

Introducción

Una mirada rápida desde las comunidades de Lluscani, Campanario, Melón Pujio y las partes altas del Pilaya, el paisaje, sugiere una cobertura vegetal arbustiva y herbácea de tipo altoandino, sin embargo, la topografía de las serranías altas con pendientes escarpadas ha formado cañadones y valles angostos con microclimas que favorecen el establecimiento de bosques secos caducifolios, en algunos casos y en otros la elevada evapotranspiración hizo posible el desarrollo de bosques nublados de pinos y arrayanes, que a pesar de la condición de inaccesibilidad se nota que no es un factor limitante para constituirse en un recurso efectivo de uso por los pobladores locales, de modo que la fragilidad de estos bosques combinado con el uso inadecuado están provocando desequilibrios que pueden ser irreversibles sobre la cobertura vegetal.

Asimismo, el recorrido por las comunidades emplazadas en el valle del río Pilaya, permite afirmar que los pobladores de esta región, supieron manejar los recursos naturales, bosques, suelos y aguas, en base al conocimiento tradicional obtenido de generación en generación, pero, los cambios climáticos y aumento poblacional están ocasionando agudos problemas socioeconómicos y medio ambientales sobre todo en aquellas zonas de características biofísicas frágiles. Por este motivo, es necesario conservar las características ecológicas del hábitat de las comunidades vegetales, a fin de mantener el equilibrio natural, en donde las especies autóctonas en la actualidad están siendo reducidas como consecuencia de las actividades humanas.

En el caso de particular de los relictos boscosos de esta zona, se presenta con el inconveniente de que no existe información a detalle, contando únicamente con información general, como es el caso de la zonificación agroecológica elaborado por ZONISIG (2001) con cartografía de escala pequeña. Asimismo, se desconoce los diferentes cambios ocurridos en el uso de la tierra en términos de superficie y la dinámica de incrementos o disminución en cuanto se refiere a los cambios de cobertura vegetal natural en general.

En estas condiciones, considerando que la conservación de estos relictos requiere una atención inmediata, tanto a nivel ecológico, económico y social, se propone encarar una investigación fitosociológica para conocer el potencial forestal y diseñar sobre esta base, programas de conservación y manejo de estos bosques.

Por las razones anotadas, está sobradamente justificada realizar investigaciones para obtener resultados que se constituyan en insumos para tomar decisiones de manejo y a la vez que genere motivación a las instituciones departamentales y municipales para implementar proyectos de desarrollo rural considerando los recursos forestales como una alternativa de solución a los problemas socioeconómicos. Es decir, la información obtenida permitirá tomar decisiones respecto a qué hacer con el bosque y que actividades se deben hacer, para esto, necesariamente se deriva del análisis de la información proveniente de las características estructurales del bosque.

Objetivos

Objetivo General

- Analizar e interpretar la información fitosociológica de los relictos boscosos perturbados del río Pilaya, aplicando técnicas de levantamientos ecológicos de vegetación para generar información que permita implementar planes de manejo y conservación de las especies arbóreas.

Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento forestal en relictos boscosos en las comunidades vegetales influenciadas por el río Pilaya aplicando técnicas fitosociológicas, a fin de conocer el estado ecológico de los recursos forestales de la zona.
- Determinar el valor de importancia de las especies forestales en los relictos boscosos, a través de los valores de frecuencia y cobertura para jerarquizar la posición ecológica dentro de la comunidad vegetal.
- Determinar la distribución espacial de las especies forestales dentro de los distintos tipos de bosques aplicando métodos indirectos de estructura horizontal.

- Describir la estructura del bosque a través de los parámetros dasométricos del estrato arbóreo para determinar indicadores ecológicos actuales para contribuir a la conservación de los relictos boscosos del valle del río Pilaya.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Comunidades Vegetales

Cuando un ecólogo vegetal se sitúa en lo alto de una colina y observa un paisaje dominado por vegetación natural o seminatural en cualquier lugar del mundo, las principales diferencias que aprecia en el entorno, son las distintas comunidades vegetales. Las diferencias más fácilmente apreciables son las determinadas por la fisionomía o por las formas de vida de la vegetación, por ejemplo matorral frente a pastizal. Estas unidades representarán también las mayores subdivisiones del paisaje en términos funcionales como ecosistemas. Cambios más sutiles en el paisaje son también evidentes a través de variaciones en el color entre diferentes áreas de vegetación con la misma fisionomía. Estas variaciones en el color son reflejo de diferencias en la composición específica en plantas y en el estado de desarrollo. Una parte considerable de la ciencia de la vegetación se centra en los métodos para caracterizar y definir la cubierta vegetal de esas áreas como diferentes comunidades vegetales; por ello es muy importante definir el concepto de comunidad vegetal.

Una comunidad de plantas puede ser definida como un conjunto de especies vegetales creciendo juntas en un lugar concreto que muestran una asociación o afinidad entre ellas. La idea de asociación es muy importante e implica que ciertas especies se encuentran creciendo juntas en unas localidades y ambientes determinados con mayor frecuencia de lo que sería esperable por puro azar. La mayoría de los ambientes en el mundo sustentan ciertas especies asociadas que pueden, por tanto, ser caracterizadas como una comunidad vegetal.

Por tanto, la comunidad vegetal es el conjunto de poblaciones de plantas de diferentes especies que conviven en un área determinada dentro del complejo más o menos uniforme de condiciones ambientales. La comunidad vegetal es parte integrante de un complejo mayor denominado ecosistema, en el cual las plantas y los animales establecen una estrecha relación de intercambio entre si y el medio ambiente, de

manera que este sistema, aunque dinámico se mantiene en equilibrio. Braun Balnquet (1979)

En este mismo sentido Donoso (1993), indica que los árboles que se desarrollan en el bosque agrupados en conjunto con otros individuos de la misma especie o de otras especies y con plantas menores, arbustivas o herbáceas y animales de diferentes tipos, que viven en un marco geográfico determinado, constituyen una comunidad biótica, que por estar especialmente caracterizada en este caso por la presencia y abundancia de árboles, se conoce más frecuentemente como comunidad forestal.

En el enfoque fitosociológico, la comunidad vegetal es mucho más que plantas, es una comunidad biótica inserta en el medio ambiente, cuyos factores interactúan con los demás organismos y a su vez todos estos mantienen mutuas interacciones. Este conjunto de organismos vivos, la biocenosis o comunidad de factores físicos que actúan sobre ellos, biotopo o medio ambiente físico y de interacciones de todos ellos, constituyen la biogeocenosis, concepto de fundamental importancia en el manejo de los recursos naturales. (Becerra, 1971)

Cuando se habla de comunidades vegetales implícitamente se refiere al término de asociación natural. En cuanto al primero estas son verdaderos ecosistemas, es decir sus características biológicas únicas se derivan de su ubicación en un medio ambiente físico (Hábitat) igualmente único, en términos de cualidades específicas de su clima, microclima, posición topográfica, exposición, material parental o litológica, suelo y drenaje. Este tipo de bosque, así definido corresponde exactamente a la asociación, la misma que no es solamente la vegetación ordinaria clímax, sino un complejo de elementos; un área de tierra con su clima, topografía suelo, biota vegetal y animal. Debido a estas circunstancias, es necesario tener en cuenta que numerosos factores se combinan para determinar las comunidades vegetales (Matteucci y Colma, 1982). Generalmente estos factores se clasifican en abióticos, bióticos y antrópicos. Respecto a los primeros, comprende los aspectos de clima, relieve, geología, geomorfología, erosión, movimientos en masa, gradiente y características del suelo, por su parte los factores bióticos se enmarcan en la estructura, fisonomía, tipos

dominantes de vegetación, funcionalidad de las especies del bosque, hábitos o formas biológicas (desde el punto de vista vegetativo). Mientras que para el tercer factor, se pueden considerar los organismos vivos, fuego, agricultura, pastoreo y construcciones de toda clase. Dentro de los factores antes referidos, existen parámetros muy importantes que imprimen características y condiciones especiales a la vegetación, reflejando más fielmente al medio ambiente.

1.1.1 Factores ambientales limitantes de la comunidad

Las razones por las que ciertas especies crezcan juntas en un hábitat particular suelen estribar en que tienen requerimientos similares para su existencia en cuanto a factores como luz, temperatura, agua, drenaje y nutrientes del suelo, etc. Estas especies también comparten la habilidad para soportar las actividades de los animales y el hombre, como el pastoreo, incendios, etc.

Si se selecciona un factor ambiental, por ejemplo la humedad del suelo, y se representa gráficamente la abundancia de una especie a lo largo del rango de variación del factor, el resultado posiblemente se aproxime a una curva de Gauss (figura 1). Esta variación continúa de un factor ambiental se denomina gradiente ambiental. Si varias especies están asociadas en una comunidad, suele asumirse que sus curvas de abundancia en relación a un factor ambiental serán muy similares. Sin embargo los estudios de las respuestas de especies a gradientes ambientales sugieren que en la práctica las curvas de las especies varían enormemente. La anchura y altura de la curva para cada especie es diferente, indicando distintos rangos de tolerancia. Igualmente la forma de la curva en muy pocas ocasiones se ajusta a la idea de perfecta forma de campana de la figura 1; por el contrario las curvas suelen ser asimétricas, bimodales o con forma de meseta (Austin & Smith, 1989).

Una complicación adicional estriba en que las especies que conviven en un punto de la superficie terrestre están respondiendo simultáneamente a más de un factor ambiental. Cada especie tiene una curva de respuesta ambiental diferente a cada factor ambiental y cada curva difiere en su forma. Las ventajas o desventajas de un lugar para el crecimiento de una determinada especie serán representadas por la

posición colectiva del lugar en cada una de las curvas de respuesta ambiental. Para algunos factores el lugar estará cerca de la parte central de la curva y allí las condiciones ambientales estarán cerca del óptimo. Para otros factores podrá estar cerca o en los extremos. Si uno de los puntos esta en o más allá de los límites de la curva, las condiciones serán muy desfavorables para la que la especie pueda crecer.

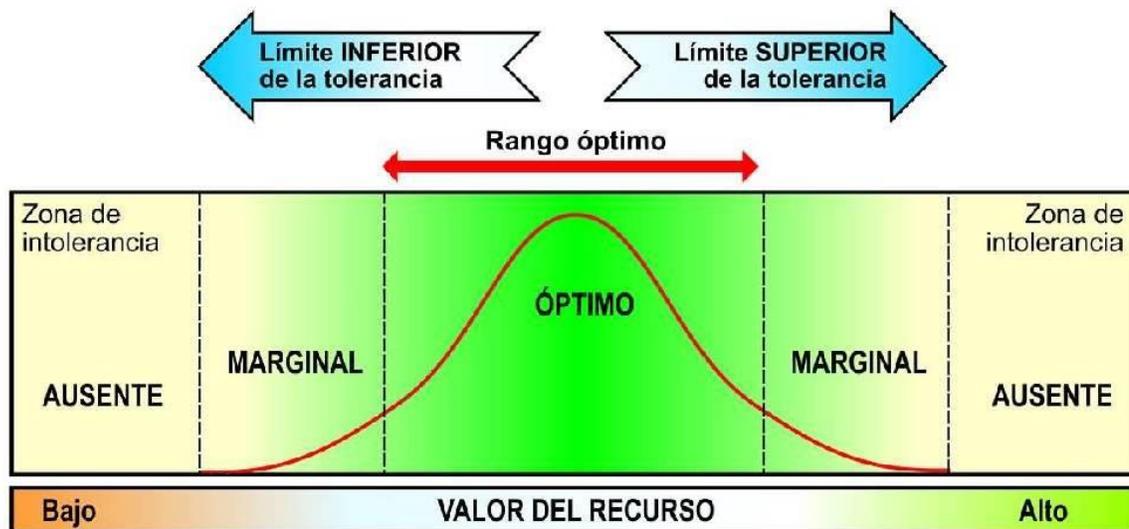


Figura 1: Respuesta de una especie aislada frente a un gradiente de recursos (Austin & Smith, 1989, modificado a partir de Cox y Moore)

El factor para el cual esto sucede se conoce como principal factor limitante. Sin embargo, dado que son varios los factores ambientales que determinan el crecimiento de una planta, las condiciones desfavorables para una especie en términos de un factor podrían a veces ser compensados por algún otro. Por ejemplo, la deficiencia en un nutriente del suelo podría ser compensada por la abundancia de otro. Esto se conoce como compensación de factores.

