios de cambio climático pueden tener en la productividad de ecosistemas forestales.

Nina (1999), por otra parte, señala que en la actualidad los cambios climáticos pronosticados a corto y mediano plazo pueden ser beneficiosos o perjudiciales para el crecimiento de los árboles. El aumento del CO₂ y la elevación de la temperatura pueden favorecer el incremento de la tasa de crecimiento, pero la insolación y la sequía pueden reducirla.

Gallegos (1997), reporta que el estudio de las características climáticas de un medio se realiza a través del análisis de la distribución anual de algunos parámetros: precipitación, temperatura y radiación; estos parámetros determinan la amplitud del periodo de crecimiento de las plantas.

a) Precipitación

La precipitación influye sobre el desarrollo del suelo y sobre la fisionomía de la vegetación. (De las Salas, 1987).

En días secos, las necesidades de agua serán mayores que en días húmedos, análogamente, en días ventosos, dichas necesidades serán mayores que en días de calma; las mayores necesidades de agua por las plantas se producen en áreas cálidas, secas, ventosas y soleadas, y por el contrario los valores más bajos se dan en zonas frías, húmedas, nubosas y con vientos suaves. (Peñaranda *et al.*, 2003).

Influencia de la precipitación en los árboles

Según Gandullo (1985), señala que cada formación vegetal tiene unas necesidades de agua mínimas para su existencia y desarrollo, que varían con la cantidad de biomasa característica y con su propia fisiología (no todas tienen las mismas necesidades hídricas para completar su ciclo anual de desarrollo).

En relación con la cantidad de biomasa, es fácil comprender que las formaciones arbóreas son las que mayores necesidades tienen y por tanto presentan un límite de precipitación anual superior al resto de las formaciones, que enumeradas en orden de necesidad hídrica decreciente son: arbustos, matorrales y herbáceas anuales. (Gandullo, 1985)

Distribución de las precipitaciones en Bolivia

Montes de Oca (1995), menciona que en Bolivia la estación lluviosa es en el verano. Un total de 60 a 80% de las precipitaciones se presentan durante los cuatro meses más lluviosos de diciembre a marzo; la estación seca, donde puede llover de 0 a 20% en otoño, invierno y primavera con un mínimo en mayo a julio.

Una zona seca con una precipitación entre 100 a 300 mm en el altiplano sur y central; la zona aledaña al lago Titicaca tiene entre 510 a 700 mm de lluvia; en la cordillera de los Andes llueve entre 400 a 1000 mm; la lluvia aumenta hacia el oriente del país donde se tiene valores de 1200 a 1700 mm (Montes de Oca, 1995).

Según Callisaya (2010), en la comunidad San Calixto “Suriquiña” en el sector Peñas del municipio de Batallas, señala que presenta cinco meses con lluvias considerables (mayor a 11 mm/mes), sumando un total de 181 mm, representando el 62,5% de la precipitación total de la zona de estudio, mientras que el 37,5% se distribuye en los demás meses.

Método de las isoyetas

Según Alfredo (1981), reporta que el método de las isoyetas gráficas permite obtener el promedio de una precipitación específica o de una tormenta, sobre un área determinada; cuando se cuenta con estaciones bien distribuidas y registro suficiente como para trazar las curvas de igual precipitación (isoyetas).

Ledesma (2001), menciona que el método más cómodo y seguro para calcular la precipitación media en el área, es el método de las isoyetas (del griego iso igual, yeto lluvia), que son líneas de igual precipitación.

b) Temperatura

Según De las Salas (1987), menciona que en general los aumentos en la temperatura ambiente implican: Mayor profundidad del suelo, acumulación de sales en regiones áridas, colores más rojos por acumulación de hierro en regiones húmedas, mayor cantidad de arcilla. La temperatura influye sustancialmente en el incremento o disminución de la materia orgánica del suelo superior, y su tasa de descomposición disminuye con la altitud y aumenta hacia la región tropical.

Peñaranda *et al.* (2003), determinan, de acuerdo a sus registros anuales, los siguientes climas:

- a) Tórrido, cuando la temperatura media anual es superior a 25 °C.
- b) Tropical, cuando la temperatura media anual es variable entre 20 y 25 °C.
- c) Subtropical, cuando la temperatura media anual es variable entre 18 y 20 °C.
- d) Templado, cuando la temperatura media anual es variable entre 15 y 20 °C.
- e) Frío, cuando la temperatura media anual es variable entre 5 y 15 °C.
- f) Glacial, cuando la temperatura media anual es inferior a 5 °C.

Se desprende la importancia del conocimiento de las temperaturas máximas y mínimas, sí se tiene en cuenta que para cada especie vegetal existe un valor térmico mínimo (debajo del cual el crecimiento vegetativo es deficiente o nulo), uno máximo (que acarrea

consecuencias similares si se sobrepasa) y, otro óptimo comprendido entre ambos y que representa la temperatura ideal que necesita el vegetal. (Peñaranda *et al.*, 2003).

Influencia del temperatura en el desarrollo de los árboles

Gandullo (1985), menciona que cada especie vegetal precisa de una determinada cantidad de energía para desarrollar su ciclo vegetativo, así como la acumulación de cierta cantidad de energía para iniciar su actividad tras un periodo de reposo. Estas necesidades son mayores en las formaciones arbóreas y menores en las herbáceas.

Las bajas temperaturas (*heladas*) provocan daños en los órganos de los vegetales, como deshidratación de las células por congelación del agua, lo que provoca un efecto parecido a la marchitez por escasez de agua, daños físicos en las membranas celulares por desgarramiento provocado por los cristales de hielo (Gandullo, 1985).

Distribución espacial de las temperaturas en Bolivia

Montes de Oca (1995), indica que en Bolivia la distribución de las temperaturas medias es una función de la altitud; varía anualmente desde cerca de 25° en los llanos, hasta 18° en los valles y 10 °C en el altiplano. En el Altiplano, en zonas de altitud inferior a 4000 m, las temperaturas medias anuales están comprendidas entre 7° y 10°C. En los alrededores del lago, son superiores a los 8°C.

Una región fría correspondiente a la zona cordillerana y altiplánica con temperaturas medias anuales entre 5 a 10 °C. Una región templada con 10 a 20 °C que corresponde a la zona de los valles y una región calurosa con temperaturas del orden de 20 a 26 °C (Montes de Oca, 1995).

Según Callisaya (2010), menciona que el valor de la temperatura mínima más baja se registró en el mes de agosto (-11,7°C) y la más alta (7,3°C) en el mes de enero de 2009, en la estación que se instaló en la comunidad San Calixto "Suriquiña" del municipio de Batallas.

Método de Isotermas

Las isothermas son líneas que pasan por todos los puntos de la Tierra, de igual temperatura normal anual, que simplifican y sintetizan valores facilitando la interpretación y distribución geográfica de la temperatura; las formas irregulares de las isothermas anuales se deben a la altitud, distribución de tierras y mares, y a las corrientes marinas. (Mariscal, 1992).

2.3. Muestreo del suelo

Porta *et al.* (1994), en estudios a semidetalle se realiza a una escala de 1:25.000 – 1:100.000, recomienda realizar una observación por cada 100 ha; Moreno (1989) adicionalmente a lo señalado, también menciona que una muestra por cada suelo diferente y una muestra por cada 500 ha de un mismo suelo.

2.3.1. Profundidad del muestreo

Según Plaster (2005), señala que para los campos cultivados mediante un laboreo convencional se deben retirar muestras de los 15 a 25 cm superiores del suelo; Para pastos solo se necesitan 5 a 8 cm de profundidad de muestreo; Por otro lado, también señala para las plantaciones de árboles pueden necesitar un muestreo a una profundidad de 30 a 45 cm.

2.4. Descripción de las características de las especies forestales en estudio

La información de las características de las especies utilizadas para este estudio, se extrajeron de la revisión bibliográfica y comparativa de varios autores como ser: Borter (1994), Reynel *et al.* (1990), Borel y Aguilar (1994), debido a la información diferenciada entre los autores.

2.4.1. Keñua

Familia: Rosacea

Especie: *Polylepis racemosa*

Nombres comunes: Keñua, Qewiña, Q'euña, Queñua.

Descripción general del árbol: Árbol de mediano tamaño, de 4 a 10 metros de altura, robusto, tortuoso y achaparrado, con el fuste algo revirado, puede ser único o con varios tallos, tiene abundante ramificación que muchas veces nace de la base del tronco. La corteza es de color rojizo a marrón-amarillento brillante. (Borel y Aguilar, 1994).

Distribución y requerimientos ecológicos de la Keñua

La especie se encuentra en los andes del Ecuador (Centro y Sur), Perú y Bolivia. (Nina, 1999).

Borter (1994), menciona que su rango altitudinal varía de los 2800 a 4900 m.s.n.m. Se pueden observar en zonas de temperaturas medias anuales de 3 a 12°C. Es una especie que soporta condiciones extremas de temperatura y altitud. Esta especie se distribuye entre los pisos montano y páramo Sub Alpino.

En cuanto a la precipitación varía desde los 250 a 2000 mm anuales, distribuidos en 6 – 7 meses, lo que significa que es una especie bastante resistente a la sequía, sin embargo requiere de humedad para su buen desarrollo. Es resistente a heladas y puede prosperar tanto en laderas expuestas a vientos como en hondonadas y zonas abrigadas (Borter, 1994).

Suelos: No es exigente puede crecer en forma natural en una amplia gama de suelos desde los superficiales con afloramiento rocoso en laderas pedregosas, hasta en fondo de valles y quebradas en suelos profundos, se desarrolla en suelos residuales a partir de areniscas y de topografía quebrada. Su rusticidad es tal que puede llegar a crecer hasta en grietas de rocas, pero prefiere suelos ligeramente ácidos y de textura mediana (Borter, 1994).

Usos: La madera es dura, pesada, de color rojizo. Se utiliza en la fabricación de instrumentos de labranza, construcción, leña, artesanía y juguetería (Nina, 1999).

2.4.2. Quiswara

Familia: Buddlejaceae

Especie: *Buddleja coriacea*

Nombres comunes: Kishuara, kolli, Colle, Quiswara, Quishuara, Quishuar.

Descripción general del árbol: Es un árbol robusto que varía desde los 2 a los 12 metros de altura, siendo el crecimiento promedio de 5 m. Es de fuste recto a veces nudoso y tortuoso, de corteza agrietada de color grisáceo – ocre. La copa es amplia y globosa con mucha ramificación desde el suelo. El follaje es denso, de ramificación simpodial, dicotómica, nudosa y que comienza desde la base. (Borel y Aguilar, 1994).

Distribución y requerimientos ecológicos de la Quiswara

Es una especie que se encuentra distribuida en los Andes del Ecuador, Perú y Bolivia. (Nina, 1999).

Su rango altitudinal varía desde los 3000 a 4250 m.s.n.m. con una temperatura media anual de 3 a 10 °C, aunque existen opiniones divergentes al respecto. Ocupa parte de las siguientes formaciones ecológicas, estepa montana (E – M), bosque húmedo – Montano (bh – M) y bosque muy húmedo – Montano (bmh – M), adaptado a periodos de sequía más o menos prolongados (Borner, 1994).

Suelos: Esta especie es muy plástica en cuanto a suelos (profundidad y acidez). Su plantación se recomienda en suelos de escasa pedregosidad y con textura franco a franco arenoso (Borner, 1994).

Usos: Es una madera de excelente calidad y muy durable, utilizada en construcciones, en la elaboración de herramientas agrícolas, leña, en la artesanía como también en la utilería. Sus rebrotes se utilizan bastante como varas para la construcción de techos de sus viviendas (Nina, 1999).

2.4.3. Pino

Familia: Pinaceae

Especie: *Pinus radiata*

Nombre común: Pino radiata, insigne, monterrey.

Descripción general del árbol: Es un árbol de excelente forma pudiendo alcanzar alturas hasta los 40 m con crecimientos medios de 1,5 a 3 cm anuales de diámetro. (Reynel *et al.*, 1990).

Distribución y requerimientos ecológicos del Pino

El pino radiata crece en una gran diversidad de ambientes. Proviene de la costa de California, es una especie que se adapta a condiciones climáticas y suelos diferentes. (Nina, 1999).

Puede vivir con precipitaciones relativamente bajas, pero prospera indiferente a las condiciones del suelo pudiendo ocupar terrenos improductivos abandonados por la agricultura en la cual la recuperación de la vegetación nativa es difícil. En la práctica ha demostrado poseer buenas aptitudes de crecimiento y desarrollo en diferentes tipos de suelo, excepto en los sitios muy secos, en suelos pantanosos y en lugares con abundantes nevadas y temperaturas más allá de los 7°C bajo cero (Reynel *et al.*, 1990).

Los crecimientos óptimos se encuentran con temperaturas mínimas no inferiores a los 5°C bajo cero y precipitaciones anuales medias entre 500 a 1000 mm, en suelos con texturas de medias a pesadas y con un pH de ácido a neutro (Reynel *et al.*, 1990).

Usos: La madera de pino se utiliza en la construcción, muebles, chapas, postes, celulosa, artesanía, mangos de herramientas, leña y otros (Nina, 1999).

2.4.4. Ciprés

Familia: Cupressaceae

Especie: *Cupressus macrocarpa*

Nombre común: Ciprés

Descripción general del árbol: El ciprés es un árbol originario de California, tiene abundantes ramas, copa bien tupida, su desarrollo alcanza unos 30 metros de altura, con diámetros considerables hasta más de 1 metro, resiste bien las temperaturas bajas

y épocas secas, es bastante rústico y de un crecimiento moderadamente rápido, se encuentra en diferentes pisos altitudinales. (Arias, 2008).

Distribución y requerimientos ecológicos del Ciprés

Se distribuye naturalmente en Norteamérica sobre las costas de California. Se encuentra en diferentes niveles altitudinales, desde 2000 a 4000 msnm en el cual tiene un desarrollo relativamente satisfactorio, con una precipitación de 700 a 1600 mm/año. Una temperatura media anual de 14 a 20° C. (Reynel *et al.*, 1990).

Suelos: Desarrolla en suelos profundos con buen drenaje y tolera suelos moderadamente salinos. (Reynel *et al.*, 1990).

Usos: Para construcciones y mueblería. La planta sirve para la formación de cortinas rompevientos, cercos vivos y para fines ornamentales (Arias, 2008).

2.5. Evaluación de las clases de Aptitud

Según el CLAS (2006) para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Naturales en base al MDSP (2000), se tiene las siguientes clases:

1: Apto, sin limitaciones, tierras sin limitaciones significativas para la producción sostenible de un determinado tipo de utilización aplicando las prácticas de manejo correspondientes. Existe un mínimo de restricciones que no reducen el desarrollo en forma significativa; se clasifica en el derecho de uso de la tierra como **permitida**.

2: Moderadamente Apto, con algunas limitaciones, tierras que presentan limitaciones moderadas para la producción sostenible de un determinado tipo de utilización con las prácticas de manejo correspondientes.

Las limitaciones reducen la productividad o los beneficios. Esto obliga a aplicar insumos a un nivel que reduce las ventajas globales del uso. Aunque todavía atractivas, estas ventajas son sensiblemente menores que las correspondientes a la clase de aptitud.

Según la Guía Metodológica del Ordenamiento Territorial del MDSP se clasifica en el derecho de uso de la tierra como **permitida**.

3: Marginalmente Apto, con limitaciones severas, tierras que presentan limitaciones fuertes para la producción sostenible de un determinado tipo de utilización, con las prácticas de manejo correspondientes. Estas limitaciones disminuyen el desarrollo o los beneficios por el aumento de los insumos necesarios cuya eficiencia es reducida. Los costos son justificados marginalmente.

Según la Guía Metodológica del Ordenamiento Territorial del MDSP se clasifica en el derecho de uso de la tierra como **limitada**.

4: No Apto, tierras cuyas condiciones excluyen una producción sostenible del tipo de utilización considerada.

Según la Guía Metodológica del Ordenamiento Territorial del MDSP se clasifica en el derecho de uso de la tierra como **prohibida**.

2.6. Importancia de la investigación participativa

Definición de participación: “el proceso por el cual las personas y entidades que tienen un interés legítimo (stakeholders) ejercen influencia y participan en el control de las iniciativas de desarrollo y en las decisiones y recursos que los afectan.” (Roura *et al.*, 1999)

Roura *et al.* (1999) mencionan que para obtener un mayor probabilidad de opción de tecnologías, es indispensable tomar en cuenta el criterio del agricultor durante la investigación, este hecho ahorraría tiempo y dinero en las entidades de investigación y lo que es más importante, las tecnologías generales serán utilizadas por los usuarios al ser ellos artífices de su desarrollo.

2.6.1. Metodologías participativas

Según Roura *et al.* (1999), existen las siguientes metodologías:

- Diagnostico (Diagnostico Rural Participativo, Diagnostico Rural Rápido).
- Planificación (Planificación Comunitaria Participativa)
- Capacitación (Capacitación en talleres)
- Investigaciones (Investigación Acción Participativa)
- Evaluación (Evaluación Rural Participativa)

2.6.2. Herramientas de evaluación en la investigación participativa

Roura *et al.* (1999) mencionan que los agricultores opinan libremente sobre cada alternativa, cuyo propósito es lograr que ellos piensen en voz alta como si estuviesen evaluando una nueva tecnología por cuenta propia, el investigador ayuda a precisar sus respuestas; anotando exactamente lo que el agricultor opina, respetando de esta manera sus palabras.

Roura *et al.* (1999) señalan que la forma en que se instrumenta la participación en el proyecto es muy variada. En términos generales podemos establecer los siguientes instrumentos:

- *Reuniones del proyecto y audiencias públicas.* La reunión de los involucrados en el proyecto -beneficiarios directos, técnicos, agentes gubernamentales, ONGs, etc.- en reuniones públicas es un mecanismo muy utilizado. La discusión de temas conflictivos y el compartir preocupaciones y opiniones permite enriquecer las actividades del ciclo de vida del proyecto.
- *Talleres y otras actividades de capacitación y difusión de información:* Estas actividades son típicas en los proyectos de desarrollo rural. Su efecto para promover la participación aumenta cuando tienden a abandonar la forma clásica de expositor oyentes. Una forma particularmente eficaz de difusión de técnicas e intercambio de ideas es la de talleres donde los campesinos comparten sus experiencias.

3. LOCALIZACIÓN

3.1. Ubicación Geográfica

El municipio de Batallas, está localizado al Noreste del departamento de La Paz, a una distancia aproximada de 58 km de la ciudad de El Alto a través de la carretera asfaltada La Paz-Copacabana (PDM-Batallas, 2006-2010).

Desde el punto de vista geográfico, la comunidad Huncallani se localiza entre las coordenadas 552401 m en X y 8213748 m en Y, y la comunidad Tuquia se localiza en las coordenadas 557099 m en X y 8207219 m en Y, con una altitud entre 3900 a 4400 msnm (I.G.M., 1999). En el Mapa N° 1, se detallan las comunidades de estudio.

3.2. Características Ecológicas

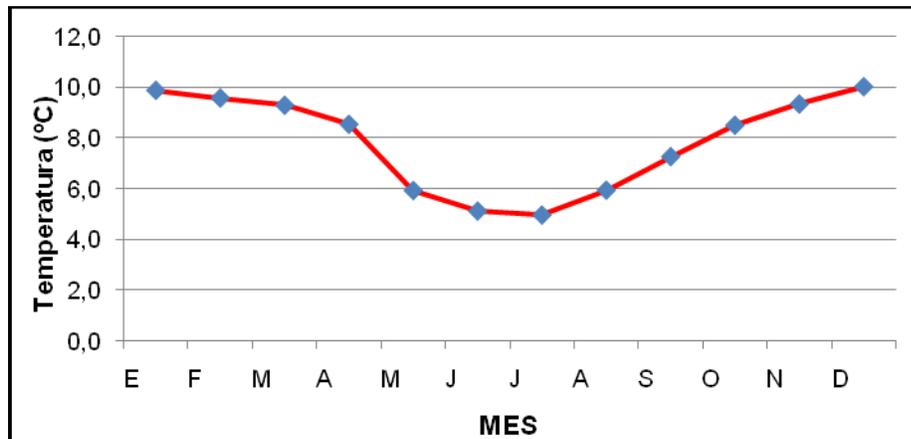
El municipio de Batallas esta zonificado en tres zonas, las cuales son: Zona Alta, Zona Centro y Zona baja; de los cuales se estudió en las dos primeras Zonas cuyas comunidades son Huncallani y Tuquia respectivamente (PDM-Batallas, 2006-2010).

a) Clima

La zona alta está influenciada por la cercanía a la cordillera generando un clima frío en toda la región. Sin embargo en la zona centro, presenta un clima friolero más húmedo debido a la influencia del Lago Titicaca que actúa como un termorregulador ambiental (PDM-Batallas, 2006-2010).

❖ La Temperatura, según las estaciones meteorológicas que encierran a las comunidades en estudio, presenta una temperatura media anual de 7,9°C, en el mes de diciembre y enero con temperaturas de 10,0 y 9,9 °C, y mientras los meses más bajos son los meses junio y julio con 5,1 y 5,0°C. (SENAMHI, 2009).

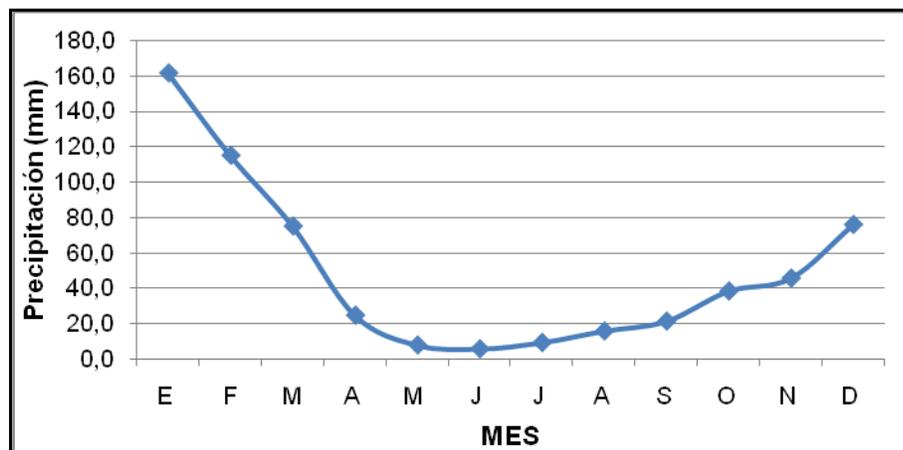
Figura N° 2. Comportamiento térmico (°C) en las comunidades de Huncallani y Tuquia.



Fuente: Elaboración propia, en base a los promedios de las estaciones que rodean a las comunidades en estudio (SENAMHI, 2009)

❖ La precipitación se presenta en el mes de enero con una mayor intensidad que alcanza los 161,6 mm promedio y con una menor intensidad los meses de junio con 5,4 mm de precipitación (SENAMHI, 2009).

Figura N° 3. Comportamiento pluvial (mm) en las comunidades de Huncallani y Tuquia.



Fuente: Elaboración propia, en base a los promedios de las estaciones que rodean a las comunidades en estudio (SENAMHI, 2009)

❖ Con mayor humedad relativa entre los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo, llegando a un promedio de 70% entre dichos meses (SENAMHI, 2009).

b) Hidrología

Cuentan con ríos principales y secundario; entre estos se encuentran río Labrahuani (primario), Jailyhuaya y Keka jahuirá (secundarios), con flujos estacionales (PDM-Batallas, 2006-2010).

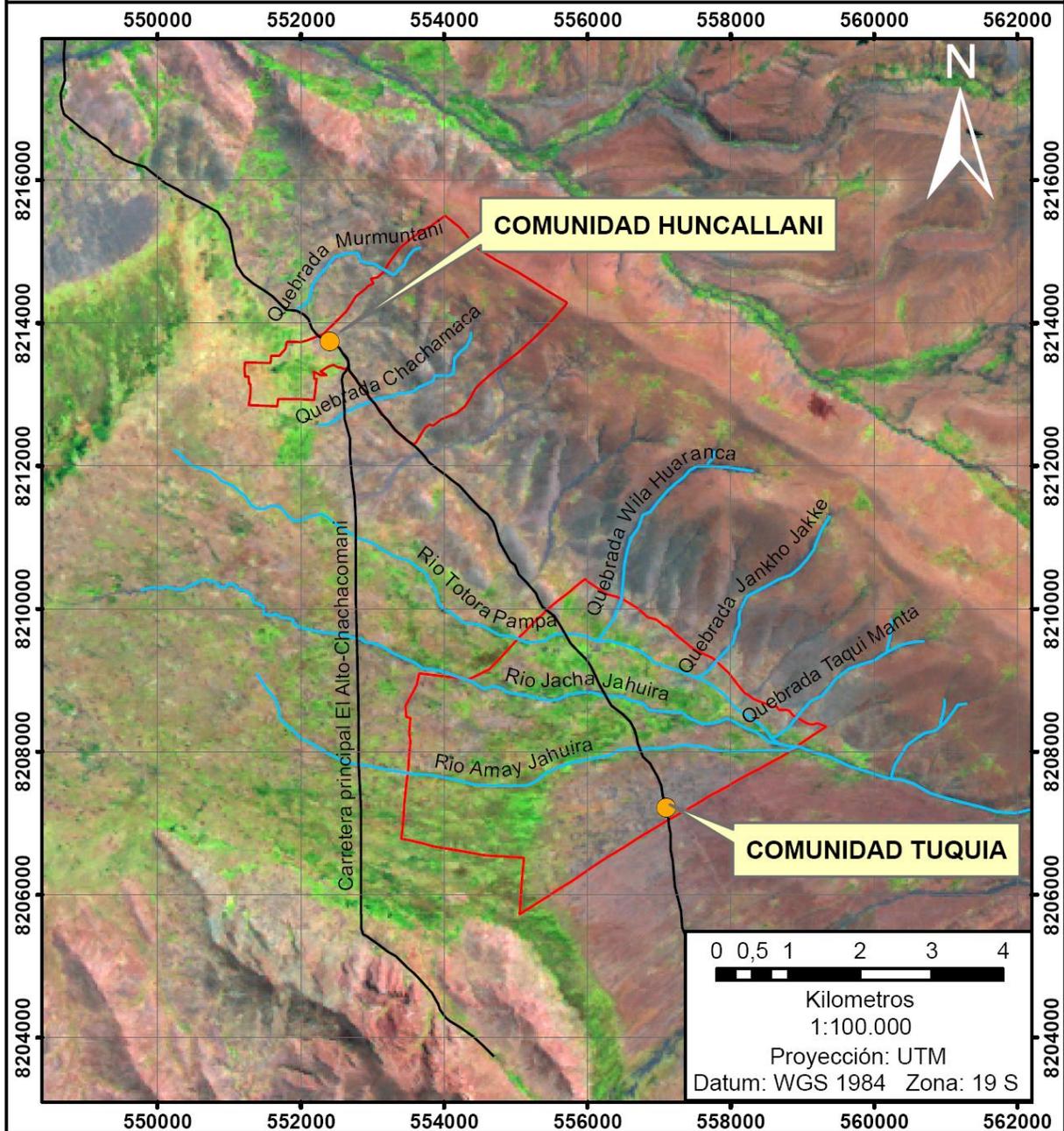
c) Suelo

En la Zona Alta, los suelos son muy superficiales con textura franco arenosas, con alta presencia de pedregosidad en las cimas, con presencia de erosión laminar y cárcavas por las precipitaciones pluviales; en la Zona Centro los suelos son moderadamente profundos con rocosidad superficial, y con una textura franco arcillosa (PDM-Batallas, 2006-2010).

d) Flora

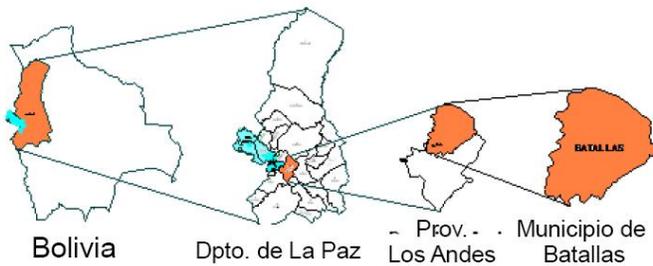
Con presencia de especies nativas como ser: Chillihua (*Festuca dolichophylla*), paja (*Stipa ichu*), K'oa (*Satureja boliviana*), Iru ichu (*Festuca ortophylla*), Huaylla (*Stipa obtusa*), Tarwi silvestre (*Lupinus Chlorolepis*). Chiji (*Pennisetum clandestinum hochst*), Totorá (*Scheptectus totora*). Con mínima presencia de especies forestales y arbustivas en ambas zonas como ser: eucalipto (*Eucalyptus sp*), pino (*Pinus radiata*), kiswara (*Buddleja sp*), queñua (*Polylepis sp*), y ciprés (*Cupressus macrocarpa*). (PDM-Batallas, 2006-2010).

