



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE LETRAS Y CIENCIAS HUMANAS

ESPECIALIDAD DE GEOGRAFÍA

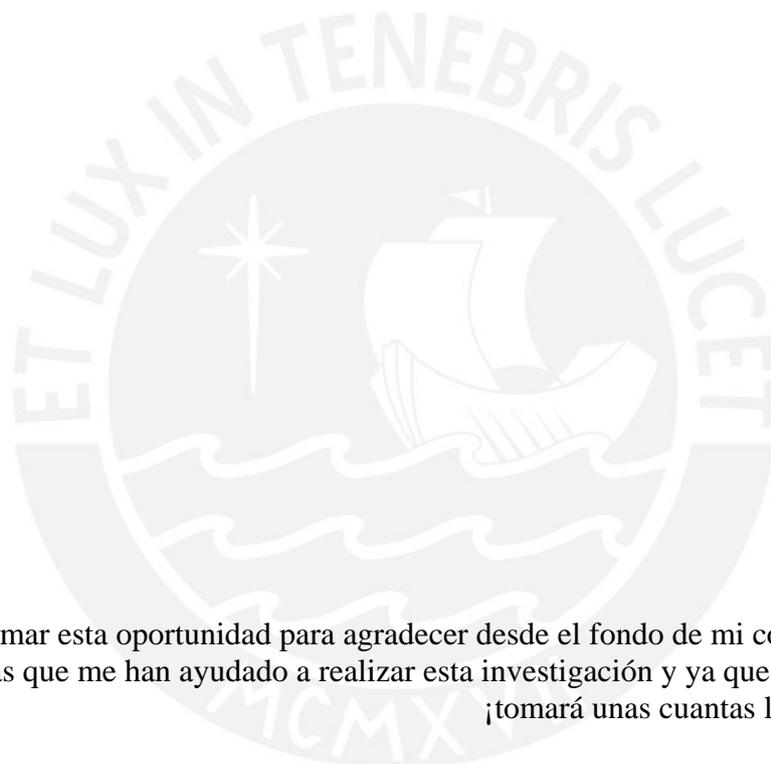


DISTRIBUCIÓN Y CONECTIVIDAD DE BOSQUES ALTO ANDINOS (*POLYLEPIS*) EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PATIVILCA

INVESTIGACIÓN PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
EN GEOGRAFÍA POR

PABLO DOUROJEANNI ÁLVAREZ

PANDO, 17 DE MARZO DEL AÑO 2008



Quiero tomar esta oportunidad para agradecer desde el fondo de mi corazón a todas las personas que me han ayudado a realizar esta investigación y ya que no son pocas, ¡tomará unas cuantas líneas hacerlo!

Primero agradezco a Roberto Arévalo, del Instituto de Montaña, por darme la oportunidad y el apoyo incondicional para realizar esta investigación dentro del marco del Proyecto *Polylepis*. Agradezco a Lorenzo Vallejos, por compartir conmigo su conocimiento e información en el procesamiento de imágenes de satélite y agradezco mucho a Elqui Cruz, por su asesoría crucial en los sistemas de información geográficos. Estaré siempre agradecido a Fernando Ferreras por haberme acompañado en la hermosa caminata por el distrito de Huasta. Agradezco a mi madre, Graciela Álvarez, por corregir el texto y por su paciencia conmigo. Por su apoyo y asesoría puntual agradezco al Doctor Hildegardo Córdova de la Universidad Católica. También quiero agradecer a todas las personas que indirectamente hicieron que esta investigación sea una realidad, ¡ustedes saben quiénes son!

Dedico este estudio a todos los campesinos y autoridades de los distritos involucrados en el Proyecto *Polylepis*: Aquia, Huasta, Huallanca y San Marcos y espero que les sirva de guía para la importante labor de conservar los recursos naturales de Ancash.

ÍNDICE

Introducción.....	5
Capítulo 1: Marco teórico	8
1 Planteamiento del problema.....	8
1.1 Bosques de <i>Polylepis</i> en Ancash.....	11
1.2 Distribución documentada.....	11
1.2.1 Zona de estudio.....	12
1.3 Proyecto <i>Polylepis</i> y la investigación.....	13
1.4 Fundamentos de la Ecología del Paisaje.....	14
1.4.1 Conceptos.....	14
1.4.2 Elementos.....	15
1.4.3 Factores tomados en cuenta en la investigación.....	17
1.4.3.1 Rango altitudinal.....	18
1.4.3.2 Pendiente.....	19
1.4.3.3 Exposición solar.....	20
Hipótesis.....	21
1.5 Objetivos.....	21
Capítulo 2: Metodología	22
2 Metodología general.....	22
2.1 Preparación de imágenes de satélite.....	22
2.2 Clasificación de campo.....	24
2.2.1 Salidas preliminares.....	26
2.2.2 Método.....	26
2.2.3 Primera salida.....	28
2.2.4 Segunda salida.....	28
2.2.5 Tercera salida.....	29
2.3 Procesamiento de datos de campo.....	30
2.3.1 Formatos de campo.....	31
2.3.2 Fotografías (puntos de control).....	31
2.3.3 Creación de polígonos.....	34
2.4 Elaboración de los factores a nivel de paisaje.....	36
Capítulo 3: Resultados	38
3 Altitud.....	39
4 Pendiente.....	42
5 Exposición solar.....	47
Capítulo 4: Discusión	60
Bibliografía.....	66
Anexos.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figura 1: Foto de parche de <i>Polylepis</i>	29
Figura 2: Foto de parche de <i>Polylepis</i> atrás de Huanzala.....	30
Figura 3: Parches de <i>Polylepis</i> en la imagen Google earth.....	35
Figura 4: Foto de bosques en pendiente.....	45
Figura 5: Foto de bosque en ladera encañonada.....	45
Figura 6: Foto de bosque en zona plana.....	46
Figura 7: Foto de bosque en pendiente muy alta.....	46
Figura 8: Imágenes comparadas 1957 y 2006.....	61
Figura 9: Fotos de usos de <i>Polylepis</i>	62
Figura 10: Foto del interior de un parche de <i>Polylepis</i>	63
Cuadro 1: # de parches de <i>Polylepis</i> según rango de tamaño.....	36
Cuadro 2: Área de bosque según rango de altitud.....	40
Cuadro 3: % de área de bosque según altitud.....	40
Cuadro 4: Áreas de los 3 distritos según altitud.....	41
Cuadro 5: Total de áreas según pendiente en los 3 distritos.....	42
Cuadro 6: % del territorio según pendiente en Huallanca.....	43
Cuadro 7: Concentración de bosques según pendiente.....	44
Cuadro 8: Área de bosque por pendiente.....	45
Cuadro 9: Diagrama de localización de bosques según exposición solar.....	48
Cuadro 10: Áreas de los distritos según exposición solar general.....	49
Cuadro 11: % del territorio con dirección general norte del distrito de Huasta en enero.....	51
Cuadro 12: % del territorio con dirección general sur del distrito de Huasta en enero.....	51
Cuadro 13: % del territorio con dirección general norte del distrito de Huasta en marzo.....	52
Cuadro 14: % del territorio con dirección general sur del distrito de Huasta en marzo.....	52
Cuadro 15: % del territorio con dirección general norte del distrito de Huasta en julio.....	52
Cuadro 16: % del territorio con dirección general sur del distrito de Huasta en julio.....	53
Cuadro 17: % del territorio con dirección general norte del distrito de Huasta en setiembre.....	53
Cuadro 18: % del territorio con dirección general sur del distrito de Huasta en setiembre.....	53
Cuadro 19: % área de bosque según radiación solar en el mes de enero.....	55
Cuadro 20: % área de bosque según radiación solar en el mes de marzo.....	55
Cuadro 21: % área de bosque según radiación solar en el mes de julio.....	56
Cuadro 22: % área de bosque según radiación solar en el mes de setiembre.....	56
Cuadro 23: Tabla comparativa de radiación según exposición solar general al sur y norte.....	57
Cuadro 24: Rango de radiación solar óptima para los bosques.....	58

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Mapa de recorridos en las salidas de campo.....	25
Mapa 2: Mapa de punto de control local.....	32
Mapa 3: Mapa de punto de control panorámico.....	33
Mapa 4: Mapa de ubicación del área de estudio.....	77

Introducción

Los bosques siempre despertaron el interés de los investigadores y en los últimos años son los bosques de montaña, los andinos en especial, los que concentraron su atención. En los Andes son los bosques del género *Polylepis*, árboles comúnmente llamados Quenual, los que dominan el paisaje natural. Dominan no por su gran extensión, que más bien es limitada y fragmentada, sino por la mayor presencia sobre otros géneros que se encuentran encima de los 3500 metros sobre el nivel del mar.

Los géneros más representativos sobre la altura mencionada aparte del dominante *Polylepis* son *Buddleja*, *Gynoxys*, *Weinmania* y *Escallonia*. La importancia del género *Polylepis* no solo se circunscribe a su dominancia sobre otros géneros sino también en valores biológicos, ecosistémicos y sociales. Sin embargo su uso y mal manejo han generado que su distribución se haya reducido a lo largo de centenas de años de manera drástica. En la actualidad se puede decir que los bosques de *Polylepis* se encuentran amenazados de desaparición, quedando solo el 2% de su extensión potencial original (Fjeldsa y Kessler, 1996).

Existen estudios de distribución de *Polylepis* directamente al norte y sur de la zona de estudio (Parque Nacional Huascarán y Zona Reservada Huayhuash), por ende hay un vacío de información que con el presente estudio se pretende subsanar y pues ahora se tiene longitudinalmente de norte a sur más de 200 kilómetros de distribución documentada. Es por estas razones que se escogió desarrollar el presente estudio en la zona mencionada, además la propuesta pretende ir un poco más allá de documentar la ubicación, ya que propone zonas adecuadas para el reestablecimiento de este importante ecosistema.

La descripción del género *Polylepis* empezó hace más de dos siglos con Ruiz y Pavón en el año 1794 quienes describieron la especie *racemosa*. Les siguieron una serie de investigadores a lo largo de los siglos como Humboldt, Weddell, Hieronymus, Stübel, y Bitter entre muchos otros que describieron una buena cantidad de las especies existentes (Simpson 1979). Un hito dentro del estudio del género *Polylepis* lo marcó el libro *A Revision of the Genus Polylepis (Rosaceae: Sanguisorbeae)* de Beryl B. Simpson. Publicado en 1979 es un gran esfuerzo por reunir y sistematizar mucha información que se encontraba dispersa sobre las diferentes especies de *Polylepis* y su distribución, describiendo cada una de ellas de manera muy detallada y estableciendo una nueva clasificación en contraposición a la que había establecido Bitter en 1911. A pesar de ello aun en la actualidad se debate sobre el número total de ellas y sus subespecies.

La literatura sobre *Polylepis* es extensa, sin embargo estudios especializados en la ecología de los bosques de *Polylepis* y la flora y fauna asociada a ella empezaron a publicarse con regularidad desde la década de 1980. Anterior a estos estudios las publicaciones eran más bien investigaciones holísticas sobre la cordillera de los Andes o los estudios de las especies anteriormente mencionados. Es el mismo creador de la teoría de Ecología del Paisaje, el geógrafo alemán Carl Troll, que en una publicación de 1939 describe bosques de *Polylepis* en Bolivia. Es curioso señalar que los estudios sobre el género *Polylepis* fueron impulsados por el estudio de la avifauna que alberga y que aun hoy sigue siendo el motor principal de su investigación y conservación a pesar de cumplir varias otras funciones ecológicas más. Los investigadores más destacados del tema son Jon Fjeldså y Michael Kessler y muchos colaboradores a sus estudios, quienes a partir del estudio de la avifauna han desarrollado estrategias para

la conservación de los bosques remanentes de *Polylepis*. Con el advenimiento de las imágenes de satélite y los Sistemas de Información Geográficos se expandieron las posibilidades de estudios del medio ambiente en escalas antes no imaginadas, abarcando espacios cada vez mayores, analizando de forma aunque sea menos detallada, territorios y fenómenos muchos mas extensos. En el caso de los bosques de *Polylepis* el Centro de Datos para la Conservación (CDC) elaboró el mapa de distribución en la cordillera Huayhuash en el año 1999 (sin publicar) y Chang hizo lo mismo para la cordillera Blanca dentro de los límites del Parque Nacional Huascarán en el año 2001 (sin publicar). Braun (1997) exploró las posibilidades de usar métodos digitales para describir patrones boscosos en los Andes, usando como ejemplo los bosques de *Polylepis*.

El presente estudio continua los trabajos de mapear la distribución de *Polylepis* en la región Ancash proponiendo además áreas adecuadas para su reforestación. Centra sus estudios en determinar cuales son las condiciones ambientales que favorecen el crecimiento y el buen desarrollo de las áreas boscosas. Se estudia específicamente tres factores ambientales determinantes: la altitud, la pendiente y la exposición solar de las laderas en las cuales se encuentran los bosques actualmente. Se ha encontrado que a pesar del amplio rango altitudinal (3200 a 4700 metros sobre el nivel del mar) en el cual el *Polylepis* crece casi el 70% de los parches de la zona de estudio están entre los 4100 a 4550 metros sobre el nivel del mar. Con respecto a la pendiente los bosques también muestran la tendencia de ubicarse en laderas con 25 grados o más y la mayor sorpresa se dio en el factor de exposición solar donde los bosques de la zona de estudio están mayoritariamente ubicados en laderas que miran al sur y occidente (71% de los parches). En esta investigación se demuestra que los bosques no

necesariamente están ubicados en laderas orientadas al norte como en otros casos de bosques de *Polylepis* del hemisferio sur (Braun, 1997). Con la superposición de estos tres factores se ha generado un mapa de posibles zonas de reestablecimiento de los habitats de *Polylepis* que ayudará a las comunidades campesinas ordenar su espacio y elegir con bases científicas áreas para la reforestación de *Polylepis*.



CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1. Planteamiento del problema

Evidencias paleontológicas y otros estudios sugieren que Perú alguna vez tuvo 55,000 Km² de bosques de *Polylepis*. Esta cifra se ha reducido debido a que los humanos vienen utilizando los bosques desde épocas ancestrales y ahora se calcula que solo quedan alrededor de 700 a 1,200 Km² de bosques (Fjeldsa, 2002a). Por lo tanto son claras las implicaciones de conservación de estos bosques de *Polylepis* que son un ecosistema que está desapareciendo y es urgente implementar medidas de conservación y un estudio ecológico (Fjeldsa 2002a).

La Cordillera Blanca, en el departamento peruano de Ancash, está cubierta por fragmentos de bosques de *Polylepis* entre 3,400 y 4,800 msnm. Esta región, y otras como el Valle de Conchucos al este, Huayhuash al sur y lo que queda entre ellas, la parte alta del río Pativilca, han sido declaradas como la *prioridad número uno de conservación de Polylepis* (Fjeldsa y Kessler, 1996). Toda esta región es una de las dos áreas en los Andes con el nivel más alto de complementariedad de especies endémicas y especializadas (siendo la otra en Cusco). Según la complementariedad de las distribuciones de especies, el plan más efectivo para reducir los riesgos de extinción global debería dirigirse a estas áreas, en las cuales, en total, existe el 48% de todas las aves de altiplano en peligro de extinción que viven entre 0 y 30° de latitud sur (Fjeldsa J. 2002b).

Las presiones antropogénicas primarias sobre *Polylepis* se deben a las pequeñas comunidades del altiplano que se sirven de los bosques como única fuente de energía (leña) y para obtener materiales de construcción, así como el uso que se les da para

alimentación del ganado y los incendios que tanto afectan los bosques. La reducción de los bosques de *Polylepis* no sólo merma la biodiversidad sino incide en gran medida en la hidrología, ya que es una de las pocas especies de árboles que existen en esta zona de vida. Los bosques de *Polylepis* regulan el drenaje de las cuencas, permiten tasas de flujo más consistentes de los ríos de montaña y controlan la erosión en las laderas pronunciadas tan características de los Andes. Además, los bosques de *Polylepis* son de importancia capital para la formación del suelo, ya que tienen la capacidad de desarrollarse en áreas de substrato rocoso flojo y son capaces de retener nutrientes y depositar sedimentos. Es decir, hacen posible la vida en las áreas más elevadas de los Andes. Lamentablemente, las presiones humanas no sólo han reducido severamente este hábitat crítico natural sino que han amenazado la subsistencia de las comunidades que dependen de este recurso forestal. Aunque es innegable que a través de la historia el impacto humano ha sido perjudicial a los ecosistemas andinos, sí debe hacerse notar que los fragmentos de *Polylepis* que han logrado sobrevivir son resultado del manejo activo de los recursos de leña. En algunos pocos sitios los bosques son usados hasta en sistemas agroforestales, los cuales constituyen un uso medianamente sustentable (Hjarsen 1999, Mariscal & Rist 1999, Hensen, 2002).

Según se ha observado los bosques alto andinos se desarrollan en espacios determinados por su altitud, pendiente, exposición al sol y latitud, como factores naturales primordiales y por el grado de uso/acceso (mayor o menor) de poblaciones. En un estudio conducido en el volcán Sajama en Bolivia (alrededor de los 20 grados latitud sur) en los 4000 msnm (+300 m) y en las laderas con exposición al norte se encuentran los espacios con mayor densidad de bosques (Braun 1997). Esto se repite

en otros estudios realizados en Bolivia y Argentina. Sin embargo esta afirmación tiene que ser cotejada con otros sitios donde haya bosques alto andinos en diferentes condiciones topográficas y de latitud a las estudiadas por Braun.

1.1. Bosques de *Polylepis* de Ancash

Los bosques de *Polylepis* en el departamento de Ancash son muy especiales debido a que tienen gran diversidad y son bastante extensos comparado con otras zonas del Perú. Es en Ancash donde se encuentra la mayor concentración de bosques de *Polylepis* en todo el País, contando con el 21% (aproximadamente) del total nacional solamente en la cordillera Blanca (Recharte, et al, 2003), sin contar con los bosques de *Polylepis* del resto del departamento con los cuales la cifra dada podría alcanzar el 25% del total nacional de bosques de *Polylepis* por encima de los 3500 metros sobre el nivel del mar. Gracias a la presencia del Parque Nacional Huascarán es que los bosques de la cordillera Blanca gozan de cierto nivel de protección y manejo además de existir programas de reforestación orientados exclusivamente en *Polylepis*.

1.2. Distribución documentada

Una de las piezas fundamentales para abordar esta investigación es contar con la distribución espacial de aquellos bosques remanentes. Ya se ha ubicado espacialmente a través de imágenes de satélite una porción importante del área a cubrir pero aun falta analizar toda el área. Los bosques naturales de las cordilleras Blanca y Huayhuash ya cuentan con estudios anteriores al proyecto que se centraron en ubicar espacialmente los remanentes de bosques naturales (Chang, 2001; CDC, 1999). También durante la fase inicial del proyecto *Polylepis*, coordinado por el Instituto de Montaña, una pequeña parte de Conchucos sur ha sido evaluada con la misma intención pero con

una imagen de mayor resolución obteniendo resultados mas detallados de distribución (CI, 2006; sin publicar). Entonces hay una gran cobertura informática sobre la localización y tamaño de estos remanentes especialmente en las dos áreas protegidas por el estado pero hay un vacío de información del espacio entre las dos áreas. Ese espacio es precisamente el contexto donde el presente estudio se desarrolló y se circunscribe a los distritos de Aquia, Huasta y Huallanca ubicados en la provincia de Bolognesi, en Ancash.

1.2.1. Zona de estudio

La zona de estudio forma parte de la provincia de Bolognesi, en el departamento de Ancash, específicamente los distritos de Aquia, Huasta y Huallanca. Los dos primeros distritos son parte de la cuenca del río Pativilca que drena a occidente (Pacífico) y los ríos del distrito de Huallanca drenan al río Vizcarra hacia el oriente (Atlántico). En el anexo 2 se muestra toda la información poblacional de los tres distritos.

Convenientemente los limites distritales coinciden con las divisorias de aguas. Es una zona estrictamente montañosa con alturas que van desde los 2700 metros a los 5400 metros sobre el nivel del mar, sin embargo el rango altitudinal que concentró la mayor atención fue entre los 3500 metros a los 4800 metros sobre el nivel del mar ya que es en esa franja de altitud que se encuentran los bosques de *Polylepis*. El relieve varía entre laderas escarpadas y valles en “V” en la parte baja (3500 a 3800 metros) con pocas áreas planas donde se practica la agricultura, ya sea en los fondos de valle o en terrazas naturales. Tradicionalmente se clasifica como zona Suni (Pulgar Vidal, 1979). Encima de la Suni (de 3800 a 4800 metros) el relieve se suaviza por efecto de la erosión generada por glaciares en los reiterados periodos de glaciales que ha sufrido la cordillera de los Andes en la época cuaternaria, formando valles amplios en forma de

“U”. Es en los fondos de estos valles y las laderas aledañas que se practica la ganadería extensiva ya que los pastos y bofedales brindan la mayor cantidad de espacio para dicha actividad. Sin embargo en las parte más altas (encima de los 4800 metros) las laderas se vuelven otra vez muy escarpadas y con escasa o nula vegetación. En algunos sitios de la zona de estudio inclusive se encuentran todavía glaciares, destacando la cordillera de Chaupi Janca que divide las dos grandes vertientes y funge como limite natural entre los 3 distritos estudiados.

1.3. Proyecto Polylepis y la investigación

El proyecto “Corredor de Conservación de *Polylepis* en Conchucos Sur (PP)” viene trabajando desde inicios del año 2005 para contrarrestar la perdida de los bosques de *Polylepis* con un enfoque integrado de conservación del recurso forestal existente y el desarrollo de las comunidades locales que los usan. Es un gran esfuerzo que implica trabajar desde varios ángulos: selección de sitios a trabajar, consentimiento de la población asentada en el sitio (que implica toda una estrategia), integración de los grupos beneficiarios, compensación a los beneficiarios por el trabajo (básicamente en apoyo a su economía local), restauración del hábitat (plantación), planes de manejo, acuerdos formales de conservación, entre muchos otros pormenores. El proyecto es ejecutado por el Instituto de Montaña, organización privada sin fines de lucro, que promueve la conservación de recursos naturales y comunidades campesinas. Sin embargo son más las organizaciones que coordinan ejecutivamente el proyecto tales como Asociación Ancash, Asociación de Ecosistemas Andinos y Conservación Internacional. Uno de los requisitos básicos para una adecuada planificación e intervención es tener la ubicación de los remanentes de bosques naturales en la zona de influencia del proyecto por lo que el presente estudio encajó perfectamente en el

proyecto. Así el presente estudio se desarrolló durante el año 2007 con apoyo del proyecto en asesoría técnica, transporte, materiales y espacio en la oficina para trabajar.