Un concepto relacionado con los anteriores es el de nicho ecológico, definido como «los límites, para todas las características ambientales importantes, dentro de los cuales los individuos de una especie pueden sobrevivir, crecer y reproducirse» (Begon et al., 1990).

El conocimiento de estas ideas es importante para el entendimiento y conceptualización de la comunidad vegetal. Si las especies crecen en asociación unas con otras, muchas de ellas deberían tener curvas de respuestas y tolerancia similares, aunque rara vez idénticas, frente a las condiciones ambientales más importantes.

1.1.2 Estudio de las Comunidades Vegetales

Las comunidades se diferencian y caracterizan por la presencia de determinadas categorías, la ausencia de otras y por la cantidad o abundancia relativa de cada una de ellas. Las variables constituyen estimaciones del promedio de las expresiones de abundancia de los atributos. La descripción o comparación de porciones de la vegetación puede basarse en la presencia o ausencia de las categorías vegetales consideradas, lo que equivale a un análisis cualitativo o en la abundancia de las categorías presentes, en cuyo caso el análisis es cuantitativo. (Donoso, 1993)

La idea sobre comunidades vegetales fue ardientemente debatida por los primeros ecólogos vegetales; dos ecólogos americanos, F. E. Clement y H. A. Gleason, expresaron los más extremados puntos de vista al respecto.

Clements (1916; 1928) veía las comunidades vegetales como entidades claramente reconocibles y definibles que se repetían con gran regularidad sobre una región dada de la superficie terrestre. El punto de vista de las comunidades vegetales de Clements es conocido como el concepto organísmico, según el cual las diversas especies que integrarían la vegetación en un punto de la superficie terrestre están unidas como los órganos y partes del cuerpo de un animal. Poner todas las partes juntas suponía crear una especie de super-organismo, el cual era la comunidad vegetal y no puede funcionar si no están presentes todos sus órganos. El enfoque dinámico, tiene valor cuando se trata de sucesiones bien definidas. Así es el caso de un bosque que ha sido limpiado para la agricultura y luego abandonado, dejando a la sucesión secundaria reconstruir rápidamente el estado original, resulta evidente que todas las etapas de la sucesión deberán de caer dentro de la misma asociación. La importancia de este enfoque radica en la determinación del estado de la sucesión vegetal, sobre todo si se trata de sucesión secundaria.

Gleason (1926, 1939) consideraba a las especies vegetales distribuidas como un continuum. Argumentaba que las especies de plantas responden individualmente a la variación de los factores ambientales, los cuales cambian de forma continua, tanto espacial como temporalmente. Como resultado la combinación de especies de plantas que se da en un punto dado de la superficie terrestre era única. Cada especie vegetal tiene una distribución distinta o rango de tolerancia y abundancia único.

El ensamblaje de plantas que crece en un lugar dado no es sólo el resultado de las condiciones ambientales, sino que también de la migración de especies; cualquier área está recibiendo continuamente propágulos de especies. El éxito de estas especies depende de la combinación de factores ambientales en el lugar y de los rangos de tolerancia de las especies invasoras. Gleason consideraba que el rango de permutaciones o combinaciones de factores ambientales, junto con los diferentes rangos de tolerancia de las especies, daría siempre una combinación y abundancia de especies diferente.

1.1.3 Puntos de vista actuales sobre la comunidad vegetal

Hoy día los ecólogos aún difieren en su concepto de las comunidades vegetales. Sin embargo, la mayor parte de ellos están de acuerdo sobre la idea de continuum en un espacio virtual determinado por dimensiones que corresponden a factores ecológicos, pero también reconocen que no hay una total individualidad de las especies desde el momento en que al convivir juntas hay interacciones entre ellas. Asimismo la idea de que no es posible clasificar la vegetación debido a que no hay dos manchas exactamente iguales tiende a ser sustituida por la posibilidad de clasificar en base a mayores o menores similitudes, no a la igualdad total que exigía Gleason. Este punto de vista está en una posición intermedia entre Clements y Gleason.

La visión actual más pragmática de las comunidades vegetales es probablemente la de la denominada teoría integrada de la comunidad vegetal que sustenta la idea de que la vegetación de una región particular está distribuida como un mosaico. Estas ideas derivan de los trabajos de Whittaker (1953) y Levin (1977) y lo que describieron como mosaico de clímax. Whittaker consideraba que en cualquier región,

como las gradientes altitudinales, a grandes rasgos dan condiciones similares en términos de factores ambientales y presiones bióticas. Donde esas combinaciones se repiten, la vegetación también se repite, de forma similar a fragmentos dentro de un mosaico (figura 2); sin embargo no todas las áreas pueden ser adscritas a uno u otro de estos tipos de vegetación, ni las fronteras son tan claras como se muestra en la foto; con cierta frecuencia un tipo de vegetación es transicional a otro a través de un ecotono. Estas áreas ecotónicas han sido largo tiempo rechazadas por los ecólogos vegetales y muchos investigadores se han centrado en las comunidades de plantas por sí mismas.



Figura 2. Diferenciación de diferentes comunidades vegetales, determinadas por la composición florística y por las características fisionómicas. 1. Bosque; 2. Matorral; 3. Arbustal; 4. Vegetación herbácea baja; 5. Vegetación graminoide

Bajo estas consideraciones, el concepto integrado de la comunidad vegetal se puede sintetizar en los dos puntos:

- Las fitocenosis o comunidades vegetales son conjuntos funcionales, que representan algo más que la suma de los individuos que las componen seleccionados por el medio abiótico.
- La integración de las fitocenosis es el resultado de interacciones entre sus componentes y se manifiesta primariamente por su capacidad de autorregulación.

1.1.4 Clasificación y cartografía de las comunidades vegetales

En principio la posibilidad de clasificación y cartografía de la vegetación viene fundamentada en los siguientes pilares:

1. La vegetación es un objeto real, tangible, expresado en manchas reconocibles. Es un fenómeno real y puede ser estudiada.
2. Las diferencias entre las manchas de vegetación en términos de estructura, textura (composición florística) así como en términos de las características ambientales del hábitat en que está instalada la vegetación, hace posible la clasificación de la vegetación (o conceptualización de la construcción de tipos de vegetación). En otras palabras: podemos clasificar las manchas de vegetación en tipos de vegetación.
3. La gran complejidad de la vegetación, con naturalezas tanto discreta como continua, hace la clasificación de la vegetación (o la reducción del contenido de información en un sistema simplificado) necesaria. Es decir, la clasificación es una, y muy efectiva, vía para simplificar la complejidad de la vegetación.
4. Grados de diferencias entre los tipos de vegetación hacen posible construir un sistema jerárquico, que comprende una serie de tipos anidados de vegetación y su agrupación. El sistema jerárquico es otra forma efectiva de ver propiedades emergentes importantes de los principales patrones de

distribución de la vegetación.

5. La estructura y dinamismo de la vegetación es un resultado de las propiedades de sus poblaciones de plantas constituyentes y de sus respuestas a la naturaleza y dinamismo del medio ambiente, que pueden ayudar a su clasificación y cartografía (axioma vegetación–medio ambiente). En otras palabras: las condiciones ambientales determinan (junto con las propiedades de la vegetación misma) la complejidad de la vegetación.
6. La vegetación está compuesta de poblaciones de especies de plantas (representando taxones). Cada taxón suele mostrar una respuesta individual frente a los factores ecológicos y puede servir como un importante indicador ecológico.
7. Las manchas de vegetación se dan en el espacio, por lo tanto pueden ser cartografiadas en modelos espaciales; es decir, la complejidad de la vegetación puede ser recogida en un mapa.

1.2 Fundamentos de la Fitosociología

La fitosociología surge en el sur de Europa, a partir de los trabajos de Braun-Blanquet. Esta escuela, enfoca el estudio de la vegetación a través del reconocimiento de comunidades vegetales y se caracteriza por centrarse en la composición florística de dichas comunidades, haciendo especial énfasis en las especies de diagnóstico, entendiendo por tales a aquellas que son más sensibles a las características del medio y por tanto resultan mejores indicadores que las restantes, de rango más amplio. Son precisamente estas especies de diagnóstico las que se usan para organizar las comunidades en una clasificación formal jerárquica. (Franco López et al, 2001)

De acuerdo a Rivas (1995), la fitosociología es una ciencia emanada de la Geobotánica por tanto, es parte de la Ecología o ciencia de los ecosistemas. La fitosociología, en concreto, se ocupa del estudio de las biocenosis desde una perspectiva botánica; es decir, de las comunidades vegetales, de sus relaciones con el medio y de los procesos temporales que las modifican. Con toda esta información, a

través de un método inductivo y estadístico basado en la realidad del inventario fitosociológico de vegetación, trata de crear una tipología jerárquica universal.

Según Braun Blanquet (1979), fitosociología (sociología vegetal) es un método para estudiar las comunidades vegetales, con un enfoque florístico. Aunque Farriol (2009), indica que en ciertas disciplinas de la ecología vegetal se suele rechazar la aplicación de esta metodología, a la que se le achaca falta de rigor y complejidad en la nomenclatura utilizada, pero esto corresponde al desconocimiento de la metodología utilizada, ciertamente que no siempre bien explicada, y de defectos que le afectaron a lo largo de su desarrollo, en su mayoría solventados en las últimas décadas con la utilización generalizada de técnicas de análisis numérico de los datos generados con el desarrollo de la misma; la nomenclatura también es a veces fuente de confusión, debido a que los nombres son simplemente "etiquetas" que se utilizan para identificar las unidades de vegetación, pero para comprender su verdadero sentido hay que remitirse a la descripción de cada tipo de vegetación y a la fuente de las unidades muestrales o inventarios.

1.2.1 Método fitosociológico

La fitosociología es la ciencia que estudia las agrupaciones de plantas, sus interacciones y su dependencia frente al medio, desde el punto de vista florístico, ecológico, dinámico, temporal e histórico. Por tanto, el método fitosociológico posee un gran interés en los estudios de vegetación, conservación y ordenación del territorio. El Inventario fitosociológico se constituye en la técnica de muestreo básico dentro del método fitosociológico; haciendo una analogía conceptual, el inventario es para la fitosociología, lo que el ejemplar botánico y su descripción es para la botánica sistemática.

La aplicación de esta metodología supone considerar: la identificación de las especies de plantas; decidir cómo medir la abundancia, decidir el tipo de muestreo a utilizar, elegir el tamaño de las parcelas y definir lo que se entiende por parcelas homogéneas. Además de estas consideraciones, analiza las comunidades vegetales a partir de la estructura vertical y horizontal de las especies que componen el bosque.

A tiempo de aplicar el método fitosociológico definir de manera clara el aspecto conceptual entre las escuelas de europea y norteamericana, porque existen algunas diferencias para obtener el mismo indicador, por ejemplo, la cobertura es la proyección de la copa en el suelo y ese valor expresado en porcentaje se usa para determinar la dominancia en la escuela europea, mientras que los americanos sostienen que en bosques tropicales los árboles entrelazan sus copas, y es muy difícil determinar la cobertura como en el primer caso, por tanto, se prefiere medir el área basal de los árboles por especie para determinar la dominancia.