MAPA N° 1. Ubicación de las dos comunidades en estudio, Municipio de Batallas



REFERENCIAS:

- Comunidad
- Caminos
- Rios
- Comunidad



Fuente: Elaboración propia

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. MATERIALES

4.1.1. Material satelital y cartográfico

- Imagen satelital Landsat ETM+ (bandas 5,4,3)
- Cartas topográficas: 5845-I, 5845-II, 5945-III, 5945-IV.

4.1.2. Material de campo

- GPS (Sistema de Procesamiento Global)
- Flexómetro
- Cámara fotográfica
- Bolsas de polietileno
- Etiqueta
- Marcadores
- Picota
- Barreno muestreador
- Formulario para datos
- Mapa base

4.1.3. Material de laboratorio

- Suelo (50 gr/muestra)
- Tamiz
- Mufla electrónica
- Balanza electrónica
- Vaso precipitado de 500 ml
- Probeta de 1000 ml
- Hidrómetro
- Peachimetro
- Termómetro °C
- Cronómetro
- Agitador de madera
- Agitador eléctrico
- Piceta
- Agua destilada
- Hexametafosfato de sodio
- Cloruro de potasio

4.1.4. Material de gabinete

- Computadora
- Software ArcGIS 9.3; ERDAS 9.2;
- Impresora
- Material de escritorio en general

4.2. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en este estudio, tiene un carácter descriptivo y analítico, correspondiente a un orden semidetallado. A continuación se presentan los pasos seguidos para cumplir los objetivos trazados.

4.2.1. Pre-campo

➤ Recopilación de información secundaria

Durante esta etapa de la investigación, se realizó la recolección de datos e información provenientes de la biblioteca de la Facultad de Agronomía, documentación de tesis de grado, PDM (Plan de Desarrollo Municipal) del Municipio de Batallas y SENAMHI; obtención de información de requerimiento edafoclimáticos de las especies en estudio.

➤ Caracterización climática

- Precipitación y temperatura

Para estudiar el clima del área de trabajo, se han tomado los datos de varias estaciones meteorológicas próximas a dichas comunidades: la estación meteorológica de Huayrocondo, Copancara y Chirapaca, las cuales son estaciones termopluiométricas, y las estaciones de Corpaputo y Peñas, siendo solo estas últimas estaciones pluviométricas. Todas estas estaciones meteorológicas están incluidas en la red del SENAMHI.

- Consistencia y homogenidad de los datos de precipitación y temperatura.

Se hizo el análisis de consistencia y homogenidad de los datos utilizando el método de la curva de doble masa, propuesta por Madel (1994).

Se utilizó datos de gestiones 1990 al 2002, porque las estaciones de Corpaputo y Peñas solo se obtuvieron datos de las gestiones citadas, y de esta manera tomar en cuenta a las estaciones meteorológicas más cercanas que encierren al lugar de estudio, con similar periodo para su análisis de consistencia de datos. De esta manera tener mayor confiabilidad de los datos de precipitación y temperatura. (Anexo 1).

- Llenado de datos faltantes de precipitación y temperatura.

Se realizó el llenado de datos faltantes siguiendo los métodos más aconsejables según Jacob et al (1978) citado por Madel (1994):

Método de promedios, para datos faltantes de registros mensuales de una misma estación; y el método de complementación por promedios vecinales, para datos faltantes de registros anuales de una estación. (Anexo 2).

➤ **Fotointerpretación**

Se procedió a la georreferenciación de la imagen satelital, utilizando el software ERDAS 9.2, tomando como base la carta topográfica a una escala 1:50000.

➤ **Elaboración de Mapa Base**

Partiendo de la imagen satelital y carta topográfica, y teniendo como principio las condiciones de vegetación, suelo y topografía presentes, se procedió a la elaboración de un mapa base de unidades fisiográficas (ver Anexo 3), siguiendo la clasificación de Villota (1997).

4.2.2. Campo – I

➤ **Visitas a las comunidades**

Aprovechando las reuniones comunales, se informó a las autoridades y a los comunarios en las diferentes comunidades (Huncallani y Tuquia) el estudio que se realizaría en sus comunidades, dándoles a conocer las actividades que se realizaría.

➤ **Delimitación de las comunidades**

Se delimitaron las dos comunidades de estudio, mediante una caminata alrededor de cada comunidad; tomando puntos de referencia con el GPS (ver Anexo 4) en lugares señalados por las autoridades comunales de turno.

➤ **Identificación de sitios disponibles**

Para identificar los sitios disponibles para la implementación forestal, se cuantifico la participación de las familias interesadas en dicha actividad.

Se acordó de visitar los lugares disponibles con las personas interesadas en la implementación forestal. Ubicado los sitios, se procedió a tomar puntos con GPS (ver Anexo 4) guiados por comunarios.

4.2.3. Campo – II

➤ Determinación de la cobertura vegetal

Para tal fin se usó el método del transecto en forma de zigzag “Z”, verificando en cada una la vegetación existente de lugares de diferente cobertura, posteriormente se realizó ponderaciones en porcentaje de presencia de cada especie; cabe recalcar que la observación se hizo en el mes de octubre; los resultados de esta actividad son expuestos en el Anexo 5.

➤ Muestreo de Suelo

Porta *et al.* (1994), en estudios a semidetalle se realiza a una escala de 1:25.000 – 1:100.000, recomienda realizar una observación por cada 100 ha; Moreno (1989) adicionalmente a lo señalado, también menciona que una muestra por cada suelo diferente y una muestra por cada 500 ha de un mismo suelo.

Para este fin se ubico los puntos elaborados en el mapa base, y se utilizando el barreno para la extracción de muestras; siguiendo el método del transecto en forma de zigzag, formando una muestra compuesta de una misma unidad para luego realizar el cuarteo y la extracción de aproximadamente 2 kg de muestra compuesta con su respectiva etiqueta de código, y a una profundidad de 30 cm para fines forestales, recomendado por Plaster (2005).

➤ Obtención de datos de las variables edáficas en estudio

La información tomada *in situ* fue registrado, tomado las coordenadas del sitio de muestreo con un GPS, altitud, topografía, pendiente, forma de la pendiente, uso actual del suelo, rocosidades, pedregosidad, erosión, siguiendo la metodología de la FAO (1997) (Anexo 6).

- **Profundidad efectiva**

Se determinó con la ayuda de un barreno, realizando giros hasta que el barreno deje de penetrar, lo cual señalaba que era el punto de la profundidad efectiva; en ocasiones se ayudo con la picota para ver si existía un impedimento casual en la penetración del barreno.

- **Pedregosidad**

Fue determinada *in situ*, mediante la observación directa, realizando una delimitación de una superficie conocida de 5x5 m, realizando posteriormente ponderaciones en porcentajes, siguiendo la metodología recomendado por la FAO (1997).

- **Pendiente**

Para la determinación de la pendiente en cada unidad fisiográfica, se realizo utilizando como herramienta el nivel de hilo; se puso un extremo de la cuerda (5 m) fijado en un punto del terreno, ubicando el nivel de agua en el centro de los dos extremos de la cuerda, y se midió con un flexómetro la altura desde el nivel del terreno hasta la altura del segundo extremo de la cuerda.

$$\%P = \frac{H}{L} \times 100$$

Donde: %P = Porcentaje de la pendiente

H = Altura (m)

L = Longitud de la cuerda (m)

- **Altitud**

Para este fin, se procedió al uso del GPS, este parámetro fue determinado *in situ*, tomando tres repeticiones en un mismo punto, para minimizar su margen de error y con el uso de las curvas de nivel.

4.2.4. Post - Campo

❖ Análisis de muestras en laboratorio

Se procedió a trabajar con las muestras en el laboratorio de Edafología- Facultad de Agronomía.

- Textura

La textura se analizó mediante la metodología del Hidrómetro de Boyoucos; utilizando 5 gr de Hexametáfosfato de sodio para 50 gr de suelo seco, para diferentes muestras; Se agito la mezcla del suelo y el reactivo con agua destilada con la agitadora eléctrica, luego se trasladó a la probeta adicionando agua destilada hasta llegar a 1000 ml, se agito con agitador de madera y a los 40 segundos se realizó la primera lectura con el hidrómetro y termómetro, pasado 2 horas se realizó la segunda lectura del hidrómetro y de la temperatura; cuyos resultados se muestran en el Anexo 7.

- Reacción del suelo (pH)

Este parámetro se determinó mediante el método de potenciómetro, en una proporción suelo: agua de 1:2.5, y la proporción de suelo: solución KCl de 1:2.5. Se utilizó la relación de 75 gr KCl por litro de agua destilada. Para una muestra de 30 gr de suelo seco se utilizó 75 ml de la solución de KCl por muestra. En los vasos precipitados se agito con barrilla cada 5 minutos hasta llegar a los 15 minutos, luego se introdujo el pH-metro para realizar la lectura; los resultados son expuestos en el Anexo 7.

❖ Elaboración de mapas temáticos

- Generación de mapas climáticos

Luego del llenado de los datos faltantes, se analizaron los periodos de 2000 – 2009 de las cuatro estaciones meteorológicas que encierran al área de estudio. (Anexo 8 y Anexo 9). Se utilizó el método isolíneas en SIG, buscando unir los valores iguales que se encuentren dentro de la triangulación de estaciones meteorológicas que encierran al

área de estudio, dando origen a zonas con diferentes rangos climatológicos en acuerdo con Ordoñez (1995).

Para la elaboración de mapas de isoyetas e isotermas se utilizó intervalos de 0,6 °C anual en la temperatura y 144,8 mm anual en la precipitación.

- **Generación de mapas edáficos**

Definidas las unidades de subpaisajes, y con los datos edáficos obtenidos de cada subpaisaje, se tabuló en planilla Excel y se clasificó siguiendo los criterios de FAO (1997) (Ver Anexo 6): comparando los datos obtenidos de cada unidad de subpaisaje con la clasificación de la FAO determinando de esta manera a qué categoría pertenecía, y se realizó para cada variable edáfica estudiada.

Luego en el ArcMap, se utilizó dicha planilla en formato .dbf, y para realizar la clasificación y generación de los mapas edáficos, se utilizó el método de simbología por categorías y cuantitativa, y de esta manera se obtuvo los mapas para cada variable edáfica estudiada.

❖ **Elaboración de mapas edafoclimáticos aptos para especies en estudio**

Las informaciones obtenidas fueron procesadas para cada especie, a través de tablas conteniendo las amplitudes de los respectivos parámetros edafoclimáticos de cada especie (Anexo 10).

Comparando los requerimientos de cada especie en estudio con las categorías de las variables edáficas y con los valores climáticos obtenidos; en la planilla de Excel se proporcionó valores a las aptitudes: 0=no apta, 1=Marginalmente apta, 2=moderadamente apta y 3=Apta para cada variable edáfica y climática estudiada, se realizó una sumatoria de los valores para cada unidad de subpaisaje. Para representar en mapas la clasificación de aptitudes, se utilizó dicha planilla en formato .dbf con las respectivas aptitudes de cada especie, y en ArcMap utilizando el método de simbología por categorías se logró el mapa de aptitud para cada especie por comunidad estudiada.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información obtenida en campo, son los pilares sobre los que se sustenta el presente trabajo, con cuyos análisis se logró determinar características determinantes para la evaluación y análisis de los resultados. A continuación, se presentan los resultados de la clasificación de terreno, de las propiedades edáficas y climáticas, como base para la obtención de los objetivos planteados.

En el cuadro siguiente se detalla la clasificación de terreno, en base a la clasificación por Villota (1997).

Cuadro N° 1. Clasificación fisiográfica de la zona de estudio

| Provincia fisiográfica: Altiplano Norte | | | | |
|---|-----------------|------------------------------|-----------------|--------------|
| Gran Paisaje: Colinas y llanura | | | | |
| Comunidad | Paisaje | Sub Paisaje | Superficie (ha) | % |
| Huncallani | Llanura aluvial | Llanura aluvial inundable | 77,56 | 12,3 |
| | Ladera | Ladera inferior | 119,29 | 18,8 |
| | | Ladera media | 210,70 | 33,3 |
| | | Ladera superior | 225,70 | 35,6 |
| TOTAL Com. Huncallani | | | 633,25 | 100,0 |
| Tuquia | Llanura aluvial | Llanura aluvial inundable | 774,69 | 54,2 |
| | | Llanura aluvial no inundable | 654,53 | 45,8 |
| TOTAL Com. Tuquia | | | 1429,22 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

La comunidad Huncallani, en su mayor superficie está ubicada en ladera y en menor superficie en llanura aluvial.

En cuanto a la comunidad Tuquia, está en su totalidad ubicada en un paisaje fisiográfico de llanura aluvial.

Ahora detallamos los resultados edáficos y climáticos obtenidos para alcanzar los objetivos trazados.

Textura del suelo de las comunidades de Huncallani y Tuquia

Como se puede apreciar en el cuadro N° 2 y mapa N° 2; en la comunidad Huncallani, se presenta la textura del suelo como: franco arenosa en la ladera superior en un 35,6% en relación al área total de la comunidad de Huncallani, esto se debe porque las partículas son depositadas en partes bajas de la colina por factores ambientales; franco arcillo arenoso, se encuentra en las unidades de ladera media e inferior, presente en un 52,1% respecto a la superficie de la comunidad; y la clase arcilloso con un 12,3% en relación a la superficie total de la comunidad y ubicada en la unidad aluvial inundable, en la cual se presenta suelo húmedo con presencia de espejos de agua permanente.

En la comunidad Tuquia, se presenta la textura arcillosa, con aproximadamente 54,2% de la superficie de la comunidad, ubicada en la unidad de subpaisaje llanura aluvial inundable, se caracteriza por la presencia de bofedales y actividad ganadera; y la clase franco arenoso, abarcando un 45,8% respecto a la superficie de la comunidad y se encuentra en la unidad de subpaisaje llanura aluvial no inundable, se caracteriza por la presencia de actividad agrícola.

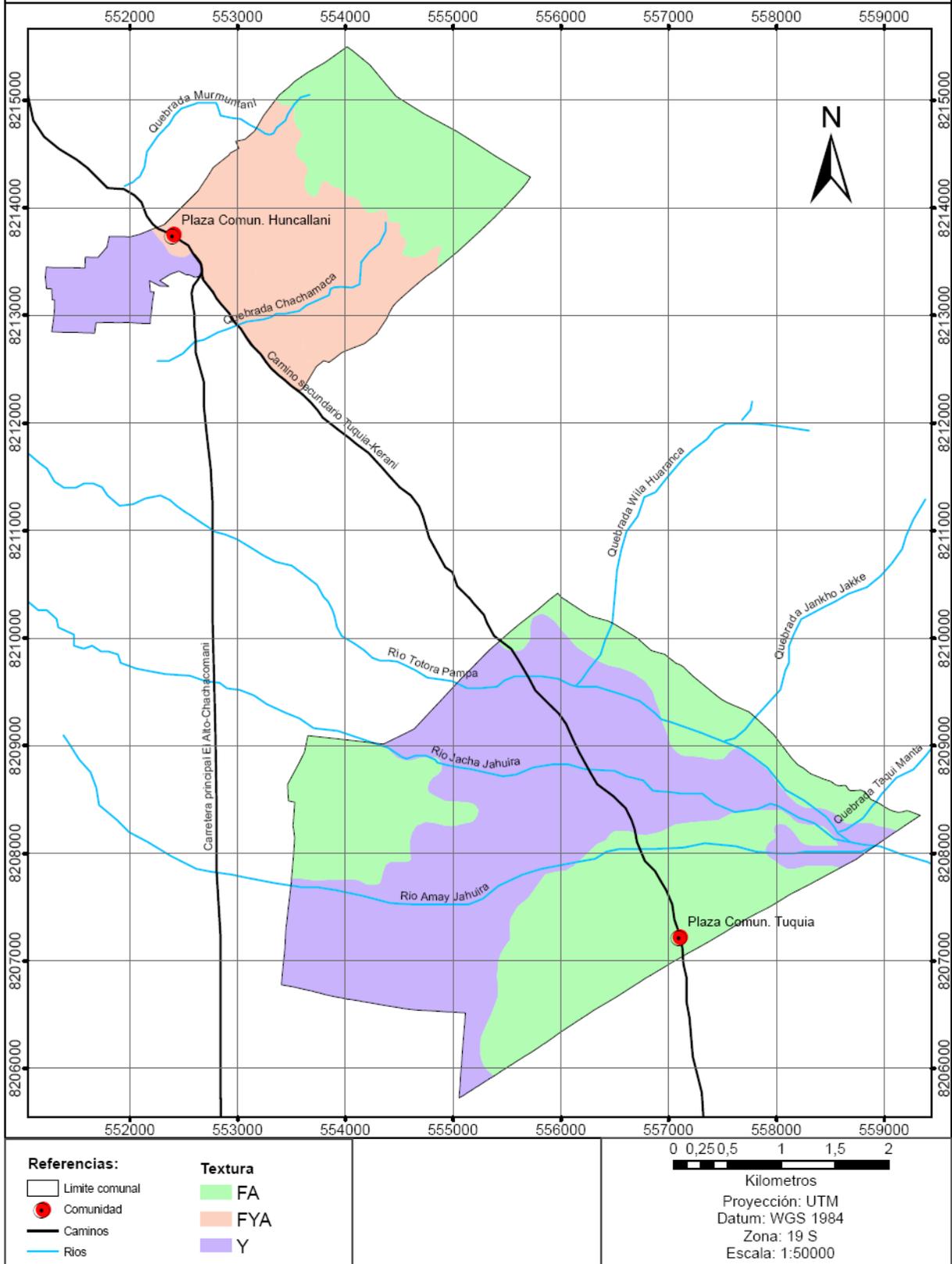
En el cuadro siguiente se detalla la clase textural presente en las dos comunidades.

Cuadro N° 2. Clase textural de las comunidades de Huncallani y Tuquia

| Clase textural | Comunidad Huncallani | | Comunidad Tuquia | |
|------------------------|----------------------|--------------|------------------|--------------|
| | Superficie (ha) | % | Superficie (ha) | % |
| Franco arenoso | 225,70 | 35,6 | 654,53 | 45,8 |
| Franco arcillo arenoso | 329,99 | 52,1 | 0,00 | 0,0 |
| Arcilloso | 77,56 | 12,3 | 774,69 | 54,2 |
| Total | 633,25 | 100,0 | 1429,22 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

MAPA N° 2. Textura de suelo, en las comunidades de Huncallani y Tuquia



Fuente: Elaboración propia

Profundidad efectiva del suelo en las comunidades de Huncallani y Tuquia

Los resultados logrados, se muestran en el cuadro N° 3 y mapa N° 3, en base a la clasificación de la FAO (1997) (Anexo 8).

En la comunidad Huncallani, los resultados obtenidos muestran que presentan las siguientes clases: clase superficial, en un 12,3% respecto al área total de la comunidad, se encuentra en la unidad fisiográfica de llanura aluvial inundable, con presencia de humedales, lo cual limita la profundidad efectiva por la presencia de nivel freático superficial; y la clase regular, con aproximadamente 87,7% de la superficie de la comunidad, ubicada en las unidades de ladera superior, media e inferior, en dichas unidades se tiene la actividad agrícola a excepción de la unidad fisiográfica de ladera superior.

En la comunidad Tuquia, se determinó las siguientes profundidades efectivas: clase superficial con 45,8% del total de la superficie de la comunidad y ubicada en la unidad llanura aluvial inundable, donde la presencia de humedales hacen que el nivel freático sea superficial; y la clase regular con 54,2% respecto a la superficie de la comunidad, ubicada en la unidad fisiográfica llanura aluvial no inundable.

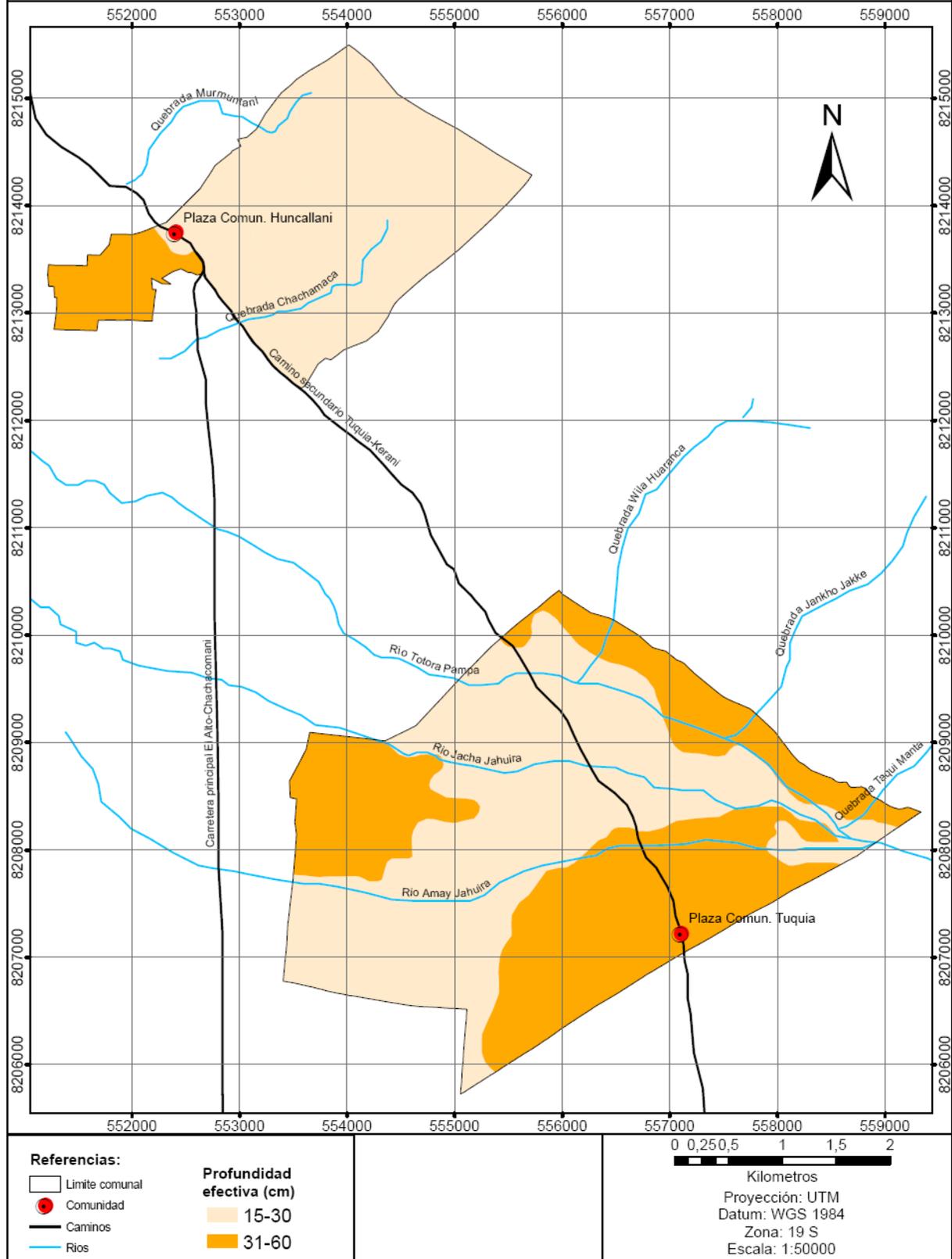
En el siguiente cuadro, se detalla las clases de profundidades efectivas determinadas en las comunidades de Huncallani y Tuquia.

Cuadro N°3. Clase de profundidad efectiva del suelo, comunidades Huncallani y Tuquia

| Clase Profundidad efectiva (cm) | Comunidad Huncallani | | Comunidad Tuquia | |
|---------------------------------|----------------------|--------------|------------------|--------------|
| | Superficie (ha) | % | Superficie (ha) | % |
| Superficial (15-30) | 77,56 | 12,3 | 654,53 | 45,8 |
| Regular (30-60) | 555,69 | 87,7 | 774,69 | 54,2 |
| Total | 633,25 | 100,0 | 1429,22 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia.

MAPA N° 3. Profundidad efectiva del suelo (cm), en las comunidades de Huncallani y Tuquia



Fuente: Elaboración propia

Pedregosidad en las comunidades de Huncallani y Tuquia

Este factor, se determino siguiendo la clasificación de la FAO (1997) (Ver Anexo 8). En el cuadro N°4 y mapa N° 4, se representa la distribución de las clases de pedregosidad de las comunidades en estudio.

En la comunidad Huncallani, se describe las siguientes clases: clase sin piedra, con 12,3% del total de la superficie, fue determinada en la unidad de llanura aluvial inundable, en esta unidad no se tuvo presencia de piedras de consideración; la clase pedregoso con 33,3% del total de la superficie de la comunidad, identificado en la unidad fisiográfica de ladera media, donde los habitantes habilitan y recogen piedras para facilitar el laboreo del suelo; y la clase muy pedregoso con 54,4% del total de la superficie de la comunidad, que fue identificado en las unidades fisiográficas de ladera superior y inferior, en la unidad ladera inferior se encuentra viviendas con poca actividad agrícola y en la ladera superior afloramiento de piedras.

En la comunidad Tuquia, se determino dos clases de pedregosidad: clase sin piedra, en un 64,0% respecto a la superficie de la comunidad, y situada en la unidad llanura aluvial inundable y llanura no inundable (noreste de la comunidad); y la clase pedregoso, cubriendo un 36,0% del total de la superficie de la comunidad, ubicada en las unidades de llanura aluvial no inundable (Oeste y sur de la comunidad). En la unidad fisiográfica llanura aluvial inundable no se encontró piedras de mayor consideración, según la clasificación de la FAO (1997).