1.4. Fundamentos de la Ecología del Paisaje

A continuación se detalla los conceptos y elementos fundamentales de la Ecología del Paisaje, también llamada Geografía del Paisaje, Comprehensive Physical Geography, Geoecology, entre otros nombres según los diferentes autores y científicos que aplican sus principios. El concepto fue acuñado por el geógrafo alemán Carl Troll en el año 1939, quien estableció los fundamentos para la nueva disciplina que rápidamente fue adoptada por las ciencias biológicas, en especial la rama de la ecología. Sin embargo el carácter de análisis espacial y temporal de grandes territorios ha permitido que los geógrafos aún mantengan una fuerte presencia en la disciplina, especialmente con el advenimiento de los sistemas de información geográficos.

1.4.1. Conceptos

La Ecología del Paisaje es básicamente el estudio de los paisajes, como se componen, su estructura y función. El paisaje de por sí fue definido a inicios del siglo diecinueve por Alexander Von Humboldt como “el carácter total de una región” (Lieberman & Naveh, 1990; en Mindreau, 2005). Troll define el paisaje como “La total entidad espacial y visual del espacio humanizado, integrando la geósfera con la biosfera y los artefactos elaborados por los humanos” (Troll 1971, en Mindreau, 2005). Aquí se introduce el importante parámetro de la influencia indiscutible del ser humano en el modelado del paisaje. Sin embargo para un comprensivo estudio enmarcado en la ecología del paisaje se debe partir de algún fenómeno o hecho, ya sea la descripción

de la composición del paisaje de un territorio dado, como alguna de las interacciones que se dan en el paisaje ó la influencia de alguno de los elementos sobre los otros. Profundizando la definición se puede decir que el paisaje es un conjunto de ecosistemas, a cualquier escala, que interactúan entre sí y que es relevante a algún fenómeno que esta bajo consideración, por ejemplo en este caso son los bosques de *Polylepis*.

Hay tres características fundamentales definidas en la ecología del paisaje. Estas son la estructura del paisaje, función del paisaje y su dinamismo. La estructura se refiere a los patrones espaciales (matriz, parche ó corredor) de los elementos representados y los objetos ecológicos como plantas o animales. La función se refiere a la interacción de dichos elementos u objetos ecológicos y el dinamismo se refiere a los cambios que se dan en el mosaico de elementos u objetos ecológicos a lo largo del tiempo (Forman y Godron, 1986).

1.4.2. Elementos

Según los principios de la disciplina hay tres elementos básicos en la ecología del paisaje definidos como “las unidades relativamente homogéneas, ó elementos espaciales reconocibles a una escala de paisaje” (Forman, 1995): Matriz, parche y corredor. La matriz es el sistema ecológico que da soporte a los otros elementos (parche y corredor), es decir que es el elemento del paisaje mas difundido espacialmente caracterizado por un alto grado de conectividad (Forman, 1995), dependiendo del caso puede ser un bosque, un pastizal, el mismo desierto ó cualquier otro, en este estudio es el ecosistema pastizal. Un parche es la unidad básica de la ecología del paisaje, es un área relativamente homogénea (ecosistema) que se

distingue claramente de lo que lo rodea (Forman, 1995). En este estudio los parches mas importantes son los bosques de *Polylepis* pero también los bofedales se pueden considerar como parches. Un corredor es similar a un parche, un área relativamente homogénea que se distingue claramente de lo que lo rodea pero con la singularidad de ser un área de carácter lineal ó longitudinal (Forman, 1995). Vegetación ribereña (ripariana) es notoriamente un corredor.

Sin embargo también se usarán otros términos relacionados a la disciplina que ayudarán a puntualizar mejor lo documentado y que sin ellos los términos básicos (matriz, parche y corredor) no se entienden a totalidad. Los términos mas importantes son: Frontera, Borde (ó ecotono), conectividad y fragmentación de hábitat. Las fronteras son aquellas zonas donde dos elementos (ecosistemas ó comunidades vegetales) diferentes se encuentran, pueden ser difusos o definidos (Sanderson y Harris, 2000). Los bordes son la porción de un ecosistema que se encuentra al perímetro del mismo y que las influencias del parche colindante serán más marcadas que al interior (Forman, 1995). El ecotono se define como una zona de transición entre dos comunidades vegetales (Allaby, 1998), retienen características de las comunidades colindantes e inclusive algunas propias. La conectividad es la medida de cuan espacialmente continua o difundida es una matriz o un corredor y por el contrario la fragmentación de hábitat se refiere al grado de atomización que una comunidad vegetal sufre (Forman 1995). Para medir tanto la conectividad como la fragmentación de un hábitat se aplican modelos e índices específicos para cada tipo de ecosistema en cuestión, en el caso de bosques se puede aplicar el modelo de Riitters (2000) para la fragmentación y el índice de Hurd (2002) para la conectividad de un bosque.

1.4.3. Factores tomados en cuenta para la investigación

Para el presente estudio se han aislado tres factores ambientales (naturales) a escala del paisaje (altitud, exposición solar y pendiente) que influyen en la localización de los parches de *Polylepis* en la zona de estudio según la literatura revisada y las observaciones de campo. También a escala de paisaje influyen la precipitación, temperatura y temperatura del suelo entre otros pero no se han tomado en cuenta en este estudio ya que aquí se quiere determinar los parámetros orográficos. Es decir como es que el relieve del terreno influye en la localización de parches naturales de *Polylepis*. Otros factores ambientales que influyen en la localización de los bosques están a escala local, tales como la composición del suelo, presencia de roquedales (como los conos de deyección ó derrumbes), grado de accesibilidad/aislamiento entre otros. Si bien estos factores locales influyen en la localización de los bosques, son difíciles de cuantificar para la extensión de terreno que se estudia aquí, y ameritan un estudio mucho más detallado que el presente. Sin embargo se ha registrado a través de las extensas salidas de campo la confluencia de estos factores locales con los factores a nivel de paisaje. Será interesante verificar si las áreas resultantes de la superposición y extrapolación de los factores ambientales a escala de paisaje (altitud, pendiente y exposición solar) coinciden con los factores ambientales a escala local en las áreas que se propondrán como sitios de reforestación.

Existen otros factores a escala del paisaje que influyen notoriamente la localización de los bosques y están íntimamente relacionados a las actividades humanas, tales como la agricultura y la ganadería. Los pobladores de los Andes han sido agentes de modificación del paisaje desde tiempos prehistóricos y su influencia es indiscutible. En la zona de estudio la ganadería es la actividad humana principal que colinda con

los parches de *Polylepis* y su extensión es restringida por los mismos límites de los pastizales que fungen de matriz para el paisaje estudiado. Por lo que la actual situación de los bosques es en gran medida obra de la ganadería extensiva pero su supervivencia es obra de otros factores, presumiblemente los ambientales. Es decir, ¿si la ganadería es tan extensiva y voraz por qué no ha ocupado los espacios que actualmente ocupan los bosques? Se presume que es por la influencia de los factores ambientales, por lo que estos consignan la mayor atención en este estudio y se detallan a continuación.

1.4.3.1. Rango altitudinal

Si bien a lo largo de casi toda la cordillera de los Andes, desde Mérida en Venezuela hasta las sierras de Córdoba en Argentina el género *Polylepis* se desarrolla y se distribuye entre altitudes que van desde los 1800 metros sobre el nivel del mar hasta por encima de los 5000 metros sobre el nivel del mar (Recharte, et al, 2003), en la zona de estudio este rango es menor. De forma natural las especies de *Polylepis* que se dan en el departamento de Ancash empiezan a crecer a partir de los 3500 a los 3800 metros sobre el nivel del mar hasta los 4200 a los 4500 metros sobre el nivel del mar (Chang y Miyamoto, 2002; sin publicar), pudiendo excepcionalmente en algunos sitios alcanzar altitudes mayores. En la zona de estudio se ha encontrado al fondo de la quebrada de Quero (distrito de Huasta) bosques mixtos con presencia de *Polylepis* en altitudes menores que las mencionadas (hasta los 3200 metros) pero estos árboles se presentaban solo esporádicamente en medio de muchas otras especies de árboles como Alisos (*Alnus sp.*) y Chachacomos (*Escallonia sp.*) entre otros. La altitud mayor a la cual se han encontrado parches de *Polylepis* es la cota de los 4700 metros sobre el nivel del mar sin embargo la mayor cantidad de bosque se encuentran en el rango de

los 4100 a los 4550 metros sobre el nivel del mar por lo que para efectos de este estudio se toma la información obtenida del estudio mismo, es decir que se estudia la frecuencia de parches de bosques que se encuentran entre los 3500 a los 4700 metros sobre el nivel del mar.

1.4.3.2. Pendiente

La pendiente es uno de los factores más importantes de esta investigación, al igual que la altitud, determina la localización y extensión de los diferentes elementos del paisaje en la zona de estudio. Se ha escogido como uno de los factores ambientales importantes básicamente por las observaciones de campo ya que la literatura revisada no concentro su mirada específicamente sobre la relación entre presencia de bosques y la pendiente en la cual se encuentran. El estudio de Chang (2002), se ubica no muy lejos de la zona de estudio y usa básicamente las mismas herramientas de teledetección y sistemas de información geográficos y no logro determinar una correlación fuerte entre áreas boscosas y pendiente. Sin embargo esto puede ser porque ellos tipificaron las áreas boscosas y buscaban relación entre los diferentes tipos de bosques que analizaron (interno, borde, transición, parche, perforado) mas no el bosque entero como una unidad. Es decir que se supone que los bosques se encuentran en pendientes relativamente pronunciadas (según lo observado en campo) pero no se ha logrado comprobar científicamente cuales son las pendientes en las cuales los bosques se desarrollan mas. Es uno de los objetivos principales de este estudio poder comprobar esto. Quizá la razón por la cual no se ha logrado este objetivo es por la falta de información espacial adecuada, especialmente en el distanciamiento de las cotas de altitud que a su vez generan modelos digitales de terreno (MDT) adecuados (que son la base de análisis topográfico). En este trabajo se

han utilizado diferentes modelos para discernir ésta interrogante. Se han usado MDT de 90 metros, de 50 metros y de 30 metros de resolución sin tener una variación significativa entre ellos pero todos en base a cotas de altitud a intervalos de 50 metros, lo cual no es de gran exactitud. Mejores resultados se obtendrán de MDT's elaborados en base a cotas de 25 a 10 metros de distanciamiento pero por el momento no se dispone de esa información.

1.4.3.3. Exposición Solar

Tomando en cuenta las regiones montañosas la exposición solar ejerce una influencia en la presencia o no de vegetación según la latitud. En la zona tropical (15 grados al norte y al sur de la línea ecuatorial) la vegetación aparenta estar diseminada indistintamente pero la presencia de zonas montañosas puede influir (Strahler, 1989). En el estudio de Braun (1997) en el volcán Sajama (latitud 18 grados sur) se hace una correlación importante entre exposición solar, radiación solar y bosques de *Polylepis*, determinando que los parches mas extensos se desarrollan en laderas que orientan hacia el norte, con mayor radiación (Braun, 1997). Sin embargo, aun mas al sur, en las sierras de Córdoba en Argentina (latitud 30 grados sur), similares estudios han determinado que no hay una tendencia marcada de localización de bosques según exposición de laderas (Renison, et al, 2006) (Cingolani, et al, 2004). Como tendencia general, en el hemisferio norte la relación se invierte, teniendo los bosques y la vegetación en general mas desarrollada en laderas que están orientadas hacia el sur (Strahler, 1989). Será interesante evaluar cual es el comportamiento de los bosques en la zona de estudio según la exposición de laderas y la insolación que reciben.

Entonces podemos enunciar cual será la hipótesis del estudio y los objetivos del mismo.

Hipótesis

La hipótesis se nutre de estas observaciones y creemos que la mayor concentración de bosques alto andinos de la cuenca alta del río Pativilca no necesariamente se dará en laderas que estén expuestas hacia el norte.

Los objetivos de este estudio están ordenados de forma lineal, es decir que el cumplimiento del primero ayuda el cumplimiento del segundo y el tercer y último objetivo es el que reúne los resultados y proyecta la parte propositiva del estudio. De estar ordenados de forma tradicional con un objetivo general y específicos que apoyan el cumplimiento de este, el objetivo 1.5.3 sería el objetivo general y los otros dos serían los específicos; estos son:

1.5. Objetivos

- 1.5.1. **Analizar espacialmente todos los parches** de bosques de *Polylepis* dentro de la zona de estudio según su exposición al sol, pendiente y altitud.
- 1.5.2. Un segundo objetivo será **identificar los otros elementos del paisaje que se encuentran circunscritos en la matriz**, tales como los pastizales de puna, las zonas rocosas, hidrología entre otros elementos resaltantes.
- 1.5.3. El tercer y último objetivo será **identificar las áreas dentro de la matriz que tienen el potencial de albergar las plantaciones de *Polylepis*** según tres factores básicos que influyen en la localización natural de bosques alto andinos: altitud, pendiente y exposición solar.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

2. Metodología general

Diversos pasos se han tomado para realizar el presente estudio, se ha trabajado con imágenes de satélite que necesitan un acondicionamiento para optimizar su uso y resolución, se han hecho salidas de campo para mapear los bosques según las imágenes de satélite, se han elaborado los factores en un sistema de información geográfico y se han analizado siguiendo pasos secuenciales específicos. Aquí se exponen los pasos tomados para cada etapa del trabajo.

2.1. Preparación de las imágenes de satélite

Se trabajo con dos imágenes de satélite después de haber investigado y probado con varias imágenes. Las imágenes usadas son Landsat 7 TM (Thematic Mapper) y ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). La imagen TM es del año 1991 y fue la que se uso para la clasificación preliminar y la ETM+ fue usada para la clasificación final, ella es del año 2000. Las otras imágenes consultadas fueron la CBERS (satélite Chino-Brasileño de Recursos Terrestres), SPOT y otras escenas de Landsat 7. Lamentablemente dichas imágenes no reunían condiciones adecuadas. La imagen SPOT era justo al norte de la zona de estudio y las imágenes CBERS y las otras Landsat consultadas tenían una nubosidad muy elevada como para ser adecuadamente clasificadas. Como material de apoyo se uso una imagen de satélite del programa Google Earth de la zona de estudio que tiene una resolución muy buena y es reciente (2006). Lamentablemente dicha imagen solo comprendía una pequeña porción del área de estudio. Además se ha usado una fotografía aérea que corresponde a una porción de la imagen de Google Earth para hacer una comparación temporal de

distribución de *Polylepis*. La fotografía aérea es del año 1957 por lo que la comparación de distribución temporal cubre 50 años de una imagen a la otra.

El primer paso para trabajar las imágenes Landsat fue bajarlas del Internet. La universidad de Maryland (EEUU) a través de la GLCF (Global Land Cover Facility) tiene a disposición gratuita una serie de imágenes Landsat del mundo entero y de diferentes fechas. En los cuadros 1 y 2 se ven las especificaciones de las imágenes Landsat de 1991 y del 2000 respectivamente, usadas para este estudio.

TM
WRS-2, Path 008, Row 067
1991-09-15
EarthSat
Ortho, GeoCover
Peru

ETM+
WRS-2, Path 008, Row 067
2000-05-26
USGS / GLCF
L1G
Peru

El segundo paso fue componer las tres bandas que mejor reflejaran los bosques de *Polylepis*. Estas bandas son las 3, 4 y 5, ordenadas como 4, 5 y 3 según RGB (red, green, blue). Luego se georeferenciaron las imágenes a la zona UTM (universal transversal mercator) deseada. La resolución de píxel de dichas imágenes es de 30 metros por 30 metros. También se aplicaron algunas funciones para mejorar ó “enaltecer” la visibilidad. Se exporto estas imágenes para que sean posibles de trabajar en otros softwares, el utilizado hasta aquí fue ERDAS 8.4.

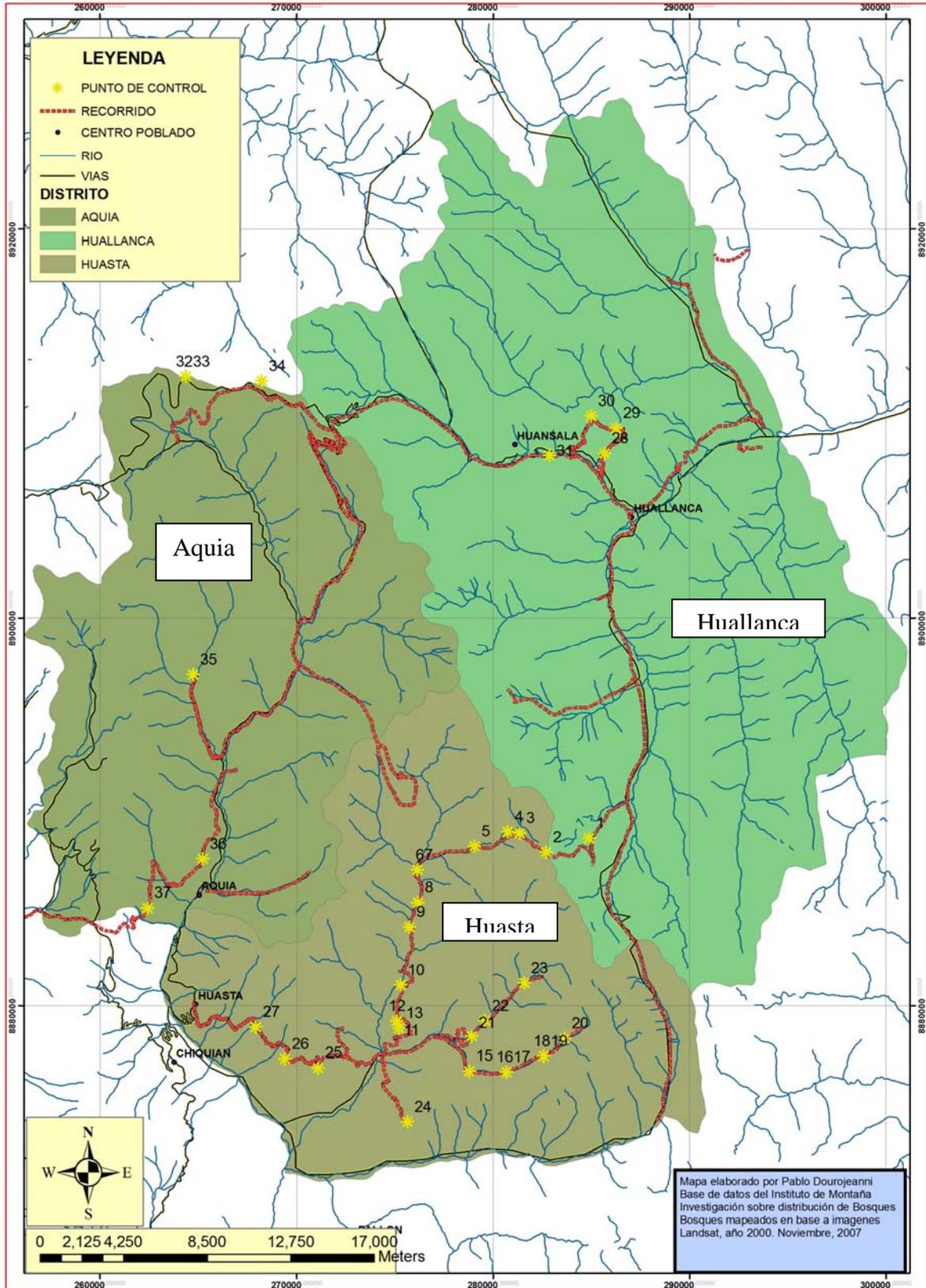
La imagen de Google Earth fue extraída directamente de la Internet pedazo a pedazo. No se sabe con exactitud (debido a que no se especifica en el programa) cual es el origen pero se presume que es Quickbird ya que Google Earth se provee de tres tipos de imágenes diferentes, Landsat, SPOT y Quickbird . Debido a la alta resolución se

presume que es Quickbird ya que es posible ver automóviles en la carretera. Se hizo una cuadrícula de toda la imagen para luego ir “cortando” de la Internet todos los pedazos individuales (en alta resolución) para luego armar el mosaico de nuevo. Dicha imagen resultante luego fue georeferenciada. No se necesitó aplicar ningún tipo de filtro o enaltecer la imagen debido a su alta resolución.

La fotografía aérea fue adquirida en el SAN (Servicio Aerofotográfico Nacional) y se escogió una que calce encima de una porción (con bosque) de la imagen Google Earth para poder hacer una comparación temporal de distribución de bosques. Para georeferenciar la fotografía se tomó diversos puntos en campo para luego ortorectificar la foto. La fotografía aérea es del proyecto 8430, escena 38, tomada el 8 de mayo de 1957.

2.2. Clasificación de campo

La clave para una buena clasificación de imágenes de satélite es tener un amplio conocimiento sobre el terreno que se va a clasificar en la imagen, en especial cuando las imágenes no son de buena resolución, como en este caso. Se ha contado con el tiempo y los recursos para recorrer extensamente toda la zona de estudio (Mapa 1).



Mapa 1: Mapa de recorridos en las salidas de campo y la zona de estudio

2.2.1. Salidas preliminares

Las salidas preliminares empezaron a realizarse años atrás (desde el 2003) recorriendo diversas zonas de los distritos estudiados y otros aledaños. Han servido para estimular la selección del estudio y para programar las salidas formales, de las cuales se realizaron tres. Entrevistas con lugareños formaron parte de las salidas preliminares, el conocimiento que los pobladores tienen de su entorno es incalculable y ayudaron mucho a definir las futuras salidas de campo. Además las salidas proporcionaron el conocimiento básico para discernir los colores (firmas espectrales) de las imágenes y que elementos (bosque, pasto, roca, glaciar, etc.) representan.

2.2.2. Método

Para clasificar las imágenes de satélite en campo se imprimieron varias copias en diferentes formatos (tamaños) de tal manera que los diferentes colores (elementos del terreno) se puedan identificar claramente. Por la forma de haber compuesto las bandas de las imágenes las áreas rojas eran vegetación y de un rojo intenso se ven los bosques de *Polylepis*. De color naranja se ven la agricultura y los bofedales, de color púrpura los glaciares, negro o marrón la roca o suelo desnudo y así sucesivamente. Para poder determinar exactamente que color representaba cada uno de estos elementos se programaron tres salidas a diferentes sitios de la zona de estudio. Especialmente se tomo énfasis en mapear zonas donde existiera la mayor cantidad de bosques de *Polylepis* y zonas completamente desconocidas ó inaccesibles por carretera. Todo esto para poder mapear exactamente la extensión de cada uno de los parches de *Polylepis*. Los otros elementos del paisaje (unidades) han sido solamente catalogados. Para esto se estableció un sistema de registro de Puntos de Control asociados a un formato de recolección de información de campo (ver 2.3.1 y 2.3.2). Durante los recorridos, al

identificar un elemento representativo se llenaba una ficha del formato de campo, localizando así cada uno de los elementos de la imagen. Además al observar un parche de *Polylepis* estos eran marcados directamente en los mapas. De esta manera se logro visitar las zonas más representativas de bosques y se pudo marcar directamente en los mapas cada uno de ellos. De esta manera la clasificación en computador se hizo mucho más sencilla.