Cuadro 1. Principales diferencias del enfoque fitosociológico entre la escuela europea y norteamericana (Alcaráz, 2013)

Europeo	Norteamericano
La dominancia de las especies se expresa por su porcentaje de cobertura	La dominancia de las especies se expresa por el índice del valor de importancia
Se incluyen hierbas y si es posible musgos y líquenes	Suelen considerarse solo las especies leñosas
La cobertura se estima subjetivamente	El área basal es medida con precisión
Tiene en cuenta la cobertura total de cada estrato	No toma en cuenta la cobertura total, puede ser la misma unidad para hábitats con cobertura vegetal densa o esparcida
El trabajo de campo es más sencillo, donde la precisión de la cobertura no se considera importante	El trabajo de campo necesita una labor más intensiva y la precisión de las mediciones es adecuada para un seguimiento de los cambios de la comunidad

Si se presta atención a la última fila del cuadro 1, queda claro porque el primero es más apropiado para una cartografía y clasificar la vegetación, mientras que el segundo es más apropiado para seguimiento de la vegetación (procesos sucesionales). Así pues en el método fitosociológico se profundiza en la identificación de las especies, pero se sacrifica la precisión de las mediciones, ganado en rapidez de toma

de datos, siempre y cuando la flora sea identificada con celeridad. La cobertura se estima usando la escala de Braun Blanquet, en la que se combina la abundancia y la dominancia, los dos índices inferiores (+; r) registran la abundancia, mientras que los restantes (1,2,3,4,5) tienen en cuenta la cobertura o dominancia (cuadro 2).

Cuadro 2. Escala de abundancia – dominancia de Braun Blanquet (Alcaráz, 2013)

Índice	Significado
r	Un solo individuo, cobertura despreciable
+	Más individuos, cobertura muy baja
1	Cobertura menor del 5%
2	Cobertura del 5 al 25%
3	Cobertura del 25 al 50%
4	Cobertura del 50 al 75%
5	Cobertura igual o superior al 75%

En el estudio fitosociológico de la estructura de un rodal se deben medir y valorar caracteres cuantitativos como densidad, cobertura, frecuencia, valor de importancia.

La Densidad, es el número de individuos por unidad de superficie. Este valor indica el promedio de espaciamiento de los individuos. Se debe tener en cuenta que este es un valor promedio. Por ejemplo si se investigan 10 parcelas y en ellos se encuentran 10 individuos de una determinada especie, la densidad de ella sería 1, independiente de donde se encontraron los individuos. Es igual si los 10 ejemplares se encuentran en un cuadrante o si en cada cuadrante hay un individuo.

La Frecuencia, es el porcentaje de parcelas en los que se encuentra una determinada especie. La frecuencia como valor aislado no tiene mucha importancia. Si en 10 parcelas hay 10 individuos de un especie distribuidos de a uno en cada parcela, la frecuencia es de 100%. Por el contrario si los 10 individuos crecen juntos en un sólo cuadrante, la frecuencia es de 10%. Esta variable puede agruparse en clases de la siguiente manera:

Clase	Porcentaje de Frecuencia
A	1 - 20
B	21 - 40
C	41 - 60
D	61 - 80
E	81 - 100

Es posible hacer gráficos de frecuencia de una comunidad. Estos gráficos nos pueden dar una idea clara acerca de la homogeneidad de la comunidad que estamos estudiando. Por ejemplo cuando las clases de frecuencia B y C son altas la comunidad es muy heterogénea. Por el contrario, valores altos en las clases de frecuencia D y especialmente E, indican una gran homogeneidad.

A medida que aumenta el tamaño de los cuadrantes, aumenta la clase de frecuencia mayor (E). Al tiempo que disminuye la clase de frecuencia menor. Es evidente que mientras mayor sea la superficie de la parcela mayor probabilidad habrá de incluir dentro de él, un mayor número de especies. A objeto de eliminar el efecto de la forma y tamaño del cuadrado, éste se reduce al máximo, llegando a un punto. Así surge la metodología del cuadrado de punto, que consiste en determinar frecuencia usando una varilla de 0,5 mm de diámetro, la cual se entierra varias veces a intervalos regulares de distancia (un metro y medio), siguiendo una línea recta. En cada ocasión que se entierra la varilla en el suelo, se registran todas las especies que son "tocadas" y/o atravesadas por esta. Con estos datos se construye la tabla de porcentaje de frecuencia y el histograma respectivo.

1.3 Estructura de la Comunidad

Una definición aceptada de estructura de la vegetación es aquella de Dansereau (1957), quien indica que es la organización en el espacio de los individuos que forman un rodal y por extensión un tipo de vegetación de plantas. Existen diferentes interpretaciones en cuanto a los componentes de esta estructura; sin embargo, desde

el punto de vista forestal es conveniente seguir a Kershaw (1973), quien distingue tres componentes de estructura de la vegetación:

- a) Estructura vertical, que indica el ordenamiento de la vegetación en estratos.
- b) Estructura horizontal, que se refiere a la distribución espacial de los individuos y de las especies en el plano horizontal o superficie del rodal.
- c) Estructura cuantitativa, o abundancia de cada especie que se puede expresar de distintas maneras, por ejemplo, por medio de la estructura diamétrica o simple conteo de las plantas del rodal, o mediante el potencial maderero o producción de biomasa de un rodal a través del peso seco del material vegetal.

1.3.1 Estructura Vertical

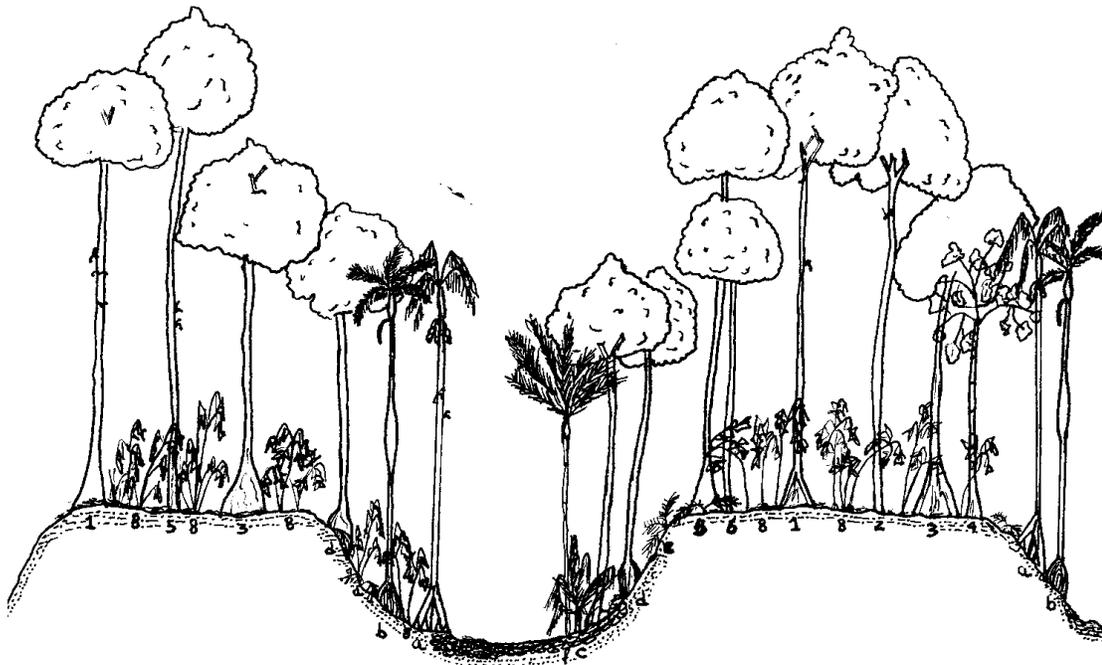
La estructura vertical del bosque es la distribución que presenta las masas en el plano vertical, o las distribuciones cuantitativas de las variables medidas en el plano vertical, tal como la altura. La estructura vertical es la distribución de los organismos a lo alto del perfil del bosque, esa estructura responde a las características de las especies que la componen y a las condiciones microclimáticas presentes en las diferentes alturas del perfil. (Valerio y Salas, 1997).

Asimismo, sostienen que a simple observación de una comunidad vegetal cualquiera, resalta en forma clara cuando se trata de comparar dos comunidades distintas, la altura de las plantas como una característica diferencial. Distintas comunidades mostraran diferentes alturas de sus especies o individuos componentes, de modo que ellas se ordenaran, se estratificaran generalmente en dos o más estratos.

La estructura vertical se representa gráficamente mediante diagramas conocidos como perfiles verticales del rodal o bosque. El perfil vertical consiste en una representación pictórica a escala de una faja angosta del rodal que debe ser representativa del bosque cuya estructura se quiere analizar. Puede ser más o menos detallado o exacto en función de la variabilidad y diversidad de la comunidad y de los objetivos del estudio. En bosques complejos, de varias especies y varios estratos, es recomendable usar un ancho de perfil de unos 50 a 60 metros, pero en bosques simples, se pueden usar

anchos de 20 o 30 metros. Aunque el gráfico es en dos dimensiones, se debe considerar una profundidad de unos 6 a 8 metros, dependiendo del tamaño y espaciamiento de los árboles mayores. Para representar adecuadamente la estratificación del bosque se recomienda utilizar una cinta métrica para medir los distanciamientos y las coberturas de las copas. La altura de los árboles se representa en una escala vertical proporcional con la escala horizontal. (Ellenberg, 1974; Donoso, 1993)

Figura 3. Representación del diagrama de la estructura vertical de un bosque
(Mostacedo, 2000)



Según Becerra (1971), el análisis de la expansión vertical indica la composición florística de los diferentes estratos del bosque en dirección vertical y sobre la importancia (abundancia, frecuencia, dominancia) de las diferentes especies en cada uno de ellos. Con esta finalidad es que se determina la posición sociológica de cada árbol; según que corresponda el estrato superior, medio, inferior y sotobosque.

De acuerdo a Lamprech (1990), la altura de los árboles está generalmente relacionada con el tamaño y el vigor que adquiere sus copas y ambas están también relacionadas

con los diámetros que alcanzan los árboles. Esta característica de los árboles son dependientes de la calidad genética inherentes de cada individuo, pero también de las relaciones espaciales que él tiene con sus vecinos. El desarrollo de la copa y la altura de los árboles en un bosque permiten clasificar los árboles que indica su posición relativa dentro del dosel de las copas. A este respecto, Berrera (1971), propone un sistema útil para determinar la posición sociológica de acuerdo al estrato que ocupa una determinada especie:

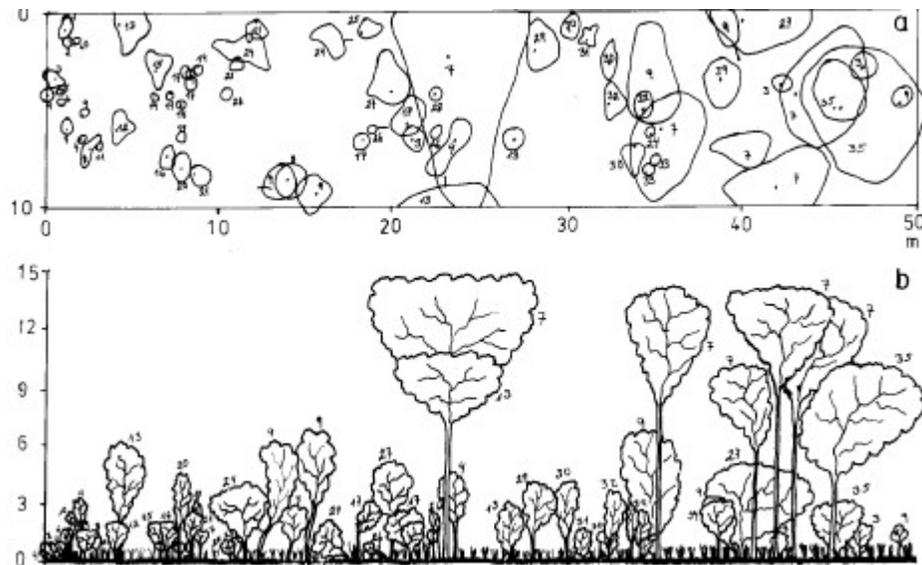
- Árboles dominantes, son aquellos cuyas copas sobresalen ligeramente del dosel, de ese modo tienen sus copas bien iluminadas recibiendo luz por arriba y por todos los costados.
- Árboles codominantes, la copa recibe luz de arriba, pero tiene uno o dos lados en contacto con otras copas en los cuales no recibe luz directa.
- Árboles Intermedios, La copa recibe luz directa solamente por arriba.
- Árboles suprimidos, la copa no recibe luz directa

1.3.2 Estructura Horizontal

Se entiende por estructura horizontal al arreglo espacial de los organismos, en este caso árboles. Este arreglo no es aleatorio, pero sigue modelos complejos que lo hacen ver como tal. En los bosques este fenómeno es reflejado en la distribución de individuos por clase de diámetro. Algunas especies presentan una distribución de jota invertida. Otras no parecen presentar una tendencia identificable en su distribución debido a sus propias características.