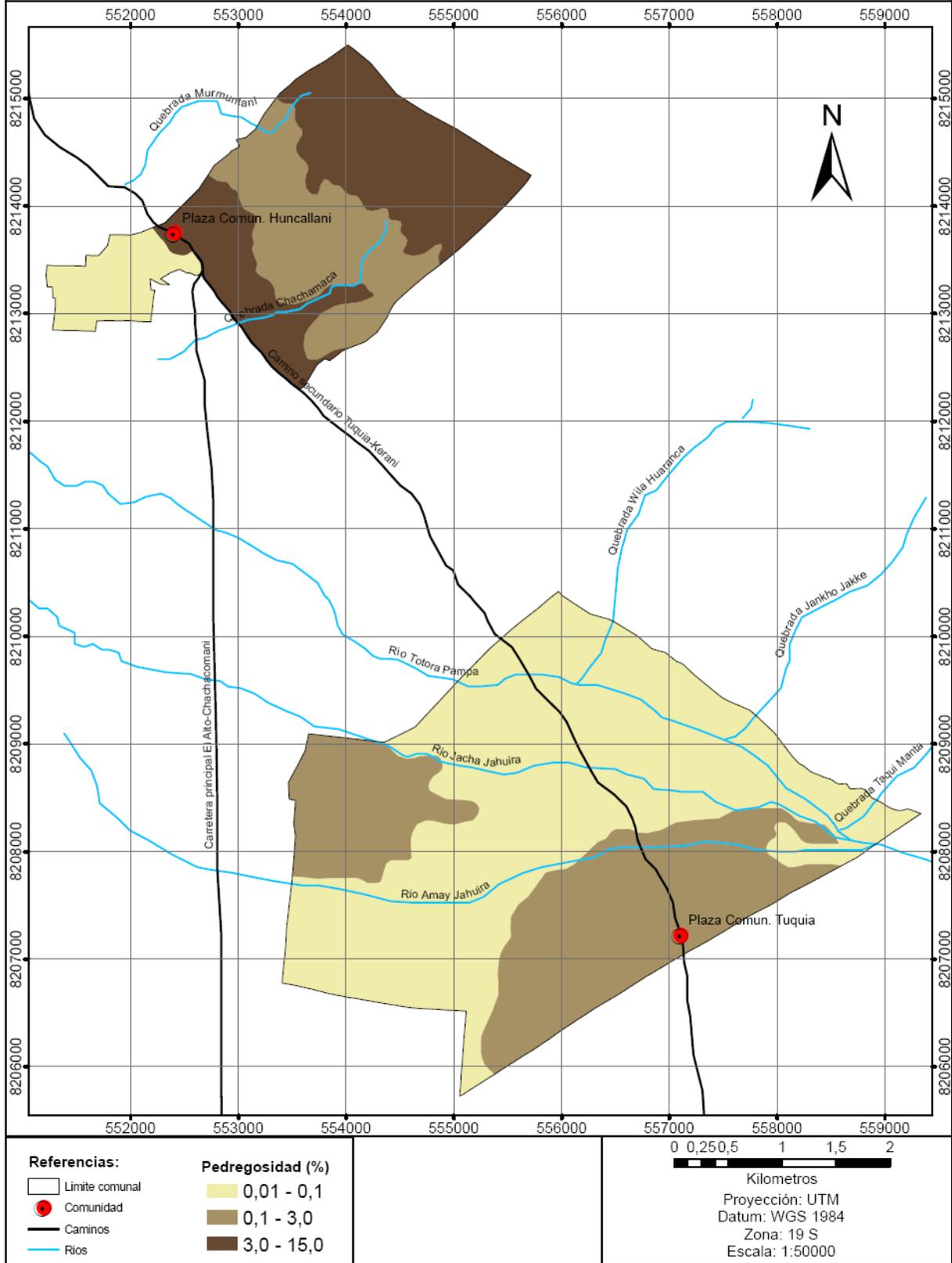
En el cuadro siguiente, se detalla aproximadamente las superficies que cubren cada clase de pedregosidad en las comunidades de Huncallani y Tuquia.

Cuadro N° 4. Clase de Pedregosidad, comunidades de Huncallani y Tuquia

| Clase de Pedregosidad (%) | Comunidad Huncallani | | Comunidad Tuquia | |
|---------------------------|----------------------|--------------|------------------|--------------|
| | Superficie (ha) | % | Superficie (ha) | % |
| Sin piedra (0,01-0,1) | 77,56 | 12,3 | 914,94 | 64,0 |
| Pedregoso (0,1-3) | 210,70 | 33,3 | 514,28 | 36,0 |
| Muy pedregoso (3-15) | 344,99 | 54,4 | 0,00 | 0,0 |
| Total | 633,25 | 100,0 | 1429,22 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia.

MAPA N° 4. Pedregosidad (%), en las comunidades de Huncallani y Tuquia



Fuente: Elaboración propia

Pendiente de las comunidades de Huncallani y Tuquia

Las pendientes identificadas en las comunidades, se visualizan en el cuadro N° 5 y mapa N° 5, donde se utilizaron la clasificación de la FAO (1997). (Anexo 8).

En la comunidad Huncallani, se encontraron las siguientes clase: suavemente inclinado con un 12,3% del total de la superficie de la comunidad, ubicada en la unidad llanura aluvial inundable, donde no presenta inclinación considerable y por lo cual existe humedales y espejos de agua; la clase inclinado con aproximadamente 54,4% respecto a la superficie de la comunidad, esta clase se encuentra en las unidades de ladera superior e inferior; y la clase moderadamente inclinado, ubicado en la unidad de subpaisaje ladera media cubriendo en un 33,3% aproximadamente de la superficie de la comunidad.

En cuanto a la comunidad Tuquia, se determinaron las siguientes clases: clase casi llano, cubriendo un 90,2% respecto a la superficie total de la comunidad, abarcando las unidades de subpaisajes de llanura aluvial inundable y no inundable (oeste y sur de la comunidad); y la clase suavemente inclinado cobijando un 9,8% aproximadamente del área total de la comunidad, ubicada en la unidad subpaisaje llanura aluvial no inundable (noreste de la comunidad).

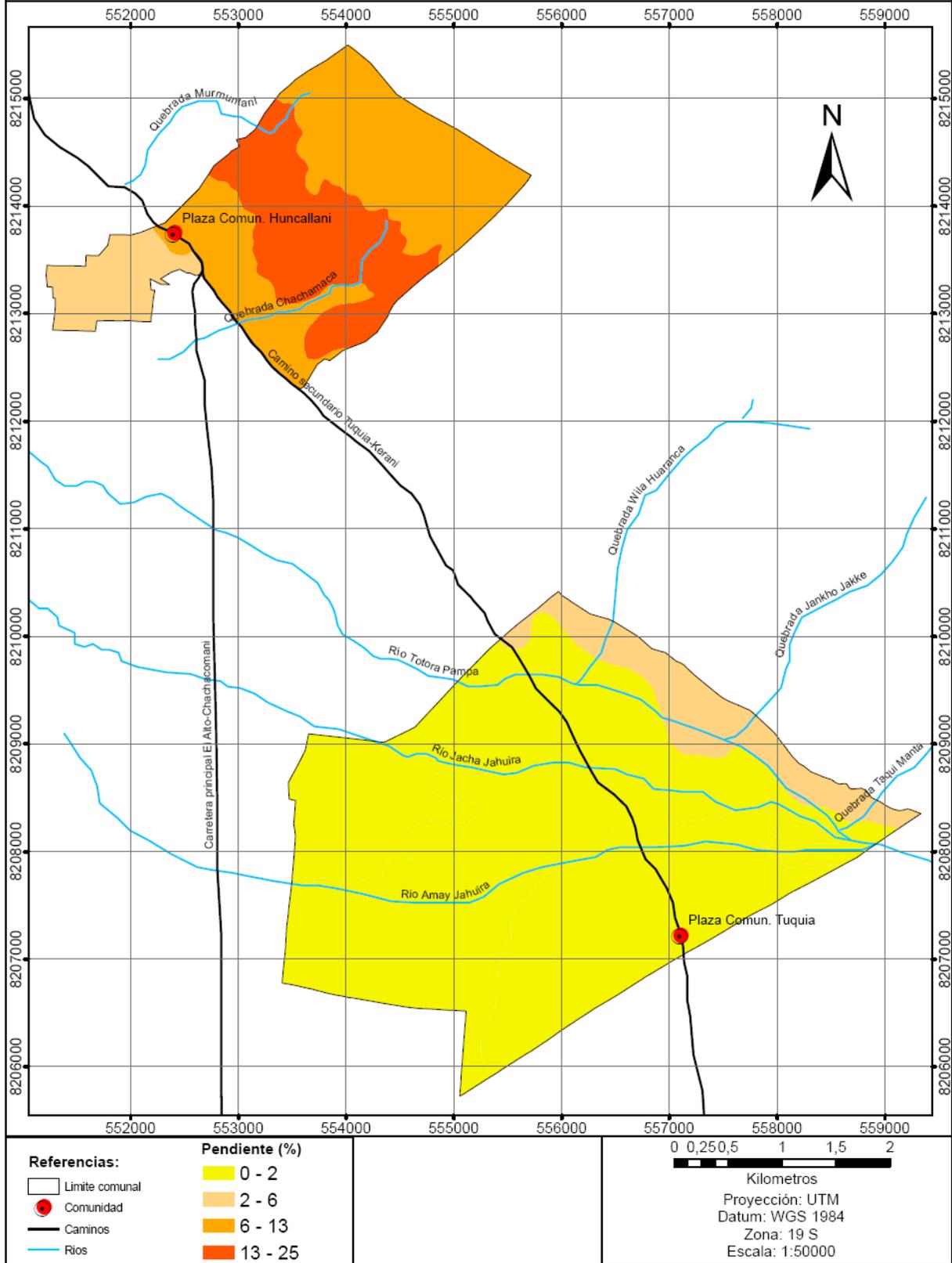
El cuadro siguiente, representa las clases de pendientes presentes en las dos comunidades.

Cuadro N° 5. Clase de Pendiente, comunidades de Huncallani y Tuquia

| Clase de Pendiente (%) | Comunidad Huncallani | | Comunidad Tuquia | |
|---------------------------------|----------------------|--------------|------------------|--------------|
| | Superficie (ha) | % | Superficie (ha) | % |
| Casi llano (0-2) | 0,00 | 0,0 | 1288,97 | 90,2 |
| Suavemente inclinado (2-6) | 77,56 | 12,3 | 140,25 | 9,8 |
| Inclinado (6-13) | 344,99 | 54,4 | 0,00 | 0,0 |
| Moderadamente inclinado (13-25) | 210,70 | 33,3 | 0,00 | 0,0 |
| Total | 633,25 | 100,0 | 1429,22 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

MAPA N° 5. Pendiente (%) en las comunidades de Huncallani y Tuquia



Fuente: Elaboración propia

pH en las comunidades de Huncallani y Tuquia

El pH, fue clasificado siguiendo la clasificación de la FAO (1997) (Anexo 8), y a continuación se detallan los resultados obtenidos.

Comunidad Huncallani, en esta comunidad se identifico a las siguientes clases de pH: moderadamente ácido, distribuido en la unidad de llanura aluvial inundable, con aproximadamente 12,3% del total de la superficie de la comunidad, esto se presume a la presencia de humedales entre los más principales pero no primordiales; neutro, ubicado en las unidades de ladera media e inferior, en un 52,4% de la superficie de la comunidad; y la clase ligeramente alcalino con 35,6% respecto a la superficie de la comunidad y distribuida en la unidad de ladera superior.

En la comunidad Tuquia, se determino las siguiente clases: clase moderadamente ácido, en un 54,2% aproximadamente de la superficie total de la comunidad, cubriendo la unidad llanura aluvial inundable; y la clase ligeramente ácido, abarcando una superficie de 45,8% respecto al total de la comunidad y acogido en la unidad de llanura aluvial no inundable.

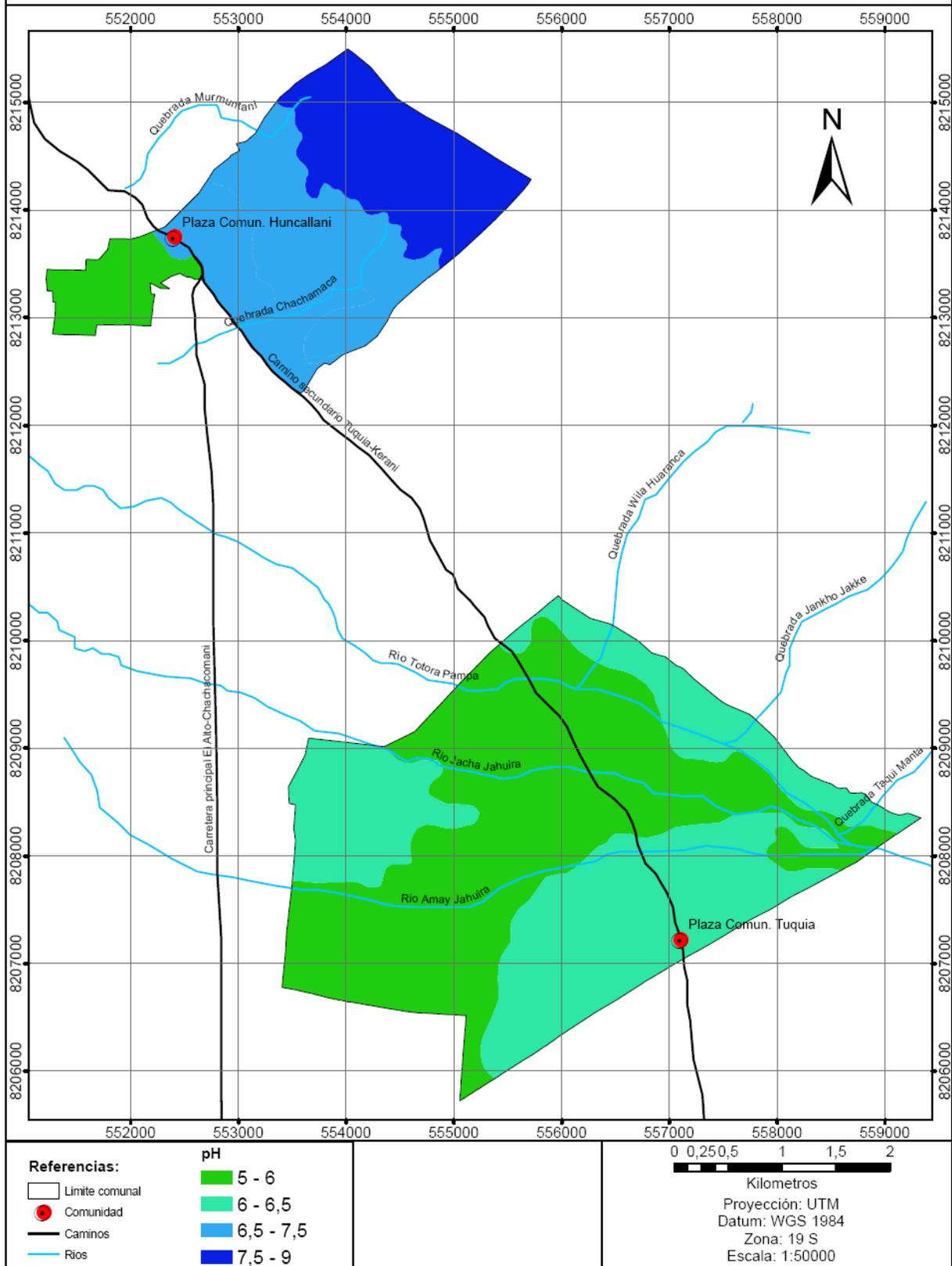
El cuadro siguiente presenta superficies de las clases de pH, determinadas en las dos comunidades de Huncallani y Tuquia.

Cuadro N° 6. Clase de pH, en comunidades de Huncallani y Tuquia

| Clase de pH | Comunidad Huncallani | | Comunidad Tuquia | |
|------------------------------|----------------------|--------------|------------------|--------------|
| | Superficie (ha) | % | Superficie (ha) | % |
| Moderadamente ácido (5-6) | 77,56 | 12,3 | 774,69 | 54,2 |
| Ligeramente ácido (6-6,5) | 0,00 | 0,0 | 654,53 | 45,8 |
| Neutro (6,5-7,5) | 329,99 | 52,1 | 0,00 | 0,0 |
| Ligeramente alcalino (7,5-9) | 225,70 | 35,6 | 0,00 | 0,0 |
| Total | 633,25 | 100,0 | 1429,22 | 100,0 |

Fuente. Elaboración propia

MAPA N° 6. pH en las comunidades de Huncallani y Tuquia



Fuente: Elaboración propia

Altitud de las comunidades de Huncallani y Tuquia

La altitud fue clasificada con intervalos de 100 m siguiendo las curvas de nivel, en el cuadro N° 7 se presenta las áreas que cubren y en el mapa N° 7 su distribución.

En la comunidad Huncallani se determinó las altitudes: entre 3990 - 4000 msnm representado en un 12,3% respecto a la superficie de la comunidad, ubicado en la unidad llanura aluvial inundable; entre 4000 - 4100 msnm, está representado por el 18,8% del total del área de la comunidad, situado en la unidad ladera inferior; de 4100 - 4200 msnm en un 33,3% del total de la comunidad, situado en la ladera media; y de 4200 - 4300 y 4300 - 4350 msnm en la unidad ladera superior con 21,1% y 14,5% respectivamente en relación al total de la comunidad.

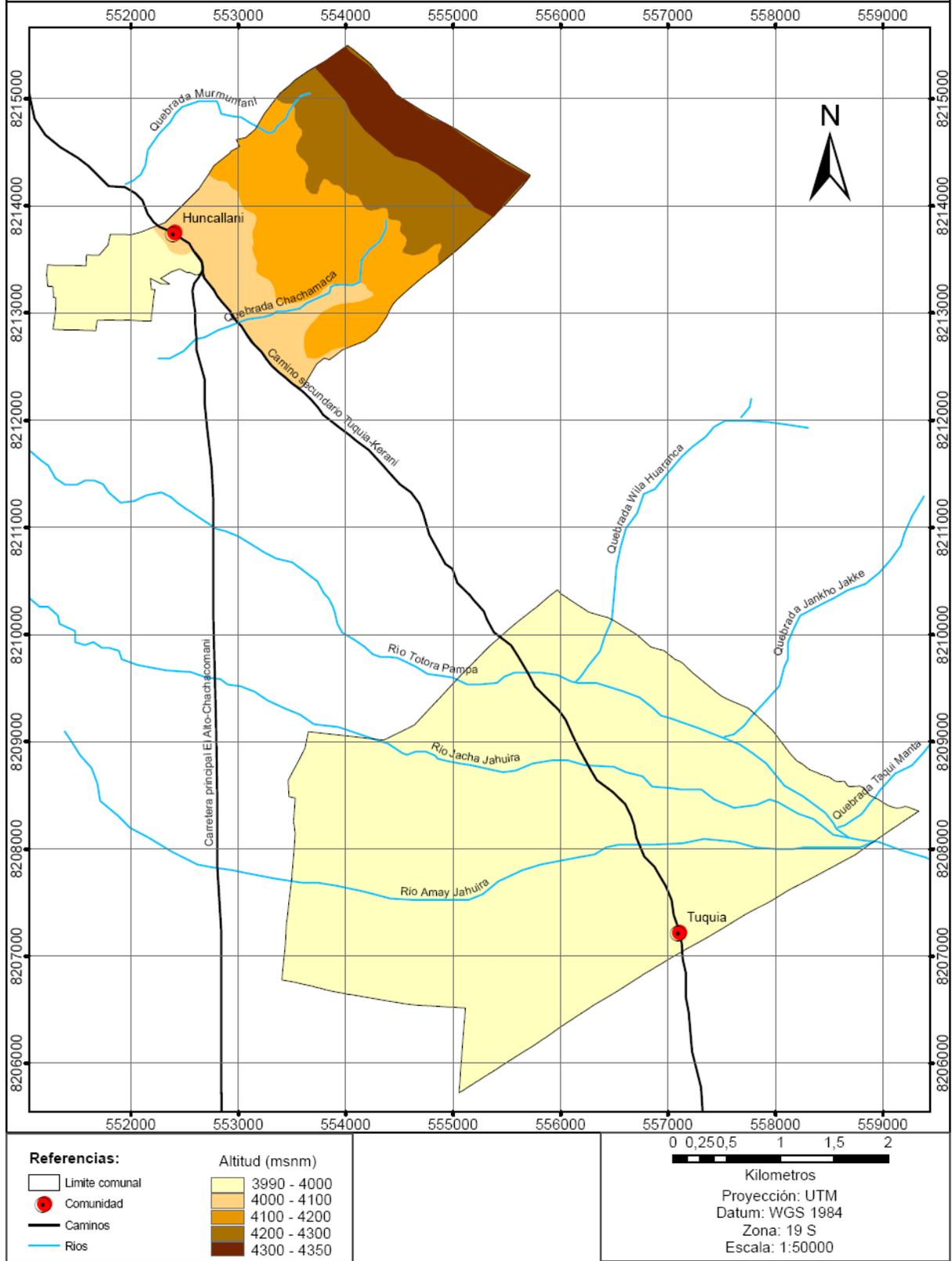
La comunidad Tuquia presenta el siguiente rango altitudinal: 3990 - 4000 msnm, en un total del 100,0% de la superficie de la comunidad. Esta comunidad se cobija en su totalidad en el paisaje fisiográfico llanura aluvial, sin presentar una variación considerable respecto a la altitud.

Cuadro N° 7. Rango altitudinal de las comunidades Huncallani y Tuquia

| Rango de altitud (msnm) | Comunidad Huncallani | | Comunidad Tuquia | |
|-------------------------|----------------------|--------------|------------------|--------------|
| | Superficie (ha) | % | Superficie (ha) | % |
| 3990 - 4000 | 77,56 | 12,3 | 1429,22 | 100,0 |
| 4000 - 4100 | 119,29 | 18,8 | 0,00 | 0,0 |
| 4100 - 4200 | 210,70 | 33,3 | 0,00 | 0,0 |
| 4200 - 4300 | 133,87 | 21,1 | 0,00 | 0,0 |
| 4300 - 4350 | 91,83 | 14,5 | 0,00 | 0,0 |
| Total | 633,25 | 100,0 | 1429,22 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

MAPA N° 7. Altitud (msnm), de las comunidades de Huncallani y Tuquia



Fuente: Elaboración propia

Temperatura en las comunidades de Huncallani y Tuquia

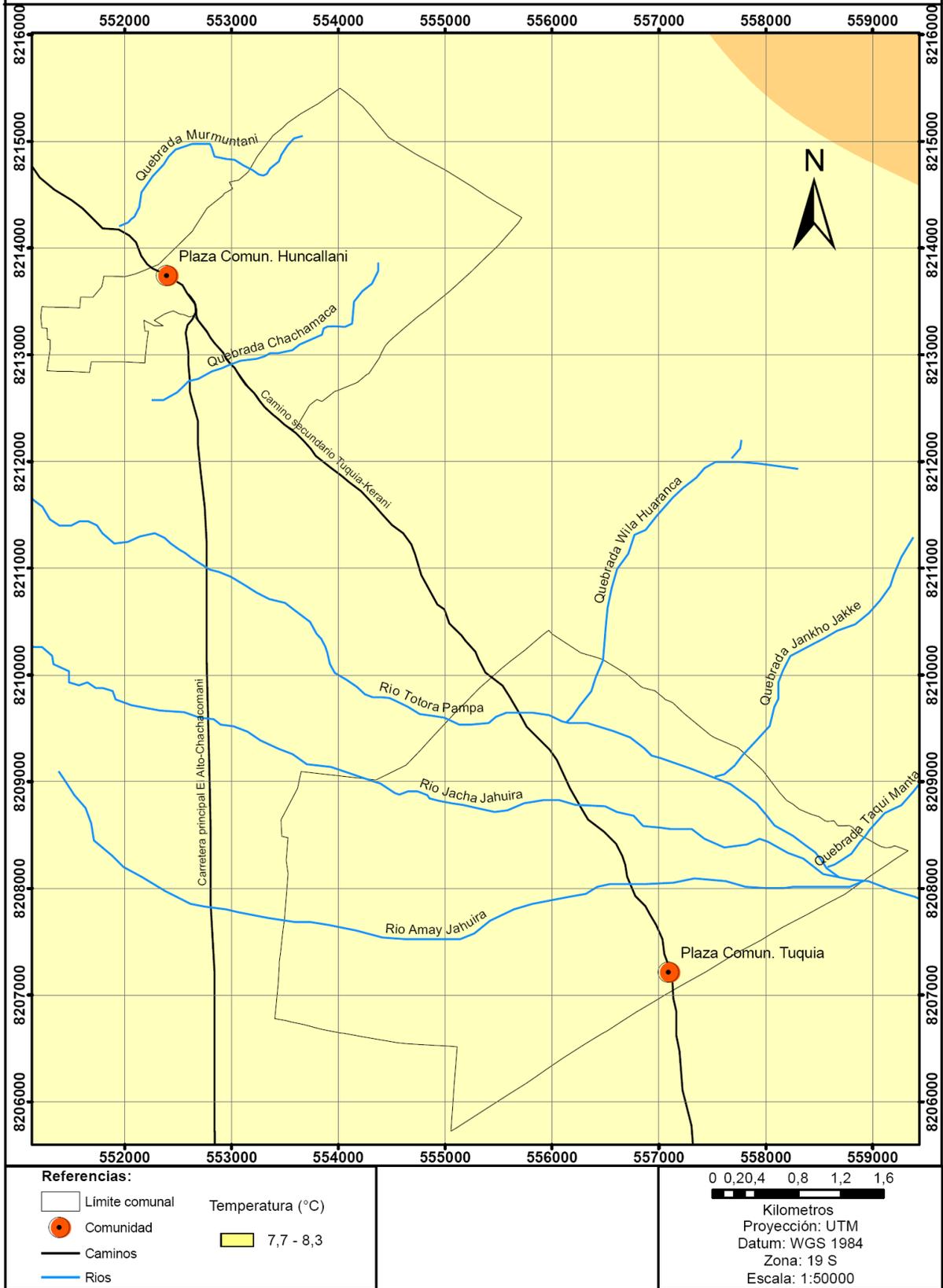
La distribución térmica en las dos comunidades, es característica de una zona semiárida, clasificada por Montes de Oca (1995) como templada y seca. En el mapa N° 8, se muestra la distribución de la temperatura media anual en comunidades de Huncallani y Tuquia.

En la comunidad de Huncallani, se aprecia que tiene una distribución homogénea, encontrándose en toda la comunidad aproximadamente una temperatura que oscila entre 7,7 a 8,3 °C, con un promedio anual de 8,0 °C.

En la comunidad Tuquia, de igual forma su distribución es similar a la comunidad de Huncallani, donde también tiene una temperatura promedio anual de 8,0 °C.

No se presenta un cambio gradual de la temperatura media a lo largo de todo el año, en las dos comunidades, alcanzando su pico máximo en los meses de enero y diciembre con 9,9 y 10 °C respectivamente.

MAPA N° 8. Temperatura (°C) en las comunidades de Huncallani y Tuquia



Fuente: Elaboración propia

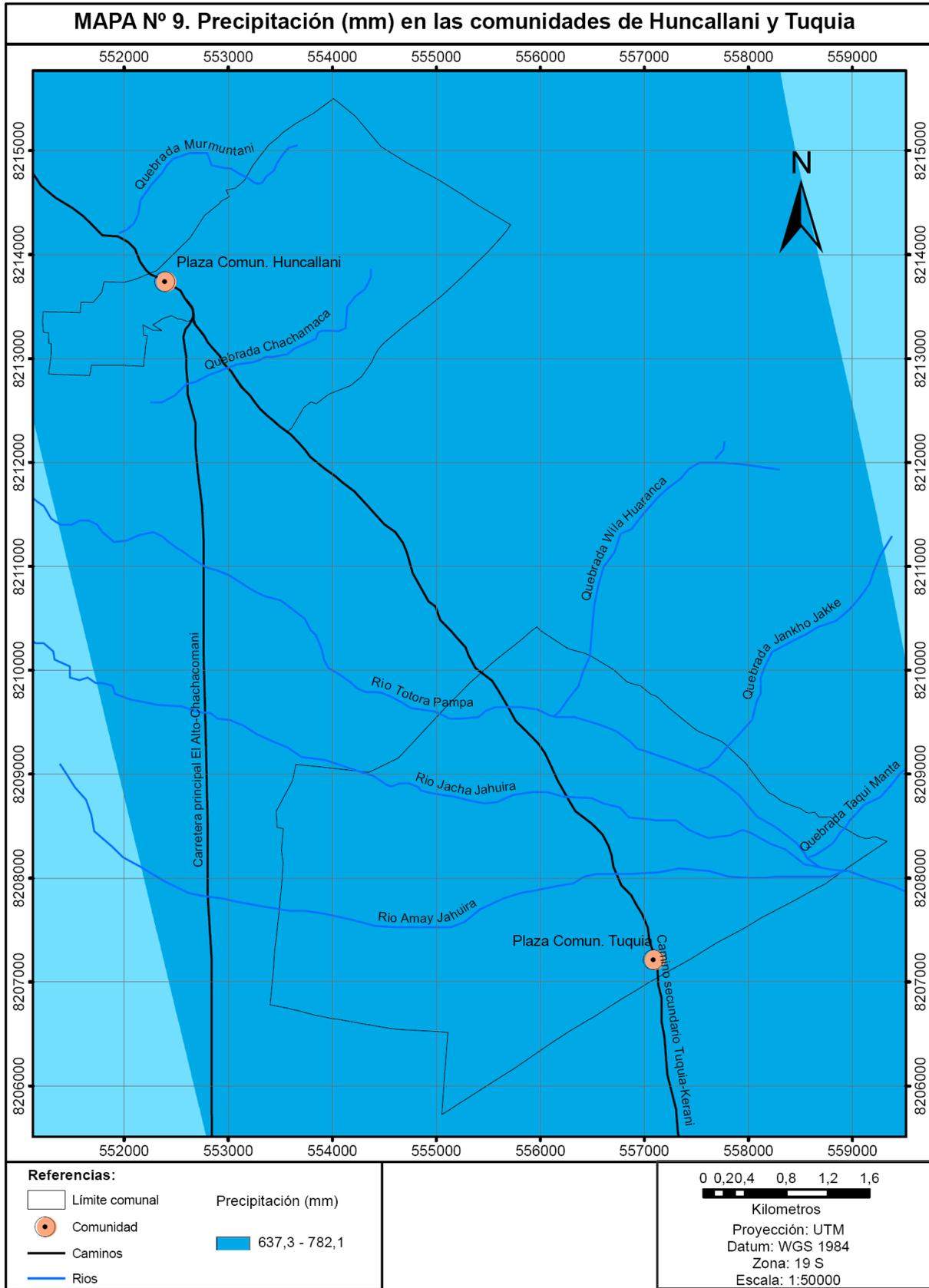
Precipitación en las comunidades de Huncallani y Tuquia

La distribución de la precipitación en las dos comunidades, se reflejan en el mapa N° 9.