2.2.3. Primera salida

La primera salida de campo fue la mas larga y mas importante de todas. Duro 7 días en total y se recorrió las partes mas alejadas e inaccesibles de toda la zona de estudio, zonas que nunca se había visitado antes. Básicamente comprendía el distrito de Huasta. Se partió desde el pueblo de Huallanca con dirección sur hasta la zona denominada Ishpac. Desde allí empezó la caminata de los siguientes días. Con previa información de la población local y de la imagen de Google Earth se sabía que existe un parche de *Polylepis* en las faldas de Puntahuay, del lado huallanquino. Cabe mencionar en este momento que en el distrito de Huallanca los parches de *Polylepis* son contados con los dedos de la mano por lo que se hicieron salidas específicamente a esos sitios para determinar la veracidad de la información oral obtenida previamente. Las imágenes de satélite corroboraban lo dicho, es decir que no hay muchos *Polylepis* de forma natural en Huallanca. En total se recorrió más de 100 kilómetros haciendo 5 campamentos y 6 días de caminata. Se caminaron las quebradas del distrito de Huasta: Contaycocha, Collata, Pomapata, Quero, Pampahuay, Mahuay, Pariash, Villalta y las alturas de Huasta Pueblo. En una salida previa se habían visitado las quebradas de Juytococho y Tranca de esta manera se cubrió casi la totalidad del distrito. Era prioridad recorrer el distrito de Huasta debido

a la muy poca información que se tenía y por no haber visitado la zona con anterioridad. Además en la imagen de satélite figuraban muchos supuestos parches de *Polylepis*, más que en los otros dos distritos por lo que imperaba discernir su estado.

2.2.4. Segunda salida

La segunda salida se concentro en el distrito de Aquia, distrito que ya se conocía relativamente bien por lo que esta salida fue puntual y de solo un día de duración. Se hizo un recorrido en carro por la parte norte del distrito para tomar puntos de control a lo largo de la carretera que viene de Pastoruri hasta el abra de Yanashalla y luego bajando a Pachapaqui y el pueblo de Santa Rosa. La única caminata consistió en visitar la quebrada de Santa Rosa que en la imagen de satélite mostraba parches muy grandes de *Polylepis* (figura 1). Se logro constatar una vez más que la clasificación esta correcta habiendo encontrado los parches de *Polylepis* donde figuraban en la imagen Landsat. Luego se prosiguió el recorrido en automóvil por la parte sur del distrito tomando más puntos de control. Otras partes del distrito ya se habían visitado previamente evaluando la presencia de bosques de *Polylepis* encontrando que, aparte de los parches de Santa Rosa, las quebradas de Huamanhueque y Huanta también albergan grandes poblaciones de *Polylepis*. Del pueblo minero de Pachapaqui hacia el norte la altitud va de los 4000 metros a los 4800 metros sobre el nivel del mar ó más formando grandes bofedales y zonas extensas de pastoreo, zonas de vegetación Alpina, roquedales y glaciares, más no bosques de *Polylepis*.



Figura 1: Foto de parches de *Polylepis* en Santa Rosa

2.2.5. Tercera salida

La tercera y última salida fue para visitar específicamente unos parches de *Polylepis* en el distrito de Huallanca. Duro solo un día y se logro constatar una vez más que la clasificación de la imagen estaba correcta. Se encontró a la espalda de la zona de Huanzala un parche importante (figura 2) y otros más de menor tamaño. También se evaluó la quebrada de Huallanca encontrando pequeños parches de *Polylepis* o árboles aislados al fondo de la quebrada.

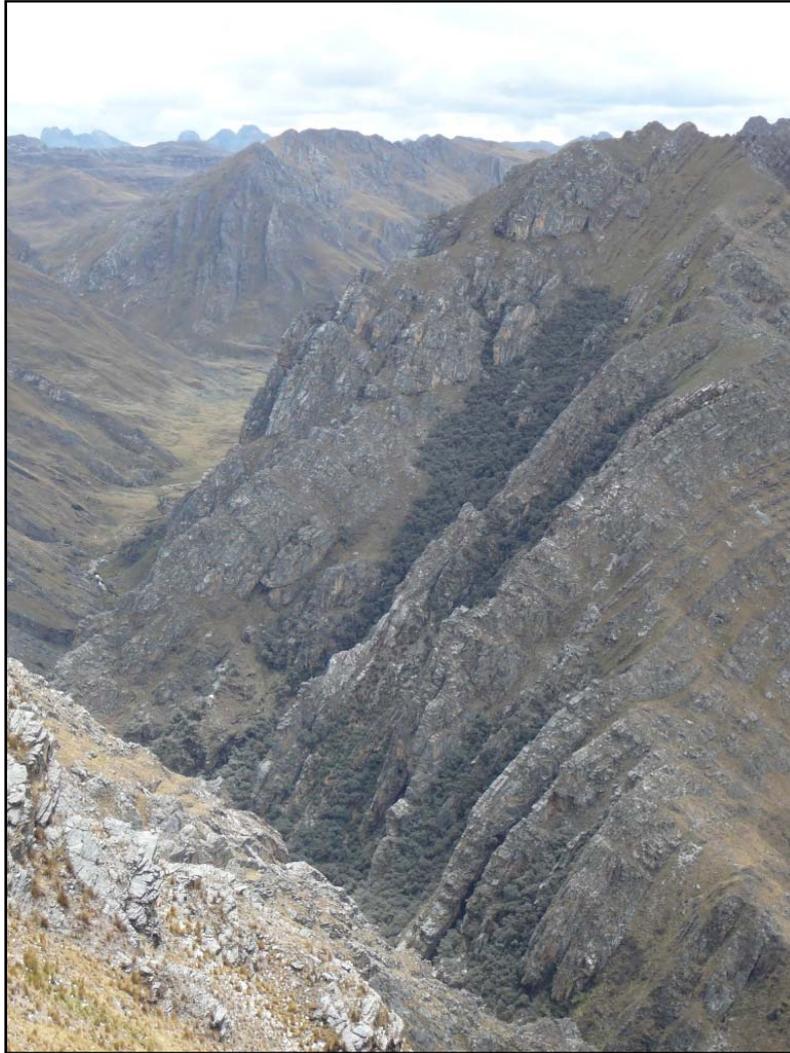


Figura 2: Foto del Parche de Polylepis atrás de Huanzala

2.3. Procesamiento de datos de campo

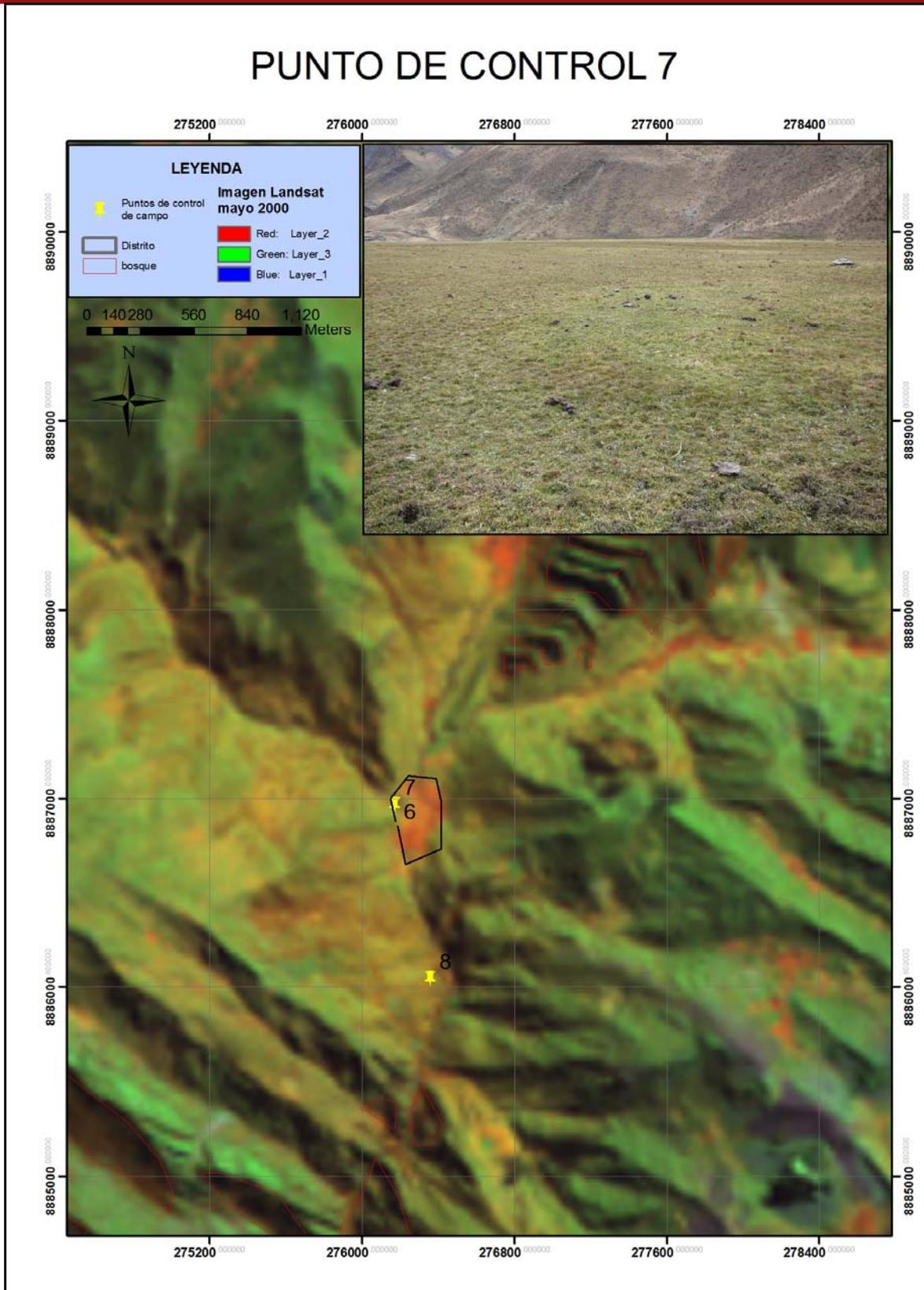
El procesamiento de los datos de campo consto de 3 etapas. La primera fue de digitalizar la información de los formatos de campo, la segunda fue de asignarle a los puntos de control de los formatos de campo las fotografías y la localización en los mapas según las imágenes de satélite. El tercer paso fue crear los polígonos de los bosques. A continuación se detallan los pasos.

2.3.1. Formato de campo

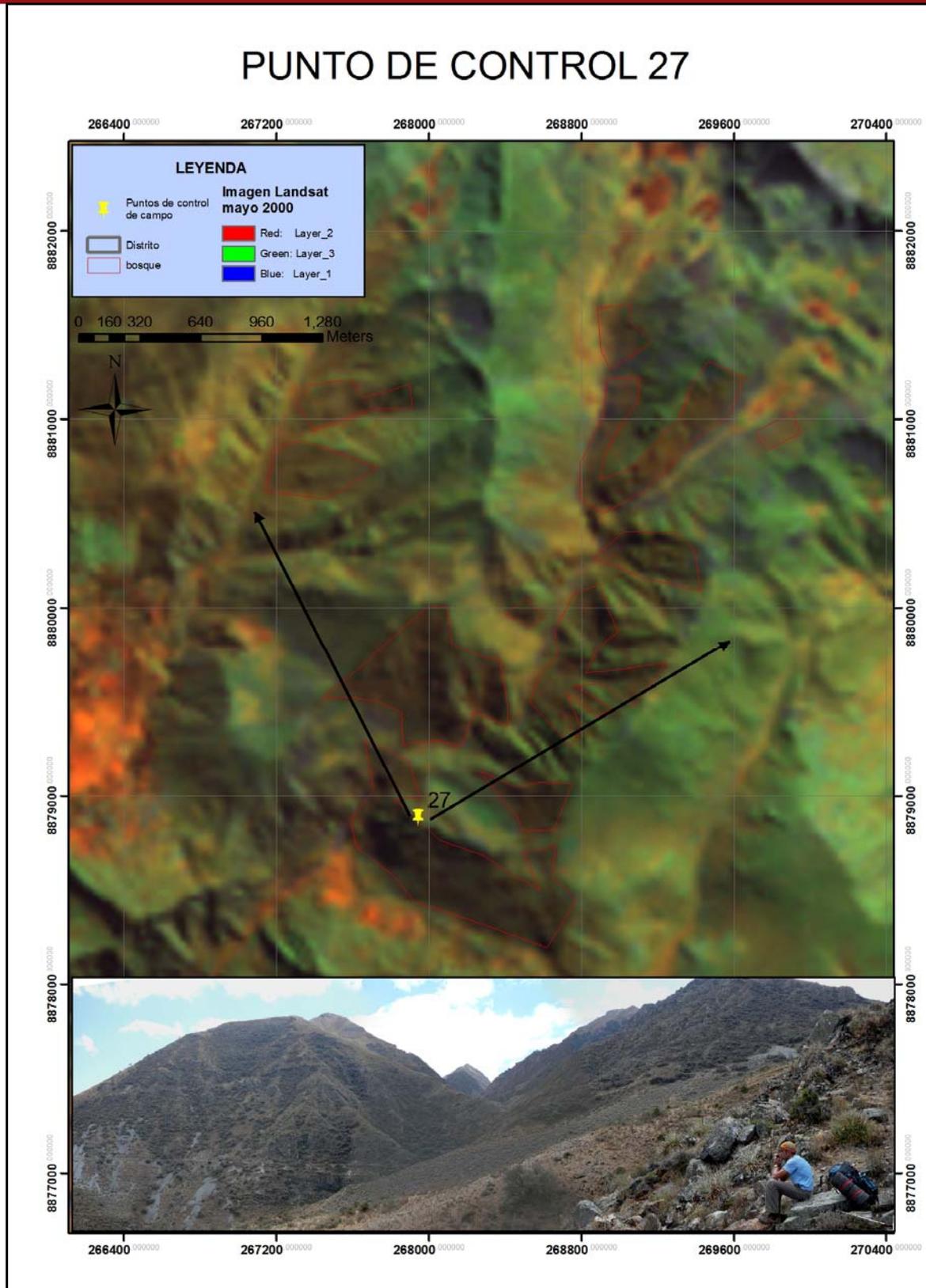
En el anexo 1 se muestra el formato de campo, fueron 37 puntos en total los registrados y varios campos de información que se tomaron en cuenta. Primero el código del punto, coordenadas, altitud, azimut, # de fotografía(s), tipo de fotografía (local ó panorámica), seguido por la descripción de lo que se ve, el paraje donde se encuentra y por último el distrito. Todo esto ayudo a ordenar y registrar información y hacerla contable y clasificable, en especial para relacionar los puntos control con las fotografías.

2.3.2. Fotografías (Puntos de Control)

Los puntos de control son la evidencia de la clasificación de campo que se realizó con los mapas (imágenes de satélite) que se llevaron en las salidas. En dicho mapas se marco directamente lo que se veía en el terreno y se hacia una marca y descripción. En total son 37 puntos de control, tanto de vistas panorámicas como de vistas locales. La diferencia radica en que las vistas panorámicas ofrecen una vista general de un amplio espacio, mostrando varios elementos distintos a la vez. Por eso era importante registrar la orientación de la fotografía (azimut), en esos puntos de control figuran con flechas indicando la amplitud de lo que se ve en la fotografía. Los puntos (fotografías) locales muestran específicamente un solo elemento (bosque, bofedal, roca, etc.) localizado justo encima de las coordenadas. Es decir que lo que se ve en la imagen de satélite (el color) es justo donde esta el punto de control. Ambos sistemas sirvieron para identificar los colores de los diferentes elementos que se encontraron. En los mapas 2 y 3 se muestran puntos de control local y panorámico respectivamente, el resto están en los anexos digitales.



Mapa 2: Mapa de Punto de control local (mostrando un bofedal)



Mapa 3: Mapa de Punto de control panorámico, muestra parches de *Polylepis*

2.3.3. Creación de polígonos

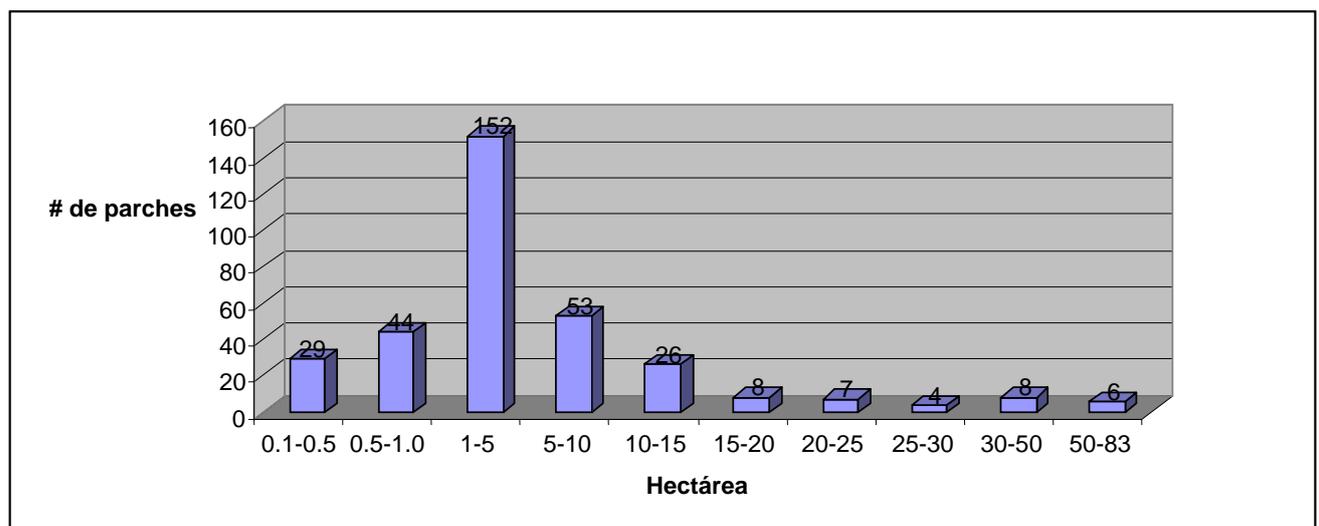
La ubicación y extensión de los parches de bosque de *Polylepis* es lo más importante ubicar en el espacio de la zona de estudio. Por eso se tomo tanto cuidado en registrarlos tanto de forma visual en campo como de mapearlos de manera directa, a “mano alzada” en la computadora. La ubicación y su extensión nos darán los fundamentos para poder relacionar los factores a nivel de paisaje (altitud, orientación solar y pendiente) a ellos. Como ejercicio preliminar se crearon los polígonos de la imagen extraída del Google Earth. Si bien esta imagen solo cubre parte de la zona de estudio ayudó a afinar (previamente a las salidas de campo) la firma espectral (color) de los bosques de *Polylepis* en las imágenes Landsat. En la figura 3 se muestra un fragmento de dicha imagen y los polígonos de *Polylepis*.

De las imágenes Landsat primero se clasificó (a manera de práctica) la imagen Landsat 7 TM del año 1991 para ejercitar y afinar la manera de identificar los parches de bosque de *Polylepis*. Esta imagen es del mes de agosto (temporada más seca) por lo que los bosques resaltaban más que los elementos de su entorno, facilitando su reconocimiento. Una vez hecha la práctica se prosiguió a clasificar la imagen del año 2000 que sería la definitiva y con la cual se trabajó en adelante. Se contó un total de 337 polígonos, es decir 337 parches de bosque de *Polylepis* haciendo un total de 2219 hectáreas de extensión. El distrito con mayor cantidad de parches y mayor extensión de bosques es Huasta con 1455 hectáreas repartidas en 219 parches. Le sigue Aquia con 719 hectáreas en 106 parches y Huallanca solo tiene 45 hectáreas de bosque repartidas en 12 parches.



Figura 3: Parches de bosque de Polylepis en la imagen extraída del Google Earth (alturas de Huasta)

Siendo la imagen Landsat de una resolución de 30 metros por 30 metros de tamaño de píxel no se han podido vectorizar (crear polígonos) parches de *Polylepis* de un tamaño igual o inferior a 900 metros cuadrados ó inclusive algo mayores. El parche mas pequeño que se tiene registrado es de 1880 metros cuadrados. En cambio en la imagen de Google Earth se pueden ver hasta árboles individuales. En el cuadro 1 se hace un recuento de los parches de *Polylepis* según su tamaño, se puede notar claramente la alta fragmentación de los bosques.

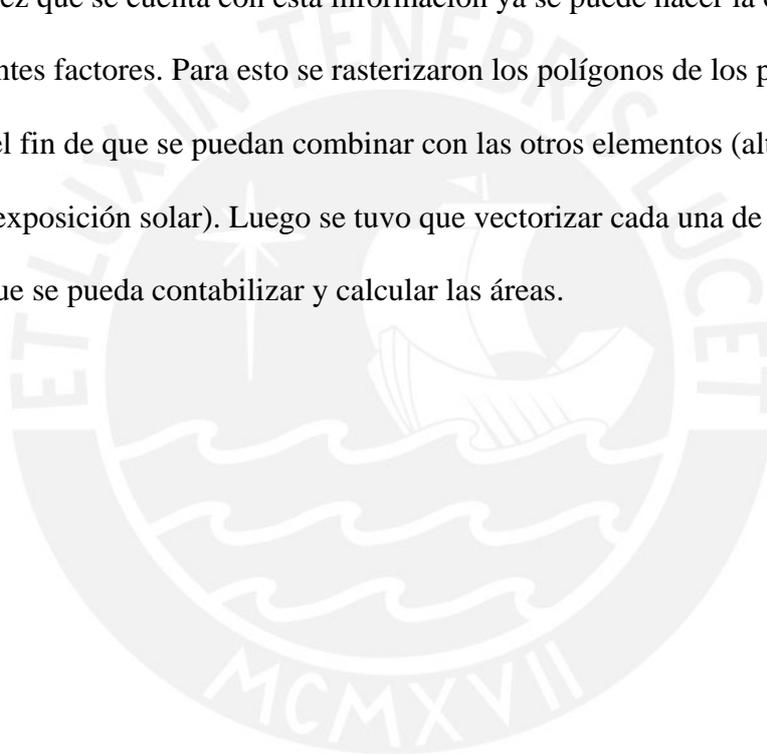


Cuadro 1: Numero de parches de *Polylepis* según rango de tamaño

2.4. Elaboración de los Factores a nivel de paisaje

Como se anticipó, los factores a nivel de paisaje que se han tomado en cuenta para este estudio y que se consideran los más importantes para la localización de parches de bosques de *Polylepis* son la altitud, la pendiente y la exposición solar (que se relaciona a la radiación solar). Estos tres factores han tenido que ser tratados por separado y bajo procesos muy bien definidos en un SIG (sistema de información geográfico) para luego ser analizados conjuntamente con los parches de bosques. El software utilizado es el Arcgis 9.2. La información cartográfica de base que se usa

para derivar la altitud, la pendiente y la exposición solar son las curvas de nivel (cotas) y con las que se dispone para este estudio están distanciadas cada 50 metros. Lo primero que se generó es un TIN (Triangular Irregular Network) que sirve para generar un Modelo Digital de Terreno (MDT) que es una grilla de trama uniforme determinada (en este caso 30 por 30 metros) en formato raster (cada celda contiene un dato, en este caso altitud). Es a partir del MDT que se pueden derivar los mapas de pendiente, de exposición solar y de radiación solar que también están en formato raster. Una vez que se cuenta con esta información ya se puede hacer la combinación de los diferentes factores. Para esto se rasterizaron los polígonos de los parches de bosque con el fin de que se puedan combinar con los otros elementos (altitud, pendiente y exposición solar). Luego se tuvo que vectorizar cada una de las capas raster para que se pueda contabilizar y calcular las áreas.