De acuerdo a Venegas, (2000), las poblaciones forestales poseen una estructura concreta y funcionamiento ordenado de todos los individuos que componen el bosque y que estos a su vez en concordancia con grupos de individuos viven en armonía en un espacio determinado. El patrón espacial de plantas es una característica importante del bosque, por lo tanto es la propiedad más fundamental de cualquier tipo de organismo vivo.

Figura 4. Representación de la estructura horizontal y vertical de un bosque
(Mostacedo, 2000)



Según Odum (1995), las poblaciones arbóreas, tipos forestales, asociaciones o formaciones boscosas presentan una estructura espacial determinada, la que varía a lo largo del desarrollo, tanto vertical como horizontalmente. Estas transformaciones son producto de cambios en las condiciones ambientales debidas a situaciones fortuitas y a diferentes tipos de alteraciones naturales o antrópicas. Los individuos de una comunidad forestal se distribuyen sobre la superficie del suelo siguiendo algún patrón, el que depende de las especies, edad, y las interrelaciones con el medioambiente. Se reconocen tres grandes tipos de patrones: agrupado o agregado, regular o uniforme y aleatorio. (Donoso, 1998)

Existen diversas metodologías para la determinación de patrones de distribución espacial, como ser, la prueba del Chi cuadrado y la razón varianza media, que son metodologías utilizadas regularmente (Donoso, 1998). Para su determinación, se usan como unidades muestrales parcelas distribuidas uniformemente sobre la superficie del bosque, donde se mide la frecuencia de individuos por parcela. La primera metodología utiliza una prueba de Chi cuadrado para comparar la distribución espacial observada con la distribución de Poisson, es decir, si sigue un patrón

aleatorio o no. La segunda metodología es el cociente entre la media de la frecuencia de individuos y su varianza, la que se compara con la distribución Poisson (varianza igual a la media). Estas metodologías presentan el inconveniente de que sus resultados dependen del tamaño de las parcelas utilizadas, además de ser poco confiables cuando el valor medio de densidad de los individuos estudiados es muy alta o baja (Kershaw, 1973; Donoso, 1998).

El índice de Morisita (Donoso, 1998) resuelve en parte el problema de tamaño de parcela utilizando parcelas de tamaño variable. Mediante el establecimiento de un reticulado con un número considerable de parcelas contiguas, las que simplemente se van uniendo para formar parcelas más grandes. De este modo se pueden generar resultados a distintas escalas espaciales. Sin embargo, se pueden presentar errores en los resultados producto de una errónea selección de tamaño de parcelas y de distanciamiento entre ellas.

Otro método es el desarrollado por Clark y Evans (1954) el cual presenta la limitante de ser un método puntual, en donde se obtienen resultados sólo para la escala del distanciamiento medio entre individuos. Según Moeur (1993) las funciones más adecuadas para describir e interpretar patrones de distribución espacial son el análisis del vecino más cercano y el análisis combinado univariable y bivariable de cálculo de distancia. Esto gracias a que las limitaciones que presentan son mucho menores que los métodos anteriormente mencionados. Las ventajas que presentan son: es necesaria una sola parcela, son funciones multiescala, ya que como datos utilizan distancias entre los árboles, y no frecuencia de individuos como en el índice de Morisita.

Por su parte, Del Río *et al* (2003), sostienen que dado el interés de la estructura del rodal y teniendo presente la tendencia a orientar el propósito silvicultural, es necesario ser precisos a la hora de describir la estructura. La diversidad depende de varios elementos que se encuentran en el ecosistema, de su rango de variación y de la menor o mayor presencia (abundancia relativa) de cada uno de ellos. Al analizar la diversidad estructural se debe tener en cuenta el papel que desempeñan los diferentes

elementos de la masa forestal, que depende de las especies presentes, las características del medio físico, la historia de la masa y el tratamiento silvícola.

La distribución espacial de los individuos de una masa está condicionada por la competencia, la asociación, estrategias de regeneración de las especies y las intervenciones en el bosque. Los índices que se usan para describir la distribución espacial de los árboles, hacen hincapié en estos aspectos de la estructura del bosque. Ripley (1987), distingue tres tipos de índices:

- a) Los que se basan en muestreos del número de árboles en parcelas
- b) Métodos del vecino más cercano
- c) Métodos que utilizan datos simulados

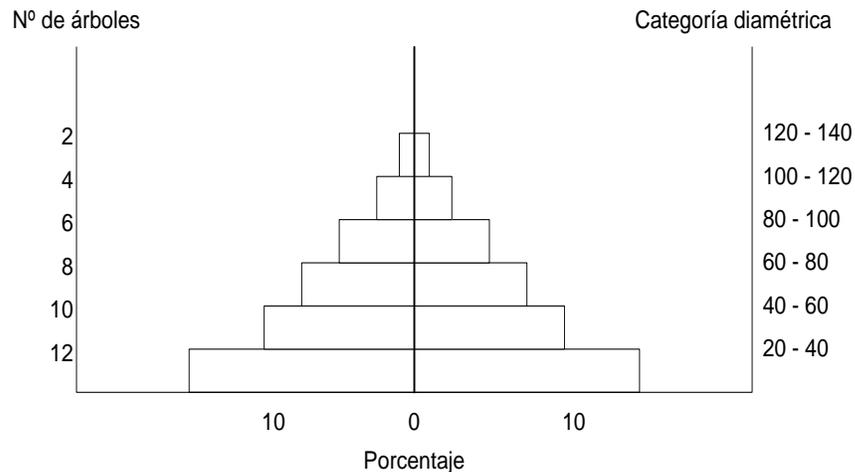
1.3.3 Estructura Cuantitativa

Se puede determinar la estructura diamétrica del bosque en total o por especies, en este caso, se agrupan los árboles por categorías diamétricas con intervalos fijos (por lo general de 10 en 10 cm). La distribución en categorías diamétricas se puede calcular tanto en número de especies como en porcentaje, considerando el número total de árboles encontrados igual al 100%.

Cuadro 3. Clasificación de categorías diamétricas para bosques tropicales, según Lamprecht (1990)

Categoría	DAP (cm)	Clase
0	0 - 10	Repoblación
I	11 - 30	Material joven
II	31 - 60	Material joven a mediano
III	61 - 100	Material mediano
IV	101 - 150	Material maduro
V	151 - 200	Material maduro a sobre maduro
VI	> 201	Material sobremaduro

Figura 5. Pirámide de una distribución diamétrica regular



Según Lamprecht (1990), la estructura diamétrica se puede representar por medio de gráficos en forma de pirámide; para obtener este tipo de gráfico se coloca en el eje horizontal el número de individuos en porcentaje, que ocurre en cada categoría diamétrica y en los ejes verticales el número de individuos en valor absoluto y el rango de la categoría diamétrica. Para que la pirámide quede bien balanceada se acostumbra distribuir, por partes iguales, a uno y otro lado del eje vertical el porcentaje que corresponde a cada categoría. Se dice que una especie tiene estructura diamétrica regular o positiva cuando esta cumple con las siguientes condiciones:

- Que la especie ocurra en cada categoría diamétrica, dentro los límites de su máximo desarrollo.
- Que el número de individuos disminuya invariablemente y de una manera regular, de una clase diamétrica a la próxima superior.

La estructura diamétrica de las especies que cumplen con estas condiciones puede representarse por la pirámide más o menos regular como en la figura 3. Existen otras especies cuya estructura diamétrica no cumple con la segunda condición, al contrario acusan un descenso muy reducido en el número de individuos de una categoría a la próxima superior o esta disminución es nula o tiene lugar parcialmente en las clases inferiores, en tales condiciones, la figura que forma no tiene la base amplia como en

la distribución regular. En este caso, el diagrama típico de la estructura diamétrica tiene la forma de árbol de navidad, denominándose distribución irregular o negativa.

Sobre la base de las categorías diamétricas, se puede determinar el área basal de las especies arbóreas, que luego servirá para estimar el volumen. Por definición, el área basal es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un árbol a una determinada altura del suelo (Matteucci y Colma, 1982). En árboles, este parámetro se mide obteniendo el diámetro o el perímetro a la altura del pecho (DAP a una altura de 1.3 m). En arbustos u otras plantas, que se ramifican desde la base, el diámetro o perímetro se toma a la altura del suelo.

La estimación del área basal se usa generalmente en los estudios forestales, puesto que con otros parámetros, como la densidad y altura, brindan un estimado del rendimiento maderable de un determinado lugar. Cuando se tiene el DAP, el área basal (AB) para un individuo se obtiene de la siguiente manera:

$$AB = \frac{\pi}{4} (dap)^2$$

Donde:

AB = área basal (m²)

dap = diámetro altura pecho (1.30 m)

π = 3,14159

El área basal se puede estimar, rápidamente usando el relascopio de Bitterlich, para ello, se puede construir una vara de 1 m de largo y una pieza transversal colocada al extremo de ésta. El observador sujeta la vara, con la pieza transversal en el extremo opuesto, y mira cada tronco situado alrededor del punto escogido de observación. Se lleva la cuenta de todos los árboles cuyo fuste se observa en la mira y cuyo diámetro excede el ancho de la pieza transversal del relascopio. No se toman en cuenta los árboles de tamaño menor a dicha pieza. El área basal, en m²/ha, es equivalente al número de especies contadas dividido por dos. El área basal se puede calcular, también, mediante un prisma. Este funciona sobre la base del mismo principio que el

relascopio de Bitterlich, pero no requiere la vara. El observador mira los árboles, simultáneamente, a través del prisma y de forma directa; la parte inferior del tronco aparece completa o parcialmente desplazada de la parte superior. Si las imágenes no están completamente desplazadas, se cuenta el árbol observado. El número de árboles contados se multiplica por el factor de área basal (usualmente 10), que depende del ángulo del prisma.

El método fitosociológico no excluye cálculos del volumen de los árboles en pie, puesto que este valor es usado con frecuencia en la estimación de biomasa aérea (Brown, 1995). El volumen de la madera se obtiene a partir del área basal y la altura del árbol. El tronco generalmente tiene forma cónica, por lo tanto, es necesario tomar en cuenta el factor forma en su cálculo. De forma general, el volumen se calcula de la siguiente forma:

$$V = AB * hc * f$$

Donde:

V = Volumen (m³)

hc = Altura del fuste (m)

f = Factor de forma de 0,65

1.4 Índices para evaluar la diversidad de la comunidad vegetal

Los índices han sido y siguen siendo muy útiles para medir la vegetación. Si bien muchos investigadores opinan que los índices comprimen demasiado la información, además de tener poco significado, en muchos casos son el único medio para analizar los datos de vegetación.