En la comunidad Huncallani, el comportamiento de la precipitación media anual es homogéneo, encontrándose en toda la comunidad aproximadamente una precipitación de 637,3 a 782,1 mm, haciendo un promedio de 709,7 mm anual.

En la comunidad Tuquia, también se registra la misma distribución de la precipitación, con promedio anual de 709,7 mm, como se puede apreciar en el mapa N° 9.

Se estima que, y como es característico de estas colinas y llanura, el origen de estas lluvias sea convectivo, debido a la orogenia del lugar e impulsado por los vientos como señala Montes de Oca (1995).



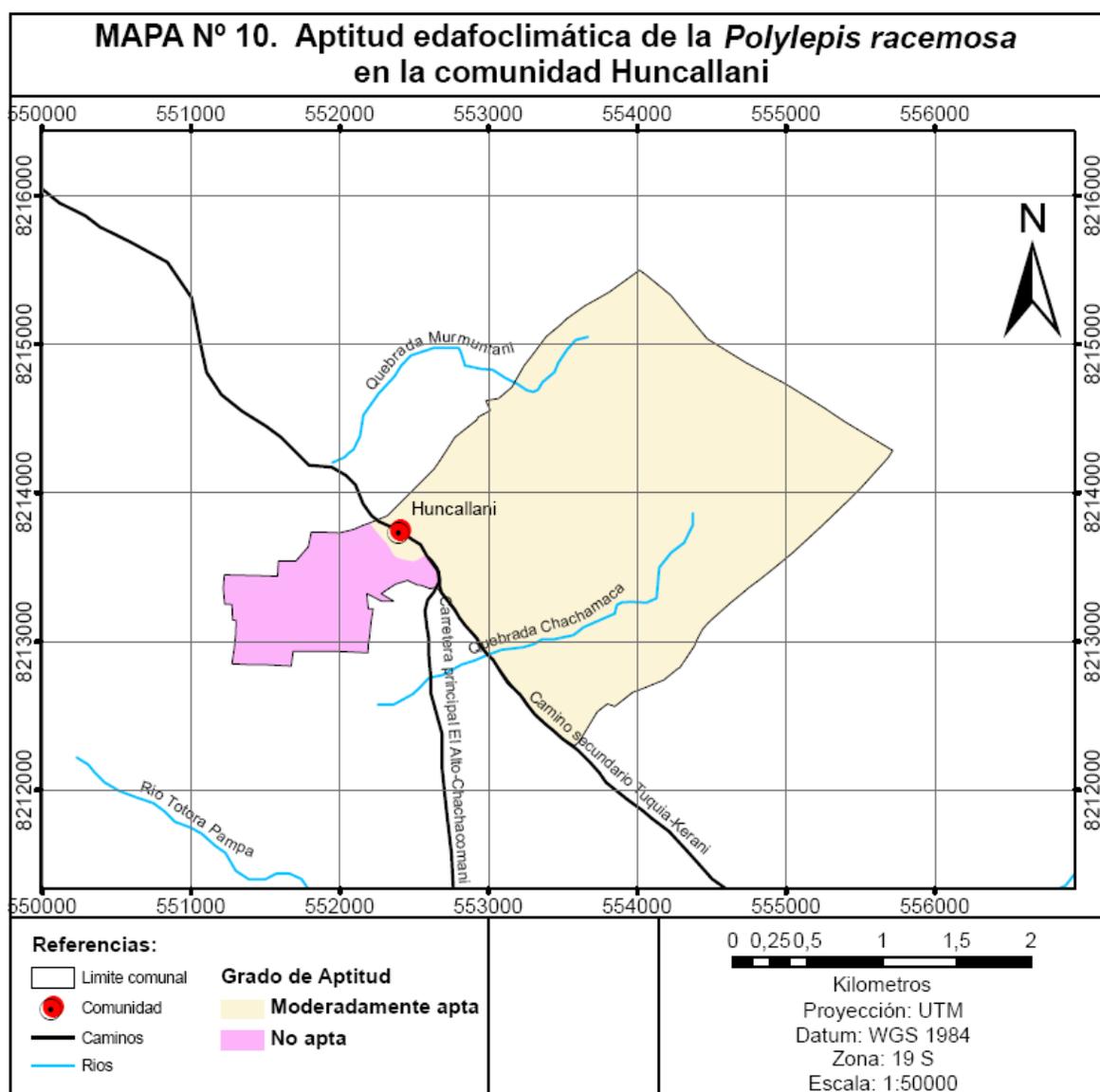
Fuente: Elaboración propia

5.1. Aptitud edafoclimática para especies nativas

La aptitud edafoclimática, desde un punto de vista edáficas (textura, profundidad efectiva, pedregosidad, pendiente, pH y altitud) y climáticas (precipitación y temperatura), fueron evaluadas en función al requerimiento de cada especie nativa.

5.1.1. Aptitud edafoclimática de la *Polylepis racemosa*, comunidad Huncallani

En el mapa N° 10, se presenta la variabilidad del grado de aptitud de la *P. racemosa* en la comunidad Huncallani.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 8. Superficies de aptitudes para la *P. racemosa*, comunidad Huncallani

| Clase de aptitud | Superficie (ha) | % |
|-------------------------|------------------------|--------------|
| Moderadamente apta | 555,69 | 87,7 |
| No apta | 77,56 | 12,3 |
| Total | 633,25 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 8, se presenta las siguientes clases: clase moderadamente apta se encuentra en el paisaje colina y subpaisajes de ladera inferior, media y superior, con aproximadamente de 555,69 ha, cubriendo un 87,7% de la superficie de la comunidad Huncallani. El grado de moderadamente, se atribuye a la profundidad efectiva regular. El grado de aptitud moderado implica que esta especie se podría implementar en el área de estudio adecuadamente.

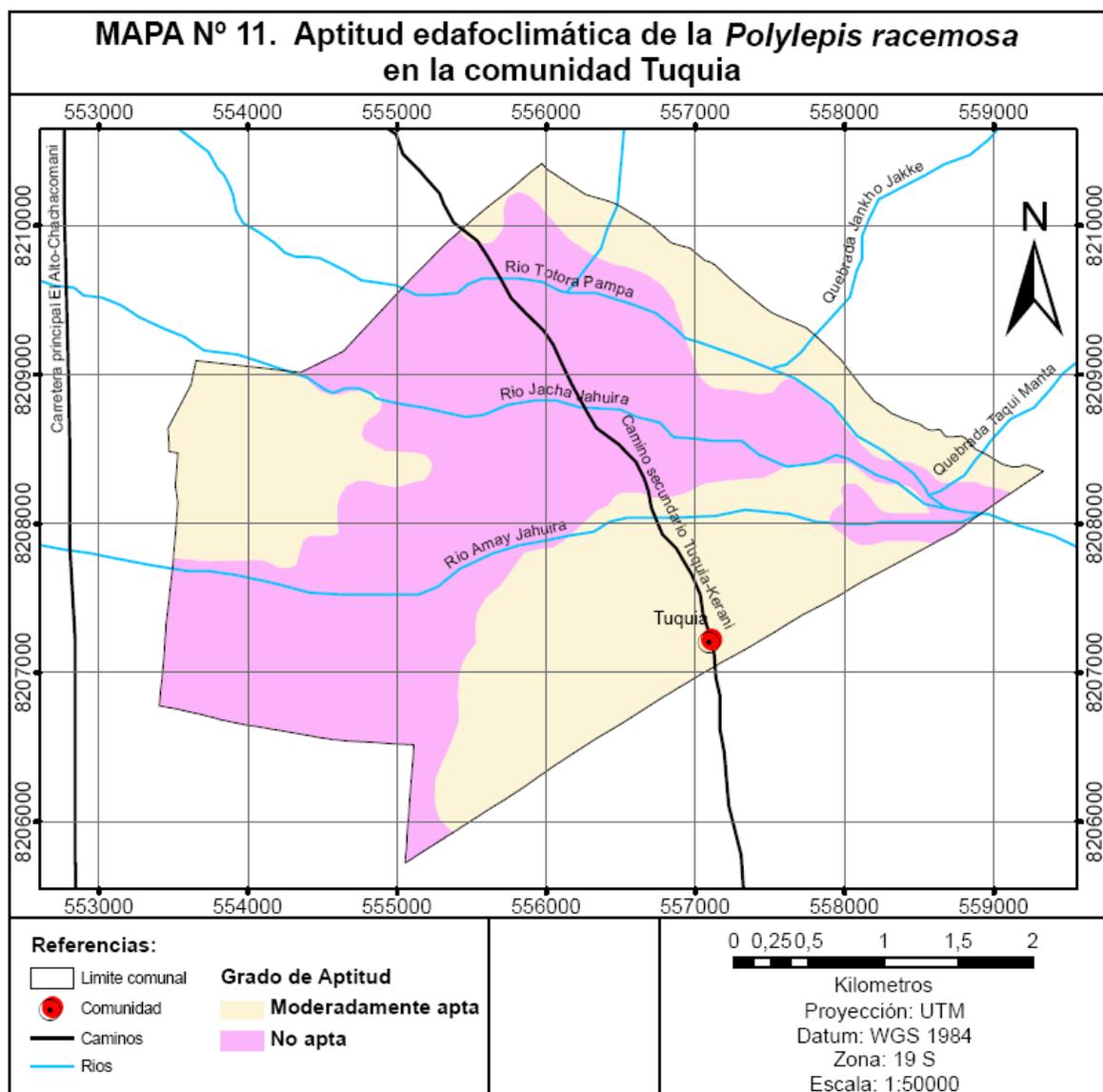
La clase no apta, se encuentra en la unidad de paisaje llanura aluvial y subpaisaje llanura aluvial inundable, extendiéndose 77,56 ha aproximadamente un 12,3% del área total de la comunidad Huncallani. El área presenta un suelo de textura muy pesada (arcilla), que limita el desarrollo de la especie, y una profundidad efectiva superficial por la presencia del nivel freático superficial, presencia de humedales y pH moderadamente ácido. El grado de aptitud no apta, se debe a que el drenaje es muy pobre y una textura pesada por lo que la aptitud de la Keñua es muy limitada.

Raymond (1991), señala que, los suelos forestales arenosos a menudo árboles con bajo contenido de humedad y requerimientos nutritivos. Por el contrario, los suelos enriquecidos de limo y de arcilla en general sostienen árboles con altas necesidades de humedad y sustancias nutritivas.

Nina (1999), menciona que la Keñua (*Polylepis racemosa*) se distribuye de 3000 a 4700 msnm, en pendientes medias a escarpadas, en suelos pedregosos, profundos a poco profundos. También señala que soporta temperaturas extremas.

5.1.2. Aptitud edafoclimática para la *Polylepis racemosa*, comunidad Tuquia

El mapa N° 11, representa los grados de aptitudes de la Keñua (*Polylepis racemosa*) en la comunidad de Tuquia.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 9. Superficies de aptitudes para la *P. racemosa*, comunidad Tuquia

| Clase de aptitud | Superficie (ha) | % |
|--------------------|-----------------|--------------|
| Moderadamente apta | 654,53 | 45,8 |
| No apta | 774,69 | 54,2 |
| Total | 1429,22 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 9, se puede apreciar la existencia de las siguientes clases:

La clase moderadamente apta con una área de 654,53 ha aproximadamente, siendo un 45,8% respecto a la superficie total de la comunidad. Abarcando el subpaisaje llanura aluvial no inundable. Este grado se atribuye a la presencia de una profundidad de clase regular, clase pedregoso (sur y oeste de la comunidad) y a la altitud de la comunidad Tuquia.

El grado no apta, extendiéndose en 774,69 ha, y expresado por un 54,2% aproximadamente del total de la superficie de la comunidad. Se presenta en la unidad de subpaisaje llanura aluvial inundable. El grado no apta se atribuye a las influencias de la textura (muy pesada), nivel freático superficial y pH moderadamente ácido.

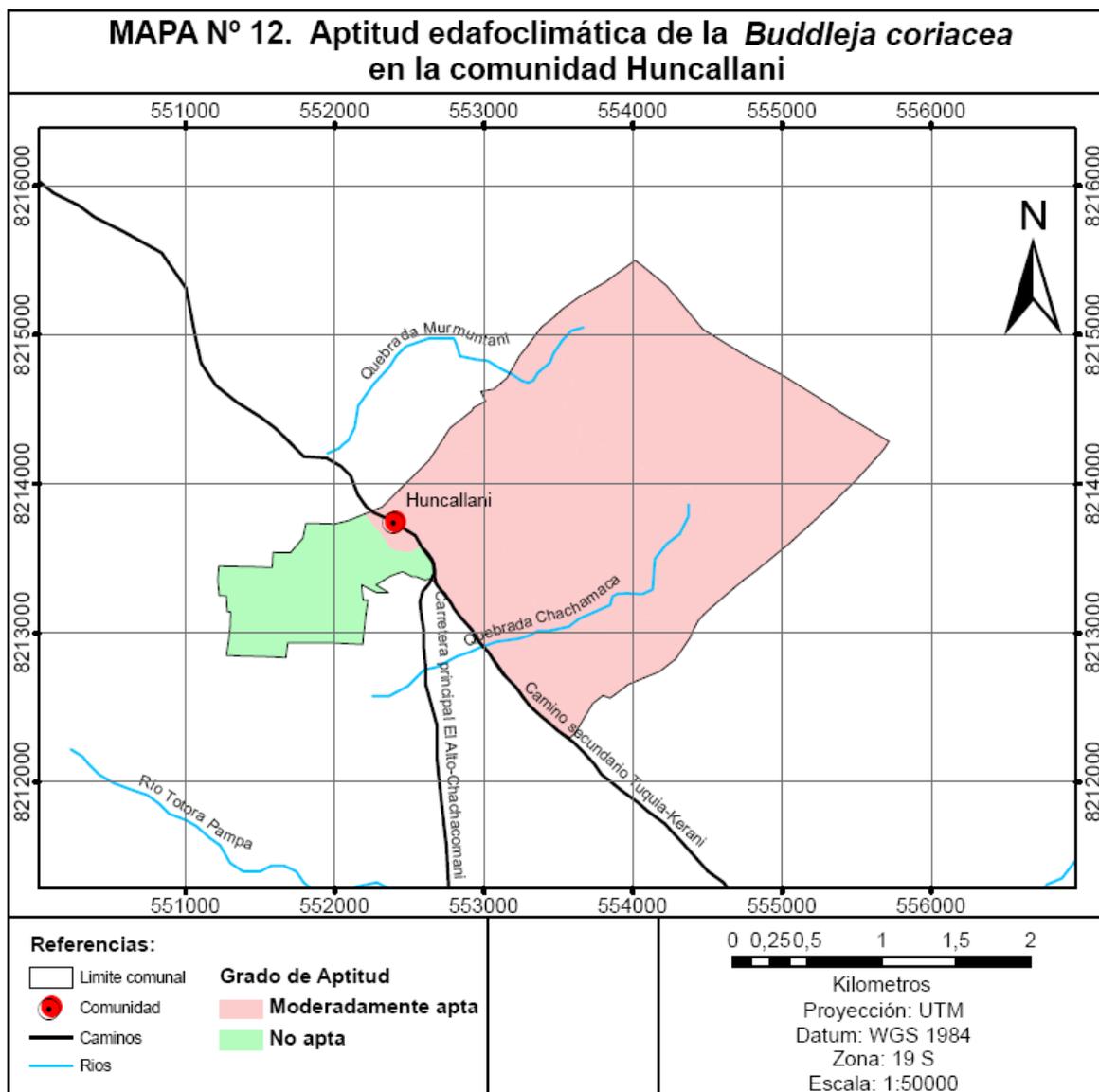
La Keñua, según Yallico (1992), menciona que la *Polylepis racemosa* se encuentra en rangos altitudinales de 3000 a 3600 msnm y que la especie *P. tomentella* registra a mayor altitud (5200 msnm).

La especies *P. racemosa*, en Ecuador se encuentra entre los 3500 y 3900 msnm, en suelos franco arcilloso, con profundidad media y pendiente de 20 – 50%; con precipitación de 500 – 600 mm por año (CESA, 1998 citado por Prado *et al.*, 2000).

“En Bolivia se menciona la *P. incana*, *P. racemosa* y *P. tomentella* se encuentran en los departamentos altoandinos entre los 3300 y 4700 msnm”, citado por Lojan (1992).

5.1.3. Aptitud edafoclimática para la *Buddleja coriacea*, en la comunidad Huncallani

Se puede apreciar en el mapa N° 12, la distribución de la aptitud de la Quiswara en la comunidad Huncallani.



Cuadro N° 10. Superficies de aptitudes para la *B. coriacea*, comunidad Huncallani.

| Clase de aptitud | Superficie (ha) | % |
|-------------------------|------------------------|--------------|
| Moderadamente apta | 555,69 | 87,7 |
| No apta | 77,56 | 12,3 |
| Total | 633,25 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 10, se aprecia las superficies de cada clase de aptitud, y su porcentaje en relación a la superficie total de la comunidad.

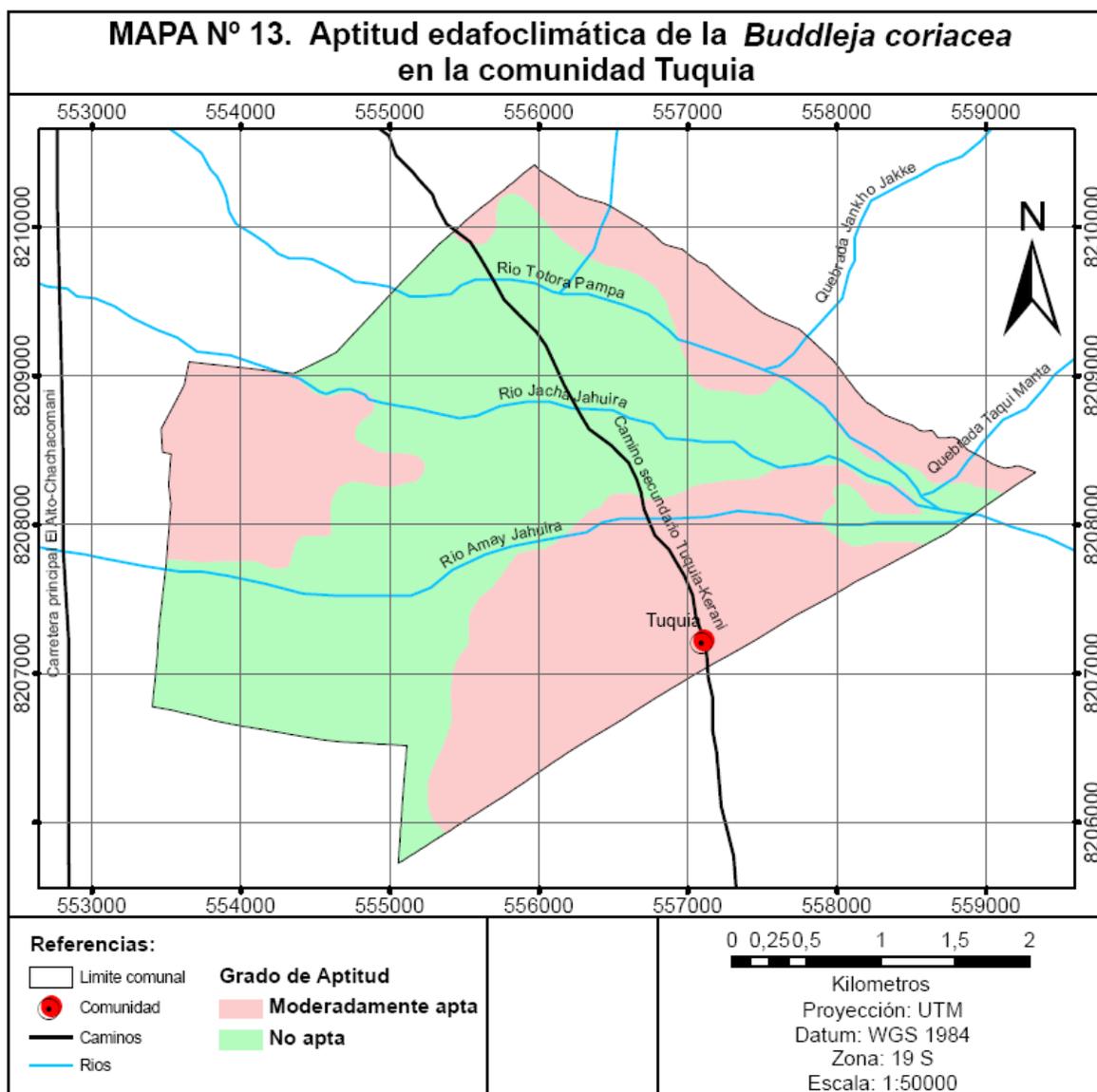
Moderadamente apta con un área de 555,69 ha, que en términos de porcentaje representa un 87,7% de la superficie total de la comunidad Huncallani. Cubriendo la unidad fisiográfica del paisaje colina, con subpaisajes de ladera superior, media e inferior. El grado moderado se refiere a que las condiciones de la profundidad efectiva (clase regular), altitud mayor a 4000 msnm y precipitación (un promedio de 709,7 mm anual) permiten el desarrollo en un grado menor al óptimo.

La clase no apta para la Quiswara en la comunidad de Huncallani, cubre un 77,56 ha, que representa el 12,3% del área de estudio de la comunidad. Esta clase no apta se encuentra en la unidad de subpaisaje de llanura aluvial inundable, y se debe a que las propiedades limitan el desarrollo, como ser la textura presente es muy pesada, presencia de nivel freático superficial en el subpaisaje aluvial inundable y pH moderadamente ácido.

Nina (1999), señala que la Quiswara (*Buddleja coriacea*) se adecua a suelos pesados, franco limoso, arenoso con pH ácido a neutro. También señala que requiere como mínimo de 450 mm de precipitación y 3°C de temperatura; en altitudes del altiplano entre 2900 y 4300 msnm.

5.1.4. Aptitud edafoclimática para la *Buddleja coriacea*, comunidad Tuquia

El mapa N° 13, presenta la distribución espacial de la aptitud edafoclimática para la Quiswara (*Buddleja coriacea*) en la comunidad Tuquia.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 11. Superficies de aptitudes para la *B. coriacea*, comunidad Tuquia

| Clase de aptitud | Superficie (ha) | % |
|-------------------------|------------------------|--------------|
| Moderadamente apta | 654,53 | 45,8 |
| No apta | 774,69 | 54,2 |
| Total | 1429,22 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el cuadro N° 11, no existen suelos aptos para la Quiswara en la comunidad Tuquia, desde un punto de vista de factores limitantes como el pH y nivel freático superficial.

La clase moderadamente apta, cubre una área de 654,53 ha, y representa aproximadamente un 45,8% respecto al total de la superficie de la comunidad. Situado en las unidades de subpaisaje de llanura aluvial no inundable, esta denominación de moderada, se debe a factores limitantes identificados para esta especie, los cuales son: profundidad efectiva (regular), pH (ligeramente ácido), altitud entre 3990 a 4000 msnm., y precipitación escasa.

La clase no apta con un área de 774,69 ha y representa un 54,2% del total de la superficie de la comunidad. La no apta se debe a que las condiciones en las propiedades edáficas y climáticas existen limitaciones, como ser: textura muy pesada, nivel freático superficial, pH moderadamente ácido, altitud y precipitación, donde estos participan para el no desarrollo de esta especie.

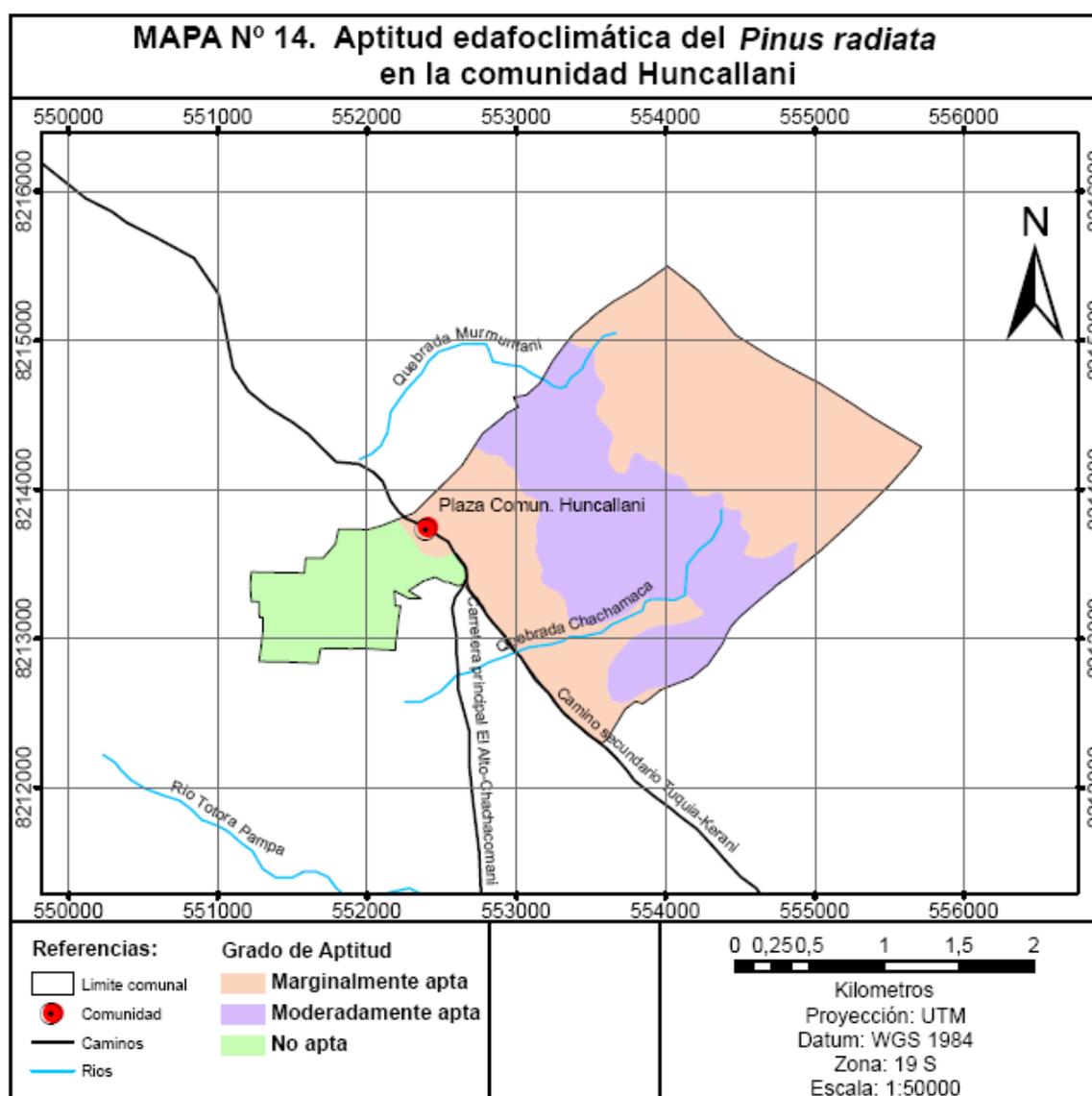
Prado *et al.* (2000), mencionan que en el Parque Nacional Tunari, a una altitud de 3900 msnm, con textura franco arcilloso – arenoso, pendiente escarpado entre 25 – 55% presentan un buen crecimiento en la zona alto andina.