CAPÍTULO 3: RESULTADOS

Para empezar, se hizo una caracterización del paisaje identificando todos los elementos que existen en la zona de estudio y resaltando la ubicación de los parches de bosque de *Polylepis*. Se ha optado por hacer una demostración de los diferentes elementos que hay en el paisaje estudiado, más no una clasificación exhaustiva de todos ellos. Así, en el mapa de “Clasificación de los elementos del paisaje en la zona de estudio” (anexo 2) se puede apreciar los elementos existentes tanto clasificados como sin clasificar; es decir, que se elaboraron polígonos para todos los diferentes elementos pero también se ha dejado partes de la imagen de satélite sin polígonos para que se pueda apreciar cómo se ven directamente en ella dichos elementos.

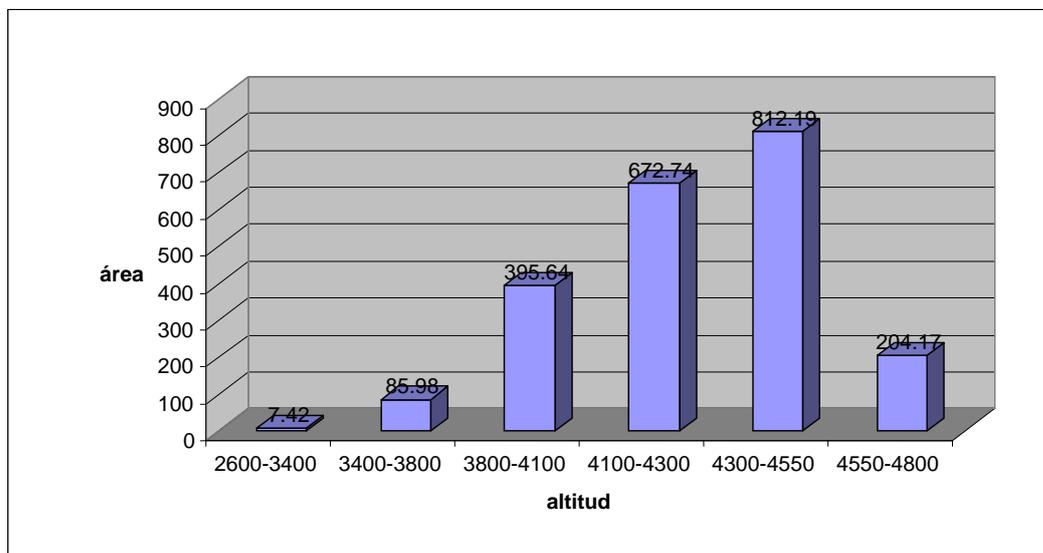
Por su parte, los bosques sí se encuentran todos clasificados de la forma más detallada posible. Hay parches de bosques de *Polylepis*, parches de bofedales, parches de agricultura y parches de glaciares. Los corredores que existen no se han mostrado pero existen corredores básicamente de vegetación ribereña. Algunos de los grandes bofedales del distrito de Huallanca también se podrían considerar corredores muy anchos, pero aquí se han clasificado como parches. La matriz de toda la zona de estudio son los pastizales que se distinguen por las diferentes tonalidades de verdes. Como matriz, le da soporte a todos los elementos presentes en la zona de estudio y es justamente en la matriz que se encontrarán las zonas más aptas para la restauración de los bosques de *Polylepis* ya que ninguno de los otros elementos (parches) tienen las condiciones para albergar plantaciones. Los corredores existentes ya son arborizados, por lo que hacer plantaciones allí no es necesario. Los bofedales característicamente son húmedos y se encuentran en zonas relativamente planas. Se los utiliza

para el pastoreo de animales, por lo que plantar árboles allí generaría conflicto en el uso de la tierra, además de que los animales se comerían las hojas de las plántulas, deteriorando la capacidad de crecimiento de las mismas. Los parches de agricultura tienen un intenso uso y por lo general están en zonas bajas, salvo las chacras para tubérculos de altura como son las diferentes variedades de papa que se cultivan en la zona. En consecuencia, las zonas disponibles para la restauración serían los extensos pastizales que conforman la matriz. Ahora la tarea es determinar qué zonas dentro de la matriz son las más aptas para dicho propósito, ya que ellos (los pastizales) también cumplen un rol importante en la economía local porque son el soporte de la ganadería en la zona. Sin embargo, no todas las zonas de pastizales reúnen las mejores condiciones para ser consideradas como tal y en la actualidad se encuentran degradadas por la elevada presión de animales que sostienen. Para eso se analizarán los factores a nivel de paisaje propuestos en esta investigación con el fin de poder determinar cuáles son las zonas de la matriz que en vez de servir como buenas zonas de pastos naturales podrían servir como buenas zonas para restaurar parches de *Polylepis*.

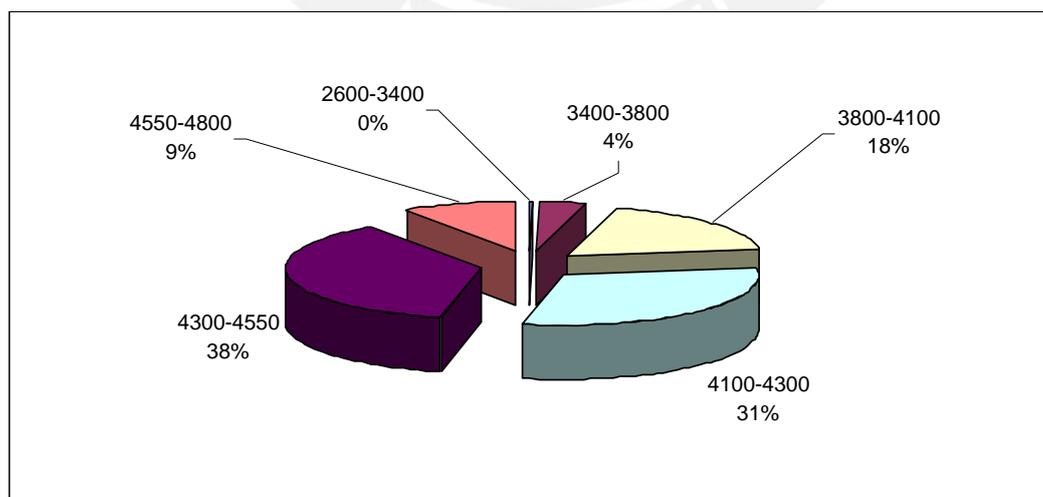
3. ALTITUD

El primer factor que se estudió es el de altitud. Para realizar esto se sobrepuso la capa de los parches de bosque sobre la capa de altitud. Lo que se quiere determinar en esta etapa es cuál, o cuáles son los rangos de altitud donde los bosques se desarrollan más, es decir a qué rango de altitud se encuentra la mayor cantidad de área de bosques naturales en la zona de estudio. Los cuadros 2 y 3 muestran los resultados y hay una tendencia que empieza a mostrarse. Los bosques de *Polylepis* en la zona de estudio están mayormente concentrados entre los 4100 metros a los 4550 metros sobre el nivel del mar ya que el 69% de ellos se encuentran en ese rango de 450 metros de

amplitud. Directamente abajo y arriba de ese rango disminuye la concentración de bosques, 18% se ubican entre los 3800 a 4100 metros sobre el nivel del mar y 9% entre los 4550 a los 4800 metros de altitud. Cabe señalar que los rangos fueron establecidos según una función que distingue los quiebres naturales en una tabla de frecuencia. El punto más alto donde se encontró bosque de *Polylepis* es a los 4788 metros de altitud y el punto mas bajo a los 3233 metros.



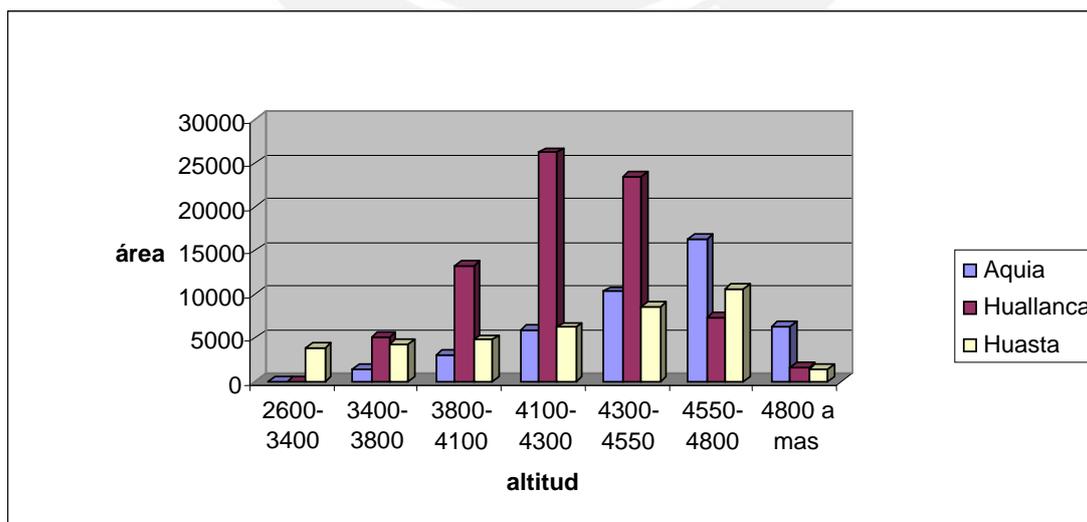
Cuadro 2: Área de bosque (en hectáreas) según rangos de altitud



Cuadro 3: Porcentaje de área de bosque según altitud

Ya que uno de los objetivos de este estudio es establecer cuáles son los parámetros ideales para la reforestación o reestablecimiento de bosques de *Polylepis*, se ha tomado el rango altitudinal de 4100 a 4550 metros de altitud como la franja más apta ya que allí existe la más alta concentración de bosques naturales. Sin embargo, inmediatamente por debajo como por encima de este rango, también es posible establecer plantaciones y quizá con el mismo éxito que se tendría en el rango establecido. Aquí lo primordial es establecer parámetros científicamente comprobados para asegurar plantaciones que sean acordes con la naturaleza del paisaje.

A pesar de que entre los 4100 a los 4550 metros de altitud se encuentra la mayor cantidad de parches de *Polylepis* en la zona de estudio, esto no es verdad para la totalidad de la zona estudiada. Cuando se analiza el espacio de una forma más detallada, haciendo una diferenciación entre la vertiente occidental (Huasta y Aquia) con la oriental (Huallanca), saltan a la vista grandes contradicciones. En el cuadro 4 se compara la extensión de territorio según los rangos altitudinales para cada uno de los tres distritos.

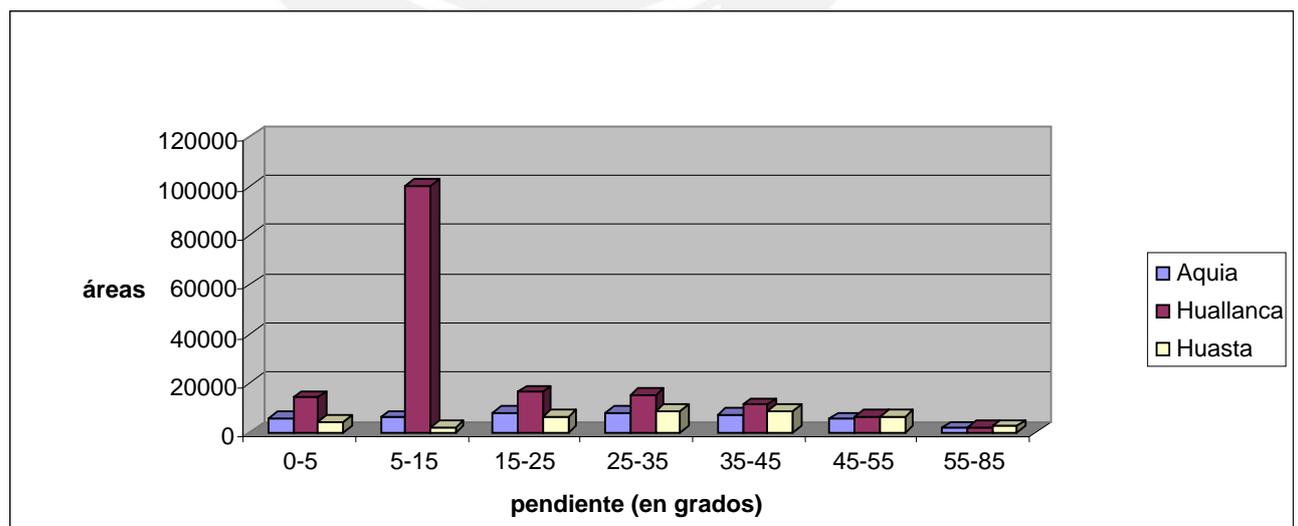


Cuadro 4: Áreas (en hectáreas) de los tres distritos según la altitud

En el distrito de Huallanca hay 49,639 hectáreas en el rango altitudinal seleccionado (4100 a 4550 msnm) mucho más que en los otros dos distritos que juntos suman 31,027 hectáreas en el mismo rango. Tomando solamente este factor, en Huallanca debería existir una gran cantidad de bosque de *Polylepis*, sin embargo en todo el distrito solo hay 45 hectáreas, una mínima fracción de lo que se encuentra en toda la zona de estudio (2219 hectáreas). Aquí se evidencia que el factor altitud no puede responder por si solo a la localización de bosques naturales de *Polylepis*, pero sí limita bastante su rango de dispersión por lo que se procede a estudiar los otros dos factores.

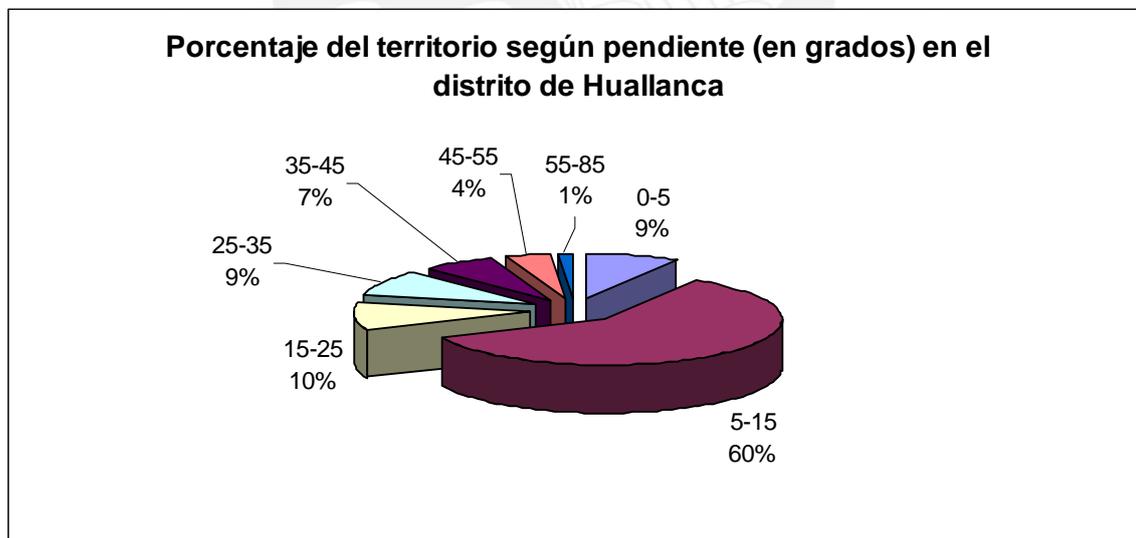
4. PENDIENTE

La pendiente en zonas de montaña como la cordillera de los Andes varía mucho y se pueden encontrar zonas completamente planas al costado de paredes verticales. En la zona de estudio se dan casi todas las posibles pendientes. Los datos obtenidos del mapa de pendientes nos muestran que existen zonas completamente planas (0 grados de pendiente) hasta paredones casi verticales con 87 grados de pendiente. En el cuadro 5 se muestra el total de áreas según pendiente en los tres distritos estudiados.



Cuadro 5: Total de áreas (en hectáreas) según pendiente en los tres distritos

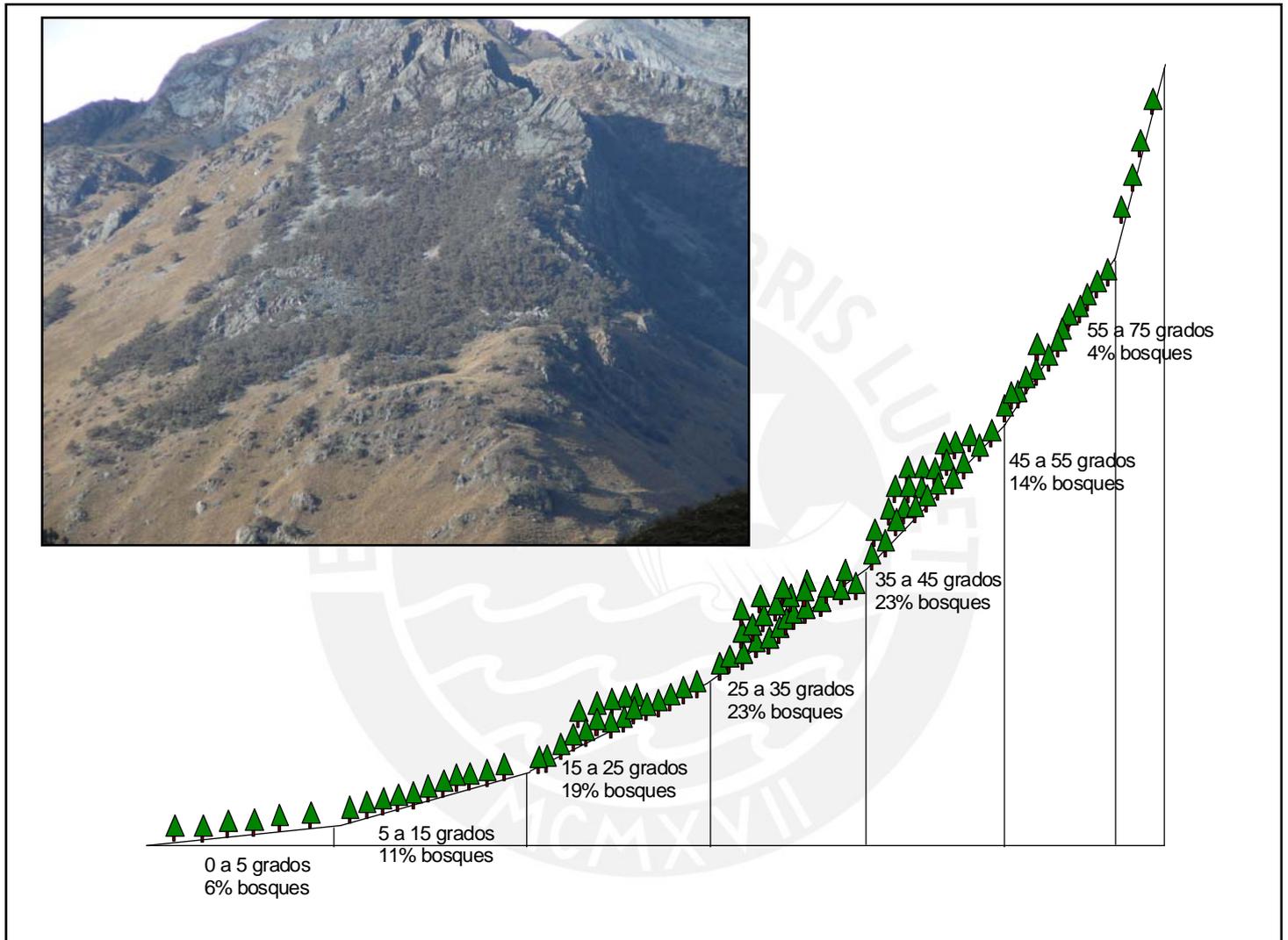
A diferencia de la altitud, los rangos establecidos para la pendiente fueron arbitrariamente asignados para poder diferenciar de forma clara y paulatina entre zonas planas ó semi planas y zonas de mayor pendiente, ya que se quiere demostrar que los bosques de *Polylepis* están relegados a zonas de pendiente alta (mayor a 25 grados). En general, toda la zona de estudio es bastante homogénea salvo las grandes extensiones planas o semi planas del distrito de Huallanca. Casi el 80% del distrito tiene pendientes por debajo de los 25 grados (cuadro 6) sin embargo, por ser un distrito mucho más grande que los otros dos, las áreas del territorio que caen en los otros rangos de pendiente son igual o más grandes que en Huasta y Aquia (cuadro 5). Este hecho puede ser el que explique por qué en Huallanca se encuentran muy pocos bosques naturales de *Polylepis*. Es decir que en el distrito de Huallanca, por tener mayoritariamente zonas planas o de baja pendiente, se ha extendido con facilidad la ganadería en detrimento de áreas boscosas.