1.4.1 Índice de diversidad

Antes empezar a explicar algunas características y cálculos de los índices de diversidad se deben diferenciar dos términos muy usados, parecidos y a veces confundidos, éstos son la riqueza de especies y la diversidad de especies. La riqueza se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo (plantas,

animales, bacterias, hongos, mamíferos, árboles, etc.) existentes en una determinada área. En cambio, la diversidad de especies, en su definición, considera tanto al número de especies, como también al número de individuos (abundancia) de cada especie existente en un determinado lugar. (Mostacedo y Fredericksen, 2000)

En la actualidad, estos índices son criticados por algunos autores, sin embargo, los estudios florísticos y ecológicos recientes los utilizan como una herramienta para comparar la diversidad de especies, ya sea entre tipos de hábitat, tipos de bosque, etc. Normalmente, los índices de diversidad se aplican dentro de las formas de vida (por ejemplo, diversidad de árboles) o dentro de estratos (por ejemplo, diversidad en los estratos superiores, en el sotobosque, etc.). A una escala mayor, no es posible calcular índices de diversidad, ya que aparte de conocer las especies, es necesario conocer la abundancia de cada una de éstas.

Los índices de diversidad son aquellos que describen lo diverso que puede ser un determinado lugar, considerando el número de especies (riqueza) y el número de individuos de cada especie. Existen numerosos índices de diversidad, cada uno con sus ventajas y desventajas. (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Moreno, 2001)

Índice de Shannon-Wiener: Es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad de especies de plantas de un determinado hábitat. Para utilizar este índice, el muestreo debe ser aleatorio y todas las especies de una comunidad vegetal deben estar presentes en la muestra. Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H = -\sum_i^f P_i \ln P_i$$

Donde:

H = Índice de Shannon-Wiener

P_i = Abundancia relativa

\ln = Logaritmo natural

El índice de Shannon-Wiener se puede calcular ya sea con el logaritmo natural (Ln) o con el logaritmo con base 10 (Lg10), pero, al momento de interpretar y escribir los informes, es importante recordar y especificar el tipo de logaritmo utilizado.

Índice de Simpson. El índice de Simpson es otro método utilizado, comúnmente, para determinar la diversidad de una comunidad vegetal. Para calcular el índice de forma apropiada se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = 1 / \sum_{i=1}^f \frac{n_i(n-1)}{N(N-1)}$$

Donde:

S = Índice de Simpson

n_i = número de individuos en la i ésima especie

N = número total de individuos

1.4.2 Índices de similitud

Los coeficientes de similitud han sido muy utilizados, especialmente para comparar comunidades con atributos similares (diversidad Beta). Sin embargo, también son útiles para otro tipo de comparaciones, por ejemplo, para comparar las comunidades de plantas de estaciones diferentes o sitios con distintos grados de perturbación (por ejemplo: bosque perturbado vs. bosque poco perturbado). Existen muchos índices de similitud, pero, los índices más antiguos siguen siendo los más utilizados; entre éstos están el índice de Sorensen, índice de Jaccard y el índice de Morisita-Horn. Los índices de similitud pueden ser calculados en base a datos cualitativos (presencia/ ausencia) o datos cuantitativos (abundancia).

Índice de Sorensen. Este índice es el más utilizado para el análisis de comunidades y permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ ausencia de especies en cada una de ellas.

Índice de Jaccard. Es otro índice que utiliza datos cualitativos. Este índice es muy similar al de Sorensen

Índice de Morisita-Horn. Este índice es calculado en base a datos cuantitativos. Del grupo de los índices basados en datos cuantitativos, este índice es el más satisfactorio

1.4.3 Índice de valor de importancia

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), abundancia y frecuencia. El índice de valor de importancia (IVI) es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. El IVI es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente. Para obtener el IVI, es necesario transformar los datos de cobertura, abundancia y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del IVI debe ser igual a 300, que representa el peso ecológico de la especie dentro de la comunidad vegetal.

CAPÍTULO II

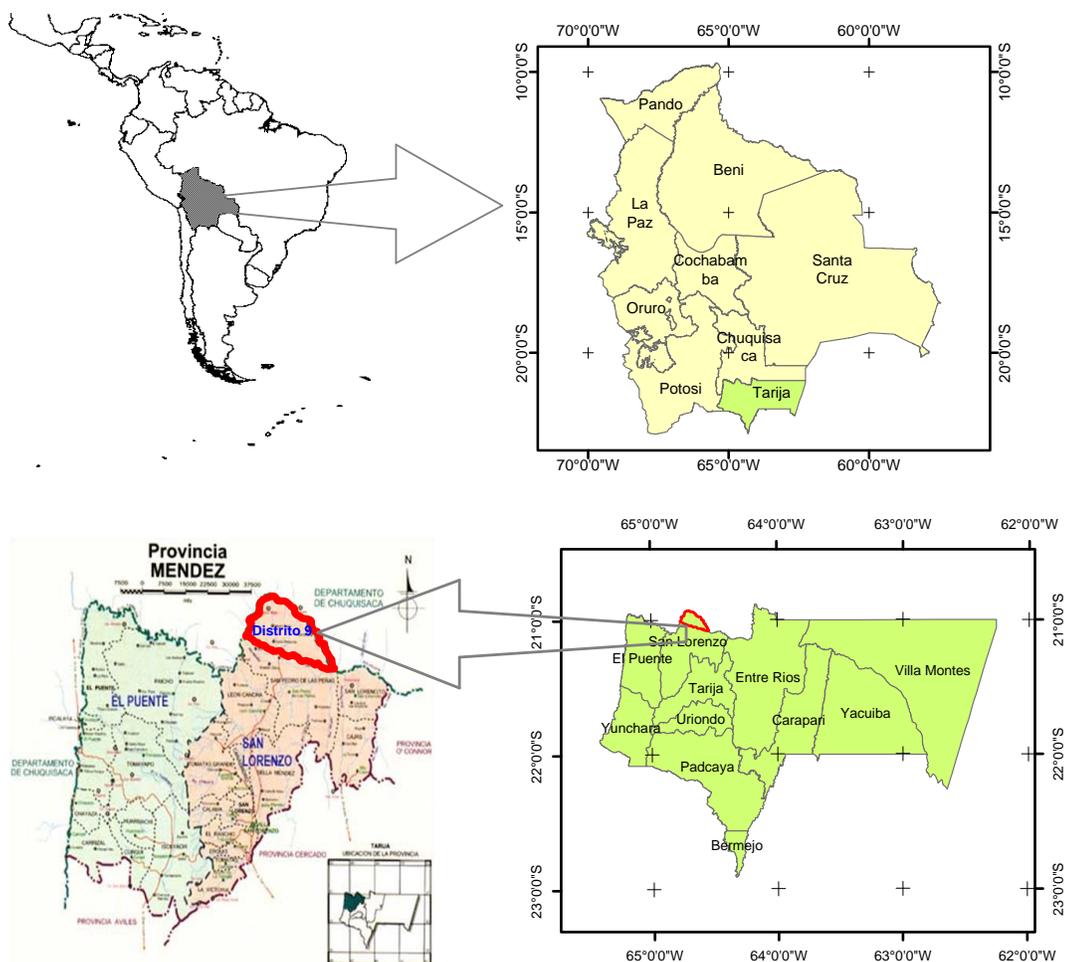
MATERIALES Y METODOS

2.1 Ámbito de Estudio

2.1.1 Localización

La zona del levamiento forestal se halla ubicada en el límite departamental entre la provincia Sud Cinti del Departamento de Chuquisaca, y la provincia Méndez del Departamento de Tarija, cuya altitud oscila entre los 1040 (Río Pilaya) a 3000 m.s.n.m. (Cerro de Alpuhuasi). En una extensión definida por las coordenadas $21^{\circ} 1' 57''$ y $21^{\circ} 9' 4''$ de Latitud Sur, y $64^{\circ} 34' 33''$ y $64^{\circ} 46' 42''$ Longitud Oeste.

Figura 6. Localización del área de estudio



El acceso a la zona de estudio, es a través del camino carretero de tierra San Lorenzo-Carachimayu - León Cancha, desviándose a la altura de la Comunidad de Quirusillas hacia el Noroeste que va a la comunidad de Mandor y el desvío Noreste se llega a la Comunidad de Pampa Grande (Valle del Pilaya). Las condiciones de accesibilidad a estas comunidades en su mayoría es de muy difícil acceso sobre todo en época de lluvias, donde los pobladores tienen que caminar en el peor de los casos hasta 6 horas para llegar a su comunidad, uno de los factores que dificulta la accesibilidad de vehículos, es la topografía del terreno.

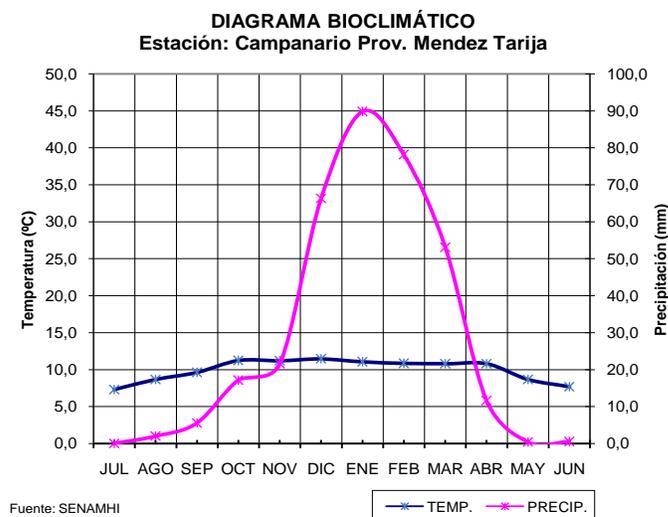
2.1.2 Clima

La región tiene clima cálido desértico en límite con el departamento de Chuquisaca, caracterizado por tener temperaturas relativamente altas, en rangos de altitud de 1200 a 1400 msnm., mientras el clima frío árido se ubica entre las alturas de 2000 a 3000 msnm, cuyas temperaturas varían de 14 ° a 16° C. De acuerdo a la clasificación de Holdridge la zona corresponde a clima templado de monte espinoso y bosque seco templado. (Unzueta, 1975)

La estación Campanario (parte alta) registra un promedio de temperatura media anual de 9,9° C y una precipitación anual de 346,2 mm. El balance hídrico indica 8 meses de déficit hídrico y únicamente 4 meses de lluvia. El registro del viento es un factor variable, teniendo una velocidad promedio anual de 13,6 Km/hr; los meses con mayor intensidad del viento son de Mayo a Septiembre con una velocidad que oscila de 10,2 a 13,6 Km/hr. La dirección del viento, no es predominante, sino que es una variable cambiante, teniendo direcciones de NS y SW. (PDM, 2008)

De acuerdo a ZONISIG (2001), el área comprendida en la zona de estudio, corresponde a la unidad climática cálido, ubicada en la parte norte del municipio de San Lorenzo (límite con el departamento de Chuquisaca), esta se caracteriza por tener temperaturas relativamente altas, reportando rangos de altitud comprendidos entre 1200 a 1400 msnm, y alcanza un índice de Lang de 15, lo que le da un clima Cálido desértico.

Grafico 1. Diagrama climático de la estación meteorológica Campanario, Provincia Méndez.



2.1.3 Geología y Suelos

Las unidades tectónicas correspondientes a la cordillera oriental de los Andes al ingresar al Departamento de Tarija, se caracterizan por su aspecto masivo, fuertemente disectada con rumbo dominante de norte-sur que da origen a profundos valles estrechos. En general las rocas constituyentes están fuertemente plegadas y deformadas, falladas y tectonizadas como consecuencia de los eventos geológicos a las que estuvieron sometidos. De acuerdo al mapa geológico editado por SERGEOMIN (1979) en la zona de estudio, participan los sistemas geológicos Ordovícico al Oeste, constituido por lutitas, areniscas y limolitas, y devónico en el extremo Este con orientación norte-sur.