5.2. Aptitud edafoclimática para especies introducidas

La evaluación de las propiedades edáficas y climáticas ya fueron descritas en el punto 5.1.1; los cuales son la base para de descripción de las aptitudes para las especies introducidas en base a sus requerimientos edafoclimáticos.

5.2.1. Aptitud edafoclimática para el *Pinus radiata*, comunidad Huncallani

En el mapa N° 14, representa la variabilidad del grado de aptitud del Pino (*Pinus radiata*) en el área de estudio de la comunidad de Huncallani.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 12. Superficies de aptitudes para el *P. radiata*, comunidad Huncallani

| Clase de aptitud | Superficie (ha) | % |
|-------------------------|------------------------|--------------|
| Moderadamente apta | 210,70 | 33,3 |
| Marginalmente apta | 344,99 | 54,4 |
| No apta | 77,56 | 12,3 |
| Total | 633,25 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 12 y mapa N° 14, expresan que no existe la clase apta para la especie *Pinus radiata* en esta comunidad, lo cual se debe a factores limitantes como suelo y clima.

La clase moderadamente apta representa un 210,70 ha, en términos de porcentaje es 33,3% del total de área de la comunidad. Encontrada en la unidad de subpaisaje ladera media. Moderado se debe a factores que limitan el desarrollo de la especie y, entre estos se tiene a la profundidad efectiva de clase regular, pedregosidad de clase pedregoso, altitud no apta, y temperatura mayor a 5°C de la comunidad que no son las más adecuadas.

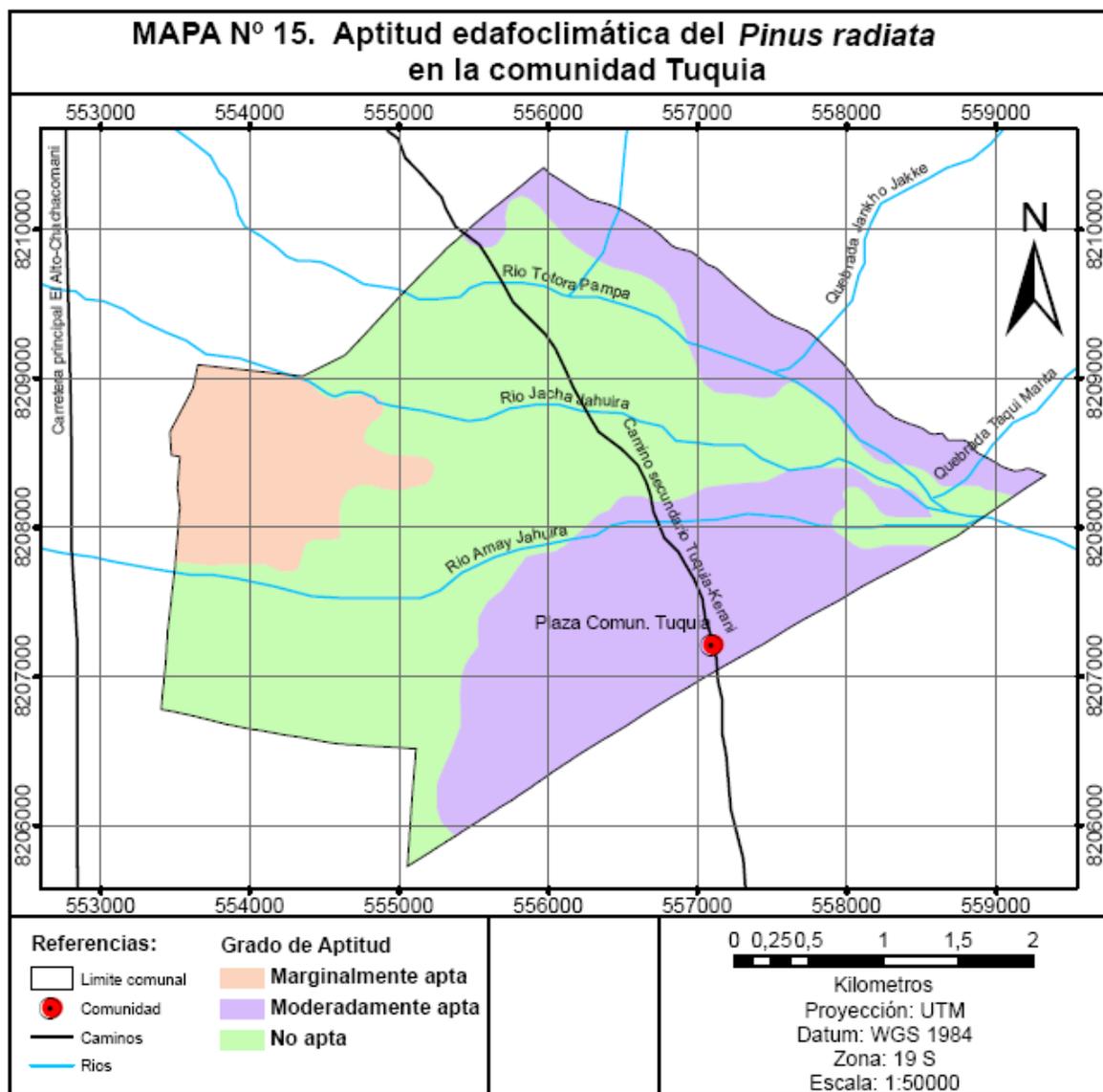
El 54,4% de la superficie total (344,99 ha) tiene un grado marginalmente apta para el pino. Este se encuentra en unidades de subpaisaje de ladera superior e inferior. Este grado se determino por el pH ligeramente alcalino (ladera superior), profundidad efectiva de clase regular, pedregosidad de clase muy pedregoso (ladera inferior), altitud mayor a 4000 msnm, y temperatura no satisfactoria.

En un área de 77,56 ha (12,3% del total de la superficie de la comunidad Huncallani), se tiene un grado de no apta. Identificada en el subpaisaje llanura aluvial inundable. Esto se debe por la presencia de humedales, textura de clase muy pesada, nivel freático superficial, pH moderadamente ácido, altitud no satisfactoria, precipitación y temperatura baja.

Nina (1999), menciona que esta especie requiere una temperatura media de 14°C, y menciona que esta especie crece con escasa variación de temperatura; precipitación de 350 a 1000 mm, y suelos arenos arcillosos y profundos.

5.2.2. Aptitud edafoclimática para el *Pinus radiata*, comunidad Tuquia

Se detalla una distribución espacial de la aptitud del pino en la comunidad de Tuquia en el mapa N° 15.



Cuadro N° 13. Superficies de aptitudes para el *P. radiata*, comunidad Tuquia

| Clase de aptitud | Superficie (ha) | % |
|--------------------|-----------------|--------------|
| Moderadamente apta | 499,52 | 35,0 |
| Marginalmente apta | 155,01 | 10,8 |
| No apta | 774,69 | 54,2 |
| Total | 1429,22 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

En el mapa N° 15 y en el cuadro N° 13, expresan la aptitud registrada de la comunidad con respecto del pino. Se determinó la clase moderadamente apta con un 499,52 ha representando un 35,0% del total de la comunidad; se presenta en el subpaisaje llanura aluvial no inundable (noreste y sur de la comunidad). Esto se debe a la profundidad efectiva de clase regular, clase pedregoso en el sur de la comunidad, altitud entre 3990 a 4000 msnm, precipitación y temperaturas bajas.

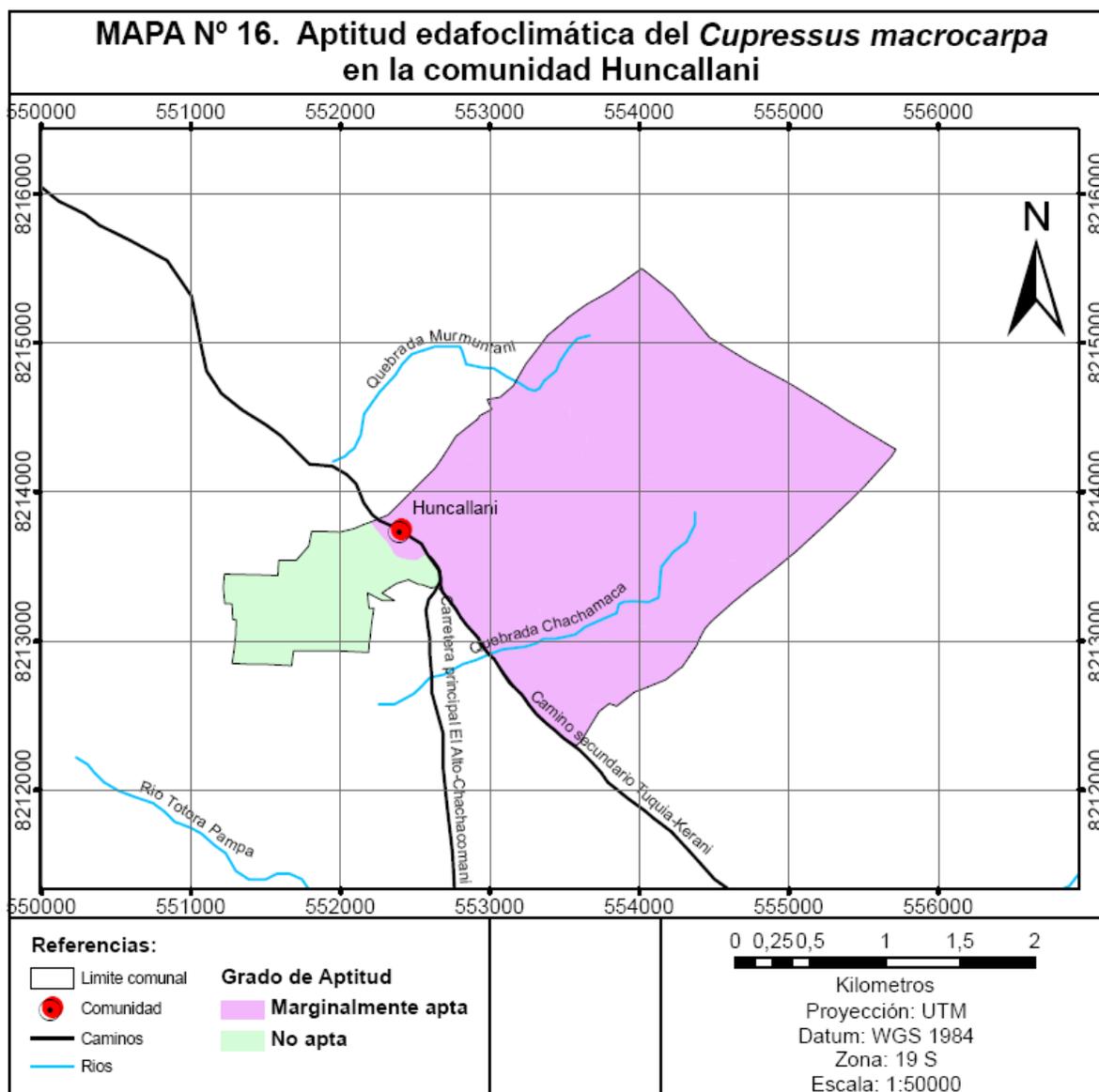
En un 155,01 ha (10,8% del total de la superficie), se presenta la clase marginalmente apta; en el subpaisaje llanura aluvial no inundable (oeste de la comunidad); presenta poca posibilidad del desarrollo del pino, por razones de pH ligeramente ácido, profundidad efectiva de clase regular, clase pedregoso, altitud no adecuada, y temperaturas escasamente bajas.

La clase no apta, está presente en aproximadamente 774,69 ha, haciendo un 54,2% del total de la superficie de la comunidad; cubriendo toda la unidad del subpaisaje llanura aluvial inundable; no apta, se debe a razones del nivel freático superficial, del pH moderadamente ácido, textura de clase muy pesada, altitud no adecuada, y temperatura bajas, para el caso del pino.

Por otro lado en el estudio de caso en Quito-Ecuador del Proyecto FAO (1995), en la cual validaron la adaptación de bosques de Pino (*Pinus radiata*), cuyas características de textura franco, pH ligeramente ácido, pendiente 10 – 40% y altitud entre 3500 – 3650 msnm, determinaron un 24% de 86 ha, árboles bifurcados, o ramas delgadas y con muy pocas acículas, llegando a poner en duda la producción de madera de buena calidad. Posiblemente señalan a la influencia del suelo y a la altitud.

5.2.3. Aptitud edafoclimática para el *Cupressus macrocarpa*, comunidad Huncallani

El mapa N° 16, presenta la variabilidad de la distribución espacial según su aptitud edafoclimática para el Ciprés (*Cupressus macrocarpa*) en la comunidad Huncallani.



Cuadro N° 14. Superficies de aptitudes para el *C. macrocarpa*, comunidad Huncallani

| Clase de aptitud | Superficie (ha) | % |
|-------------------------|------------------------|--------------|
| Marginalmente apta | 555,69 | 87,7 |
| No apta | 77,56 | 12,3 |
| Total | 633,25 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

En el mapa N° 16 y cuadro N° 14, podemos apreciar una distribución y superficies de aptitudes edafoclimáticas para el Ciprés, en los cuales se determinaron dos clases de aptitudes.

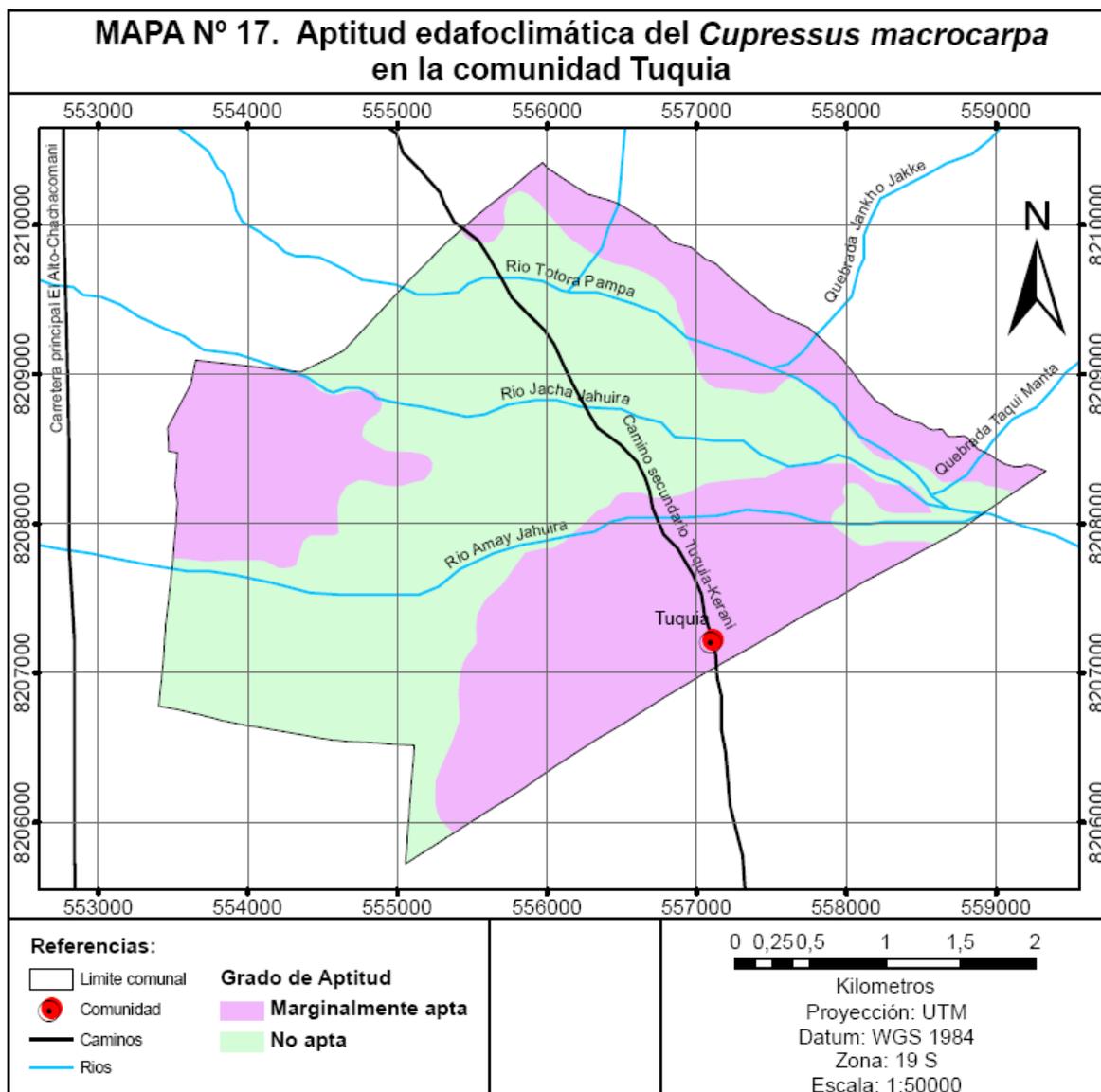
Una clase fue la marginalmente apta con un área de 555,69 ha (87,7% del total de la superficie de la comunidad), se extiende en las unidades de subpaisaje de ladera superior, media e inferior. La denominación de marginal se debe a la altitud mayor a 4000 msnm, temperaturas muy bajas (mayor a 3°C), clase muy pedregoso en la ladera superior, los cuales limitan el buen desarrollo de dicha especie.

La otra aptitud, es la no apta con un área de 77,56 ha y expresado en porcentaje en relación al superficie total es de 12,3%; ocupa la parte de la llanura aluvial inundable; estas áreas no satisfacen los requerimientos del Ciprés para su desarrollo, existiendo restrictivos como la textura de clase muy pesada, nivel freático superficial, pH moderadamente ácido, una altitud elevada a su requerimiento, temperaturas bajas, los cuales no son las adecuadas para dicha especie.

La ecología requerida por el Ciprés (*Cupressus macrocarpa*), Galloway *et al.* (1984) señala a suelos con buen drenaje y profundos, elevación desde 2000 a 4000 msnm, con precipitación de 700 a 1600 mm/año, en el cual señala que tiene un desarrollo relativamente satisfactorio.

5.2.4. Aptitud edafoclimática para el *Cupressus macrocarpa*, comunidad Tuquia

En esta comunidad, no existe la clase apta, como se puede apreciar en el mapa N° 17, donde se expresa una distribución espacial de la aptitud edafoclimática para el Ciprés en la comunidad Tuquia.



Cuadro N° 15. Superficies de aptitudes para el *C. macrocarpa*, comunidad Tuquia

| Clase de aptitud | Superficie (ha) | % |
|-------------------------|------------------------|--------------|
| Marginalmente apta | 654,53 | 45,8 |
| No apta | 774,69 | 54,2 |
| Total | 1429,22 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

En el mapa N° 17 y cuadro N° 15, se describe la representación de la aptitud del Ciprés en dicha comunidad. La clase marginalmente apta con 654,53 ha, que abarca un 45,8% de la superficie total de la comunidad. Se extiende en las unidades de subpaisaje de llanura aluvial no inundable. Por las condiciones de profundidad efectiva de clase regular, pH ligeramente ácido, precipitación y temperaturas muy bajas y altitud por los 4000 msnm, por lo que se le atribuye por marginal.

Un área de 774,69 ha (54,2% de la superficie total de la comunidad), es representada por la clase no apta para el Ciprés; extendiéndose en todo el subpaisaje de llanura aluvial inundable; con presencia de pH moderadamente ácido, textura de clase muy pesada, nivel freático superficial, precipitación y temperaturas bajas, los cuales limitan el desarrollo del Ciprés.

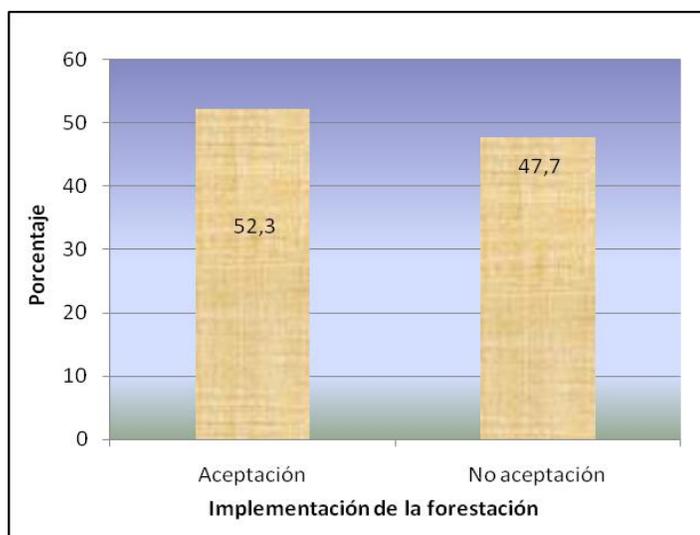
En el estudio de caso en la comunidad Chauzán San Alfonso, Quito-Ecuador del Proyecto FAO (1995), caracterizaron precipitación promedio anual entre 350 a 600 mm, suelo franco-arenoso, con pH entre ligeramente alcalino y neutro, un bosque de 83,3 ha sembradas con especies de *Pinus radiata* y *Cupressus macrocarpa*; con presencia de cobertura forestal sana, rectos y sin bifurcaciones.

5.3. Identificación de sitios aprovechables para la forestación con la participación de la comunidad

5.3.1. Ubicación de sitios aprovechables para la forestación en la comunidad Huncallani.

Antes de presentar los resultados de la ubicación del sitio para el aprovechamiento en la implementación forestal, se presenta a continuación la aceptación por parte de la comunidad.

Figura N° 4. Aceptación a la forestación por los comunarios de Huncallani



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4, se puede observar el porcentaje de participación (interesados) en la actividad forestal.

Un 52,3% del total de familias de la comunidad Huncallani, están interesados en implementar especies forestales en áreas disponibles, en este caso son áreas comunales. Esto se debe a que en esta comunidad existe una fisiografía con pendiente de difícil traslado, por lo cual en dicha área (ladera superior) lo asignaron como uso comunal, pero en la actualidad no lo explotan en la actividad agrícola por razones de traslado.

Y un 47,7% de familias de la comunidad, no están interesados en la implantación de especies forestales; esto se debe a que ellos señalan que les quita tiempo en cuidar, espacios para sus cultivos y por la demora de su crecimiento.



Fotografía N° 1
Ubicación con las autoridades de
sitios aprovechables

De acuerdo al recorrido, se pudo ubicar la área donde no utilizan, ya sea este como uso comunal no aprovechado, lugares como cárcavas, ríos y cabecera de colina.

En el cuadro N° 16, se detalla la superficie para aprovechar en plantaciones forestales; en la cima de la comunidad, es un área de uso común en el cual no practican ninguna actividad relacionada con la producción agrícola, abarca

una superficie aproximadamente de 88,93 ha, representando un 14,0% del total de la superficie de la comunidad.

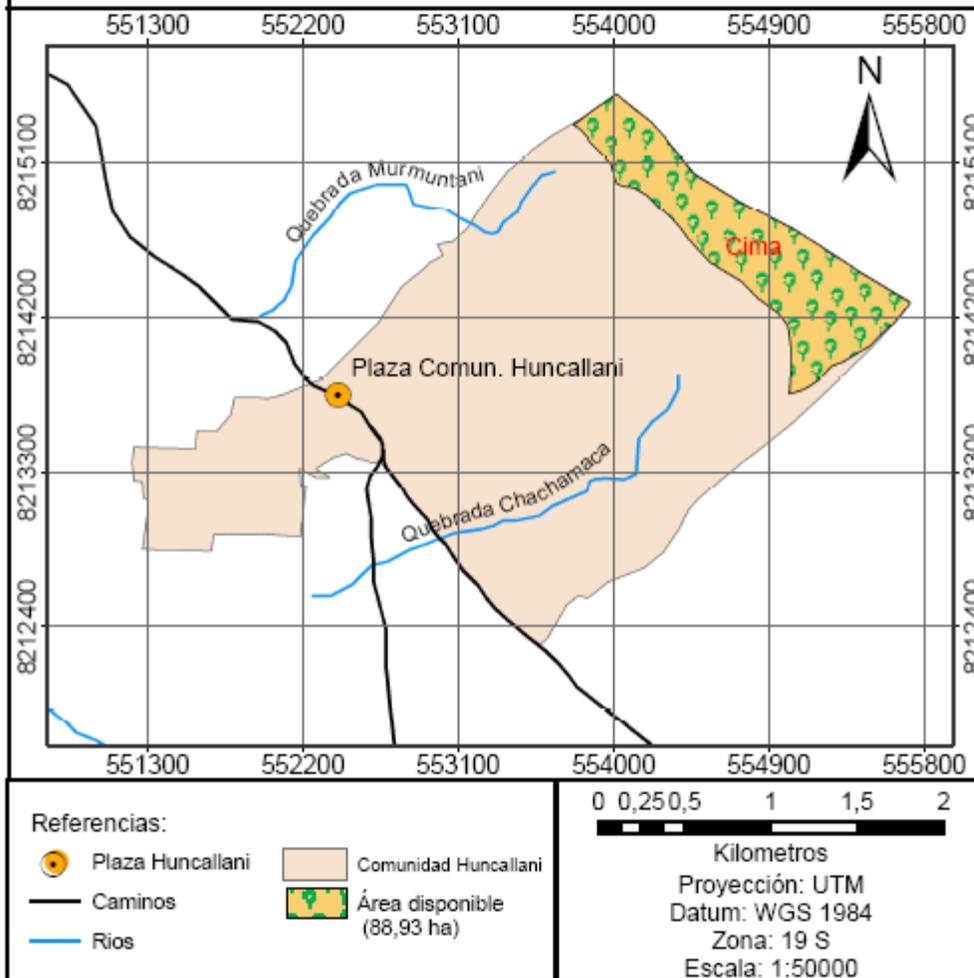
Cuadro N° 16. Superficie disponible en la comunidad Huncallani

| Ubicación | Superficie (ha) | % |
|--|-----------------|--------------|
| Ladera superior (disponible) | 88,93 | 14,0 |
| Resto de la superficie (no disponible) | 544,32 | 86,0 |
| Total comunidad | 633,25 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

En representación espacial en el mapa N° 18, podemos observar la ubicación del sitio aprovechable para la implementación forestal, tomando como base la disposición por parte de las autoridades de la comunidad y comunarios.

MAPA N° 18. Área aprovechable para la forestación en la comunidad Huncallani



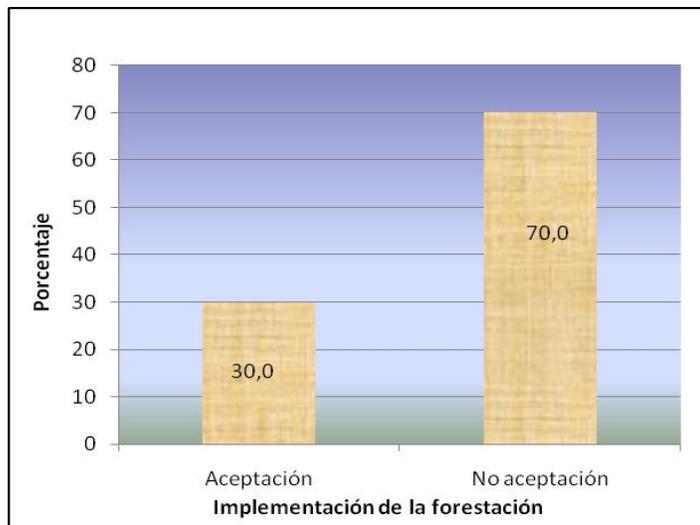
Fuente: Elaboración propia

En la comunidad Huncallani, se determinó un área de 88,93 ha representado por el 14,0% del total de la superficie de la comunidad. En esta área, la aptitud de las especies en estudio son: Moderadamente apta para la Keñua (*Polylepis racemosa*) y Quiswara (*Buddleja coriacea*); para el Pino (*Pinus radiata*) y *Cupressus macrocarpa* es marginalmente apta. Este sitio está ubicado en la ladera superior de la comunidad Huncallani.