Cuadro 6: Porcentaje del territorio según pendiente (en grados) en el distrito de Huallanca

Al cruzar la información del mapa de pendientes con los parches de *Polylepis* (cuadros 7 y 8) podemos observar que buena parte de estos bosques (94%) se encuentran en zona de pendiente (mayor a 5 grados) y la mayor concentración de

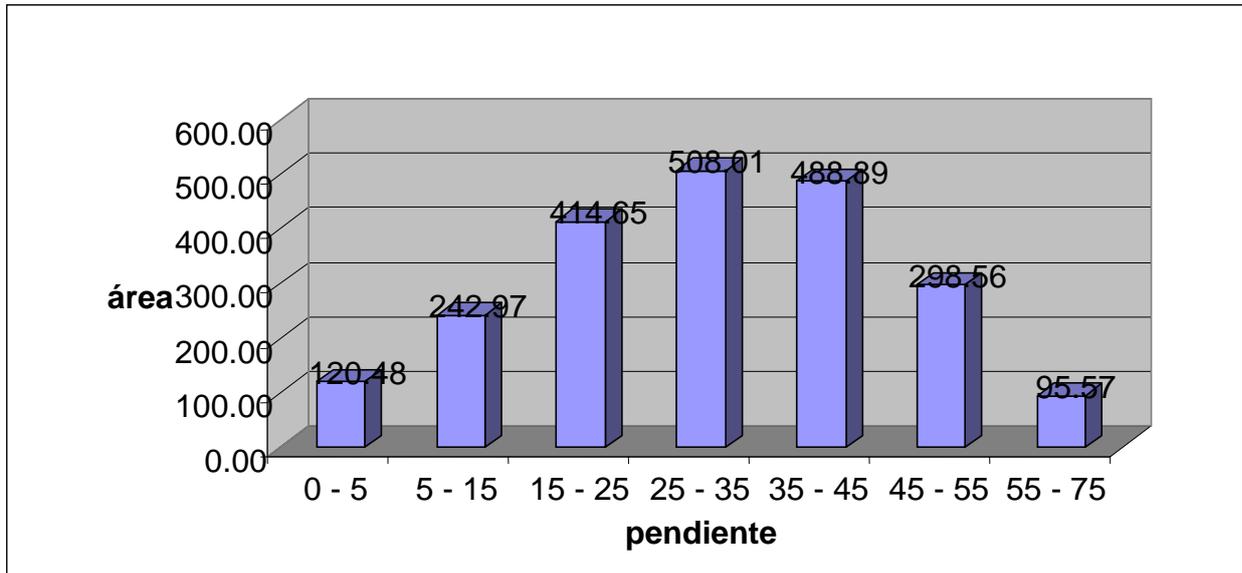
bosques (79%) se da entre los 15 a los 55 grados de pendiente; sin embargo, para efectos de este estudio se priorizan los rangos de pendiente que están entre los 25 a los 55 grados (60% de los parches) ya que plantaciones forestales en pendientes inferiores pueden entrar en conflicto con otros usos de la tierra, como veremos más adelante.



Cuadro 7: Concentración de bosques según pendiente

La predisposición de los bosques de *Polylepis* de crecer en cualquier tipo de pendiente es clara ya que se registra parches de bosques en todas las pendientes. Salvo los rangos de pendiente más baja y más alta (0-5, 55-75) hay una distribución bastante

uniforme de bosques en toda la gradiente. Solo existe una concentración entre los 25 a los 45 grados.



Cuadro 8: Áreas de bosques por pendiente, datos expresados en hectáreas

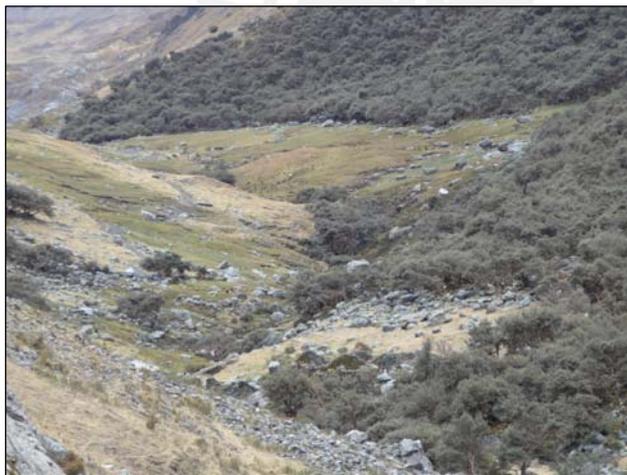


Figura 4: bosque en baja pendiente que se prolonga a ladera (quebrada Santa Rosa).

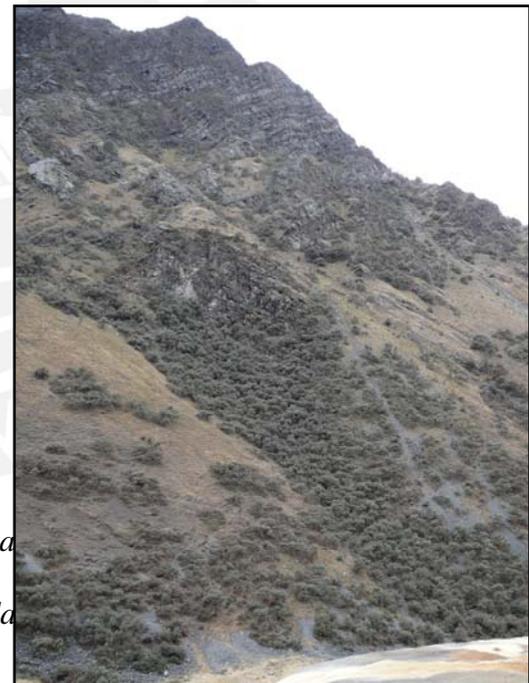


Figura 5: Parche de bosque en ladera "encañonada".

La mayor cantidad de los bosques de *Polylepis* en la zona de estudio se encuentra en laderas. Son notables las pocas excepciones a esta regla. La forma de los parches es muy irregular y caprichosa, siguiendo los contornos de las laderas y las quebradas,

inclusive se encuentran parches de *Polylepis* colgados de paredes de roca. En las figuras 4, 5, 6 y 7 se pueden ver ejemplos de estas afirmaciones.



Figura 6: parche de Polylepis en zona llana de quebrada ó corredor (Huanzala)

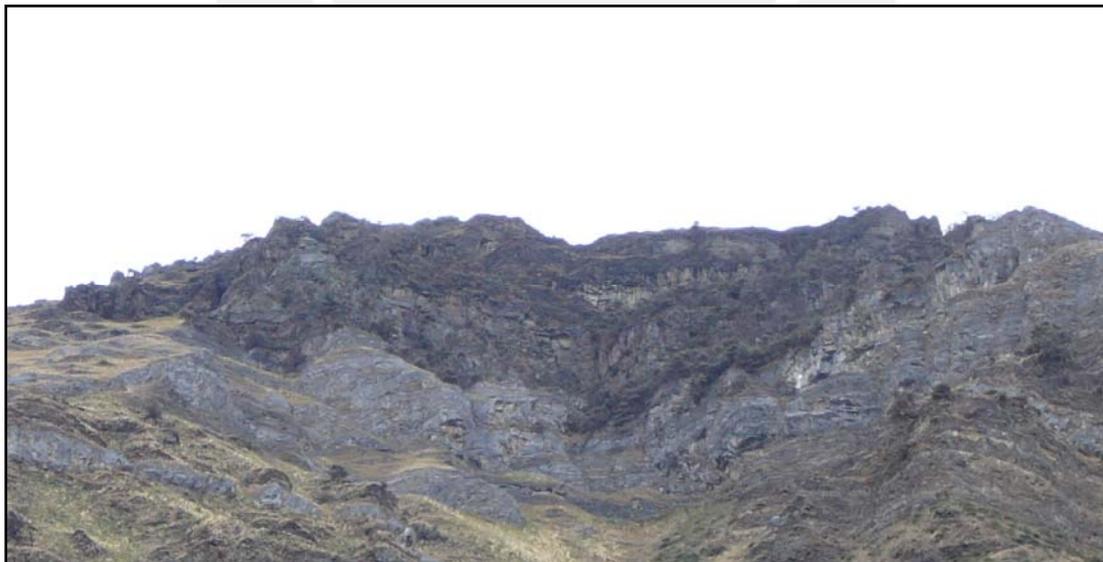


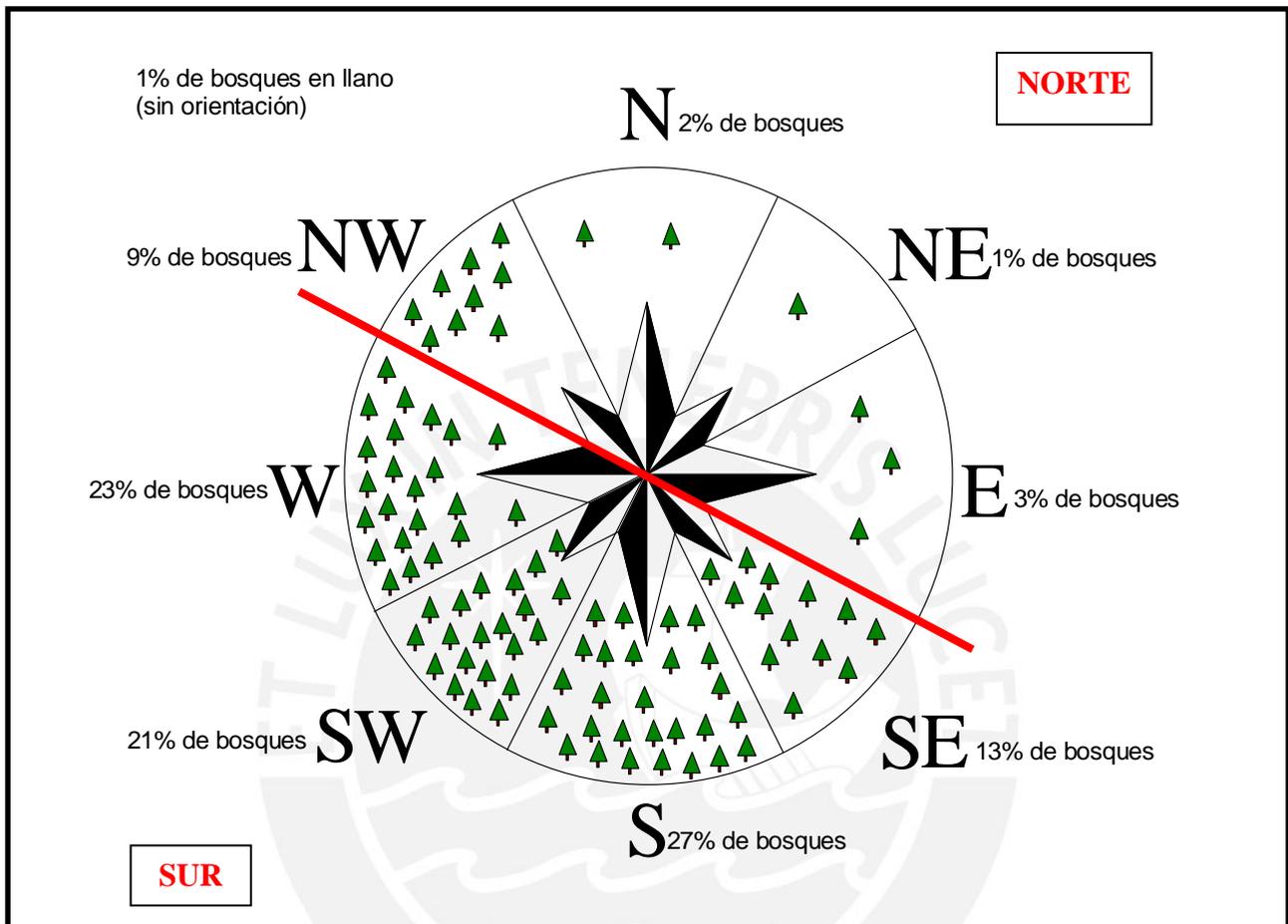
Figura 7: Bosque colgado de las rocas en alta pendiente (mayor a 55 grados)

Entonces la pendiente, a pesar de ser un factor importante, no es una barrera para los bosques de *Polylepis*, pues ellos pueden crecer en cualquier tipo de pendiente. Sin embargo, se tiene que recordar que la información cartográfica utilizada para este estudio no tiene la mejor resolución posible; es decir, con el fin de obtener una adecuada información para las pendientes se requiere de curvas de nivel que sean menos distanciadas entre si. Aquí se trabaja con curvas de nivel cada 50 metros de altitud, mientras que para tener mejores resultados se debería trabajar con curvas cada 25 ó 10 metros.

5. EXPOSICIÓN SOLAR

La exposición solar es el tercer factor a nivel de paisaje que se toma en cuenta en esta investigación y la hipótesis del estudio radica en que los bosques no necesariamente están orientados en laderas que miran al norte. Se esperaba encontrar que los bosques estén uniformemente distribuidos en laderas que miren a todas las direcciones del compás, pero al analizar los datos los resultados fueron una sorpresa (cuadro 9). Se ha dividido el compás en dos direcciones generales, sur y norte. La norte comprende el noroeste, norte, noreste y este, y la sur comprende la sureste, sur, suroeste y oeste. La ubicación de los bosques marca una tendencia a estar expuestos a laderas que están orientadas al sur. Son 84% de los bosques que tienen esa orientación (entre sureste, sur, suroeste y oeste) mientras que entre el noroeste, norte, noreste y al este solo hay el 15% de los bosques. Bosques con ningún tipo de orientación, es decir en zonas completamente llanas, solo hay un 1%, dato que ayuda a entender mejor los resultados del factor pendiente y los errores que ocurren al no tener información cartográfica adecuada. Entonces una interrogante salta a la vista: ¿Por qué es que los bosques de *Polylepis* en la zona de estudio están mayormente orientados al sur? ¿Quizá la

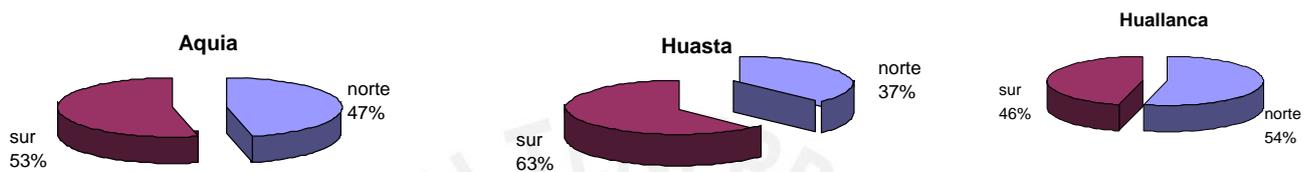
respuesta radica en que la mayor cantidad de las áreas de los distritos tienen esa orientación?



Cuadro 9: Diagrama de localización de bosques según exposición solar de laderas

En el cuadro 10 se han juntado las áreas de los tres distritos de acuerdo a la exposición solar general hacia el sur y hacia el norte, según se ha clasificado en este estudio. Si bien en los distritos de Huasta (63%) y Aquia (53%) hay una orientación al sur algo mayor que al norte y en Huallanca (46%) haya menos orientación al sur que al norte, esto no puede explicar por qué los bosques están mayormente orientadas al sur debido a que no hay una gran diferencia entre las dos áreas. Lo que sí apoya es la idea de que hay una diferencia entre las dos grandes vertientes, Huasta y Aquia a occidente

(cuenca del Pacífico) con el mayor número de bosques y Huallanca al oriente (cuenca del Atlántico) con muy pocos bosques. Es decir, en Huallanca hay menos laderas que se orientan en la dirección general sur y más que se orientan a la dirección general norte, lo cual apoya, mas no sustenta, la idea de que la orientación sí importa en la localización de bosques y que en Huallanca hay muy pocos bosques por esta razón.



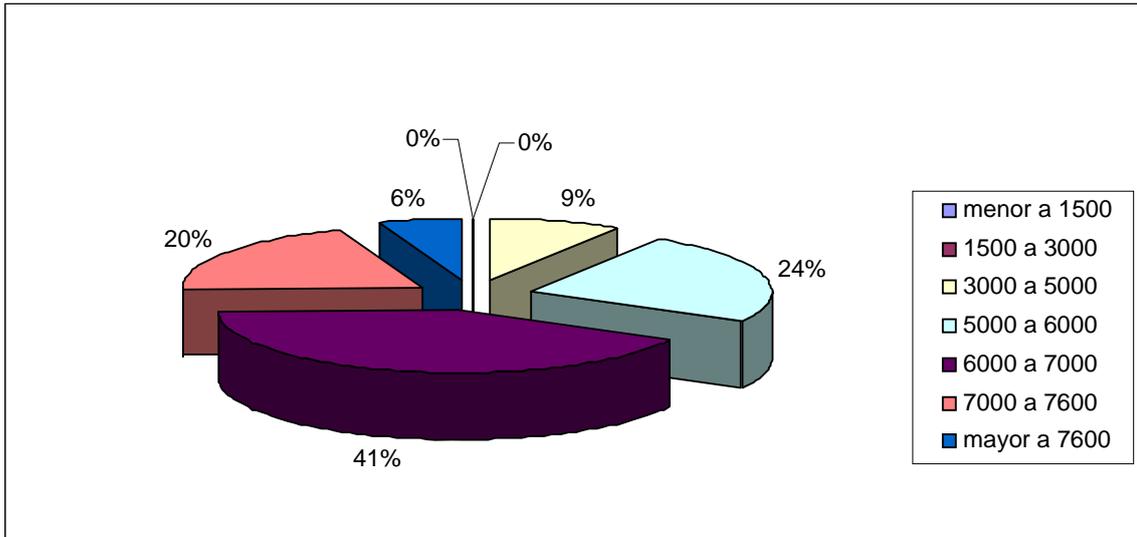
Cuadro 10: Áreas de los distritos según exposición solar general (el sur reúne al sureste, sur, suroeste y oeste y el norte reúne al noroeste, norte, noreste y este)

Entonces, la respuesta debe radicar en otro aspecto importante de la exposición solar y ésta es la radiación solar. Es necesario medir cuánto de la radiación solar alcanza las laderas con dirección general sur y dirección general norte. Si bien la radiación solar es una energía vital para las plantas, transformando el dióxido de carbono en compuestos orgánicos, también se puede convertir en una limitante para el crecimiento de ellas. Limitante porque si la radiación solar es muy elevada también será elevada la evaporación del suelo y la evapotranspiración de las plantas que reciben dicha irradiancia. Por lo que el contenido atmosférico de humedad y del suelo será menor, limitando el suministro de agua necesario para que las plantas se puedan desarrollar en dichas zonas.

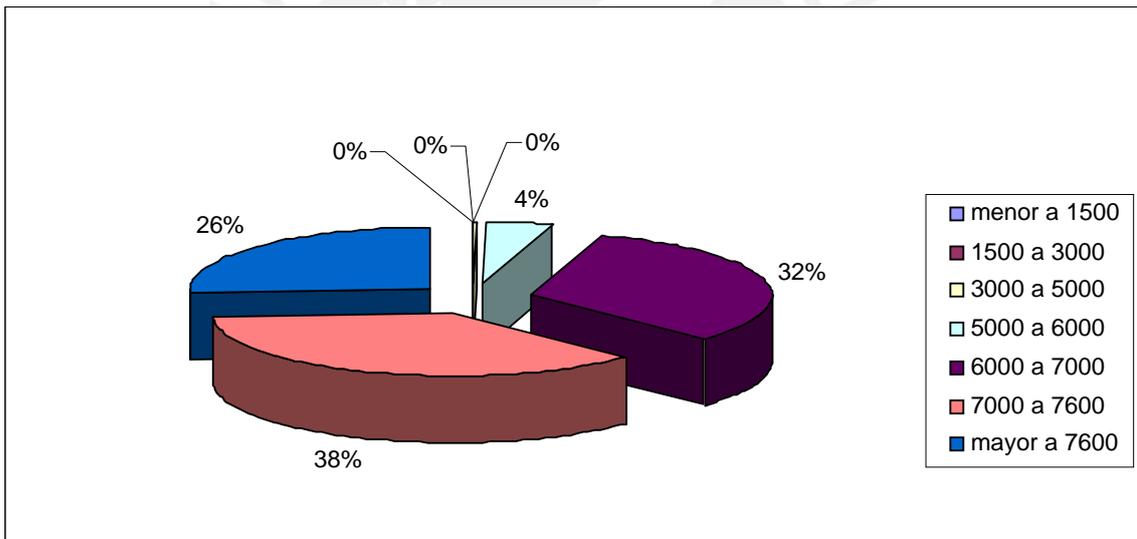
En ambientes de montaña como la zona de estudio, esta influencia puede ser de magnitudes considerables. No solo se encuentra muy cerca de la línea ecuatorial, donde la radiación solar es más intensa que en zonas templadas, sino que se encuentra

en cotas muy altas. La radiación solar aumenta 7% cada 1000 metros por sobre el nivel mar y tomando en cuenta que la mayor cantidad de bosques de *Polylepis* están por sobre los 4000 metros de altitud, la radiación solar en la zona de estudio es muy intensa. Si bien a lo largo del año hay variaciones de la cantidad de radiación solar, (debido a la rotación de la tierra y el ángulo con que los rayos del sol chocan con la tierra, lo que genera las estaciones), en la zona de estudio los valores promedio de radiación solar son muy altos y varían con la orientación de las laderas.

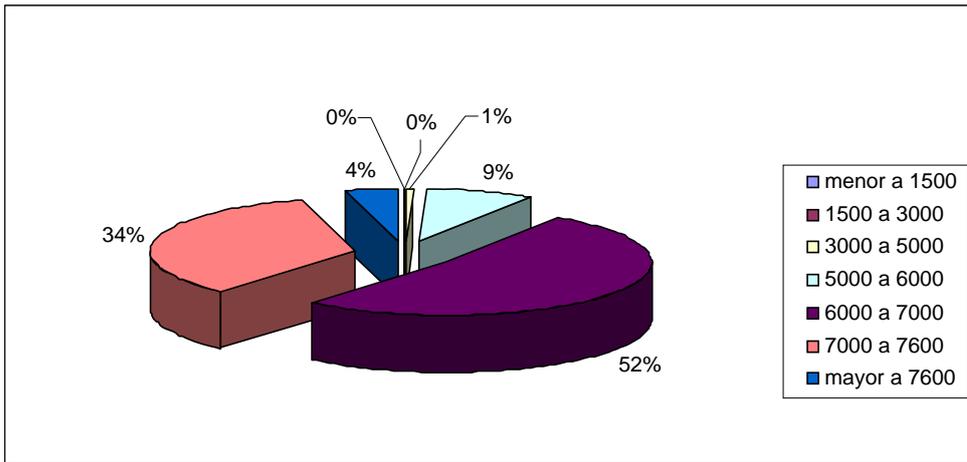
Si tomamos el distrito con más bosques de *Polylepis* (Huasta) como el mejor indicador sobre radiación solar y bosques, se verá que la radiación solar es más intensa en las laderas orientadas al norte que las que están orientadas al sur. Primero se verán los niveles generales de radiación solar tanto en laderas que estén orientadas a la dirección norte (noroeste, norte, noreste y este) como las que están orientadas a la dirección general sur (sureste, sur, suroeste y oeste). Son en total ocho los cuadros que resumen los datos obtenidos de este análisis, ya que se toman cuatro momentos diferentes del año (enero, marzo, julio y setiembre) para tener una buena idea de cómo se distribuye la radiación solar a lo largo del año en un mismo sitio. Además, se ha dividido la zona en dos partes: las que están en dirección general norte y las que están en dirección general sur, lo cual nos da un total de ocho cuadros. Los cuadros 11 al 18 muestran los datos que se expresan en Watts por metro cuadrado por minuto (watts/m^2) y están calculados por 24 horas. Estos datos son la magnitud de radiación (irradiancia) potencial, debido a que no se ha tomado en cuenta la nubosidad; sin embargo, demuestran claramente los niveles de radiación a los que la zona está expuesta. Los rangos de radiación han sido estandarizados para facilitar la comparación entre los meses.