Los suelos de esta zona pertenecen a la consociación leptosol, distinguiéndose dos unidades de terreno, el valle de abanico aluvial con disección moderada y las serranías con disección fuerte. La unidad Abanico Aluvial se presenta en los ríos temporales de causas amplios que confluyen al río Pilaya, estas áreas están

constituidas por material sedimentado debido a la descarga del material que baja de las Serranías Altas consecuencia del transporte y erosividad de los cursos de agua. Los suelos de los abanicos aluviales, presentan topografía fuertemente ondulada (14 - 16%), la pendiente es convexa en su generalidad, la textura de estos suelos predominantemente es franco arcillo limoso en su capa superficial y franco arcilloso en el interior. (PDM SL, 2008)

En las Serranías Altas con Disección Moderada se distinguen subpaisajes de Cima, Pendiente Superior, Pendiente Media y Pendiente Inferior. En esta unidad de terreno las serranías son de formas elongadas con cimas subredondeadas, irregulares y divisoria de aguas perfectamente discernibles. En general las pendientes generalmente son mayor a 60%, los suelos son superficiales y con afloramientos rocosos por lo que tienen uso restringido. El material parental del cual se origina y constituye esta unidad de terreno corresponde principalmente a rocas sedimentarias del grupo clástico como: areniscas, limonita, arcillita y lutita. (PDM SL, 2008)

2.1.4 Hidrografía

En el área se observa la presencia de varios ríos afluentes al Río Pilaya, que atraviesan de Sur a Norte hasta desembocar en el cauce principal que a su vez es afluente del río Pilcomayo. Entre los ríos de mayor importancia se tienen: Río San Pedro, Río La Hoja, Río Nogal, Río Temporal, Río Astillero, Río Padilla, Río Melón Pujio, Río Mandor y numerosas quebradas menores de aguas efímeras cuyos cauces crecen en época de lluvias.

Los regímenes de escurrimiento de estos ríos siguen el régimen de precipitaciones. El caudal del río principal empieza a aumentar desde el mes de octubre y alcanza su máximo en el mes de febrero, para luego descender más tarde. El periodo de estiaje es largo y los ríos menores pierden su caudal, por tanto, el régimen hidrológico es irregular y torrencial con gran poder erosivo.

2.1.5 Aspectos Socioeconómicos

Las actividades económicas productivas más importantes desarrolladas por las familias de la zona, son la agricultura y la ganadería; además, la población desarrolla otras actividades como fuentes alternativas de ingresos, tales como la prestación de servicios en los centros urbanos y otra parte de la población migra a la Argentina.

El Diagnostico Integral efectuado por el Municipio de San Lorenzo (2008) indica para esta región una densidad poblacional de 5 y 7 habitantes/km², siendo la agricultura, la actividad productiva más importante, tanto desde el punto de vista de la seguridad alimentaria de las familias, como de la generación de ingresos. La segunda actividad a la que se dedica la población del lugar, como fuente generadora de ingresos, es la ganadería de tipo extensivo con poco manejo silvopastoril. El tipo de ganado más común en orden de importancia es caprino, ovino, vacuno, porcino y aves de corral. Los cultivos en las tierras altas son mayoritariamente a secano, de los que se destacan papa, maíz, trigo, arveja, haba, avena mientras que los terrenos ubicados en las terrazas aluviales como es el caso de la comunidad de Pampa Grande se incorporan a la producción agrícola diversas hortalizas y frutales como durazneros, palta, cítricos y caña de azúcar. (PDM-SL, 2008)

2.2 Materiales y Métodos

2.2.1 Materiales

Para la ejecución de este trabajo se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Cartas topográfica escala 1:50000
- Diversos mapas del área
- Imagen satelital
- Computadora
- Material de escritorio
- GPS (Sistema de Posicionamiento Global)
- Brújula
- Planillas de campo
- Tablero
- Cinta métrica de 25 m.
- Cuerdas de 50 m.
- Flexómetro
- Cinta flageen color naranja
- Machetes
- Lapiceras y lápices

- Clinómetro
- Vehículo de apoyo y otros.

2.2.2 Métodos

2.2.2.1 Cartografía de las unidades de vegetación

La generación de cartografía temática se realizó empleando técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Para este cometido, en base a la imagen de satélite Cbers y con el programa ILWIS Versión 3.2, se realizó el análisis visual y radiométrico y en base a las diferencias de reflexión se clasificó las coberturas vegetales, luego de georeferenciar la imagen se hizo la validación y comprobación de campo transfiriendo esta información a un mapa base, con sus respectivas delimitaciones, para luego confeccionar el mapa de vegetación empleando la leyenda fisonómica estructural de UNESCO.

Se empleó la clasificación de UNESCO por ser de carácter fisonómico estructural que describe la vegetación con todos sus aspectos inherentes tal como se encuentra en el momento de observarla, donde las unidades de vegetación se ordenan jerárquicamente en clases de formaciones diferenciadas por el espaciamiento y la altura de las plantas dominantes, aspectos que son considerados en un estudio fitosociológico.

2.2.2.2 Levantamiento fitosociológico

En el levantamiento o inventario fitosociológico se dio mayor énfasis a la estimación de la dominancia de especies por medio de la cobertura, aplicando el método propuesto por Braun Blanquet. La ventaja de este método es la rapidez con que se puede caracterizar y clasificarla vegetación y su desventaja es la subjetividad con que se obtiene la información, además de que se debe conocer bien toda la flora existente en la zona de muestreo. Lo primero que se hizo fue identificar áreas homogéneas dentro de los relictos boscosos. Posteriormente, se procedió a realizar el inventario de las especies que existían en el bosque y con esta información, se determinó las variables cualitativas y cuantitativas de cada una de las especies del área inventariada, respaldado en la técnica descrita por Mostacedo (2000). Para fines de esta

investigación, se adoptó a la población como homogénea con el fin de considerar a la muestra como el conjunto de elementos constituyentes de una población estable, aunque el problema de importancia en estadística es determinar qué tipo de variables de la población pudieran lograrse por muestreo, que en la práctica por razones económicas y logísticas el muestreo es una técnica válida en trabajos forestales.

Con esta aclaración, luego de analizar los tipos de muestreo forestal, se tomó la decisión de utilizar el muestreo sistemático, respaldado por las normas técnicas de la actual normativa forestal, además, el muestreo sistemático permitió distribuir las parcelas en el terreno de manera uniforme y con un mismo intervalo, a lo largo de los transectos. Una vez que se estableció la primera parcela, se localizó sus coordenadas con GPS, la posición de las restantes parcelas fue predeterminada en función a la intensidad y a la superficie del bosque, determinada en el mapa de vegetación.

Para que el muestreo sea representativo y para que los datos tengan una distribución normal, lo ideal sería realizar el mayor número de muestreos, aunque existen algunos métodos matemáticos para determinar el número de unidades muestrales, generalmente existen limitaciones financieras y de tiempo para realizar el número adecuado de muestras. En estudios sobre ecología se debe muestrear el mayor número de unidades muestrales y los criterios que se consideraron para determinar el tamaño de la muestra fueron: la relación entre la superficie a muestrear y la superficie total, y la homogeneidad espacial de la variable o población a estudiarse.

El número de muestreos aumenta mucho más cuando las variables de estudio son heterogéneas. Ante esta situación, los ecólogos utilizan ciertas herramientas para mantener la representatividad en sus estudios y para evitar gastos excesivos en tiempo y dinero tratando de cumplir, estrictamente, los requerimientos estadísticos.

Con estos criterios técnicos, el levantamiento de datos en el campo, se realizó empleando la técnica de promedio recorrido en una estimación preliminar, para calcular el promedio por cada muestra adicional. Al adicionar las primeras muestras, los promedios son muy variables entre sí, pero, a medida que se va adicionando más

muestras el promedio tiende a estabilizarse. Cuando el promedio tendió a estabilizarse, se asumió que el muestreo como representativo.

Por otra parte, el empleo de la técnica conocida como: curva especie-área es una gráfica que permite visualizar la representatividad de un muestreo. Una curva similar, denominada especie-distancia, también se utiliza cuando el muestreo se realiza con el método de transectos, estas dos curvas son muy útiles para definir el área mínima de muestreo, tomando en cuenta que se evaluará el mayor o total número de especies. Cuando la curva tiende a mantenerse horizontal, ésta indica que el número de especies se mantendrá aunque aumente el tamaño de muestreo.

En el caso particular de esta investigación, se empleó la intensidad mínima del muestreo que se determinó en función de la superficie total del área a inventariar, aplicando la siguiente relación:

$$\text{Intensidad de muestreo} = \frac{\text{Área total de parcelas}}{\text{Área total de los relictos boscosos}} * 100$$

Para cada muestra o parcela del inventario, se ha incluido información útil para su posterior análisis. Esa información se conoce como “cabecera de inventario”. La cabecera de inventario incluyó: fecha, datos de la zona, la localidad, las coordenadas GPS, el área prospectada en m², la altitud, la orientación (exposición) y pendiente del terreno, y el número de orden de las parcelas del inventario en cuestión. Además, se valoró el porcentaje de cobertura y abundancia, empleando los valores propuestos por Braun Blanquet.

2.2.2.3 Proceso de tabulación fitosociológica

Con objeto de determinar parámetros fitosociológicos del bosque, se efectuaron las siguientes operaciones:

1. Confección de la tabla inicial: (especies / muestras). Sumar el número de especies de cada parcela hacia abajo.
2. Cálculo de frecuencia absoluta: Para esto, se suma hacia el lado los casilleros ocupados por la especie.

3. Cálculo de frecuencia total: Sumatoria hacia abajo de todas las frecuencias.
4. Cálculo de porcentaje de frecuencia: Porcentaje de parcelas ocupadas por la especie.
5. Construir histograma de frecuencia.
6. Cálculo de frecuencia relativa. Este valor explica la presencia de cada especie con respecto al total de ellas en la tabla de vegetación. Se calcula dividiendo la frecuencia absoluta de cada especie por la frecuencia total, multiplicando por cien.
7. Cálculo de cobertura absoluta: Se suma hacia el lado de la cobertura de cada especie
8. Cálculo de cobertura total: Sumatoria hacia abajo de la cobertura de todas las especies.
9. Cálculo de cobertura relativa: Se divide el valor de cobertura absoluta de cada especie, por el valor de cobertura total, multiplicado por 100.
10. Cálculo de Valor de Importancia de cada especie: Se obtiene sumando frecuencia relativa + cobertura relativa.
11. Confección de ficha para cada especie indicando: Nombre científico, Frecuencia y Valor de Importancia.
12. Ordenar las fichas de mayor a menor frecuencia, y dentro de una misma frecuencia, ordenar de mayor a menor valor de importancia.
13. Construir la tabla de frecuencia: Para construir esta segunda tabla, se listan las especies en el mismo orden en que están ordenadas las fichas. Luego se traspasan las muestras re-ordenandos de acuerdo al número de especies por parcela en forma decreciente. Es decir, el primer lugar en esta nueva tabla ya no lo ocupará la parcela N° 1, sino la muestra que tenga el mayor número de especies, y así sucesivamente. Esta segunda tabla se construye con el objeto de determinar: a) homogeneidad florística y b) número de muestras mínima.
14. Cálculo de índice de homogeneidad: Se calcula como el promedio de la suma de especies de dos muestras contiguas, divididos por el total de especies de la

tabla, multiplicado por cien. Los valores de este índice luego se grafican en una curva de homogeneidad.