5.3.2. Ubicación de sitios aprovechables para la forestación en la comunidad Tuquia.

Primero, se presenta a continuación la aceptación por parte de la comunidad a la implementación forestal.

Figura N° 5. Aceptación a la forestación por los comunarios de Tuquia



Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, se puede observar el porcentaje de participación (interesados) en la actividad forestal.

Un 30% de las familias de la comunidad de Tuquia, están de acuerdo en la implementación de especies forestales; esto se debe a que en la comunidad no existe áreas de uso comunal disponibles, puesto que todas las áreas de uso comunal están destinadas a la actividad agrícola, solo disponen de un área perteneciente a la escuela Gualberto Villarroel perteneciente a la comunidad.

El 70% de familias del total de la comunidad, no están en total de acuerdo en la implementación forestal, debido a que ellos apuntan a la falta de superficies libres, y que el área de la escuela debe cumplir la función del acoyo de los ganados pertenecientes a la escuela y la producción agrícola, con la finalidad de obtener ingresos para el mantenimiento de la unidad educativa.



Fotografía N° 2
Inicio de recorrido con las autoridades
para ubicar sitios disponibles.

Por el recorrido realizado, se ubicó el sitio donde se aprovecharían para la implementación forestal.

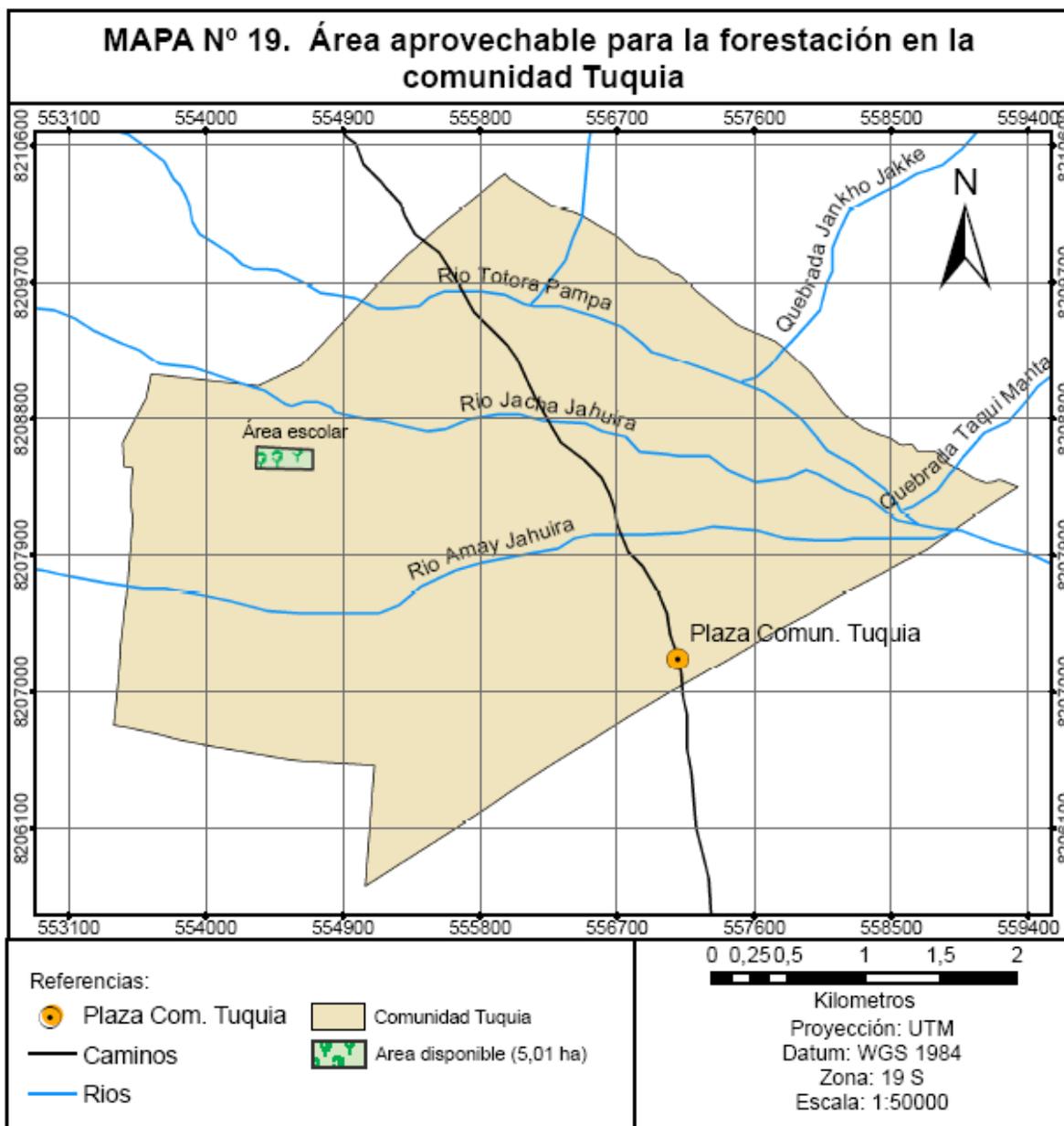
En el cuadro N° 17, se detalla la superficie disponible que cuenta la comunidad y poder ser aprovechada en la implementación forestal, partiendo de la disponibilidad de la parte social.

Cuadro N° 17. Superficie disponible en la comunidad Tuquia.

| Ubicación | Superficie (ha) | % |
|---|------------------------|--------------|
| Área escolar (llanura aluvial no inundable) | 5,01 | 0,4 |
| Resto de la superficie | 1424,18 | 99,6 |
| Total comunidad | 1429,19 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

En el mapa N° 19, se observa la ubicación del sitio aprovechable para forestar, tomando como base la disposición por parte de las autoridades de la comunidad; en todo el área escolar, se ubico una área de 5,01 ha representando un 0,4% respecto a la superficie total de la comunidad.



Fuente: Elaboración propia

En la comunidad Tuquia, se determinó 5,01 ha haciendo un 0,4% del total de la superficie de la comunidad. En esta superficie las aptitudes para las especies en estudio son: moderadamente apta para la Keñua (*Polylepis racemosa*) y para la Quiswara (*Buddleja coriacea*); marginalmente apta para el Pino (*Pinus radiata*) y Ciprés (*Cupressus macrocarpa*). Esta superficie está ubicada en la llanura aluvial no inundable, en los predios de la unidad educativa Gualberto Villarreal.

Rojas (1992) cita en el estudio realizado en el municipio de Sacava del departamento de Potosí, altitudes entre 3100 y 4600 msnm, con variaciones topográficas, con pendientes pronunciadas y cabeceras de valle; señala que hubo la participación de los comunarios en la plantación de especies nativas de *Polylepis sp* y *Buddleja sp*, propuesta de manejo de los recursos naturales.

El *Eucalyptus globulos* (Eucalipto), el *Pinus radiata* (Pino) y el *Cupressus macrocarpa* (Ciprés) son las especies forestales más utilizadas para las plantaciones forestales en el Altiplano. Los diferentes proyectos instalados en la región altiplánica han insistido con las citadas especies, con resultados de relativo éxito. En la cuenca del lago Titicaca, por ejemplo en Jinchaca, con plantaciones de pinos de buen desarrollo, todas ellas en la ribera del Lago Sagrado (Rodríguez citado por LIDEMA, 1989).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Los resultados presentes en este estudio deben ser tomados como una estimación técnica relativa. Por lo cual se puede llegar a las siguientes conclusiones.

Para las especies nativas en las dos comunidades de Huncallani y Tuquia, se determinaron lo siguiente:

- Para la Keñua (*Polylepis racemosa*), en la comunidad Huncallani, se ha determinado las aptitudes de moderadamente apta con 87,7% y no apta con el 12,3% en relación a la superficie total de la comunidad Huncallani. También en la comunidad Tuquia, se ha determinado moderadamente apta con 45,8% y no apta con un 54,2 % en relación a la superficie total de la comunidad.

La clase moderada se debe según al requerimiento de la keñua, a presencia de una la profundidad efectiva regular, pH ligeramente alcalino (ladera superior), clase muy pedregoso (ladera superior e inferior) estos dos últimos para el caso de la comunidad Huncallani, y temperatura moderada en ambas comunidades; la clase no apta se debe al suelo de textura muy pesada, pH moderadamente ácido, profundidad superficial y presencia de humedales en ambas comunidades.

- En la evaluación para la Quiswara (*Buddleja coriacea*), se han determinado las aptitudes de moderadamente apta con el 87,7% y no apta con 12,3 % del total de la superficie de la comunidad Huncallani. En la comunidad Tuquia, se ha determinado la aptitud moderadamente apta que ocupa el 45,8% y la no apta con 54,2% en relación a la superficie total de la comunidad.

Según al requerimiento de la quiswara, moderado se debe a la presencia de una profundidad de clase regular para ambas comunidades, pH ligeramente alcalino y altitud mayor a 4000 msnm para el caso de la comunidad Huncallani; y la no apta se debe por presentar textura muy pesada, pH moderadamente ácido, profundidad superficial con nivel freático superficial y humedales en ambas comunidades.

Para las especies introducidas, en las dos comunidades se determinaron lo siguiente:

- Para el *Pinus radiata*, en la comunidad Huncallani se obtuvo moderadamente apta con el 33,3%, marginalmente apta con 54,4%, y la no apta con un 12,3% todo en relación a la superficie total de la comunidad Huncallani. De igual manera en la comunidad Tuquia, se obtuvo moderadamente apta, marginalmente apta y no apta, ocupando un 35,0%, 10,8% y 54,2% respectivamente, todo en relación a la superficie total de la comunidad.

Según al requerimiento del pino, moderado se debe al aspecto de la profundidad regular, clase pedregoso, altitud igual o mayor a 4000 msnm, temperatura > a 5°C en ambas comunidades; marginal se debe además de la profundidad regular, a la clase muy pedregoso, pH ligeramente alcalino (ladera superior de la comunidad Huncallani), también a la altitud igual o mayor a 4000 msnm, y temperaturas bajas, todos en ambas comunidades, pH ligeramente ácido (lado oeste de la comunidad Tuquia); y la no apta se debe a la presencia de una textura muy pesada, pH moderadamente ácido, altitud no adecuada, temperaturas bajas, profundidad superficial, nivel freático superficial y presencia de humedales en ambas comunidades.

- Para el *Cupressus macrocarpa*, se ha determinado las siguientes aptitudes en la comunidad Huncallani: marginalmente apta con 87,7% y no apta con 12,3% respecto a la superficie total de la comunidad. Y en la comunidad Tuquia, las aptitudes determinadas para el *C. macrocarpa*, fueron: marginalmente apta con el 45,8% de la superficie total de la comunidad; y la no apta en un 54,2 % del total de la comunidad Tuquia.

Marginal se debe a la profundidad regular, clase muy pedregoso (ladera superior e inferior de la comunidad Huncallani), altitud igual o mayor a 4000 msnm, precipitación mínima, temperatura mayor a 3°C en ambas comunidades.

No apta se debe según a su requerimiento del ciprés, a la presencia de una textura muy pesada, pH moderadamente ácido, altitud, precipitación y temperaturas bajas, nivel freático superficial y presencia de humedales en ambas comunidades.

Se identificó, con la participación de la comunidad los siguientes sitios aprovechables para la forestación:

- Para la comunidad Huncallani, se ha determinado un área disponible a forestar de 88,93 ha representado por el 14,0% del total de la superficie de la comunidad. En esta área la aptitud para la Keñua (*Polylepis racemosa*) y Quiswara (*Buddleja coriacea*) es moderadamente apta; para el Pino (*Pinus radiata*) y Ciprés (*Cupressus macrocarpa*) es marginalmente apta. Este sitio está ubicado en la ladera superior de la colina de la comunidad Huncallani
- En la comunidad Tuquia, se ha determinado 5,01 ha haciendo un 0,4% del total de la superficie de la comunidad. En esta superficie, la aptitud para la Keñua (*Polylepis racemosa*) es moderadamente apta; para la Quiswara (*Buddleja coriacea*) también corresponde a moderadamente apta; marginalmente apta para el Pino (*Pinus radiata*) y Ciprés (*Cupressus macrocarpa*). Este sitio está ubicado en la llanura aluvial no inundable, en los predios de la unidad educativa Gualberto Villarroel.

Existe una disposición por parte de los comunarios de Huncallani (52,3% del total de familias), en designar áreas para la forestación, estos sitios se encuentran en el subpaisaje ladera superior; en la comunidad Tuquia, existe una considerable superficie de humedales y espejos de agua (54,2% del total de la comunidad), lo cual limita la disponibilidad de áreas para sus actividades agrícolas, por esta razón existe una reducida participación (30% de las familias interesadas del total de la comunidad).

6.2. Recomendaciones

Se debe realizar prácticas de implementación y manejo forestal en diferentes comunidades, encabezadas por autoridades departamentales y municipales para proveer mayores alternativas a los usuarios de la tierra, esto incluye sistemas agroforestales en el altiplano de La Paz considerando el tipo de vegetación existente.

Asimismo, se recomienda realizar una evaluación de la aptitud para otras especies que sean resistentes a medios edáficos y climáticos, así como otros sistemas de uso de la tierra.

Se recomienda analizar el proceso de revalorización de especies nativas como barreras vivas en sistemas agroforestales en diferentes Municipios.

Sería útil realizar prácticas en las especies nativas como en las introducidas, en aplicación de manejos culturales en campo y obtener de lo apto a lo óptimo.

Esto no quiere decir que en lugares deprimidos no se puedan plantar árboles es más, se puede hacer este trabajo utilizando principalmente especies nativas que presentan muchas más ventajas que las especies introducidas.

Ubicar diferentes sitios que no son utilizados por los pobladores en diferentes comunidades, con la finalidad de poder implementar la actividad forestal con especies adecuadas a dichos sitios.

Difundir la importancia de las especies forestales en las poblaciones, con la finalidad de concientizar en la implementación y manejo de la práctica forestal andina.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alfredo Luque, Jorge. 1981. Hidrología Agrícola Aplicada. 1ra edición, editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. p. 55 – 65.
- Arias, Maldonado Edwin. 2008. Identificación y métodos de control del pulgón en ciprés (*Cupressus macrocarpa*) en tres zonas del Departamento de La Paz. Tesis de grado. Facultad de Agronomía-UMSA. p. 6.
- Borel, B. Aguilar, C. 1994. Fenología de seis especies arbóreas y arbustivas nativas en el altiplano puneño. Puno, Perú. 26 p.
- Borter, P. 1994. Usos y problemas de 17 especies forestales de importancia ecológica y socioeconómica en los valles interandinos de Cochabamba. CORDECO- IC-COTESU. Cochabamba, Bolivia. 40 p.
- Broquen, P. 1987. Estimación de la calidad de sitio forestal con especial referencia a coníferas. Revisión bibliográfica. Cátedra de Edafología A.U.S.M.A. - U.N.C. S.E.C.Y.T. III Jornadas Forestales Patagónicas Esquel, 14 p.
- Callisaya, Cesar. (2010). Evaluación de la influencia en la actividad antrópica en el manejo del bofedal de Peñas Altiplano Norte. Tesis de grado. Facultad de Agronomía-UMSA. p. 43-44.
- Carrisón, P. 1990. Practicas agroforestales de mayor difusión en la región alta andina y su impacto sobre la producción agropecuario. Proyecto DINA/AID, Ecuador, p. 34.
- Centro de Levantamientos Aeroespaciales y Aplicaciones SIG para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Naturales (CLAS). 2006. Propuesta de plan de Uso de Suelo para Colcapirhua, Bolivia. Documento de campo N°9. FAO (GCO/RLA/139/JPN). 174 p.
- Cervi F., P. Imbach, A. Vallejo, M. R. Tito y C. J. Pérez. 2006. Zonas edafoclimáticas aptas para especies forestales bajo escenarios de cambio climático: un estudio de caso en Costa Rica. Grupo Cambio Global, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza –CATIE–, Turrialba, Costa Rica p. 26. <www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/Cervi.%20A.P.%202006.%20Zonas%20edafoclim%20aptas%20para%20especies%20forestale.pdf> [Consultado el 20 de marzo de 2010].

- De las Salas, Gonzalo. 1987. Suelos y ecosistemas forestales. 1ra edición, IICA, editorial Porvenir. Costa Rica. p. 9 - 44.
- Donoso, C. 1981. Ecología Forestal: El bosque y su medio ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Ed. Universitaria. p. 68-96.
- Echeverría, J. C.; Jobbagy, E. G.; Collado, A. D. 2006. Aptitud Forestal de la Provincia de San Luis. Convenio de Cooperación Técnica entre el INTA E.E.A., San Luis y el Gobierno de la Provincia de San Luis. 110 p. <http://www.inta.gov.ar/SANLUIS/info/documentos/Aptitud_forestal/Documentos/APTITUD%20FORESTAL%20de%20San%20Luis2006.pdf#search=%22echeverr%C3%ADa%0jobbagy%20aptitud%22> [Consultado el 29 de agosto de 2010].
- FAO, 1995. Bosques Comunales. Metodología y Estudio de CASO. Proyecto FAO-HOLANDA “Desarrollo Forestal Participativo en Los Andes”. Quito, Ecuador. p. 76.
- FAO. 1997. Guía para la descripción de perfiles de suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2da edición. Roma. 70 p.
- Fernández, R.; Crechi, E; Friedl, R. 1994. Evaluación del comportamiento de la Altura Dominante como medida de la calidad de sitio para *Araucaria angustifolia*. Ktze Interciencia. p. 343-346.
- Gallegos del Tejo, Arturo. 1997. La aptitud agrícola de los suelos. 1ra edición, editorial Trillas. Impreso en México. p. 18 – 37.
- Galloway Glen, Gumercindo. 1984. Guía para el establecimiento de plantaciones forestales en la serranía Peruana. Proyecto FAO/Holanda/INFOR. Lima, Perú. p. 26-126.
- Gandullo, J.M. - 1985. *Ecología Vegetal*. Fundación Conde Valle de Salazar. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Servicio de Publicaciones EUIT-Forestal. Madrid. p. 89- 93
- Jacob, A., Angulo, O. 1978. Un estudio agro-meteorológico sobre la determinación de la evapotranspiración potencial, comparando diferentes métodos en el valle de Cochabamba. PNUD-FAO- Bolivia. p. 36 - 54.
- Ledesma M. Jimeno. 2001. Climatología y meteorología agrícola. Preimpresión Monty texto. Impreso en España. p 85 – 97.

- LIDEMA, 1989. Forestación en el Altiplano utiliza solamente especies exóticas. Revista trimestral N° 11. Impreso en Imprenta Papiro. La Paz, Bolivia. Pág. 2. Por. Ing. *Jaime Rodríguez*.
- Lojan Idrobo Leoncio. 1992. Árboles y Arbustos Nativos para el desarrollo forestal Altoandino. 1ra edición; Editorial Luz de América. Quito, Ecuador. 117 p.
- Madel, G. 1994. Estudio agroclimático de los valles de Cochabamba. Tesis de licenciatura para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. UMSS, FCAPFyV. p. 36.
- Mariscal C, Amilar. 1992. Agroclimatología. Serie agronomía N° 2. Universidad Tomás Frías. p. 257.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. 2000. Servicio Nacional de Áreas Protegidas: Información técnica del Sistema Nacional de Áreas protegidas de Bolivia. La Paz – Bolivia. 64 p.
- Montes de Oca, Ismael. 1995. Geografía y Clima de Bolivia. Academia de Ciencias. Boletín publicado por Bull. Inst. fr. études andines. Bolivia. p. 126- 445.
- Moreno, Osorio Camilo, 1989. Levantamientos Agrologicos. 1ra edición, Editorial Trillas S.A., México. p. 73-91.
- Nina Ignacio Mario.1999. Especies forestales potenciales para plantaciones en Bolivia. Serie Técnica II, Proyecto FAO-GCP/BOL/028/NET. Impreso en Artes Gráficas “Sagitario”. La Paz- Bolivia. p. 45-145.
- Ordóñez, 1995. Aplicación de un Sistema de Información Geográfica en la planificación del uso de tierras del Municipio de Alvarado. Bogotá. p. 15-20.
- Padilla, C. Verónica. 2005. Evaluación de la distribución del género *Polylepis* en las provincias Camacho, Murillo, Sud Yungas del departamento de La Paz. Tesis de grado. Facultad de Agronomía-UMSA. La Paz-Bolivia. 117 p.
- Peñaranda Ribera Víctor y Sejas A. Jaime. 2003. Aprovechamiento de Recursos Hídricos y Conservación de Suelos. Impresión Industrias Graficas EFIIGRAF Ltda. La Paz, Bolivia. p. 29 – 44.
- Plan de Desarrollo Municipal – Batallas.2006-2010. p. 13-18.
- Plaster J. Edward. 2005. La ciencia del suelo y su manejo. 2da reimpresión, editorial Thomson S.A. Magallanes, Madrid-España. p. 166 – 215.

- Porta, J. Lopez-acevedo, M. Roquero, C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid España. Ed. Mundi Prensa. 789 p.
- Prado Rodríguez Lenin, Valdebenito M. Hugo. 2000. Contribución a la fenología de especies forestales nativas Andinas de Bolivia y Ecuador. Impreso en Artes Gráficas Impreseñal Cía Ltda. Quito, Ecuador. p. 41, 137 – 206.
- Prodan Michail; Peters Rolando; Cox Fernando y Real Pedro. 1997. Mesura Forestal. Proyecto IICA/GTZ. Imprenta del IICA. San José, Costa Rica. p. 369.
- Quirós, Maricruz. 1999. Evaluación de la calidad de las especies forestales nativas utilizadas en reforestación en la zona norte de Costa Rica. Práctica de especialidad. Bach. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 90 p.
- Raymond W. Milleret; Roy Donahue; Jhon c. Shickluma. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Editorial Dossat, S.A. Impreso en Cali Colombia. p. 450 – 523.
- Raymond, A. Young. 1991. Introducción a las ciencias forestales. 1ra edición, editorial LIMUSA S.A. Impreso en México. p. 96 – 128.
- Reynel, C; Leon, J. 1990 Árboles y arbustos andino para agroforestería y conservación de suelos. Tomo II. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Forestación y Fauna. Lima-Perú. 129 p.
- Rodas Camas O. A. 1996. Evaluación de tierras con fines de producción forestal y conservación hidrológica. Estudio de caso Microcuenca del Río Chilascó, Baja Verapaz, República Dominicana. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 198 p.
- Rojas, C. 1992. Sitios forestales y usos comunales de seis especies nativas de los Valles Interandinos (*Alnus acuminata*, *Escallonia schreiteri*, *Fagara coco*, *Polylepis besseri*, *Salix humboldtiana*, *Tipuana tipu*). Tomo 6. Informes Ecológicos. Misión forestal Alemana/ETSF/FCAyP/UMSS. Cochabamba, Bolivia. 131 p.
- Roura Horacio y Cepeda Horacio. 1999. Manual de identificación, formulación y evaluación de proyectos de desarrollo rural. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social - ILPES. Dirección de Proyectos y Programación de Inversiones. Santiago de Chile. p. 98 – 99.

- Stephen H. Spurr, Burton V. Barnes. 1982. Ecología forestal. 1ra edición, editorial A.G.T. S.A. Impreso en México. p. 204 – 209
- Villota, Hugo. 1997. Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. En: Revista CIAF Vol. 15. Nº 1. Santa fe de Bogotá-Colombia. p. 83-117.
- Yallico Ernesto. 1992. Distribución de Polylepis en el Sur de Puno. Proyecto ARBOLANDINO. Editorial Publifor. Pomata, Perú. p. 24-138.

ANEXOS

Anexo 1. Datos acumulados y consistencia de las estaciones meteorológicas.