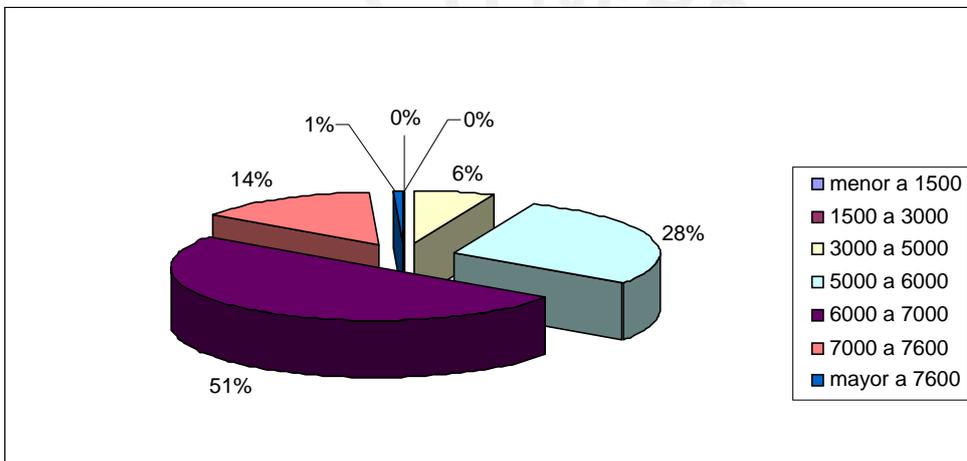
Cuadro 11: Porcentaje del territorio con dirección general norte en el distrito de Huasta y radiación solar en el mes de enero



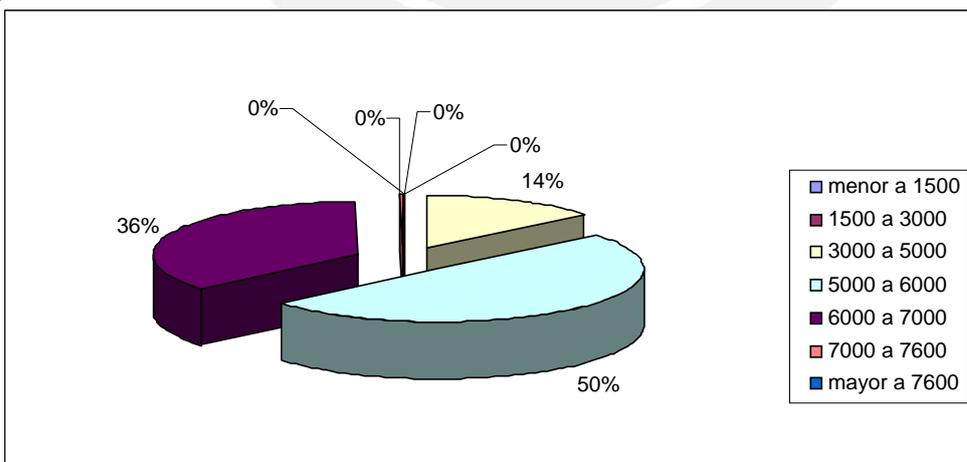
Cuadro 12: Porcentaje del territorio con dirección general sur del distrito de Huasta y radiación solar en enero



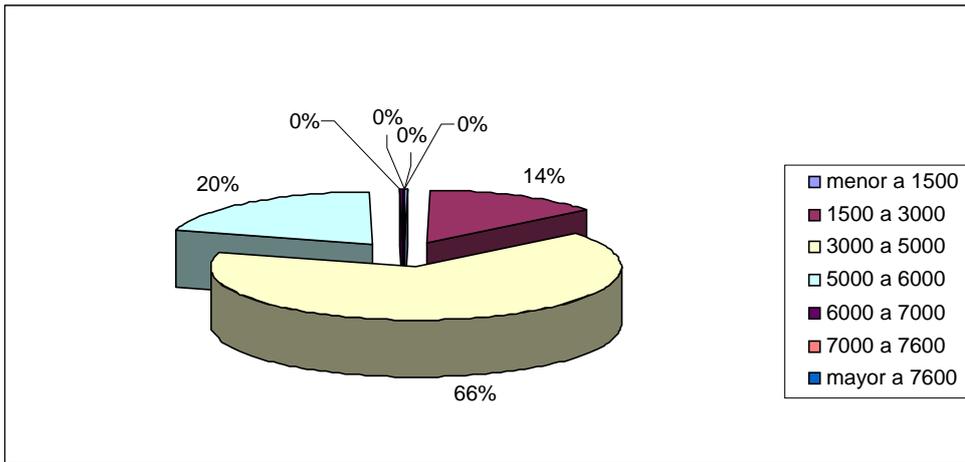
Cuadro 13: Porcentaje del territorio con dirección general norte del distrito de Huasta y radiación solar en el mes de marzo



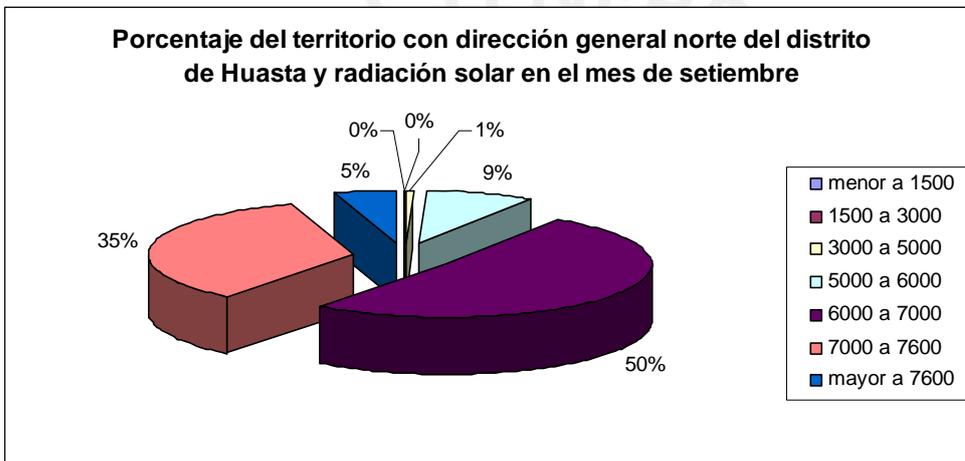
Cuadro 14: Porcentaje del territorio con dirección general sur del distrito de Huasta y radiación solar en el mes de marzo



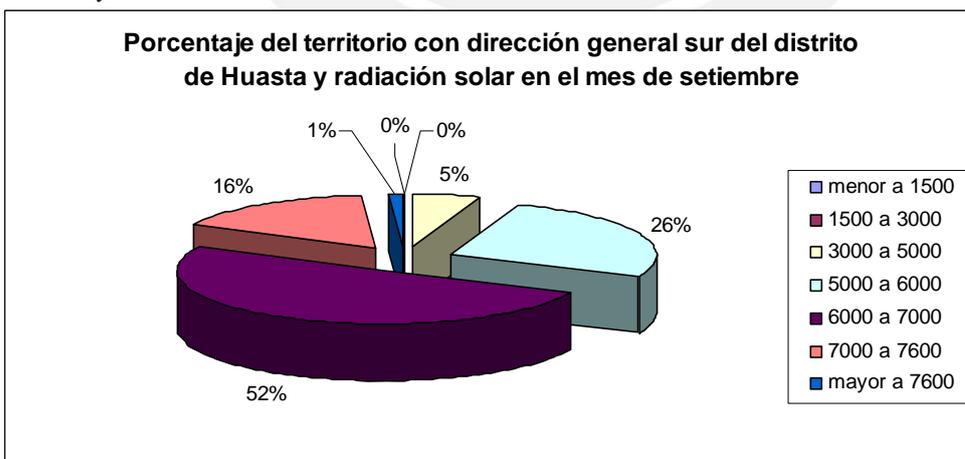
Cuadro 15: Porcentaje del territorio con dirección general norte del distrito de Huasta y radiación solar en el mes de julio



Cuadro 16: Porcentaje del territorio con dirección general sur del distrito de Huasta y radiación solar en el mes de julio



Cuadro 17: Porcentaje del territorio con dirección general norte del distrito de Huasta y radiación solar en el mes de setiembre



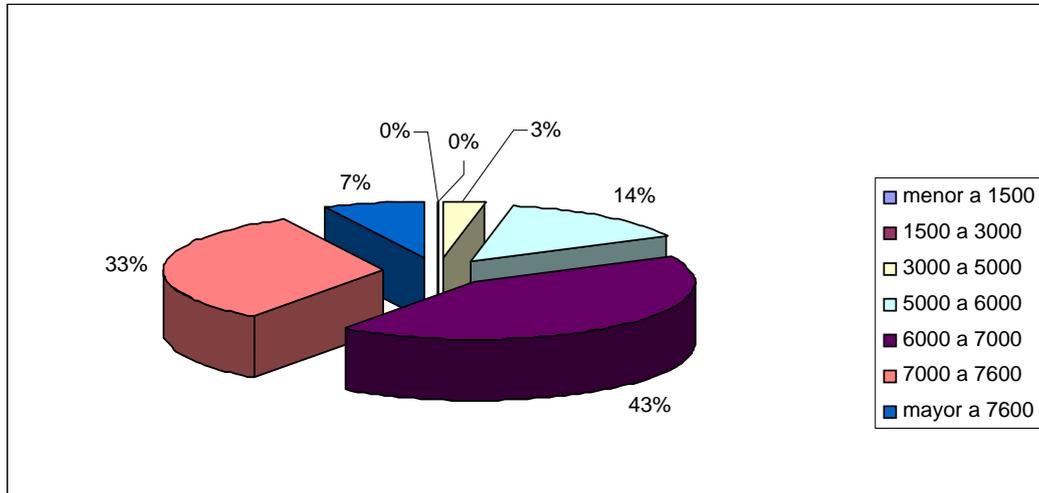
Cuadro 18: Porcentaje del territorio con dirección general sur del distrito de Huasta y radiación solar en el mes de setiembre

El nivel mínimo de radiación solar para el la zona es 527 watts/m² para el mes de julio y el nivel máximo es de 8696 watts/m² para el mes de enero. Esto se debe a que son los momentos del año en que el sol está más lejos y más cerca, respectivamente, de la zona de estudio. En enero esta más cerca y además los rayos solares inciden en un ángulo más recto, mientras que en julio está más lejos y los rayos del sol inciden de forma más oblicua, lo cual difumina los rayos y la intensidad de radiación solar es baja. Si se analizan los resultados mes a mes, se ve que el mes de enero es el de radiación solar más intensa, tanto así que inclusive las laderas orientadas al sur reciben mayor cantidad de irradiancia que las que están orientadas al norte (cuadros 11 y 12). Sin embargo, como no se ha tomado en cuenta la nubosidad (que en los meses de diciembre a marzo es muy alta) los valores para enero deben ser menores. En los otros meses del año, en laderas con orientación general norte, la radiación es ligeramente mayor que en las laderas que miran a la dirección general sur. Se dice esto tomando en cuenta los niveles mayores de radiación para cada mes estudiado; es decir, de 5000 watts/m² o encima de 7000 watts/m². La radiación promedio para cada mes estudiado es la siguiente:

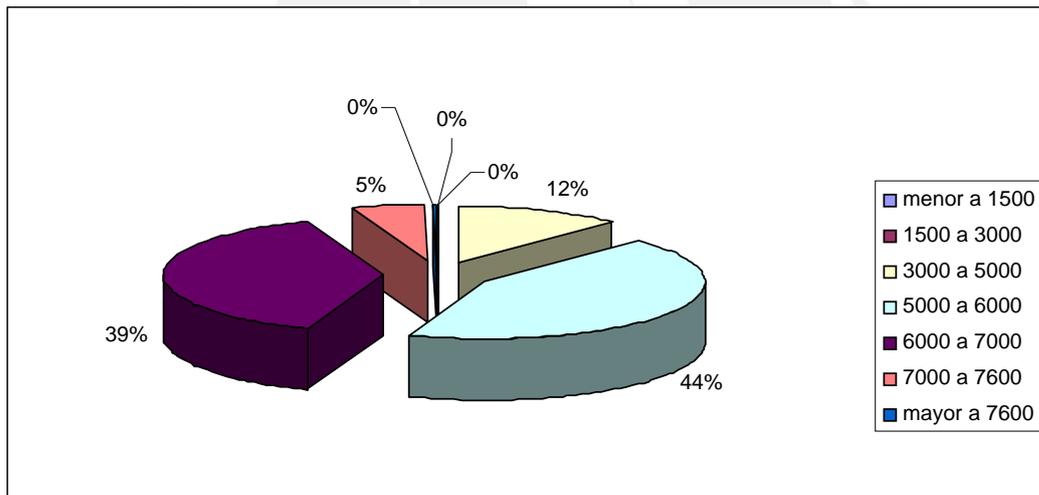
Enero	6490 watts/m ²
Marzo	6448 watts/m ²
Julio	4860 watts/m ²
Setiembre	6492 watts/m ²

Como se aprecia, no hay una variación en los promedios salvo en el mes de julio, cuando la radiación se reduce considerablemente. Sin embargo, se ve que la radiación es muy elevada a lo largo de todo el año. Ahora se compararán los niveles de radiación con la localización de los bosques.

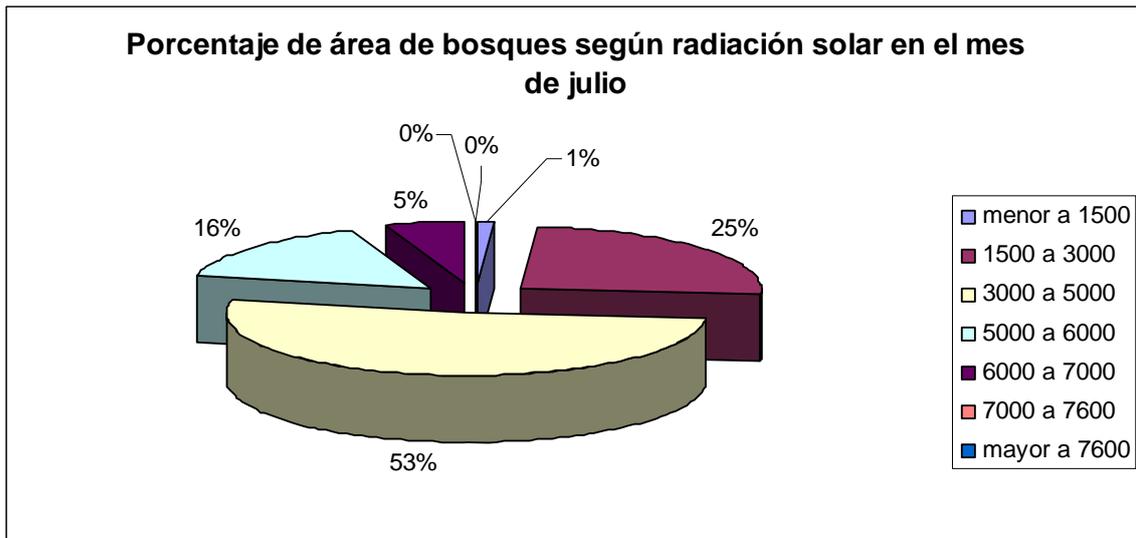
En los cuadros 19, 20, 21 y 22 vemos bajo qué nivel de radiación se localizan los bosques; esto es, para poder determinar cuál o cuáles son los rangos de radiación solar que aceptan los árboles de *Polylepis*.



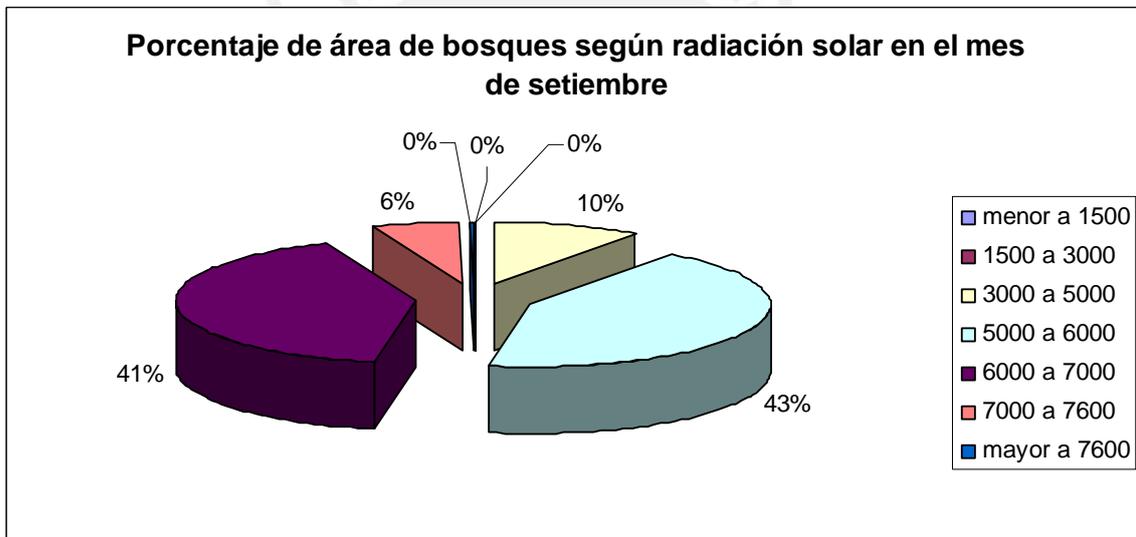
Cuadro 19: Porcentaje de área de bosques según la radiación solar en el mes de enero



Cuadro 20: Porcentaje de área de bosque según la radiación solar en el mes de marzo



Cuadro 21: Porcentaje de área de bosques según radiación solar en el mes de julio



Cuadro 22: Porcentaje de área de bosques según radiación solar en el mes de setiembre

En la siguiente tabla (cuadro 23) se resumen los datos de radiación solar según dirección general sur y norte de las laderas y la radiación solar en la localización de los bosques, radiación por encima y por debajo de los 5000 y 7000 watts/m² para determinar si existe alguna relación entre los dos. Recordemos que el 84% de los bosques están orientados en la dirección general sur, que incluye el sureste, sur, suroeste y oeste.

Mes	Dirección	Porcentaje territorio encima de los 7000 watts/m2	Bosque encima de 7000 watts/m2	Bosque debajo de 7000 watts/m2	Porcentaje territorio encima de los 5000 watts/m2	Bosque encima de 5000 watts/m2	Bosque debajo de 5000 watts/m2
Enero	Norte	26%	40%	60%	91%	97%	3%
	Sur	64%			100%		
Marzo	Norte	38%	5%	95%	99%	88%	12%
	Sur	15%			94%		
Julio	Norte	0%	0%	100%	86%	21%	79%
	Sur	0%			20%		
Setiembre	Norte	40%	6%	94%	99%	90%	10%
	Sur	17%			95%		

Cuadro 23: tabla comparativa de radiación solar según exposición general sur y norte y radiación solar en bosques de la zona de estudio.

Se ha tomado los quiebres de 7000 y 5000 watts/m2 porque debajo de los 5000 watts/m2 son muy pocos los bosques localizados, excepto en el mes de julio (79%), y sobre los 7000 porque está por encima del promedio total de radiación. Lo que llama la atención en los datos obtenidos es que, si bien la radiación a lo largo de gran parte del año (excepto julio) llega por encima de los 7800 watts/m2 hasta el total de 8696 watts/m2, ningún parche de *Polylepis* se localiza en ese rango, excepto en el mes de enero, donde la radiación en general es altísima. En el cuadro 23 se ve claramente (especialmente por encima de los 7000 watts/m2) que la radiación solar es más intensa en laderas orientadas al norte que al sur. Sin embargo, se esperaba que la diferencia fuera aun mayor, pero estando el promedio de toda la zona de estudio por

encima de los 6000 watts/m², la diferencia es considerable. Es decir, durante todo el año la zona tiene como promedio 6067 watts/m² y las laderas orientadas al norte reciben en marzo y setiembre 23% más radiación que las del sur. Como se ha mencionado, enero es el mes donde la radiación en general es alta en todas las exposiciones de laderas, por lo que no sirve mucho para ilustrar la tendencia que se muestra aquí. Entonces, ya que las laderas que están orientadas en dirección general norte reciben mayor cantidad de radiación solar, se puede inferir que hay mayor evaporación y menor cantidad de humedad por lo que se limita el crecimiento y desarrollo de plantas. Esto es lo que puede explicar por qué el 84% de los parches de bosque de *Polylepis* están orientados en dirección contraria a la dirección general norte. Pero entonces ¿cuál es el rango donde se localizan con mayor frecuencia los parches de bosque de *Polylepis*? De los cuadros 19 al 22 extraemos la información. Es entre los 5000 a los 7000 watts/m² por minuto que se encuentra la mayor cantidad de bosques. En el cuadro 24 se puede visualizar estos datos de manera rápida.

5000 a 7000 watts/m ²		
Enero	57%	
Marzo	83%	
Julio	21%	Si se toma el rango 3000 a 5000 haría un total de 74%
Setiembre	84%	

Cuadro 24: Rango de radiación solar óptimo para bosques de Polylepis en Ancash

Con estos datos se hace un poco más claro por qué es que los bosques se localizan en laderas con dirección general sur, ya que en ellas es que los promedios de radiación solar se mantienen en el rango de 5000 a 7000 watts/m² de forma más constante.