15. Graficar curva de homogeneidad. Esta curva indica las variaciones en porcentaje de cada muestra con respecto al número de especies, con lo que se puede inferir el grado de homogeneidad de la comunidad
16. Determinar el número de especies nuevas por levantamiento: Estos valores luego se grafican en la curva especies/muestras.
17. Graficar curva N° especies/muestras: Una vez graficado, se traza una perpendicular al eje X, desde el punto donde la curva tiende a la horizontal (debido a que el N° de especies se hace constante). Esta curva permite determinar el número mínimo de muestras necesarias para captar la o las comunidades presentes en la tabla de vegetación.

2.2.2.4 Caracterización del bosque por variables dasométricas

Las fórmulas empleadas para el cálculo de área basal y volumen, fueron las siguientes:

$$AB = \frac{\pi}{4} (dap)^2$$

Donde:

AB = área basal (m²)

dap = diámetro altura pecho (1.30 m)

π = 3,14159

$$V = AB * hc * f$$

Donde:

V = Volumen (m³)

hc = Altura comercial (m)

f = Factor de forma de 0,65

Además se calculó la estructura diamétrica por tipo de bosque, para caracterizar la composición de cada rodal en los relictos boscosos, adicionalmente se determinó las variables cualitativas del inventario fitosociológico.

2.2.2.5 Caracterización del bosque por indicadores ecológicos

Para caracterizar la estructura horizontal del bosque, se emplearon indicadores ecológicos sobre la base de los datos recolectados en el muestreo, consistente en índices de biodiversidad, índices de distribución espacial de los árboles y cocientes de mezcla.

Al margen de analizar la frecuencia y dominancia, en las tablas e muestreo fitosociológico, se hizo el análisis de abundancia, frecuencia y dominancia por separado para evaluar el peso ecológico de cada especie dentro de la comunidad y se calculó Índice de Valor de Importancia, empleando el método citado por Becerra (1971). El Índice de Valor de Importancia es un parámetro que estima el aporte o significación ecológica de cada especie en la comunidad vegetal. El valor máximo es de 300, cuando más se acerca una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes. Este valor fue calculado para cada especie a partir de la suma de la Abundancia Relativa + Dominancia Relativa + Frecuencia Relativa.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Unidades de vegetación

La vegetación natural en todo paisaje, es la parte más visible del estado de conservación de un ecosistema y de las condiciones ambientales locales, tipo de clima, suelo, humedad, etc. En síntesis refleja la calidad del ecosistema, por ello, la vegetación natural tiene es importante no solo como productor primario de la cadena trófica, sino también por las relaciones que tiene con los componentes bióticos y abióticos del medio, como protectora del suelo, estabilizadora de pendientes, reguladora de la calidad y cantidad de agua, hábitat de la fauna silvestre y otros servicios ambientales.

Bajo estos preceptos conceptuales, como producto de la interpretación de la imagen de satélite, los principales relictos boscosos encontrados fueron:

Bosque ralo mayormente siempre verde semideciduo montano (2A3c); conformado por asociación de Pino de Cerro (*Podocarpus parlatorei Pilger*) y de Guayabos (*Eugenia sp.*), emplazados en fondo de valles estrechos de laderas empinadas. Esta unidad está distribuida a manera de pequeñas asociaciones climáticas, con cobertura variable y densidad mayormente rala, organizados en un dosel interrumpido. El estrato inferior es ralo con arbustos como la muña (*Satureja parviflora Phil. Epling*), caña brava (*Chusquea sp.*), cortaderas (*Cortaderia selloana Asch. et Grae.*), helechos y herbáceas. A pesar del difícil acceso a estos bosques se observa fuerte presión con la extracción selectiva de los mejores ejemplares, lo que está ocasionando un evidente deterioro en la abundancia de pinos y del ecosistema en general, teniendo en cuenta que estas formas especiales se constituyen en hábitat natural de muchas especies animales y vegetales catalogadas como endémicas.

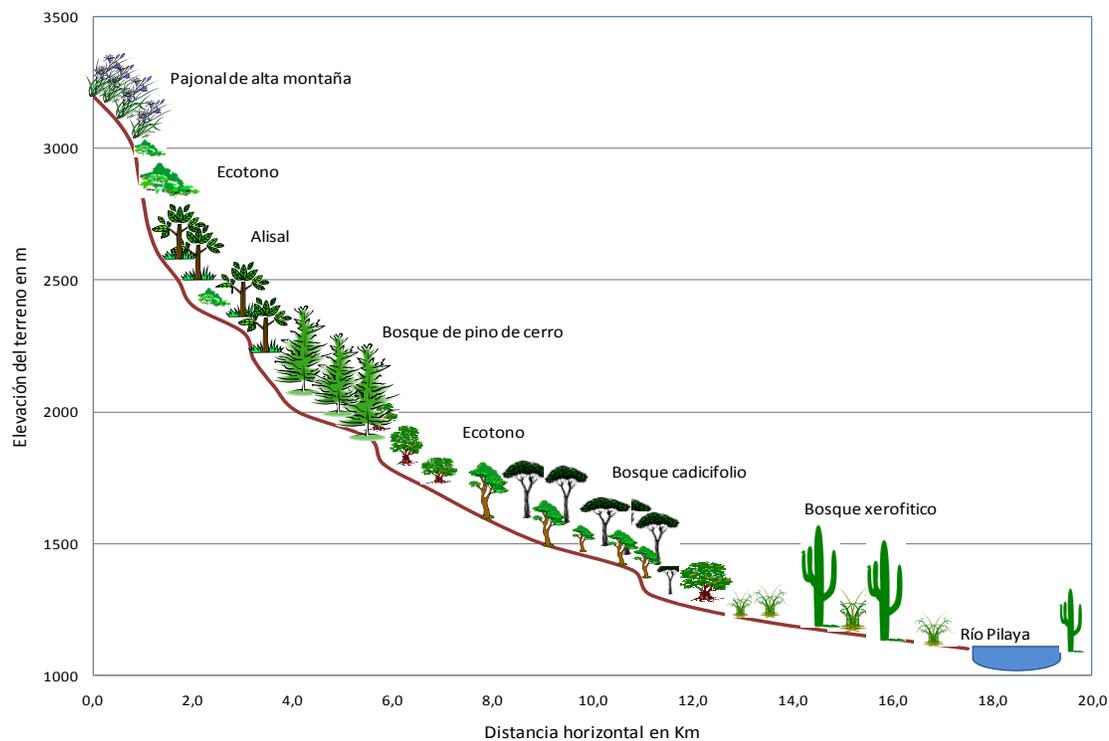
Bosque ralo mayormente caducifolio transicional submontano (2B2b); esta unidad vegetal pertenece a bosques remanentes del Chaco Serrano, emplazado sobre topografía de pendientes abruptas a escarpadas, ubicados en la ladera inferior y media

que forman parte del Valle del Pilaya. Estas asociaciones vegetales denotan ecológicamente zonas de ecotono con presencia de especies propias del Chaco y de valles interandinos, donde se destacan especies como Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco* Schldl.), Soto (*Schinopsis haenkeana* Engl.), Cebil (*Anadenanthera* sp.), Chari (*Piptadenia* sp.). Asimismo, en estos relictos boscosos se encuentran especies maderables de alto valor comercial como el Cedro (*Cedrela* spp.) y la Quina blanca (*Lonchocarpus lilloi* Hassler.), aunque es evidente que esta zona está sometida a una explotación forestal selectiva intensa.

Bosque ralo mayormente caducifolio deciduo por sequía (2B4c); compuesto por asociaciones de aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) que se localizan en laderas escarpadas de serranías altas, que conforman comunidades vegetales casi puras y ocasionalmente acompañadas por Queñua (*Polylepis* sp). Estos bosques se encuentran en el piso ecológico montano donde se concentran masas de aire húmedas que le otorgan la condición de asociaciones atmosféricas. La estructura vertical denota bosques bajos de fustes retorcidos, copas de cobertura rala, demuestran evidente intervención antropica de extracción de leña y pastoreo extensivo. El sotobosque está conformado por arbustos leñosos (tholas y muñas) y herbáceas macolladas (pajonal).

Bosque ralo xeromorfo deciduo por sequía montano (2C4c); que está emplazado en terrazas aluviales paralelas al río Pilaya y en abanicos y lechos de los drenajes principales. En esta comunidad vegetal es común encontrar cactáceas columnares (*Neoraimondia herzogiana*) y árboles representativos del Chaco seco como son el Toboroche (*Chorisia insignis* H.B.K.) y Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco* Schldl.), además de diversas acacias espinosas. El bosque, presenta un solo estrato de árboles aislados, caducifolios con dosel interrumpido y un sotobosque abierto constituido por matorrales espinosos, en donde las especies *Prosopis alba* Griseb. (Algarrobo) y *Acacia caven* (Churqui), constituyen una apariencia xerofítica, aunque, estas especies ofrecen un recurso importante para la alimentación del ganado durante los periodos de invierno y primavera, por su disponibilidad de follaje, hojarasca y frutos, además de otros usos tradicionales.

Figura 7. Perfil de vegetación por pisos ecológicos del valle del río Pilaya.

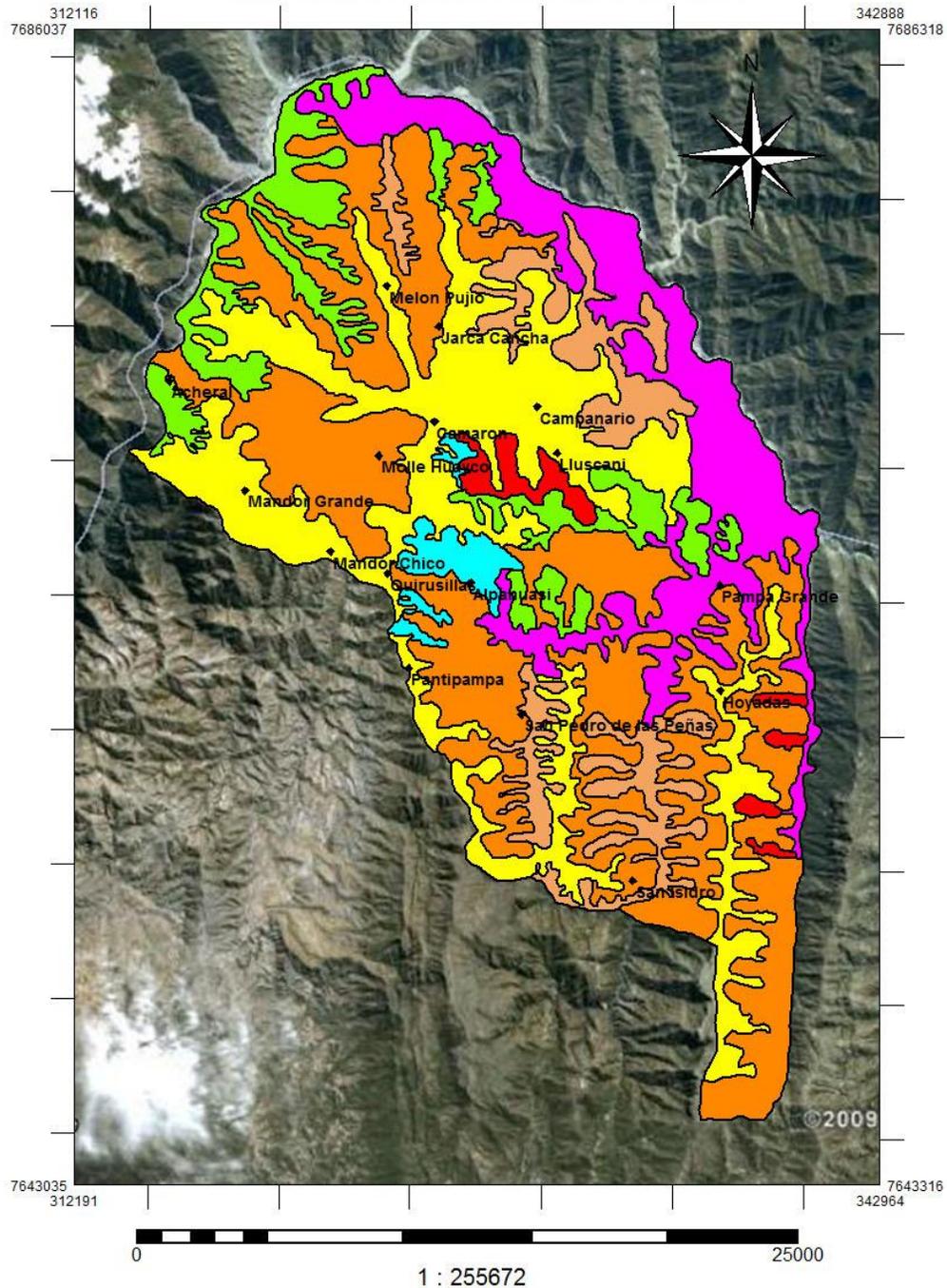


Para fines de esta investigación, se efectuó el análisis en los relictos boscosos de fisonomía y asociaciones vegetales diferenciados y emplazados en los diferentes pisos ecológicos, correspondientes a las comunidades vegetales: Bosque ralo mayormente siempre verde semideciduo montano (2A3c); Bosque ralo mayormente caducifolio transicional submontano (2B2b) y Bosque ralo xeromorfo deciduo por sequia montano (2C4c).