Datos acumulados, para la doble masa consistencia: para la estación meteorológica Corpaputo

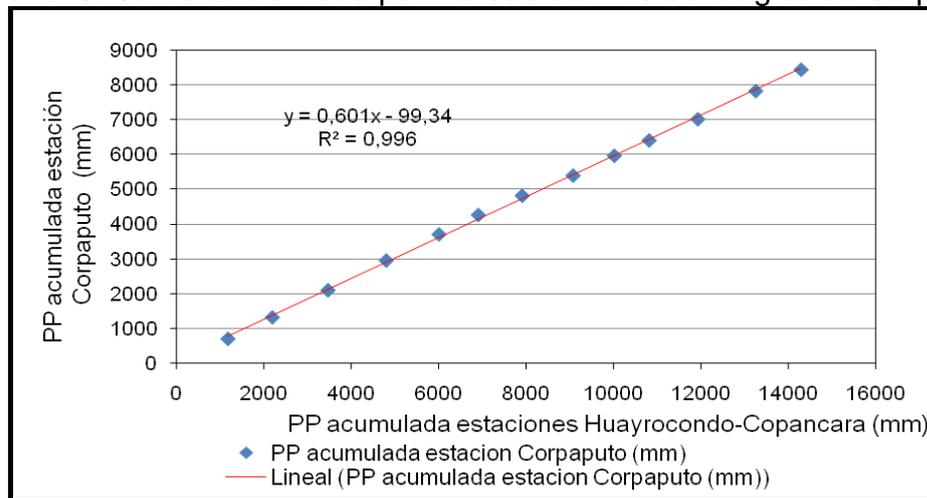
| Estación: HUAYROCONDO | | | Estación: COPANCARA | | | Suma Huayrocondo-Copancara (mm) | | Estación: CORPAPUTO | | |
|-----------------------|---------|--------------|---------------------|---------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------|---------|--------------|
| AÑO | pp (mm) | pp acumulada | AÑO | pp (mm) | pp acumulada | AÑO | pp acumulada | AÑO | pp (mm) | pp acumulada |
| 1990 | 697,4 | 697,4 | 1990 | 488 | 488 | 1990 | 1185,4 | 1990 | 722,8 | 722,8 |
| 1991 | 618,35 | 1315,75 | 1991 | 395,7 | 883,7 | 1991 | 2199,45 | 1991 | 648,3 | 1371,1 |
| 1992 | 778,95 | 2094,7 | 1992 | 492,4 | 1376,1 | 1992 | 3470,8 | 1992 | 662 | 2033,1 |
| 1993 | 854,95 | 2949,65 | 1993 | 476,3 | 1852,4 | 1993 | 4802,05 | 1993 | 751,7 | 2784,8 |
| 1994 | 753,35 | 3703 | 1994 | 452,3 | 2304,7 | 1994 | 6007,7 | 1994 | 622,2 | 3407 |
| 1995 | 557,85 | 4260,85 | 1995 | 340,3 | 2645 | 1995 | 6905,85 | 1995 | 580,5 | 3987,5 |
| 1996 | 553,5 | 4814,35 | 1996 | 448,8 | 3093,8 | 1996 | 7908,15 | 1996 | 620,4 | 4607,9 |
| 1997 | 580,4 | 5394,75 | 1997 | 583,2 | 3677 | 1997 | 9071,75 | 1997 | 666,3 | 5274,2 |
| 1998 | 569,6 | 5964,35 | 1998 | 372 | 4049 | 1998 | 10013,35 | 1998 | 404,6 | 5678,8 |
| 1999 | 442,9 | 6407,25 | 1999 | 352,6 | 4401,6 | 1999 | 10808,85 | 1999 | 619,8 | 6298,6 |
| 2000 | 607,3 | 7014,55 | 2000 | 505,5 | 4907,1 | 2000 | 11921,65 | 2000 | 664,7 | 6963,3 |
| 2001 | 811,9 | 7826,45 | 2001 | 513,7 | 5420,8 | 2001 | 13247,25 | 2001 | 1059,4 | 8022,7 |
| 2002 | 614 | 8440,45 | 2002 | 421,5 | 5842,3 | 2002 | 14282,75 | 2002 | 786,8 | 8809,5 |

Datos acumulados, para la doble masa consistencia: para la estación meteorológica Peñas

| Estación: COPANCARA | | | Estación: CHIRAPACA | | | Suma Copancara-Chirapaca (mm) | | Estación: PEÑAS | | |
|---------------------|---------|--------------|---------------------|---------|--------------|-------------------------------|--------------|-----------------|---------|--------------|
| AÑO | pp (mm) | pp acumulada | AÑO | pp (mm) | pp acumulada | AÑO | pp acumulada | AÑO | pp (mm) | pp acumulada |
| 1990 | 488 | 488 | 1990 | 590,1 | 590,1 | 1990 | 1078,1 | 1990 | 692,2 | 692,2 |
| 1991 | 395,7 | 883,7 | 1991 | 470,35 | 1060,45 | 1991 | 1944,15 | 1991 | 545 | 1237,2 |
| 1992 | 492,4 | 1376,1 | 1992 | 625,15 | 1685,6 | 1992 | 3061,7 | 1992 | 757,9 | 1995,1 |
| 1993 | 476,3 | 1852,4 | 1993 | 576,45 | 2262,05 | 1993 | 4114,45 | 1993 | 676,6 | 2671,7 |
| 1994 | 452,3 | 2304,7 | 1994 | 518,41 | 2780,46 | 1994 | 5085,16 | 1994 | 584,52 | 3256,22 |
| 1995 | 340,3 | 2645 | 1995 | 400,35 | 3180,81 | 1995 | 5825,81 | 1995 | 460,4 | 3716,62 |
| 1996 | 448,8 | 3093,8 | 1996 | 479,4 | 3660,21 | 1996 | 6754,01 | 1996 | 510 | 4226,62 |
| 1997 | 583,2 | 3677 | 1997 | 640,45 | 4300,66 | 1997 | 7977,66 | 1997 | 697,7 | 4924,32 |
| 1998 | 372 | 4049 | 1998 | 486,7 | 4787,36 | 1998 | 8836,36 | 1998 | 580,1 | 5504,42 |
| 1999 | 352,6 | 4401,6 | 1999 | 398,3 | 5185,66 | 1999 | 9587,26 | 1999 | 593,4 | 6097,82 |
| 2000 | 505,5 | 4907,1 | 2000 | 576,9 | 5762,56 | 2000 | 10669,66 | 2000 | 589,9 | 6687,72 |
| 2001 | 513,7 | 5420,8 | 2001 | 904,1 | 6666,66 | 2001 | 12087,46 | 2001 | 1461,6 | 8149,32 |
| 2002 | 421,5 | 5842,3 | 2002 | 621,4 | 7288,06 | 2002 | 13130,36 | 2002 | 894,1 | 9043,42 |

Consistencia de las estaciones meteorológicas para la Comunidad Huncallani

Figura N° 3. Curva doble masa para la estación meteorológica de Corpaputo

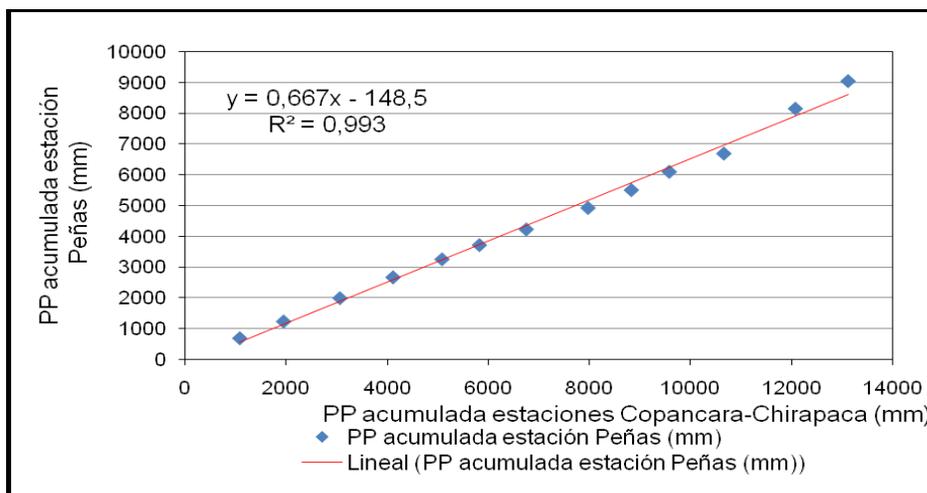


Fuente: Elaboración propia, con datos acumulados

El coeficiente de correlación tiene una aproximación a 1 ($R^2 = 0,996$), significando una buena correlación entre las estación analizadas.

Consistencia de las estaciones meteorológicas para la Comunidad Tuquia

Figura N° 4. Curva doble masa para la estación meteorológica de Peñas



Fuente: Elaboración Propia, con datos acumulados

El coeficiente de correlación tiene una aproximación a 1 ($R^2 = 0,993$), significando una buena correlación entre las estación analizadas.

Anexo 2. Llenados de datos faltantes en las estaciones meteorológicas

| Estación : CORPAPUTO | | | | | | | | | | | | | Latitud Sur : 16° 04' |
|---|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|
| Provincia : Omasuyos | | | | | | | | | | | | | Longitud Oeste : 68° 33' |
| Departamento : La Paz | | | | | | | | | | | | | Altitud (msnm) : 4080 |
| PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| 2000 | 141,1 | 91,9 | 91,0 | 11,2 | 9,5 | 5,0 | 0,8 | 46,7 | 15,4 | 110,1 | 22,0 | 120,0 | 664,7 |
| 2001 | 259,5 | 309,9 | 161,6 | 97,7 | 28,1 | 24,2 | 10,6 | 39,1 | 8,0 | 53,8 | 27,4 | 78,6 | 1098,5 |
| 2002 | 111,2 | 141,5 | 127,7 | 47,4 | 14,2 | 13,2 | 33,8 | 31,4 | 25,3 | 83,1 | 78,8 | 79,2 | 786,8 |
| 2003 | *143,8 | *84,7 | *81,8 | *30,3 | *3,7 | *0,0 | *3,9 | *14,6 | *37,9 | *13,7 | *13,2 | *89,5 | 516,8 |
| 2004 | *339,2 | *161,6 | *22,1 | *28,8 | *1,7 | *1,4 | *11,4 | *23,2 | *19,2 | *4,2 | *30,7 | *59,2 | 702,4 |
| 2005 | *173,8 | *144,9 | *21,5 | *18,5 | *0,0 | *0,0 | *7,2 | *9,0 | *27,6 | *28,1 | *46,4 | *60,8 | 537,6 |
| 2006 | *156,6 | *121,7 | *113,4 | *25,1 | *8,9 | *3,0 | *0,0 | *13,7 | *24,7 | *66,6 | *85,3 | *65,5 | 684,1 |
| 2007 | *85,6 | *61,4 | *77,3 | *20,0 | *6,4 | *0,0 | *22,0 | *2,2 | *31,5 | *21,7 | *39,9 | *60,3 | 428,0 |
| 2008 | *148,4 | *69,7 | *44,5 | *2,6 | *1,9 | *2,9 | *0,5 | *1,9 | *3,8 | *18,3 | *42,3 | *98,4 | 435,0 |
| 2009 | *98,7 | *79,1 | *39,5 | *21,4 | *5,8 | *0,0 | *6,3 | *0,0 | *10,0 | *11,5 | *102,1 | *55,3 | 429,5 |
| Promedio mensual | 165,8 | 126,6 | 78,0 | 30,3 | 8,0 | 5,0 | 9,6 | 18,2 | 20,3 | 41,1 | 48,8 | 76,7 | 628,3 |

| TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE (°C) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| 2000 | *9,3 | *9,3 | *9,2 | *7,4 | *5,7 | *4,0 | *3,2 | *6,0 | *7,9 | *8,8 | *9,0 | *9,5 | 7,4 |
| 2001 | *8,7 | *9,3 | *9,4 | *8,7 | *6,2 | *5,3 | *5,1 | *6,0 | *8,4 | *9,5 | *10,2 | *10,1 | 8,1 |
| 2002 | *10,0 | *10,1 | *9,8 | *9,0 | *6,9 | *6,1 | *5,4 | *6,2 | *8,3 | *9,6 | *9,8 | *10,3 | 8,4 |
| 2003 | *10,2 | *9,7 | *10,1 | *9,1 | *6,8 | *5,7 | *4,4 | *5,9 | *6,1 | *7,4 | *8,4 | *10,7 | 7,9 |
| 2004 | *9,9 | *10,1 | *9,5 | *9,3 | *5,5 | *5,1 | *5,2 | *6,0 | *6,5 | *7,7 | *9,3 | *10,3 | 7,9 |
| 2005 | *10,7 | *9,6 | *9,9 | *8,3 | *4,8 | *4,9 | *5,9 | *5,6 | *6,6 | *8,2 | *9,1 | *10,0 | 7,8 |
| 2006 | *10,2 | *9,4 | *9,3 | *8,6 | *5,3 | *5,0 | *4,9 | *5,9 | *6,8 | *8,5 | *9,2 | *9,8 | 7,7 |
| 2007 | *10,5 | *9,4 | *8,2 | *9,1 | *6,3 | *5,1 | *4,6 | *5,6 | *7,5 | *8,4 | *8,7 | *9,4 | 7,7 |
| 2008 | *9,5 | *9,1 | *8,4 | *7,5 | *5,5 | *4,9 | *5,5 | *5,6 | *6,1 | *7,8 | *9,4 | *9,7 | 7,4 |
| 2009 | *10,0 | *9,8 | *9,1 | *8,1 | *5,7 | *4,3 | *4,5 | *5,4 | *7,4 | *8,8 | *9,7 | *10,2 | 7,7 |
| Promedio mensual | 9,9 | 9,6 | 9,3 | 8,5 | 5,9 | 5,0 | 4,9 | 5,8 | 7,2 | 8,4 | 9,3 | 10,0 | 7,8 |

Fuente: SENAMHI (2010); * Datos rellenados

| Estación: HUAYROCONDO | | | | | | | | | | Latitud Sur: 16° 10' | | | |
|---|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Provincia: Los Andes | | | | | | | | | | Longitud Oeste: 68° 22' | | | |
| Departamento: La Paz | | | | | | | | | | Altitud (msnm): 4460 | | | |
| PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| 2000 | 142,1 | 61,4 | 78,7 | 6,9 | 7,5 | 25,6 | 0,0 | 19,2 | 2,0 | 116,5 | 21,0 | 126,4 | 607,3 |
| 2001 | 260,8 | 130,0 | 79,4 | 24,1 | 35,5 | 8,8 | 9,9 | 61,5 | 14,8 | 52,8 | 20,6 | 113,7 | 811,9 |
| 2002 | 92,7 | 67,1 | 98,6 | 44,1 | 4,8 | 15,7 | 32,3 | 13,1 | 44,0 | 95,3 | 38,9 | 67,4 | 614,0 |
| 2003 | 174,5 | 92,9 | 90,8 | 23,0 | 7,3 | 0,0 | 2,8 | 9,3 | 41,2 | 6,0 | 5,5 | 93,1 | 546,4 |
| 2004 | 215,5 | 114,4 | 44,2 | 33,5 | 3,3 | 2,7 | 22,8 | 22,3 | 5,4 | 8,3 | 47,0 | 35,1 | 554,5 |
| 2005 | 79,5 | 131,1 | 14,0 | 24,5 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 1,5 | 39,6 | 32,0 | 66,4 | 88,6 | 477,3 |
| 2006 | 138,9 | 106,1 | 81,2 | 29,1 | 4,2 | 2,0 | 0,0 | 19,9 | 27,9 | 26,5 | 58,6 | 61,1 | 555,5 |
| 2007 | 129,4 | 50,9 | 123,2 | 26,7 | 12,7 | 0,0 | 30,3 | 4,3 | 37,7 | 24,5 | 53,5 | 94,8 | 588,0 |
| 2008 | 187,9 | 72,9 | 53,2 | 5,2 | 3,8 | 5,8 | 1,0 | 3,8 | 7,5 | 25,3 | 20,8 | 152,9 | 540,1 |
| 2009 | 113,0 | 82,7 | 49,8 | 22,4 | 7,2 | 0,0 | 5,0 | 0,0 | 9,2 | 12,0 | 102,8 | 48,5 | 452,6 |
| Promedio mensual | 153,4 | 91,0 | 71,3 | 24,0 | 8,6 | 6,1 | 10,4 | 15,5 | 22,9 | 39,9 | 43,5 | 88,2 | 574,8 |

| TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE (°C) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| 2000 | 9,1 | 8,8 | 8,7 | 6,8 | 5,7 | 3,9 | 2,7 | 5,4 | 6,5 | 7,9 | 8,4 | 9,1 | 6,9 |
| 2001 | 8,8 | 9,1 | 8,9 | 7,9 | 5,9 | 4,6 | 3,8 | 4,8 | 7,1 | 8,5 | 9,8 | 9,2 | 7,3 |
| 2002 | 9,5 | 9,9 | 9,4 | 8,0 | 6,0 | 5,0 | 4,4 | 5,4 | 7,3 | 8,8 | 9,1 | 9,7 | 7,7 |
| 2003 | 10,0 | 9,5 | 9,2 | 7,6 | 5,7 | 3,9 | 3,5 | 4,8 | 5,9 | 8,0 | 8,7 | 10,0 | 7,2 |
| 2004 | 9,8 | 9,3 | 9,2 | 8,3 | 4,6 | 3,7 | 4,2 | 5,3 | 6,8 | 8,3 | 10,1 | 10,0 | 7,4 |
| 2005 | 9,9 | 9,5 | 9,3 | 8,2 | *4,8 | *4,1 | 4,8 | 4,8 | 6,9 | 9,0 | 9,4 | 10,0 | 7,5 |
| 2006 | 9,2 | 9,3 | 9,6 | 8,3 | 5,0 | 4,6 | 3,8 | 5,8 | 6,8 | 8,9 | 9,5 | 10,1 | 7,6 |
| 2007 | 10,2 | 9,7 | 9,0 | 8,7 | 6,3 | 5,0 | 4,2 | 5,5 | 7,5 | 8,1 | 8,5 | 9,6 | 7,7 |
| 2008 | 9,6 | 9,0 | 8,4 | 7,3 | 4,9 | 4,6 | 4,0 | 4,8 | 5,9 | 8,2 | 10,0 | 9,6 | 7,2 |
| 2009 | 9,9 | 9,8 | 9,1 | 7,7 | 5,9 | 3,4 | 4,6 | 4,7 | 7,8 | 9,6 | 10,5 | 10,8 | 7,8 |
| Promedio mensual | 9,6 | 9,4 | 9,1 | 7,9 | 5,5 | 4,3 | 4,0 | 5,1 | 6,8 | 8,5 | 9,4 | 9,8 | 7,4 |

Fuente: SENAMHI (2010); * Datos rellenados

| Estación : COPANCARA | | | | | | | | | | | Latitud Sur: 16° 12' | | |
|---|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|--------------|
| Provincia : Omasuyos | | | | | | | | | | | Longitud Oeste: 68° 33' | | |
| Departamento: La Paz | | | | | | | | | | | Altitud (msnm): 3330 | | |
| PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| 2000 | 155,6 | 63,6 | 81,9 | 0,0 | 9,7 | 13,7 | 0,0 | 16,3 | 0,0 | 49,0 | 0,0 | 115,7 | 505,5 |
| 2001 | 200,0 | 90,9 | 87,2 | 17,9 | 21,4 | 0,0 | 0,0 | 26,9 | 0,0 | 0,0 | 4,5 | 64,9 | 513,7 |
| 2002 | 95,5 | 118,5 | 44,6 | 0,0 | 0,0 | 17,4 | 9,8 | 15,8 | 36,0 | 42,6 | 27,5 | 13,8 | 421,5 |
| 2003 | 113,0 | 76,5 | 72,8 | 37,5 | 0,0 | 0,0 | 4,9 | 19,9 | 34,5 | 21,3 | 20,9 | 85,8 | 487,1 |
| 2004 | 462,9 | 208,7 | 0,0 | 24,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 24,0 | 33,0 | 0,0 | 14,3 | 83,3 | 850,2 |
| 2005 | 268,1 | 158,6 | 29,0 | 12,5 | 0,0 | 0,0 | 14,3 | 16,4 | 15,6 | 24,1 | 26,3 | 33,0 | 597,9 |
| 2006 | 174,2 | 137,2 | 145,6 | 21,0 | 13,5 | 4,0 | 0,0 | 7,4 | 21,4 | 106,6 | 111,9 | 69,8 | 812,6 |
| 2007 | 41,7 | 71,9 | 31,3 | 13,2 | 0,0 | 0,0 | 13,7 | 0,0 | 25,3 | 18,8 | 26,2 | 25,8 | 267,9 |
| 2008 | 108,9 | 66,4 | 35,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,3 | 63,8 | 43,9 | 330,0 |
| 2009 | 84,4 | 75,6 | 29,2 | 20,5 | 4,4 | 0,0 | 7,5 | 0,0 | 10,7 | 10,9 | 101,3 | 62,1 | 406,3 |
| Promedio mensual | 170,4 | 106,8 | 55,7 | 14,7 | 4,9 | 3,5 | 5,0 | 12,7 | 17,7 | 28,5 | 39,7 | 59,8 | 519,3 |

| TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE (°C) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| 2000 | 9,6 | 9,8 | 9,7 | 8,1 | 5,7 | 4,2 | 3,7 | 6,7 | 9,4 | 9,6 | 9,7 | 10,0 | 8,0 |
| 2001 | 8,7 | 9,5 | 10,0 | 9,5 | 6,6 | 6,0 | 6,4 | 7,2 | 9,8 | 10,5 | 10,6 | 10,9 | 8,8 |
| 2002 | 10,5 | 10,4 | 10,2 | 9,9 | 7,8 | 7,2 | 6,5 | 7,0 | 9,3 | 10,4 | 10,5 | 10,9 | 9,2 |
| 2003 | 10,4 | 10,0 | 11,0 | 10,7 | 7,9 | 7,5 | 5,3 | 7,1 | 6,3 | 6,9 | 8,2 | 11,4 | 8,5 |
| 2004 | 9,9 | 10,9 | 9,9 | 10,3 | 6,4 | *6,6 | *6,2 | *6,8 | *6,3 | *7,2 | *8,5 | *10,7 | 8,3 |
| 2005 | 11,6 | 9,8 | 10,4 | 8,5 | 4,9 | 5,7 | 7,1 | 6,5 | 6,4 | 7,4 | 8,9 | 9,9 | 8,1 |
| 2006 | *11,2 | *9,5 | *8,9 | *9,0 | *5,7 | *5,4 | *6,0 | *6,1 | *6,9 | *8,0 | *8,9 | *9,6 | 7,9 |
| 2007 | 10,8 | 9,2 | 7,5 | 9,6 | 6,4 | 5,1 | 4,9 | 5,8 | 7,5 | 8,6 | 8,9 | 9,2 | 7,8 |
| 2008 | 9,5 | 9,2 | 8,4 | 7,8 | 6,1 | 5,2 | 7,1 | 6,5 | 6,4 | 7,4 | 8,9 | 9,9 | 7,7 |
| 2009 | 10,1 | 9,7 | 9,2 | 8,6 | 5,4 | 5,1 | 4,5 | *6,1 | *6,9 | *8,0 | *8,9 | *9,6 | 7,7 |
| Promedio mensual | 10,2 | 9,8 | 9,5 | 9,2 | 6,3 | 5,8 | 5,7 | 6,6 | 7,5 | 8,4 | 9,2 | 10,2 | 8,2 |

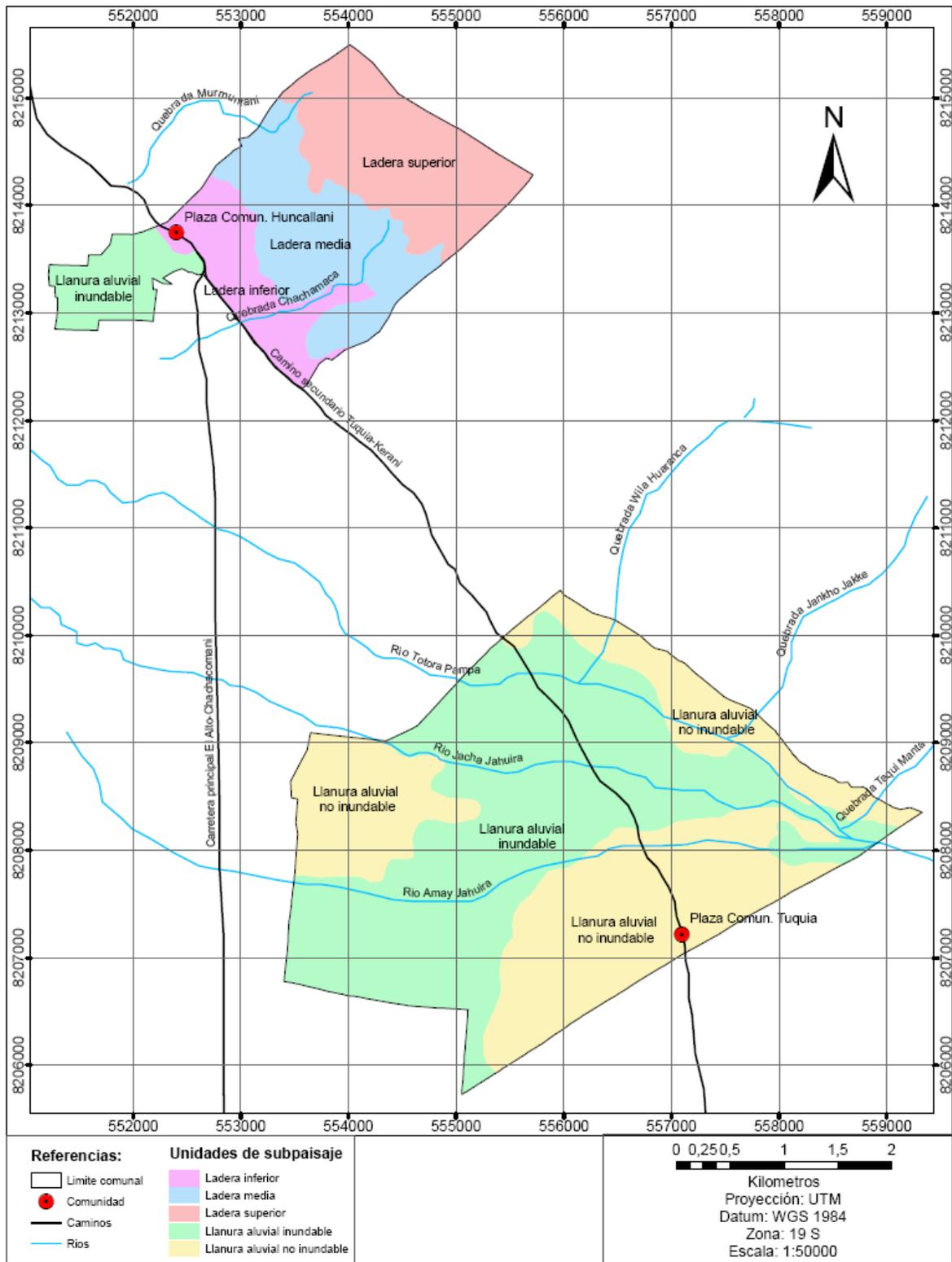
Fuente: SENAMHI (2010); * Datos rellenados

| Estación: PEÑAS | | | | | | | | | | Latitud Sur: 16° 14' | | | |
|---|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|---------------|
| Provincia: Los Andes | | | | | | | | | | Longitud Oeste: 68° 30' | | | |
| Departamento: La Paz | | | | | | | | | | Altitud (msnm): 3986 | | | |
| PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| 2000 | 73,0 | 86,1 | 123,4 | 0,0 | 20,5 | 11,6 | 0,0 | 29,8 | 3,4 | 117,7 | 27,4 | 97,0 | 589,9 |
| 2001 | 359,1 | 339,7 | 295,8 | 103,2 | 45,3 | 26,3 | 18,2 | 67,3 | 2,3 | 66,4 | 41,5 | 96,5 | 1461,6 |
| 2002 | 89,6 | 234,1 | 144,7 | 73,9 | 0,0 | 23,9 | 43,3 | 0,0 | 77,9 | 89,5 | 61,6 | 55,6 | 894,1 |
| 2003 | *133,9 | *93,2 | *89,6 | *29,5 | *2,3 | *0,0 | *4,6 | *11,6 | *27,5 | *18,9 | *20,4 | *82,6 | 513,9 |
| 2004 | *309,5 | *137,8 | *13,2 | *16,7 | *1,6 | *1,3 | *5,7 | *25,0 | *16,5 | *0,0 | *27,2 | *68,5 | 622,7 |
| 2005 | *180,6 | *142,5 | *42,8 | *6,3 | *0,0 | *0,0 | *7,2 | *8,2 | *22,6 | *28,6 | *41,7 | *65,0 | 545,2 |
| 2006 | *153,6 | *107,4 | *110,3 | *17,3 | *6,8 | *5,0 | *0,0 | *15,2 | *35,5 | *63,3 | *83,2 | *68,9 | 666,3 |
| 2007 | *75,1 | *72,2 | *58,7 | *19,4 | *6,0 | *0,0 | *21,9 | *0,0 | *33,4 | *15,7 | *58,4 | *102,1 | 462,6 |
| 2008 | *124,8 | *71,3 | *50,2 | *4,8 | *1,8 | *3,5 | *0,0 | *1,5 | *4,8 | *21,6 | *37,2 | *81,5 | 402,8 |
| 2009 | *70,0 | *72,0 | *18,8 | *19,5 | *2,9 | *0,0 | *8,8 | *0,0 | *11,5 | *10,4 | *100,6 | *68,8 | 383,2 |
| Promedio mensual | 156,9 | 135,6 | 94,7 | 29,0 | 8,7 | 7,2 | 10,9 | 15,9 | 23,5 | 43,2 | 49,9 | 78,6 | 654,2 |

| TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE (°C) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| 2000 | *9,3 | *9,4 | *9,3 | *7,9 | *5,9 | *4,6 | *3,6 | *6,3 | *8,4 | *8,9 | *9,4 | *9,5 | 7,7 |
| 2001 | *8,7 | *9,3 | *9,4 | *8,7 | *6,7 | *6,0 | *5,6 | *6,5 | *8,8 | *9,6 | *10,4 | *10,2 | 8,3 |
| 2002 | *10,0 | *10,1 | *9,8 | *9,0 | *7,2 | *6,2 | *6,0 | *6,6 | *8,7 | *9,7 | *9,3 | *10,3 | 8,6 |
| 2003 | *10,1 | *9,9 | *10,1 | *9,3 | *7,1 | *6,0 | *4,6 | *6,3 | *6,3 | *7,7 | *9,0 | *11,0 | 8,1 |
| 2004 | *9,6 | *10,1 | *9,6 | *9,4 | *5,9 | *5,4 | *5,3 | *6,2 | *6,7 | *8,1 | *9,3 | *10,2 | 8,0 |
| 2005 | *10,5 | *9,5 | *9,9 | *8,4 | *5,4 | *4,8 | *5,9 | *5,8 | *7,3 | *8,2 | *9,1 | *10,1 | 7,9 |
| 2006 | *10,2 | *9,4 | *9,1 | *8,7 | *5,4 | *5,2 | *4,9 | *6,0 | *7,3 | *8,2 | *9,2 | *9,8 | 7,8 |
| 2007 | *10,6 | *9,2 | *8,3 | *9,1 | *6,3 | *5,2 | *5,1 | *6,0 | *8,0 | *8,6 | *9,1 | *9,3 | 7,9 |
| 2008 | *9,3 | *9,0 | *8,8 | *7,8 | *6,0 | *6,8 | *7,8 | *7,8 | *6,6 | *8,6 | *10,1 | *10,2 | 8,2 |
| 2009 | *10,3 | *10,0 | *9,3 | *8,5 | *6,1 | *4,9 | *4,9 | *6,0 | *7,9 | *9,3 | *10,3 | *10,3 | 8,1 |
| Promedio mensual | 9,8 | 9,6 | 9,3 | 8,7 | 6,2 | 5,5 | 5,4 | 6,3 | 7,6 | 8,7 | 9,5 | 10,1 | 8,1 |

Fuente: SENAMHI (2010); * Datos rellenados

Anexo 3. Mapa de unidades fisiográficas de las comunidades de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Delimitación de las comunidades y de áreas disponibles.