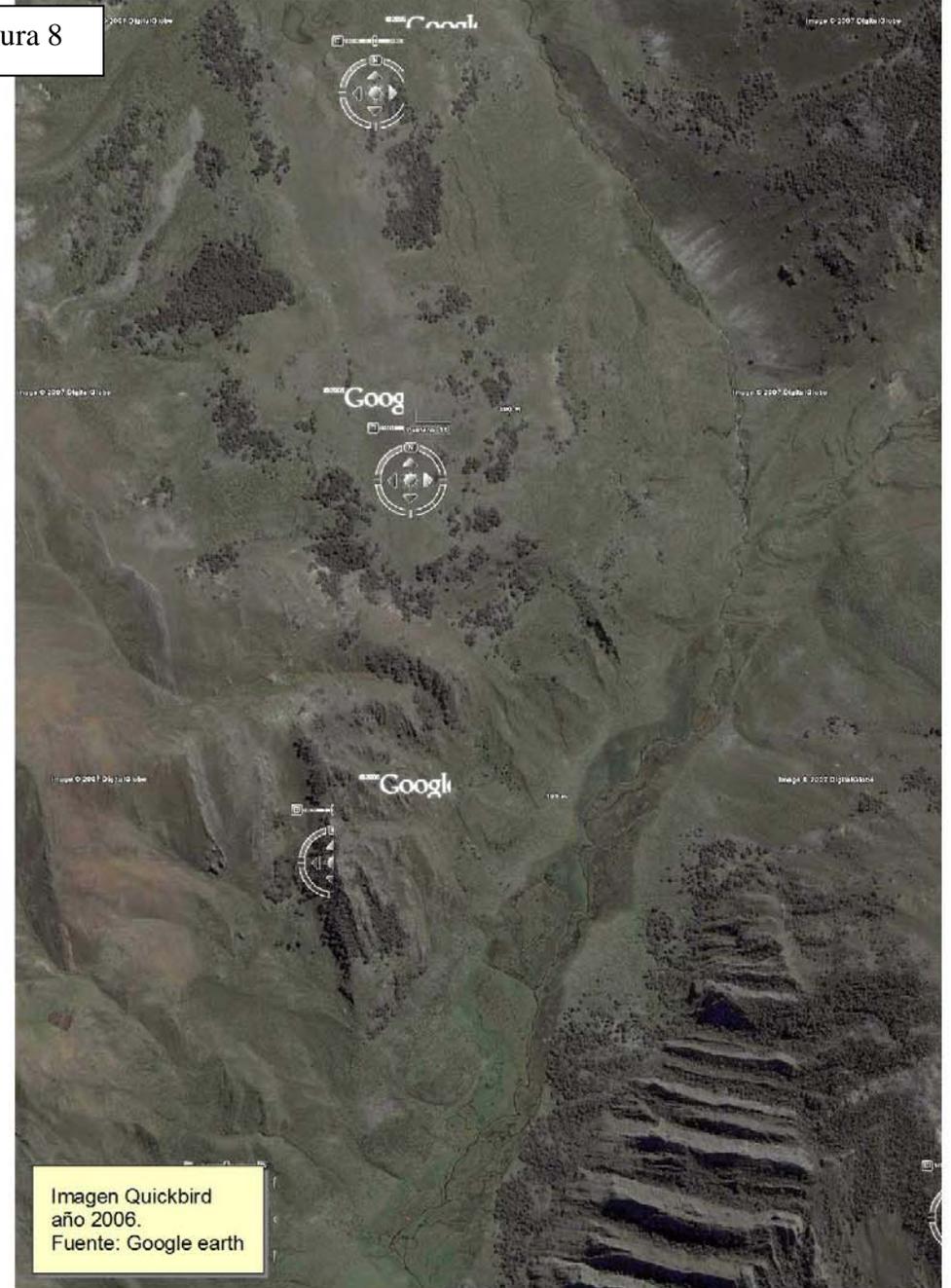
Lo único que resta ahora por hacer es cruzar los tres factores a nivel de paisaje con los parámetros aquí establecidos con el fin de producir el mapa de zonas más aptas para la reforestación de *Polylepis* en la zona de estudio. Recordemos que los parámetros son: para la altitud, entre 4100 a 4550 msnm; para la pendiente, 25 a 55 grados y para la exposición solar se prioriza las áreas orientadas en dirección general sur (sureste, sur, suroeste y oeste). El resultado es un mapa donde se muestran las áreas a reforestar (anexo 3).



CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN

Hasta aquí se han visto todos los pasos elaborados para poder obtener básicamente un producto: el mapa de zonas propuestas para la reforestación. Pero el verdadero significado de todo este trabajo tiene un trasfondo mayor: los bosques de *Polylepis* están en verdadero peligro de extinción y su equilibrio pende de la conciencia de la población en general, no solo de los moradores vecinos a los bosques. Es verdad que ellos son los que talan y queman el bosque, pero eso mismo lo han venido haciendo desde hace cientos, sino miles de años. Y no lo hacen por el gusto de degradar el bosque sino por necesidad. En los últimos 100 años, la tala y quema se ha reducido, en especial en los últimos 50 años. Hay evidencia, en la misma zona de estudio, de que las extensiones de bosque se mantienen relativamente estables. Como complemento a todo lo desarrollado anteriormente, también se hizo una comparación espacio-temporal de una pequeña parte de la zona de estudio para determinar cómo es que los bosques vienen evolucionando. Una fotografía aérea del año 1957 se comparó con una imagen de alta definición extraída del Google Earth del año 2006; es decir, 50 años de diferencia entre una y otra imagen (figura 8). Las diferencias entre las dos son imperceptibles a esta escala. Los parches de *Polylepis* están exactamente definidos en ambas imágenes. La zona en cuestión es Jupaymarca, en el distrito de Huasta, y representa más o menos unas 500 a 600 hectáreas de extensión total. Cada uno de los parches está definido igual en ambas imágenes, inclusive árboles aislados están donde deben estar después de 50 años. Si bien no se puede, libremente, generalizar que toda la zona de estudio se encuentra tan estable como la que se muestra en el cuadro 26, sí se puede asegurar que los bosques en toda la zona de estudio han cambiado poco.

Figura 8



Aquí se supone que han cambiado poco porque los parches de bosque de *Polylepis* ya se encontraban, hace 50 años, restringidos a las zonas más inaccesibles y poco deseables para otros usos, tal como el pastoreo o la agricultura. O sea que lo que hay de bosques es la mínima expresión de lo que naturalmente puede sobrevivir; es decir, es obra del hombre que los bosques de *Polylepis* se encuentren en el estado actual y es obra del hombre poder restablecer un nuevo equilibrio a través de una adecuada zonificación. Por suerte en la zona de estudio es muy poco el uso que se le da a los bosques; sin embargo, todavía hay pastores de la puna que los usan para obtener leña, para la construcción (casas, puentes, portones etc.), para herramientas y usos medicinales. En la siguiente figura se ven ejemplos de los usos actuales que se le dan al *Polylepis* en la zona.



Figura 9: fotografías de uso de *Polylepis* registrados en las salidas de campo.

Entonces, los bosques pueden verse “estables” en las imágenes a pesar de haber pasado 50 años, pero la verdad es que se siguen extrayendo árboles enteros (hay registros en la salida de campo de tala) o ramas vivas o muertas. Si es que uno mira más de cerca al interior de los parches de *Polylepis*, es solo en los más grandes o los más inaccesibles que existe regeneración natural. Esto se debe a que el sustrato que los ampara es uno rocoso y de pendientes fuertes, comúnmente laderas o quebradas donde no se puede desarrollar otra actividad que la forestal. Ya varios autores han notado este hecho, pero cabe mencionarlo porque responde a la gran interrogante de por qué los bosques están donde están y por qué todavía no han desaparecido por completo. Si bien puede haber todavía mucha discusión sobre la extensión pasada y presente de los bosques de *Polylepis* en la cordillera de los Andes, es gracias a las pendientes fuertes (y los derrumbes que generan dichas pendientes) que todavía existen.



Figura 10: foto del interior de un parche de Polylepis, nótese el sustrato rocoso.

En este trabajo se han establecido parámetros para tres factores determinantes de la localización de los bosques de *Polylepis* en Ancash, pero quizá también sirva como guía para determinar si es que las zonas propuestas fueron alguna vez bosques naturales de

Polylepis. Sin embargo, para eso se tendría que plantear una investigación dirigida para determinarlo.

Una investigación como la sugerida podría ayudar a comprobar con mayor eficacia si es que los tres parámetros aquí estudiados son suficientes como para poder determinar zonas adecuadas para la reforestación, ya que se han dejado de analizar parámetros que también se pueden considerar como fundamentales a nivel del paisaje. Parámetros tales como humedad, precipitación, suelo y temperatura sin duda ayudarían mucho a la identificación de las zonas más aptas para la reforestación. En esta investigación se planteó estudiar solo las escogidas (altitud, pendiente y orientación) ya que son viables para cualquier persona que tenga acceso a un computador con la base de datos adecuada (básicamente curvas de nivel). Las imágenes de satélite se pueden conseguir gratuitamente y para las salidas de campo solo hay que tener dinero suficiente y voluntad.

Si bien en el estudio solo se toman en cuenta los parámetros físicos para determinar la localización de bosques y zonas de reforestación, hay otros parámetros muy importantes que se obviaron adrede y estos son los relacionados a las actividades humanas. Ya se ha dicho que la localización de los parches de *Polylepis* en la zona de estudio está íntimamente relacionada con la actividad y uso del suelo por parte de la población local. Pero estos fueron obviados para disminuir las variables (factores) a tomar en cuenta y simplificar el análisis y porque lo que se quiere determinar son los parámetros naturales de los factores que restringen el desarrollo de los bosques naturales. Una vez analizados los parámetros y obtenidas las áreas en el mapa de zonas propuestas para la reforestación, se puede proceder con mayor conocimiento y fundamentos científicos para realizar una

zonificación adecuada con la población local. Es con este tipo de conocimiento científico y documentado que se agiliza la “negociación” para separar las áreas de reforestación. Los campesinos tienen una capacidad muy grande para localizarse en mapas y leerlos, en especial maquetas (experiencia propia) y un mapa como el producido aquí es fundamental para establecer metas concretas y reales en planes de reforestación a largo plazo. Planes como el que el Proyecto *Polylepis* debe tener. Dicho proyecto reforesta alrededor de 100 a 120 hectáreas al año dada su capacidad actual. Siendo el área total de las zonas potenciales a forestar 12,390 hectáreas, se podrían cubrir todas las áreas propuestas en 100 a 120 años. Sin embargo, esta cifra podría reducirse drásticamente si se plantaran más árboles por año; esto es, incorporando mayor número de grupos organizados en diferentes partes de la zona de influencia del proyecto y se tuviera un mayor presupuesto. Si se plantaran 500 hectáreas de árboles al año, se podría reducir en cinco veces el tiempo para cubrir toda el área propuesta; es decir, se podría culminar el trabajo en 25 o 30 años, lo cual es un periodo más manejable tanto para el proyecto citado como para la población local.

Entonces lo que se puede proponer a través de este aporte a la conservación de los recursos naturales es que se continúe con la investigación aplicada en la zona de estudio para poder corroborar o refutar a través de pruebas de plantación lo aquí expuesto. Plantaciones tanto en las zonas propuestas como en áreas explícitamente en contra a lo que se plantea aquí, podrán ayudar a dilucidar la veracidad de las afirmaciones expuestas. Plantaciones que de alguna forma u otra se llevarán a cabo, ya que el proyecto *Polylepis* tiene aun unos cuantos años más de vida.

Bibliografía

- Allaby, M. 1998. Oxford Dictionary of Ecology. New York, NY: Oxford University Press.
- Becker, B., 1988: Degradation and rehabilitation of Andean Ecosystems : An example from Cajamarca. *Angew. Bot.* 62: 147-160.
- Bitter, G., 1911: Revisión der gattung *Polylepis*. *Botanische jahrbucher fur systematic, pftanzengeschichte und pftanzengeographie*, 45:564-656
- Botts, S., J. Recharte B., Caballero, F. 2001. Antamina and Huascarán National Park: A Case Study in Mining, Conservation and Sustainable Development. XXV Convención de Ingenieros de Minas del Perú 10-14 Septiembre, 2001, Arequipa, Peru.
- Braun, G., 1997. The use of digital methods in assessing forest patterns in an andean environment: The *polylepis* example. *Mountain Research and Development*, vol. 17, No. 3, pp. 253-262.
- Byers, A.C., 2000: Contemporary landscape change in the Huascarán National Park and buffer zone, Cordillera Blanca, Perú. *Mountain Research and Development* 20: 52-63.
- Chang, J., 2002. Forest Fragmentation Analysis using GIS and Remote Sensing Techniques: The *Polylepis* Forest Case in the Peruvian High Andes. Forestry and Forest Products Research Institute. Japan.
- Cingolani, A., D. Renison, M. Zak, M. Cabido, 2004. Mapping vegetation in a heterogeneous mountain rangeland using Landsat data: an alternative method to define and classify land-cover units. *Remote Sensing of Environment* 92, Pp. 84–97
- Collar, N.J., Gonzaga, L.P., Krabbe, N., Matroño N., A, Naranjo, L.G., Parker, III, T.A. & Wege, D.C, 1992: Threatened birds of the Americas. The ICBP/IUCN Red Data Book. 3rd ed., part “, ICBP, Cambridge, U.K.
- Ellenberg, H., 1958: Wald oder Steppe? Die natürliche Pflanzendecke der Anden Perus. - *Umschau* 1958: 645-681.
- Forman, R. T. T., 1995. *Landscape and Regional Ecology*. Cambridge, MA: Cambridge University Press;
- Forman, R.; Godron, M. 1986. *Landscape Ecology*. Wiley & Sons, New York
- Frimer, O. & Nielsen, S.M., 1989: *The status of Polylepis Forest and their avifauna in Cordillera Blanca, Perú* Zoological Museum, Copenhagen, 58 pp.

Fjeldsa, J., 2002a: “*Polylepis* Forest – vestiges of vanishing ecosystem in the Andes”, *Ecotropica* 8: 93-95, 2002, pp: 111-125.

Fjeldsa, J., 2002b: “Key areas for conserving the avifauna of *Polylepis* Forests”, *Ecotropica* 8: 93-95, 2002, pp: 125-133.

Fjeldsa, J. & Kessler, M., 1996: “Conserving the biological diversity of *Polylepis* woodlands of the highland of Perú and Bolivia”, NORDECO, Copenhagen, Denmark, 250pp.

Fjeldsa, J., 1992: Biogeographic patterns and evolution of the avifauna of relict high-altitude woodlands of the Andes. *Steenstrupia* 18: 9-62.

Fjeldsa, J. & Krabbe, N., 1990: “Birds of the High Andes”, Zoological Museum, Copenhagen, and Apollo Books, Svendborg, 881pp.

Hensen, I., 2002: Anthropogenic influence on the vegetation of *Polylepis* forests in the Cordillera Oriental in Bolivia

Hjarsen, T., 1999: Biological biodiversity in high altitude woodlands and plantation, in the Bolivian Andes: implications for development of sustainable land-use. Pp. 145-9 in Sarmiento, F.O. & J. Hidalgo A. (eds). III Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable de Montañas: entendiendo las interfaces ecológicas para la gestión de los paisajes culturales en los Andes. Quito.

Hurd, J.D., E.H. Wilson, and D.L. Civco. 2002. Development of a forest fragmentation index to quantify the rate of forest change. *Proceedings of the ASPRS-ACSM Annual Conference and FIG XXII Congress*. Washington, D.C. 10 p.

Kessler, M., 1995a: *Polylepis*-Waldër Boliviens: Taxa, Ökologie, Verbreitung und Geschichte. *Dissertationes Botanicae* 246, J. Cramer, Berlin, Stuttgart.

Kessler, M. & P. Driesch., 1993. Causas e historia de la destrucción de bosques altoandinos en Bolivia. *Ecología en Bolivia* 21: 1-18.

Koepcke, H.W., 1961: *Synökologische Studien an der Westseite der peruanischen Anden*. *Bonner Geogr. Abh.* 29, 320 pp.

Laegaard, S., 1992. Influence of fire in the grass paramo vegetation of Ecuador. Pp 151-170 in Balslev, H. & J.L., Luteyn (eds). *Paramo*. An Andean ecosystem under human influence. London.

Mariscal, C. & S. Rist, 1999: Tipos de relaciones bosque-comunidad y normas tradicionales de uso y acceso a la vegetación boscosa. Cochabamba, Bolivia.

Meffe G.K., Carroll G.K. 1994. The Design of conservation reserves.

Mindreau, Marianna., 2005. Importance of the flora associated to the polylepis forest of queñacocha for the andean community of huilloc (cuzco - peru). Norway.

Pulgar Vidal, Javier: Geografía del Perú; Las Ocho Regiones Naturales del Perú. Edit. Universo S.A., Lima 1979.

Renison, D., I. Hensen, R. Suarez, A. Cingolani. 2006. Cover and growth habit of Polylepis woodlands and shrublands in the mountains of central Argentina: human or environmental influence? *Journal of Biogeography* 33-Pp. 876-887

Riitters, K., J. Wickham, R. O'Neill, B. Jones, and E. Smith, 2000. Global-scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Ecology* 4(2): 3
URL:<http://www.consecol.org/vol4/iss2/art3>

Sanderson, J. & L.D. Harris (Editors) (2000). *Landscape ecology — A top-down approach*.

Simpson, B.B., 1979: Speciation and specialization of Polylepis in the Andes. – Pp. 304-315 in Vuilleumier, F. & Monasterio, M. (eds) *High Altitude Tropical Biogeography*, New York – Oxford: Oxford Univ. Press.

Strahler, A. N., A. H. Strahler. 1989: Geografía física, tercera edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.

Troll, C. 1939. Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde*. Berlin, Alemania.

Walter, H. & Medina, E., 1969: La temperatura del suelo como factor determinante para la caracterización de los pisos subalpino y alpino en los Andes de Venezuela.- *Bol. Soc. Ven. Cien. Nat* 28(115/116):201-210.

Weberbauer, A., 1930: Die Pflanzenwelt der peruanischen Anden. *Vegetation der Erde* 12 Leipzig.

Anexo 1: Formato de campo y datos

#	x	y	z	azimuth	foto #	Panoramica/local(0/1)	descripción	Paraje (qbad)	Distrito
1	284901	8888600	4384	320	1030733/1030734	0	bosque chico encima de lagunas	Alturas de Puca Rodeo	Huasta
2	282718	8887870	4650	23	1030736	0	pico y oconal seco	Punta Huay	Huasta
3	281359	8888864	4330	30	1030739/1030740	0	cabezera de punta Huay	Quebrada Punta Huay	Huasta
4	280759	8888933	4239	250	1030744	0	Laguna contaycocha	Quebrada Punta Huay	Huasta
5	279072	8888180	4103	150	1030745/1030747/1030748/1030749	0	parches de polylepis y lupinus	Quebrada Punta Huay	Huasta
6	276172	8886962	3926	305	1030758	0	quebrada con lupinus	Quebrada Punta Huay	Huasta
7	276172	8886962	3926		1030759	1	Oconal	NN	Huasta
8	276359	8886042	3867	180	1030760	0	bosque en quebrada	Pumasaltanan	Huasta
9	275766	8884043	3707		1030767/1030768/1030769	1	chacras en cañon de Pumasaltanan	Jatunpampa (Pumasaltanan)	Huasta
10	275319	8881046	3619	340	1030773	0	Pomapata y bosques altos en ladera	Pomapata	Huasta
11	275105	8879190	3937	20	1030774	0	chacras encima de Pomapata	Pomapata	Huasta
12	275105	8879190	3937	320	1030775	0	bosques	Pomapata	Huasta
13	255105	8879114	3964	200	1030776/1030777	0	paisaje general al sur	Pomapata	Huasta
14					1030783/1030784/1030785	1	bosque de Chachacomo	Quero	Huasta
15	278799	8876624	3840	0	1030787	0	chacras encima de Mahuay	Mahuay	Huasta
16	280706	8876572	4066	290	1030788	0	Chacras en quebrada de Rariash	Rariash	Huasta
17	280706	8876572	4066	260	1030789/1030790	0	bosque de ladera	Rariash	Huasta
18	282595	8877384	4285	70	1030801	0	bosque de ladera	Rariash	Huasta
19	282595	8877384	4285	280	1030802/1030803	0	fondo de quebrada Rariash	Rariash	Huasta
20	283665	8878292	4348	50	1030804/1030805	0	Oconal	Rariash	Huasta
21	278938	8885960	3690	80	1030824/1030825/1030826/1030827	1	Bosque mixto de galeria	Pampahuay	Huasta
22	279600	8879194	3880		1030837/1030838	1	Bosque de Polylepis en ladera	Pampahuay	Huasta
23	281604	8881144	4212		1030839/1030840	1	Oconal	Pampahuay	Huasta
24	275665	8874018	4041	340	1030859/1030860/1030861/1030862	0	Alturas de Pomapata hasta Villalta	Cuiscapo	Huasta
25	271116	8876784	4041		1030881/1030882	1	Matorral	Alturas de Villalta	Huasta
26	269417	8877246	4040		1030897/1030898/1030899	1	Pasto con arbustos pequeños	NN	Huasta
27	267944	8878884	3897	40	1030903/1030904/1030905	0	bosque en quebrada	Chulan	Huasta

28	285697	8908452	4035		1030921/1030922/1030923/1030924/25/26	1	bosque en ladera	Huallanca/cancal	Huallanca
29	286287	8909754	4358	320-40	1030929/1030930/1030931	0	vista general al norte (pastizales)	Huallanca/cancal	Huallanca
30	285006	8910376	4343		1030932/1030933/1030934	1	bosque en ladera		Huallanca
31	282896	8908336	3860		1030935/1030936/1030937	1	bosque en quebrada	rio torres	Huallanca
32	264383	8912386	4810	0	1030962/63/64	0	puna y vegetación alpina	Yanashalla	Huallanca
33	264383	8912386	4810	180	1030965/66/67	0	puna y vegetación alpina	Yanashalla	Aquia
34	268241	8912160	4862	20	1030968/69/70	0	mina pucarajo	Pucarajo	Huallanca
35	264748	8897018	4105		1030975-86	1	manantial ferroso/bosque en laderas	Santa Rosa	Aquia
36	265242	8887530	3810		1040045/46	1	Bosquete Isco	Huamanhueque	Aquia
37	262425	8885022	4166	55	1040047-54	0	Bosques	Huamanhueque	Aquia

Los Anexos 2 y 3 son mapas de gran formato que vienen aparte de este documento

ANEXO 4: Demografía

Datos Generales : Provincia

Provincia	BOLOGNESI
Departamento	ANCASH
Capital	CHIQUIAN
Población Censada – 2005	26208
Superficie (Km2)	3154.8
Densidad de Población(Hab/Km2)	8.3
Nombre del Alcalde	BLADIMIRO ELIAS ALVARADO VICUÑA
Dirección	Jr. Dos De Mayo N 901
Teléfono	447028