Coordenadas del perímetro de la comunidad Huncallani

| Nº | X | Y | Nº | X | Y | Nº | X | Y | Nº | X | Y |
|----|--------|---------|----|--------|---------|----|--------|---------|-----|--------|---------|
| 1 | 552633 | 8214160 | 27 | 555638 | 8214183 | 53 | 553320 | 8212492 | 79 | 551371 | 8212845 |
| 2 | 552772 | 8214375 | 28 | 555495 | 8214025 | 54 | 553233 | 8212621 | 80 | 551476 | 8212844 |
| 3 | 552918 | 8214492 | 29 | 555384 | 8213917 | 55 | 553196 | 8212649 | 81 | 551571 | 8212840 |
| 4 | 552930 | 8214511 | 30 | 555238 | 8213776 | 56 | 553075 | 8212814 | 82 | 551671 | 8212836 |
| 5 | 553011 | 8214554 | 31 | 555043 | 8213596 | 57 | 552801 | 8213163 | 83 | 551685 | 8212934 |
| 6 | 552980 | 8214620 | 32 | 554824 | 8213418 | 58 | 552649 | 8213365 | 84 | 551811 | 8212935 |
| 7 | 553067 | 8214636 | 33 | 554750 | 8213353 | 59 | 552316 | 8213846 | 85 | 551887 | 8212934 |
| 8 | 553155 | 8214713 | 34 | 554707 | 8213328 | 60 | 552090 | 8213755 | 86 | 551981 | 8212935 |
| 9 | 553240 | 8214859 | 35 | 554623 | 8213258 | 61 | 551998 | 8213731 | 87 | 552082 | 8212929 |
| 10 | 553286 | 8214921 | 36 | 554508 | 8213157 | 62 | 551935 | 8213735 | 88 | 552188 | 8212924 |
| 11 | 553386 | 8215052 | 37 | 554474 | 8213124 | 63 | 551806 | 8213736 | 89 | 552191 | 8212982 |
| 12 | 553476 | 8215125 | 38 | 554438 | 8213083 | 64 | 551786 | 8213637 | 90 | 552198 | 8213023 |
| 13 | 553524 | 8215172 | 39 | 554403 | 8213019 | 65 | 551702 | 8213540 | 91 | 552208 | 8213125 |
| 14 | 553647 | 8215260 | 40 | 554382 | 8212970 | 66 | 551586 | 8213542 | 92 | 552223 | 8213221 |
| 15 | 553810 | 8215353 | 41 | 554282 | 8212823 | 67 | 551579 | 8213440 | 93 | 552189 | 8213221 |
| 16 | 554013 | 8215499 | 42 | 554269 | 8212816 | 68 | 551440 | 8213445 | 94 | 552180 | 8213323 |
| 17 | 554066 | 8215459 | 43 | 554176 | 8212740 | 69 | 551287 | 8213447 | 95 | 552276 | 8213323 |
| 18 | 554224 | 8215330 | 44 | 553965 | 8212656 | 70 | 551223 | 8213450 | 96 | 552278 | 8213272 |
| 19 | 554468 | 8215038 | 45 | 553903 | 8212606 | 71 | 551217 | 8213349 | 97 | 552360 | 8213271 |
| 20 | 554727 | 8214877 | 46 | 553847 | 8212564 | 72 | 551224 | 8213251 | 98 | 552374 | 8213385 |
| 21 | 554996 | 8214732 | 47 | 553797 | 8212581 | 73 | 551273 | 8213248 | 99 | 552454 | 8213412 |
| 22 | 555023 | 8214718 | 48 | 553728 | 8212527 | 74 | 551277 | 8213145 | 100 | 552518 | 8213380 |
| 23 | 555251 | 8214575 | 49 | 553611 | 8212330 | 75 | 551300 | 8213143 | 101 | 552545 | 8213379 |
| 24 | 555390 | 8214482 | 50 | 553576 | 8212300 | 76 | 551299 | 8213047 | 102 | 552604 | 8213355 |
| 25 | 555715 | 8214286 | 51 | 553477 | 8212357 | 77 | 551288 | 8212951 | 103 | 552659 | 8213351 |
| 26 | 555682 | 8214235 | 52 | 553368 | 8212455 | 78 | 551273 | 8212850 | | | |

Coordenadas de la superficie disponible en la comunidad Huncallani

| Nº | X | Y |
|----|--------|---------|----|--------|---------|----|--------|---------|----|--------|---------|
| 1 | 554017 | 8215500 | 10 | 555627 | 8214174 | 19 | 555007 | 8214149 | 28 | 554007 | 8214997 |
| 2 | 554156 | 8215386 | 11 | 555588 | 8214146 | 20 | 554957 | 8214221 | 29 | 553982 | 8215090 |
| 3 | 554241 | 8215307 | 12 | 555488 | 8214039 | 21 | 554836 | 8214306 | 30 | 553854 | 8215225 |
| 4 | 554345 | 8215182 | 13 | 555331 | 8213946 | 22 | 554743 | 8214406 | 31 | 553811 | 8215286 |
| 5 | 554462 | 8215036 | 14 | 555256 | 8213914 | 23 | 554572 | 8214509 | 32 | 553772 | 8215321 |
| 6 | 554701 | 8214890 | 15 | 555189 | 8213839 | 24 | 554442 | 8214637 | 33 | 553836 | 8215371 |
| 7 | 555050 | 8214698 | 16 | 555092 | 8213782 | 25 | 554282 | 8214823 | 34 | 553968 | 8215460 |
| 8 | 555132 | 8214652 | 17 | 555014 | 8213765 | 26 | 554182 | 8214919 | | | |
| 9 | 555424 | 8214463 | 18 | 555032 | 8213882 | 27 | 554107 | 8214958 | | | |

Coordenadas del perímetro de la comunidad Tuquia

| Nº | X | Y |
|----|--------|---------|----|--------|---------|----|--------|---------|----|--------|---------|
| 1 | 553664 | 8209093 | 21 | 556776 | 8209934 | 41 | 559100 | 8208368 | 61 | 554631 | 8206521 |
| 2 | 554011 | 8209062 | 22 | 556839 | 8209882 | 42 | 559216 | 8208389 | 62 | 553864 | 8206658 |
| 3 | 554358 | 8209009 | 23 | 556955 | 8209861 | 43 | 559321 | 8208357 | 63 | 553590 | 8206721 |
| 4 | 554516 | 8209093 | 24 | 557039 | 8209787 | 44 | 559216 | 8208246 | 64 | 553412 | 8206763 |
| 5 | 554652 | 8209167 | 25 | 557134 | 8209735 | 45 | 559121 | 8208183 | 65 | 553437 | 8206976 |
| 6 | 554737 | 8209272 | 26 | 557312 | 8209566 | 46 | 558784 | 8207930 | 66 | 553469 | 8207533 |
| 7 | 554947 | 8209482 | 27 | 557470 | 8209451 | 47 | 558574 | 8207825 | 67 | 553490 | 8207670 |
| 8 | 555136 | 8209682 | 28 | 557596 | 8209367 | 48 | 558048 | 8207541 | 68 | 553511 | 8207901 |
| 9 | 555399 | 8209955 | 29 | 557744 | 8209314 | 49 | 557859 | 8207436 | 69 | 553532 | 8208153 |
| 10 | 555588 | 8210113 | 30 | 557849 | 8209219 | 50 | 557502 | 8207226 | 70 | 553511 | 8208300 |
| 11 | 555767 | 8210250 | 31 | 557964 | 8209114 | 51 | 557029 | 8206963 | 71 | 553521 | 8208322 |
| 12 | 555904 | 8210355 | 32 | 558112 | 8208915 | 52 | 556598 | 8206700 | 72 | 553532 | 8208479 |
| 13 | 555967 | 8210418 | 33 | 558238 | 8208799 | 53 | 556103 | 8206395 | 73 | 553479 | 8208490 |
| 14 | 556019 | 8210355 | 34 | 558385 | 8208715 | 54 | 555704 | 8206143 | 74 | 553479 | 8208584 |
| 15 | 556103 | 8210313 | 35 | 558490 | 8208683 | 55 | 555378 | 8205933 | 75 | 553512 | 8208735 |
| 16 | 556177 | 8210260 | 36 | 558553 | 8208631 | 56 | 555062 | 8205733 | 76 | 553593 | 8208890 |
| 17 | 556303 | 8210197 | 37 | 558637 | 8208631 | 57 | 555083 | 8205985 | 77 | 553620 | 8208940 |
| 18 | 556419 | 8210166 | 38 | 558679 | 8208589 | 58 | 555083 | 8206175 | 78 | 553641 | 8209042 |
| 19 | 556545 | 8210103 | 39 | 558784 | 8208589 | 59 | 555105 | 8206511 | | | |
| 20 | 556682 | 8210008 | 40 | 558858 | 8208515 | 60 | 554999 | 8206511 | | | |

Coordenadas de la superficie disponible en la comunidad Tuquia

| Nº | X | Y |
|----|--------|---------|
| 1 | 554341 | 8208616 |
| 2 | 554530 | 8208605 |
| 3 | 554708 | 8208594 |
| 4 | 554708 | 8208469 |
| 5 | 554564 | 8208470 |
| 6 | 554335 | 8208474 |

Anexo 5. Cobertura vegetal de las comunidades en época seca.

Comunidad Huncallani

| ID-H2: Subpaisaje: Ladera inferior | | | ID-H1: Subpaisaje: Llanura aluvial inundable | | |
|------------------------------------|----------------------------------|------------|--|--------------------------------|------------|
| Nombre común | N. científico | % | Nombre común | N. científico | % |
| Paja | <i>Stipa ichu</i> | 15 | Totorilla | <i>Scirpus rigidus</i> | 10 |
| Paja hembra | <i>Stipa optusa</i> | 15 | Mathora | <i>Carex caespitosa</i> | 20 |
| Eucalipto | <i>Eucalyptus globulos</i> | 8 | Leqe leqe chuño | <i>Calamagrosti sp</i> | 25 |
| Ciprés | <i>Cupressus macrocarpa</i> | 6 | Chiji | <i>Pennisetum clandestinum</i> | 40 |
| Quiswara | <i>Buddleja sp</i> | 6 | | | |
| Thola | <i>Parastrephia lepidophylla</i> | 5 | | | |
| Suelo descubierto | | 45 | Suelo descubierto: espejo de agua | | 5 |
| Total | | 100 | Total | | 100 |

| ID-H4: Subpaisaje: Ladera superior | | | ID-H3: Subpaisaje: Ladera media | | |
|------------------------------------|---------------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|------------|
| Nombre común | N. científico | % | Nombre común | N. científico | % |
| Paja | <i>Stipa ichu</i> | 50 | Paja | <i>Stipa ichu</i> | 25 |
| Paja hembra | <i>Stipa optusa</i> | 25 | Paja hembra | <i>Stipa optusa</i> | 15 |
| | | | Thola | <i>Parastrephia lepidophylla</i> | 14 |
| | | | Eucalipto | <i>Eucalyptus globulos</i> | 1 |
| | | | Ciprés | <i>Cupressus macrocarpa</i> | 1 |
| Suelo descubierto | | 25 | Suelo descubierto | | 44 |
| Total | | 100 | Total | | 100 |

Comunidad Tuquia

| ID-T1-2: Subpaisaje: Llanura aluvial no inundable | | | ID-T2: Subpaisaje: Llanura aluvial inundable | | |
|---|----------------------------------|------------|--|--------------------------------|------------|
| Nombre común | N. científico | % | Nombre común | N. científico | % |
| Paja | <i>Stipa ichu</i> | 25 | leqe leqe chuño | <i>Calamagrosti sp</i> | 30 |
| Paja hembra | <i>Stipa optusa</i> | 20 | Paja | <i>Stipa ichu</i> | 5 |
| Thola | <i>Parastrephia lepidophylla</i> | 15 | Mathora | <i>Carex caespitosa</i> | 20 |
| Pino | <i>Pinus radiata</i> | 1 | Totorilla | <i>Scirpus rigidus</i> | 20 |
| | | | Chiji | <i>Pennisetum clandestinum</i> | 20 |
| Suelo descubierto | | 40 | Suelo descubierto rios y espejos de agua | | 5 |
| Total | | 100 | Total | | 100 |

| ID-T1-3: Subpaisaje: Llanura aluvial no inundable | | | ID-T1-1: Subpaisaje: Llanura aluvial no inundable | | |
|---|----------------------------------|------------|---|----------------------------------|------------|
| Nombre común | N. científico | % | Nombre común | N. científico | % |
| Paja | <i>Stipa ichu</i> | 25 | Paja | <i>Stipa ichu</i> | 15 |
| Thola | <i>Parastrephia lepidophylla</i> | 10 | Thola | <i>Parastrephia lepidophylla</i> | 5 |
| Paja hembra | <i>Stipa optusa</i> | 23 | | | |
| Eucalipto | <i>Eucalyptus globulos</i> | 1 | | | |
| Quiswara | <i>Buddleja sp</i> | 1 | | | |
| Suelo descubierto | | 40 | Suelo descubierto | | 80 |
| Total | | 100 | Total | | 100 |

Anexo 6. Criterios para la elaboración de mapas edáficos.

| Clase textural | Denominación |
|------------------------|--------------|
| Arena | Ligera |
| Arena franca | |
| Franco arenoso | |
| Franco | Media |
| Franco limoso | |
| Franco arcillo limoso | |
| Franco arcillo arenoso | |
| Arcilla | Pesada |
| Arcillo limoso | |
| Arcillo arenoso | |
| Franco arcilloso | |

Fuente: FAO (1997)

| Clase Profundidad efectiva | Rango (cm) |
|----------------------------|------------|
| Muy superficial | < 15 |
| Superficial | 15 - 30 |
| Regular | 30 - 60 |
| Mediano | 60 - 90 |
| Profundo | 90 - 150 |
| Muy profundo | > 150 |

Fuente: FAO (1997)

| Clase Pedregosidad | Rango (%) |
|-------------------------|------------|
| Sin piedras | < 0,01 |
| Moderadamente pedregoso | 0,01 - 0,1 |
| Pedregoso | 0,1 - 3 |
| Muy pedregoso | 3 - 15 |
| Excesivamente pedregoso | 15 - 90 |
| Terreno ripioso | > 90 |

Fuente: FAO (1997)

| Clase Pendiente | Rango (%) |
|-------------------------|-----------|
| Casi llano | 0 - 2 |
| Suavemente inclinado | 2 - 6 |
| Inclinado | 6 - 13 |
| Moderadamente inclinado | 13 - 25 |
| Escarpado | 25 - 55 |
| Muy escarpado | > 55 |

Fuente: FAO (1997)

| Clase pH | Rango |
|------------------------|-----------|
| Excesivamente ácido | < 4 |
| Fuertemente ácido | 4 - 5 |
| Moderadamente ácido | 5 - 6 |
| Ligeramente ácido | 6 - 6,5 |
| Neutro | 6,5 - 7,5 |
| Ligeramente alcalino | 7,5 - 9 |
| Fuertemente alcalino | 9 - 10 |
| Excesivamente alcalino | > 10 |

Fuente: FAO (1997)

Anexo 7. Datos tabulados de textura y pH

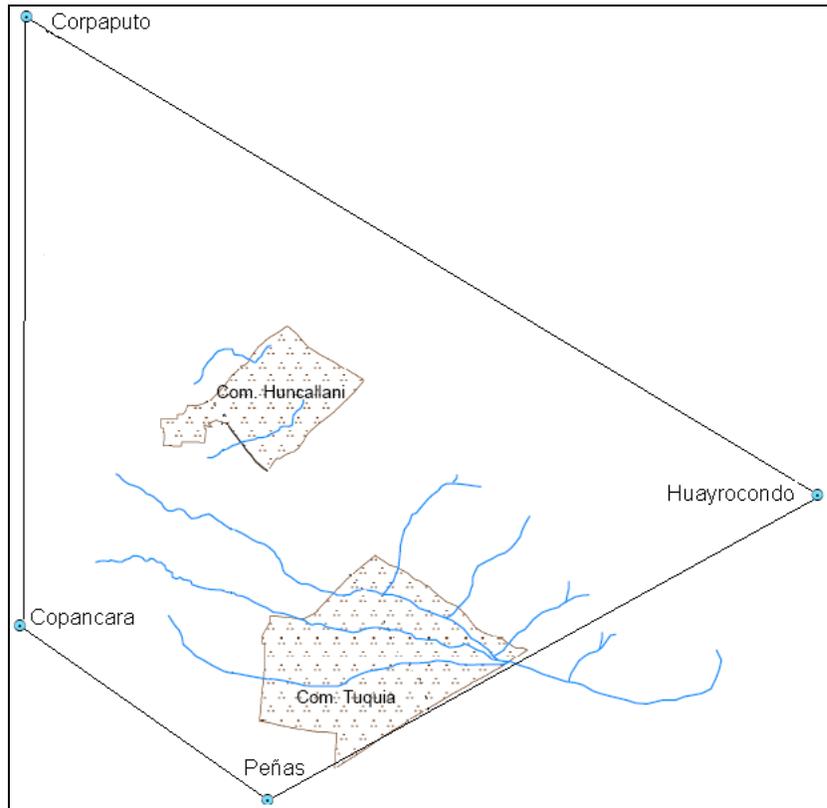
Comunidad Huncallani

| ID | Paisaje | Subpaisaje | Y (%) | L (%) | A (%) | Clase textural | pH | |
|-------|-----------------|---------------------------|-------|-------|-------|------------------------|------------------------|-----------|
| | | | | | | | H ₂ O 1:2,5 | KCl 1:2,5 |
| ID-H1 | Llanura aluvial | Llanura aluvial inundable | 43,2 | 22 | 34,8 | Arcilla | 6,2 | 6 |
| ID-H2 | Colina | Ladera superior | 19,2 | 13,2 | 67,6 | Franco arenoso | 7,2 | 7,8 |
| ID-H3 | Colina | Ladera media | 20,4 | 18,8 | 60,8 | Franco arcillo arenoso | 8,4 | 7,48 |
| ID-H4 | Colina | Ladera inferior | 23,2 | 21,2 | 55,6 | Franco arcillo arenoso | 7 | 7,32 |

Comunidad Tuquia

| ID | Paisaje | Subpaisaje | Y (%) | L (%) | A (%) | Clase textural | pH | |
|---------|-----------------|------------------------------|-------|-------|-------|----------------|------------------------|-----------|
| | | | | | | | H ₂ O 1:2,5 | KCl 1:2,5 |
| ID-T2 | Llanura aluvial | Llanura aluvial inundable | 42 | 22,8 | 35,2 | Arcilla | 5,5 | 5,5 |
| ID-T1-1 | Llanura aluvial | Llanura aluvial no inundable | 19,2 | 9,2 | 71,6 | Franco arenoso | 6,56 | 6,2 |
| ID-T1-2 | Llanura aluvial | Llanura aluvial no inundable | 18,4 | 22 | 59,6 | Franco arenoso | 6 | 6,5 |
| ID-T1-3 | Llanura aluvial | Llanura aluvial no inundable | 18,4 | 10 | 71,6 | Franco arenoso | 6,5 | 6,8 |

Anexo 8. Localización de las estaciones meteorológicas y sus coordenadas.



Fuente: Elaboración propia en base a la información del SENAMHI (2010)

Lista de estaciones meteorológicas involucradas en las áreas de estudio

| Estación | Provincia | Latitud | Longitud | Altitud (msnm) |
|-------------|-----------|---------|----------|----------------|
| Peñas | Los Andes | 16° 14' | 68° 30' | 3986 |
| Huayrocondo | Los andes | 16° 10' | 68° 22' | 4460 |
| Copancara | Omasuyos | 16° 12' | 68° 33' | 3330 |
| Corpaputo | Omasuyos | 16° 04' | 68° 33' | 4080 |
| Chirapaca * | Los andes | 16° 17' | 68° 35' | 4339 |

* Estación que se tomo para la consistencia de datos faltantes.

Fuente: Elaboración propia en base a la información del SENAMHI (2010).

Anexo 9. Síntesis de los datos de precipitación anual y temperatura promedio anual

| Estación | Tipo-estación | Coordenadas | | Altitud (msnm) | PP anual (mm) | Temperatura anual (°C) |
|-------------|--------------------|-------------|---------|----------------|---------------|------------------------|
| | | X | Y | | | |
| Peñas | Pluviométricas | 553436 | 8205168 | 3986 | 654,2 | 8,1 |
| Huayrocondo | Termopluiométricas | 566622 | 8211909 | 4460 | 574,8 | 7,4 |
| Copancara | Termopluiométricas | 548100 | 8208867 | 3330 | 519,3 | 8,2 |
| Corpaputo | Pluviométricas | 548133 | 8223617 | 4080 | 628,3 | 7,8 |

Fuente: Elaboración propia, en base a los datos del SENAMHI (2010) de periodos 2000-2009.

Anexo 10. Requerimientos edafoclimáticos de las especies en estudio

| <i>Polylepis racemosa</i> | Clases | | |
|---------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------|
| Parámetros climáticos | Apta | Moderadamente apta | Marginalmente apta |
| Altitud (msnm) | 3300 - 3600 | 3000 - 3300 ; 3600 - 4900 | < 3000 ; > 4900 |
| Precipitación (mm/año) | 500 - 800 | 300 - 500 ; 800 - 2000 | < 300 ; > 2000 |
| Temperatura media (°C) | 10 | > 5 ; < 14 | > 3 ; < 16 |
| Parámetros edáficos | | | |
| Pendiente (%) | Moderadamente inclinado | Inclinado | Muy inclinado ; escarpado |
| Profundidad (cm) | Profundo ; Muy profundo | Regular ; Superficial | Muy superficial |
| Textura | Liviano a mediana FA, F, AF, A | Pesada FYL, FY, FL | Muy pesada Y, L |
| Pedregosidad (%) | No pedregoso | Moderadamente pedregoso ; Pedregoso | Excesivamente pedregoso |
| pH | 6,0 - 7,8 | 5,5 - 6,0 ; 7,8 - 8,4 | 5,0 - 5,5 ; 8,4 - 9,0 |

| <i>Buddleja coriacea</i> | Clases | | |
|--------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------|
| Parámetros climáticos | Apta | Moderadamente apta | Marginalmente apta |
| Altitud (msnm) | 3300 - 3600 | 2900 - 3300 ; 3600 - 4000 | < 2900 ; > 4000 |
| Precipitación (mm/año) | 700 - 900 | 400 - 700 ; 900 - 1200 | < 400 ; > 1200 |
| Temperatura media (°C) | 7 | > 5 ; < 9 | > 3 ; < 10 |
| Parámetros edáficos | | | |
| Pendiente (%) | Moderadamente inclinado | Inclinado | Muy inclinado ; Escarpado |
| Profundidad (cm) | Profundo ; Muy profundo | Regular ; Superficial | Muy Superficial |
| Textura | Liviano a mediana FA, F, AF, A | Pesada FYL, FY, FL | Muy pesada Y, L |
| Pedregosidad (%) | No pedregoso | Moderadamente pedregoso ; Pedregoso | Excesivamente pedregoso |
| pH | 7,0 - 7,8 | 6,5 - 7,0 ; 7,8 - 8,4 | 6,0 - 6,5 ; 8,4 - 9,0 |

| <i>Pinus radiata</i> | Clases | | |
|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Parámetros climáticos | Apta | Moderadamente apta | Marginalmente apta |
| Altitud (msnm) | 2700 - 3000 | 2500 - 2700 ; 3000 - 4000 | < 2500 ; > 4000 |
| Precipitación (mm/año) | 700 - 900 | 500 - 700 ; 900 - 1000 | < 500 ; > 1000 |
| Temperatura media (°C) | 10 | > 5 ; < 15 | > 2 ; < 20 |
| Parámetros edáficos | | | |
| Pendiente (%) | Moderadamente inclinado | Inclinado | Muy inclinado |
| Profundidad (cm) | Profundo ; Muy profundo | Regular | Superficial |
| Textura | Liviano a mediano FA, F, AF, A | Pesada FYL, FY, FL | Muy pesado Y, L |
| Pedregosidad (%) | No pedregoso | Moderadamente pedregoso ; Pedregoso | Excesivamente pedregoso |
| pH | 7,0 - 7,8 | 6,5 - 7,0 ; 7,8 - 8,4 | 6,0 - 6,5 ; 8,4 - 9,0 |

| <i>Cupressus macrocarpa</i> | Clases | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------|
| Parámetros climáticos | Apta | Moderadamente apta | Marginalmente apta |
| Altitud (msnm) | 2500 - 3500 | 2000 - 2500 ; 3500 - 4000 | < 2000 ; > 4000b |
| Precipitación (mm/año) | 1000 - 1300 | 700 - 1000 ; 1300 - 1600 | < 700 ; > 1600 |
| Temperatura media (°C) | 15 | > 10 ; < 20 | > 3 ; < 23 |
| Parámetros edáficos | | | |
| Pendiente (%) | Moderadamente inclinado | Inclinado | Muy inclinado |
| Profundidad (cm) | Profundo ; Muy profundo | Regular | Superficial |
| Textura | Liviano a mediano FA, F, AF, A | Pesada FYL, FY, FL | Muy pesado Y, L |
| Pedregosidad (%) | No pedregoso | Moderadamente pedregoso ; Pedregoso | Excesivamente pedregoso |
| pH | 7,0 - 7,8 | 6,5 - 7,0 ; 7,8 - 8,4 | 6,0 - 6,5 ; 8,4 - 9,0 |

Fuente: Prado R. Lenin (2000); Nina I. Mario (1999); Lojan I. Leoncio (1992); Borter P. (1994); Reynel *et al.* (1990).

Anexo 11. Comunidad Huncallani



Fotografía 1. Subpaisaje ladera y planicie, Comunidad Huncallani



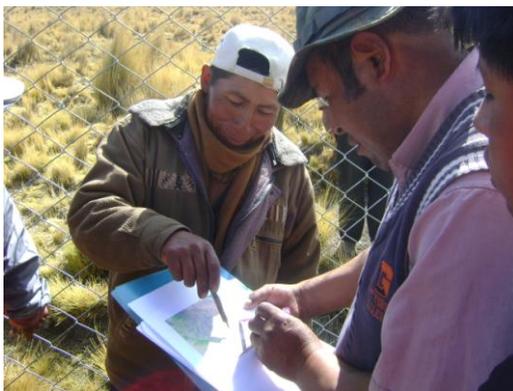
Fotografía 2. Recorrido por el límite de la comunidad Huncallani



Fotografía 3. Punto de referencia del límite de la comunidad.



Fotografía 4. Grupo de comunarios interesados en la implementación forestal.



Fotografía 5. Autoridades y comunarios, ubicando en el mapa base el área disponible.



Fotografía 6. Toma de dato de la pendiente.

Anexo 12. Comunidad Tuquia



Fotografía 7. Subpaysaje llanura aluvial.
Comunidad Tuquia.



Fotografía 8. Bofedales de la comunidad
Tuquia.



Fotografía 9. Visita a la reunión comunal
de Tuquia.



Fotografía 10. Explicación del estudio a
realizarse y la importancia de los árboles.



Fotografía 11. Subpaysaje llanura aluvial no
inundable, Comunidad Tuquia



Fotografía 12. Ubicación del área disponible
a ser aprovechado en la forestación.