DISTRITO: AQUIA



Datos Generales	
Distrito	AQUIA
Provincia	BOLOGNESI
Departamento	ANCASH
Dispositivo de Creación	LEY
Nro. del Dispositivo de Creación	S/N
Fecha de Creación	02/01/1857

Capital	AQUIA
Altura capital(m.s.n.m.)	3337
Población Censada - 2005	2836
Superficie(Km2)	434.6
Densidad de Población(Hab/Km2)	6.5
Nombre del alcalde	RODMI VASQUEZ DAMIAN
Dirección	Plaza Principal S/N
Teléfono	830050
Fax	-
Mail	-
Frecuencia de Radio	-

Características de la Población Censo 2005

Población Censada	2836
Población Urbana	1260
Población Rural	1576
Población Censada Hombres	1475
Población Censada Mujeres	1361
Tasa Crecimiento Intercensal (1981 - 1993)	-0.4
Población de 15 años y más	1810
Porcentaje de la población de 15 años y más	63.82
Tasa de Analfabetismo de la población de 15 y más años	7.4
Porcentaje de la población de 15 o más años, Total con primaria completa o menos	38.1

Servicios Básicos de la Vivienda Censo 2005

Total de Viviendas Particulares	1262
Viviendas con Servicio de Desague	213
Viviendas con alumbrado eléctrico	421
% de hogares en viviendas particulares - Sin agua, ni desagüe ni alumbrado	52.4

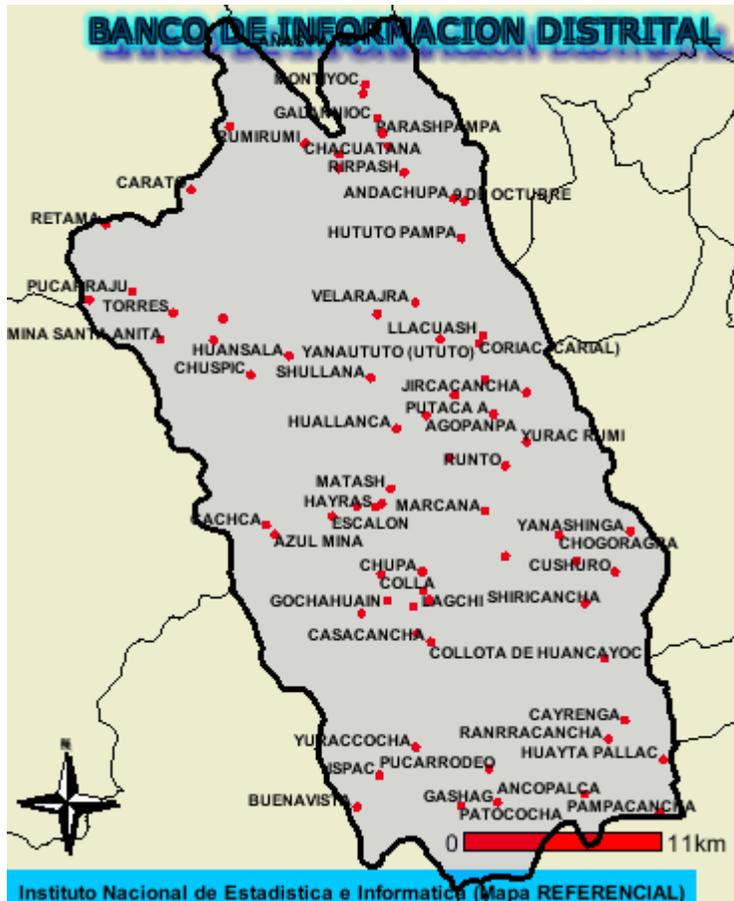
Indicadores de Trabajo y Empleo Censo 1993

Poblacion Economicamente Activa (PEA) de 6 y más años - Total	1038
Poblacion Economicamente Activa (PEA) de 6 y más años - Mujeres	827
Poblacion Economicamente Activa (PEA) de 6 y más años - Hombres	211
Tasa de Actividad Economica de la PEA de 15 y más años	50.3
% de la poblac. ocupada de 15 y más años - En la agricultura	54.8
% de la poblac. ocupada de 15 y más años - En los servicios	15.3
% de la población ocupada de 15 y más años - Asalariados	57.5

Información Turística

Fiestas Tradicionales	
FIESTA PATRONAL SAN MIGUEL ARCANGEL	27-09
LOS NEGRITOS	30-12
SEÑOR DE CAYAC	03-05
SAN MARTIN DE PORRAS-PACARENCA	03-11
Platos Típicos	
PICANTE DE CUY,PACHAMANCA	

DISTRITO : HUALLANCA



Instituto Nacional de Estadística e Informática (Mapa REFERENCIAL)

Datos Generales	
Distrito	HUALLANCA
Provincia	BOLOGNESI
Departamento	ANCASH
Dispositivo de Creación	LEY
Nro. del Dispositivo de Creación	S/N
Fecha de Creación	02/01/1857
Capital	HUALLANCA
Altura capital(m.s.n.m.)	3526
Población Censada - 2005	6353
Superficie(Km2)	873.39
Densidad de Población(Hab/Km2)	7.3
Nombre del alcalde	TEOFILO MARCOS CERVANTES
Dirección	Jr. Arequipa S/N
Teléfono	837009
Fax	-
Mail	MUNI_DIST_HUALLANCA_2006@HOTMAIL.COM
Frecuencia de Radio	-

Características de la Población Censo 2005	
Población Censada	6353
Población Urbana	4028

Población Rural	2325
Población Censada Hombres	3241
Población Censada Mujeres	3112
Tasa Crecimiento Intercensal (1981 - 1993)	-0.5
Población de 15 años y más	3875
Porcentaje de la población de 15 años y más	60.99
Tasa de Analfabetismo de la población de 15 y más años	6.2
Porcentaje de la población de 15 o más años, Total con primaria completa o menos	32.7
Servicios Básicos de la Vivienda Censo 2005	
Total de Viviendas Particulares	1893
Viviendas con Servicio de Desague	516
Viviendas con alumbrado eléctrico	754
% de hogares en viviendas particulares - Sin agua, ni desagüe ni alumbrado	42.7
Indicadores de Trabajo y Empleo Censo 1993	
Poblacion Economicamente Activa (PEA) de 6 y más años - Total	1919
Poblacion Economicamente Activa (PEA) de 6 y más años - Mujeres	1614
Poblacion Economicamente Activa (PEA) de 6 y más años - Hombres	305
Tasa de Actividad Economica de la PEA de 15 y más años	45.5
% de la poblac. ocupada de 15 y más años - En la agricultura	37.9
% de la poblac. ocupada de 15 y más años - En los servicios	27.6
% de la población ocupada de 15 y más años - Asalariados	41.8
Información Turística	
Fiestas Tradicionales	
COFRADIA DE LOS NEGRITOS	25 DICIEMBRE
FERIA TAURINA VIRGEN DEL CARMEN	29 JULIO 01 AGOSTO
Platos Típicos	
PACHAMANCA , DULCE DE PAPAS	

DISTRITO : HUASTA

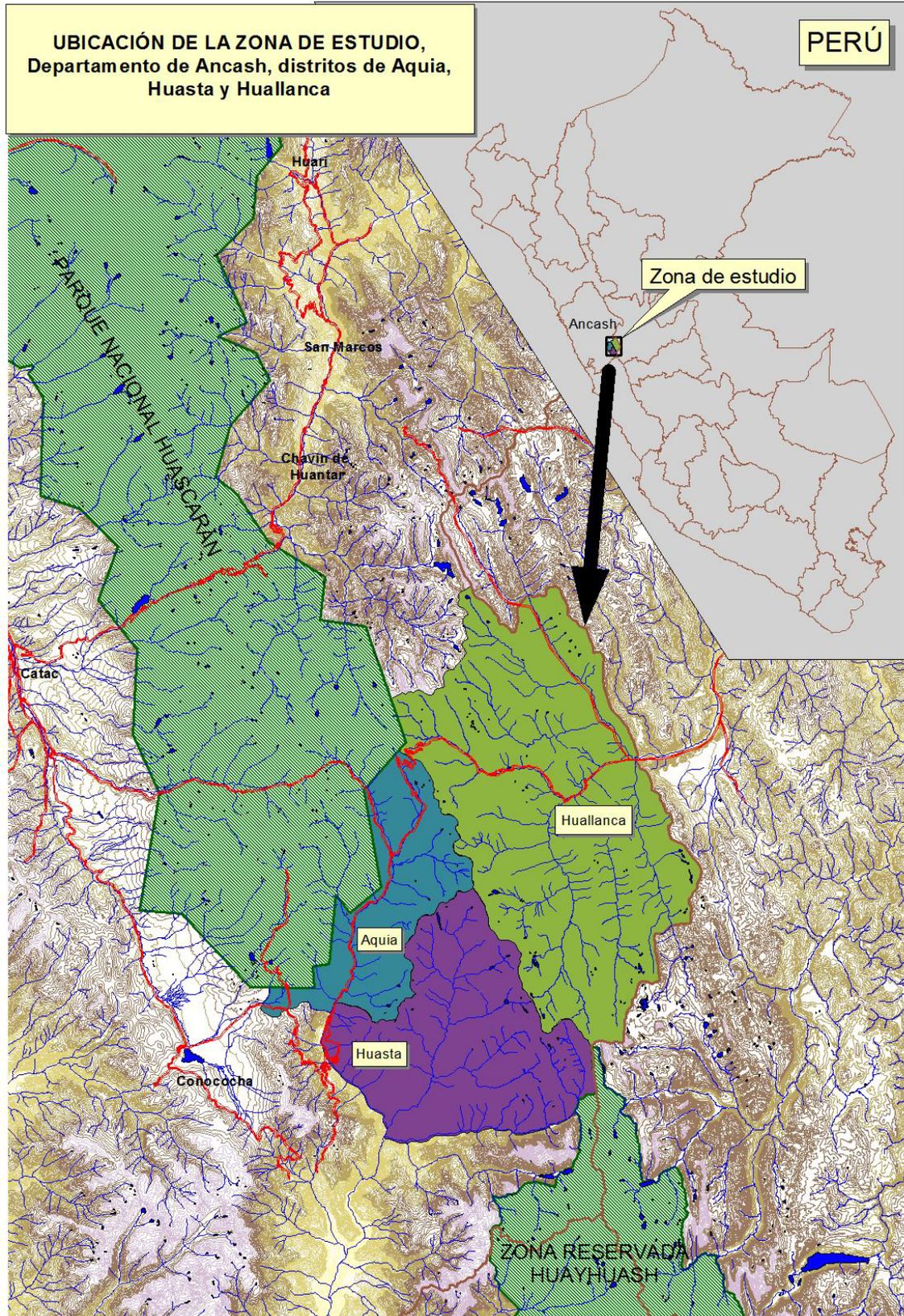


Instituto Nacional de Estadística e Informática (Mapa REFERENCIAL)

Datos Generales	
Distrito	HUASTA
Provincia	BOLOGNESI
Departamento	ANCASH
Dispositivo de Creación	LEY
Nro. del Dispositivo de Creación	S/N
Fecha de Creación	28/01/1863
Capital	HUASTA
Altura capital(m.s.n.m.)	3385
Población Censada - 2005	2278
Superficie(Km2)	387.91
Densidad de Población(Hab/Km2)	5.9
Nombre del alcalde	TEOFANES ALVA VALDERRAMA
Dirección	Jr. Bolognesi N° 125
Teléfono	833014
Fax	-
Mail	-
Frecuencia de Radio	-
Características de la Población Censo 2005	
Población Censada	2278
Población Urbana	1645

Población Rural	633
Población Censada Hombres	1201
Población Censada Mujeres	1077
Tasa Crecimiento Intercensal (1981 - 1993)	-2.1
Población de 15 años y más	1471
Porcentaje de la población de 15 años y más	64.57
Tasa de Analfabetismo de la población de 15 y más años	5.1
Porcentaje de la población de 15 o más años, Total con primaria completa o menos	35.7
Servicios Básicos de la Vivienda Censo 2005	
Total de Viviendas Particulares	1188
Viviendas con Servicio de Desague	90
Viviendas con alumbrado eléctrico	195
% de hogares en viviendas particulares - Sin agua, ni desagüe ni alumbrado	46.9
Indicadores de Trabajo y Empleo Censo 1993	
Poblacion Economicamente Activa (PEA) de 6 y más años - Total	729
Poblacion Economicamente Activa (PEA) de 6 y más años - Mujeres	534
Poblacion Economicamente Activa (PEA) de 6 y más años - Hombres	195
Tasa de Actividad Economica de la PEA de 15 y más años	56.5
% de la poblac. ocupada de 15 y más años - En la agricultura	85.9
% de la poblac. ocupada de 15 y más años - En los servicios	4.6
% de la población ocupada de 15 y más años - Asalariados	2.6
Información Turística	
Fiestas Tradicionales	
DIVINO SALVADOR DEL MUNDO	06 AGOSTO
Platos Típicos	
PACHAMANCA, LOCRO DE CUY	

Anexo 5: Ubicación del área de estudio



RESUMEN

Los bosques de *Polylepis*, árbol comúnmente llamado Quenual, tienen una distribución natural bastante amplia pero a su vez regida por factores ambientales bastante bien definidos. Las más de 17 especies de *Polylepis* (todavía hay discusión sobre este tema) se distribuyen a lo largo de las partes más altas de la cordillera de los Andes desde Venezuela (en Mérida) pasando por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, el norte de Chile y Argentina hasta las sierras de Córdoba (Simpson, 1979). Los factores ambientales más influyentes en la distribución son como para cualquier otra especie arbórea, altitud, pendiente, exposición solar, radiación, temperatura, humedad, temperatura del suelo, composición del suelo entre otros. Sin embargo para esta investigación se ha optado por analizar factores ambientales de poca o nula variabilidad (a nivel de paisaje) de la topografía ya que la información a analizar proviene directamente de la ubicación de los bosques una vez que son medidos. Además por que se quiere determinar específicamente la influencia de esos factores en la distribución de los bosques de *Polylepis* en la zona de estudio. Los factores son altitud, pendiente, exposición solar de las laderas y la radiación solar en dichas laderas.

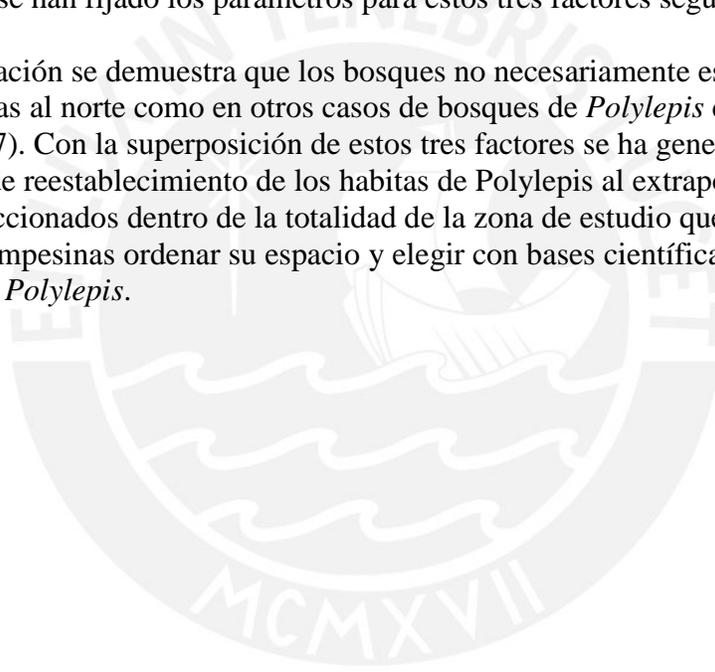
La zona de estudio es la parte sur del departamento de Ancash, específicamente tres distritos, Aquia, Huasta y Huallanca que se encuentran justo entre dos cordilleras muy importantes, al norte la cordillera Blanca (Parque Nacional Huascarán) y por el sur la cordillera Huayhuash (Zona Reservada de Huayhuash). Se escogió esta zona debido a que la distribución de *Polylepis* allí es abundante y muy poco documentada y por que un proyecto de conservación y restauración de bosques de *Polylepis* opera en la zona. De esta manera se continúan los trabajos de mapear la distribución de *Polylepis* en la región Ancash proponiendo además áreas adecuadas para su reforestación. Los estudios se concentran en determinar cuáles son las condiciones ambientales que favorecen el crecimiento y el buen desarrollo de las áreas boscosas. Se estudia específicamente tres factores ambientales determinantes: la altitud, la pendiente y la exposición solar de las laderas en las cuales se encuentran los bosques actualmente. Relacionado al factor de exposición solar esta la radiación solar por lo que también se tomo en cuenta y se cuantifico.

Para realizar el mapeo se han analizado imágenes de satélite Landsat TM y ETM de los años 1991 y 2000, imágenes del Google Earth del año 2006 y fotografías aéreas del año 1957 complementadas con una extensa clasificación de campo de dichas imágenes. Gracias a ello la digitalización de los parches de *Polylepis* se hizo a mano, es decir, que una vez clasificadas las imágenes en el campo y ubicados los parches de bosques en las mismas, los polígonos de los bosques se hicieron directamente encima de las imágenes en el computador. De esta manera se ha reducido drásticamente el error que se da con clasificaciones automáticas hechas con los SIG. Una vez ubicados cada uno de los parches de bosque se procedió a analizar los factores seleccionados para este estudio tomando en cuenta la ubicación de los parches. Allí si el programa ArcGis 9.2 tomo un rol importante para el análisis. De esta manera los parámetros para cada uno de los factores se fueron definiendo y extrapolando para determinar las zonas aptas para la reforestación. El marco teórico general del estudio se enmarca dentro de la teoría de la

ecología del paisaje (Troll, 1939, Forman, et al; 1985) y ayudo mucho a fijar los parámetros seleccionados.

Se contó un total de 337 polígonos, es decir 337 parches de bosque de *Polylepis* haciendo un total de 2219 hectáreas de extensión. El distrito con mayor cantidad de parches y mayor extensión de bosques es Huasta con 1455 hectáreas repartidas en 219 parches. Le sigue Aquia con 719 hectáreas en 106 parches y Huallanca solo tiene 45 hectáreas de bosque repartidas en 12 parches. Se ha encontrado que a pesar del amplio rango altitudinal (3200 a 4700 metros sobre el nivel del mar) en el cual el *Polylepis* crece casi el 70% de los parches de la zona de estudio están entre los 4100 a 4550 metros sobre el nivel del mar. Con respecto a la pendiente los bosques también muestran la tendencia de ubicarse en laderas con 25 grados o más (64% de los parches) y en el factor de exposición solar se encontro que los bosques de la zona de estudio están mayoritariamente ubicados en laderas que miran al sur y occidente (71% de los parches). De esta manera se han fijado los parámetros para estos tres factores según este estudio.

En esta investigación se demuestra que los bosques no necesariamente están ubicados en laderas orientadas al norte como en otros casos de bosques de *Polylepis* del hemisferio sur (Braun, 1997). Con la superposición de estos tres factores se ha generado un mapa de posibles zonas de reestablecimiento de los habitas de *Polylepis* al extrapolar los parámetros seleccionados dentro de la totalidad de la zona de estudio que ayudará a las comunidades campesinas ordenar su espacio y elegir con bases científicas áreas para la reforestación de *Polylepis*.



ZONAS DE REFORESTACIÓN PROPUESTAS SEGÚN LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS Y ELEMENTOS DEL PAISAJE

Distrito	Área de Bosque (1)	Área de zonas propuestas (2)	Área de bosque que recae en zonas propuestas (3)	Porcentaje de coincidencia (3)/(1)
Huasta	1455	4113	1250	89%
Aquia	719	2838	659	92%
Huallanca	45	7374	26	57%
Total	2219	14325	1935	

Los elementos aquí representados son referenciales menos los bosques y los polígonos de las áreas propuestas como zonas de reforestación. Los bosques han sido minuciosamente clasificados al igual que las áreas propuestas. La agricultura, los bofedales y los glaciares son referenciales.

LEYENDA

 ZONAS PROPUESTAS

 BOSQUE

clasificación paisaje

 agricultura

 glaciar/nieve

 oconal/zona húmeda

 DISTRITOS

RGB

 Red: Layer_2

 Green: Layer_3

 Blue: Layer_1



Aquia

Huallanca

Huasta



0 2,000 4,000 8,000 12,000 16,000 metros

Mapa elaborado por Pablo Dourojeanni
Base de datos del Instituto de Montaña
Investigación sobre distribución de Bosques
Bosques mapeados en base a imágenes
Landsat, año 2000. Febrero, 2008

260000 270000 280000 290000 300000

CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL PAISAJE EN LA ZONA DE ESTUDIO

Los elementos aquí representados son referenciales menos los bosques. Los bosques han sido minuciosamente clasificados y el resto de elementos se muestran de forma referencial. La agricultura, los oconales (bofedales) y los glaciares se muestran aquí pero no todas las áreas de estos elementos se encuentran en los polígonos. Se ha optado por solo mostrar dichos elementos para que se pueda notar en la imagen de satélite directamente estos elementos y otros mas. Otros como roca expuesta, zonas de vegetación alpina, nubes, matorral y los extensos pastizales también se ven en la imagen de satélite. Los pastos naturales son los que fungen de matriz para los elementos aquí presentes. Los pastos se ven en diferentes tonalidades de verdes.

Bofedales/oconales



pastizal



Leyenda

clasificación paisaje

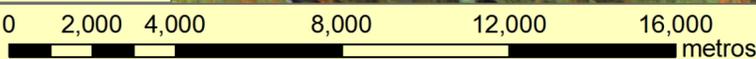
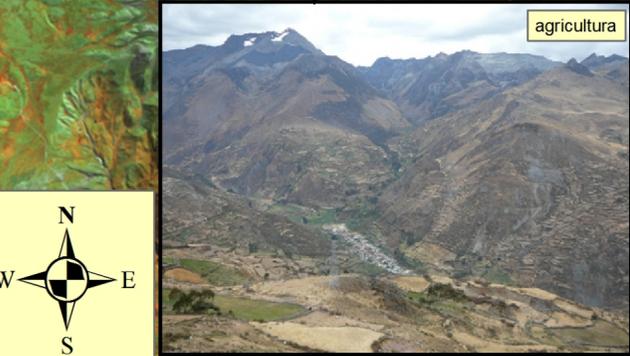
- agricultura
- glaciár/nieve
- oconal/zona húmeda

BOSQUE

- Distritos

RGB

- Red: Layer_2
- Green: Layer_3
- Blue: Layer_1



Mapa elaborado por Pablo Dourojeanni
 Base de datos del Instituto de Montaña
 Investigación sobre distribución de Bosques
 Bosques mapeados en base a imágenes
 Landsat, año 2000. Febrero, 2008