Cuadro 4. Superficie de la cobertura vegetal sometido al análisis fitosociológico

Unidad	Estrato	Área (has)
2A3c	Bosque ralo mayormente siempre verde semideciduo montano	993,6
2B2b	Bosque ralo mayormente caducifolio transicional submontano	5022,1
2C4c	Bosque ralo xeromorfo deciduo por sequia montano	7984,3
	Total	14000

MAPA DE VEGETACION INVENTARIO FITOSOCIOLOGICO



- 1: 2A3c Bosque ralo a semidenso mayormente siempreverde semideciduo montano
- 2: 2B2b Bosque ralo mayormente caducifolio transicional submontano
- 3: 2B4c Bosque ralo mayormente caducifolio deciduo por sequia
- 4: 2C4c Bosque ralo xeromorfo deciduo por sequia montano
- 5: 5F9c Vegetacion herbácea graminoide de baja sinusia arbustiva montano
- 6: 3B3c Matorral ralo mayormente caducifolio semideciduo montano
- 7: 3B4c Matorral ralo mayormente caducifolio deciduo por sequia montano

3.2 Inventario fitosociológico

3.2.1 Tamaño de la muestra

Inventario o censo de vegetación ("vegetation sample" en inglés), es un análisis ecológico de una comunidad vegetal, donde se registra datos fáciles de determinar en terreno. Un inventario fitosociológico se levanta siempre en una comunidad homogénea, no importa donde se ubiquen los cuadrados o las parcelas (muestras), lo importante es que deben ser representativos de las características del rodal. El método fitosociológico suele utilizar el llamado *muestreo preferencial*, en el cual la ubicación de las parcelas (inventarios), es seleccionada de forma subjetiva por el investigador, atendiendo a la fisionomía uniforme de las posibles agrupaciones vegetales.

Para determinar el número de unidades de muestreo, se optó por la técnica del número acumulado de especies nuevas que se incorporan cuando se aumentan las muestras. En el caso del bosque de pinos (2A3c), la grafica muestra la estabilización de 6 a 8 muestras, habiéndose determinado el tamaño de la muestra en 8 parcelas.

Grafico 2. Determinación del tamaño de la muestra en Bosque ralo mayormente siempre verde semideciduo montano

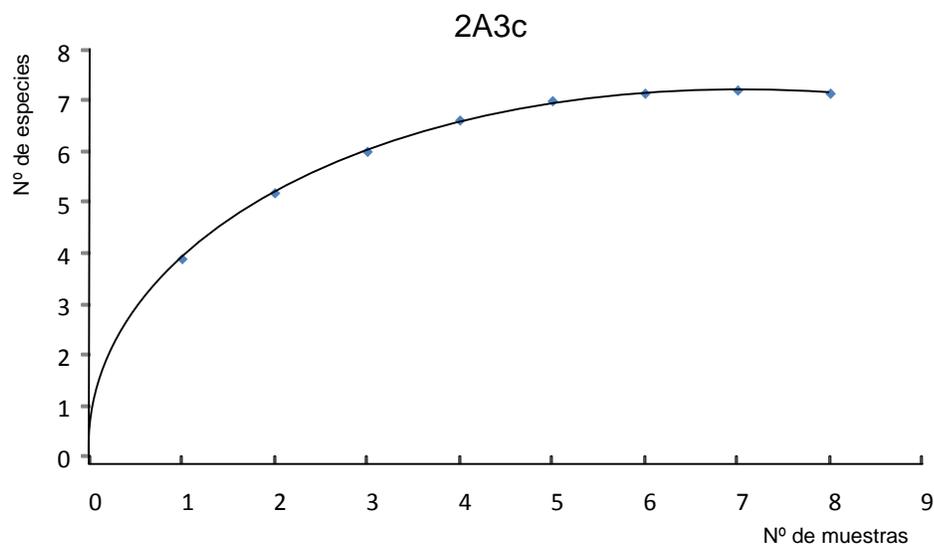


Grafico 3. Determinación del tamaño de la muestra en Bosque ralo mayormente caducifolio transicional submontano.

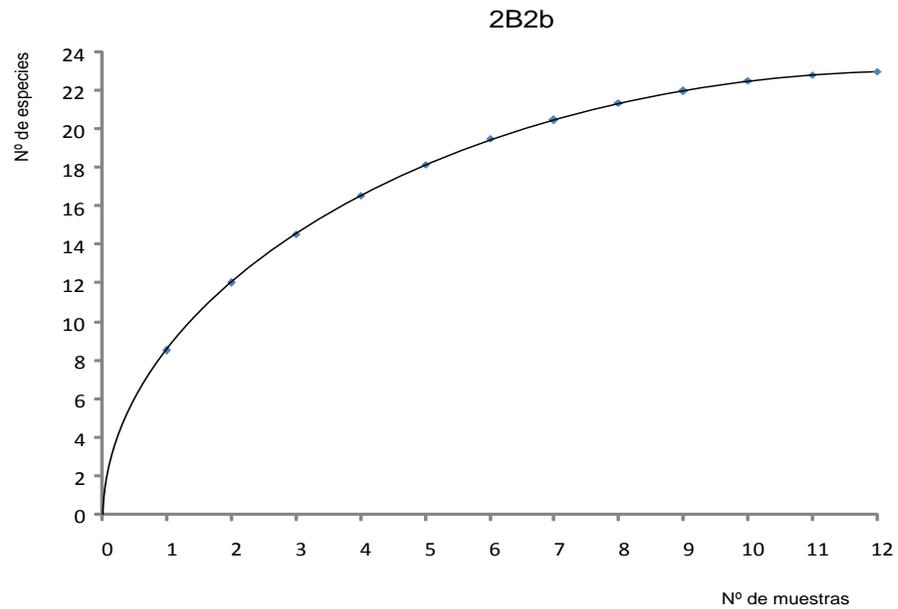
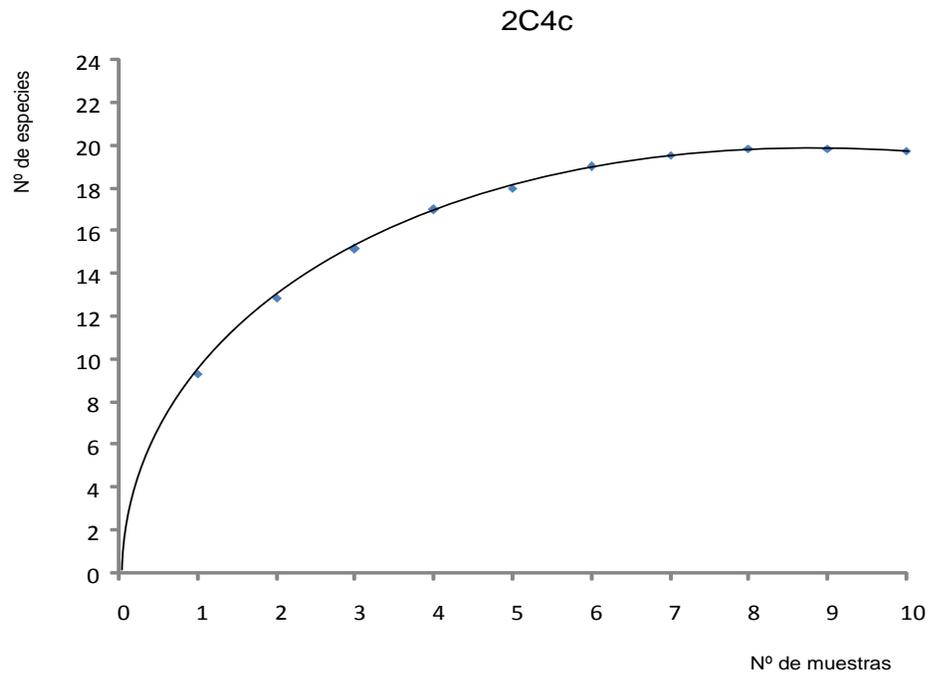


Grafico 4. Determinación del tamaño de la muestra en Bosque ralo xeromorfo deciduo por sequia montano.



Para el bosque caducifolio transicional submontano, la curva se estabiliza entre 10 a 12 muestras y para el Bosque ralo xeromorfo deciduo por sequia la curva manifiesta una homogenización en 8 a 10 muestras. De ese modo, el tamaño de muestra fue 30 unidades para el inventario.

Los cálculos para determinar el tamaño de la parcela, fueron:

Área total de las comunidades vegetales: 14.000 hectáreas

Número de muestras: $8 + 10 + 12 = 30$

Intensidad de muestreo: 0.02 % (aplicado en bosques tropicales, por Fournier)

$$\text{Intensidad de muestreo} = \frac{\text{Area total de parcelas}}{\text{Area total de los relictos boscosos}} * 100$$

$$I = \frac{A_p}{14000} * 100 \qquad A_p = \frac{0.02 * 14000}{100} = 2.8 \text{Has} \approx 3 \text{Has}$$

$$\text{Area de cada parcela} = \frac{3 * 10^4}{30} = 1000 \text{m}^2$$

Por tanto, el tamaño de las parcelas deben ser 20 m de ancho por 50 m de largo.

3.3 Análisis fitosociológico

Durante el levantamiento de la información de campo, se centró la atención a las especies arbóreas y no así a las especies del sotobosque ni del estrato herbáceo. De esta manera en cada comunidad vegetal (tipo de bosque) se anotó para cada especie la importancia ecológica a través del índice de abundancia - dominancia de Braun Blanquet, llamado también magnitud de la especie, de acuerdo al rango del cuadro 2.

3.3.1 Bosque mayormente siempreverde

El Bosque ralo mayormente siempre verde semideciduo montano (Bosque de pinos), presenta poca diversidad florística, que conforman rodales casi puros de *Podocarpus parlatoresi*, con cobertura entre el 50 y 75% (cuadro 5). El valor de importancia de esta especie ocupa el primer lugar en peso ecológico y ocasionalmente se asocia con alisos, arrayanes y guayabos.

Con el propósito de analizar la abundancia, se tomó como referente la clasificación de Staley Chipp citado por Becerra (1971), que indica: 1 Raro; 2 Ocasional; 3 Frecuente; 4 Abundante y 5 Muy Abundante. En este sentido, de acuerdo a las abundancias se agrupan de la siguiente manera:

Cuadro 7. Clasificación de abundancia y densidad de especies del Bosque ralo mayormente siempreverde

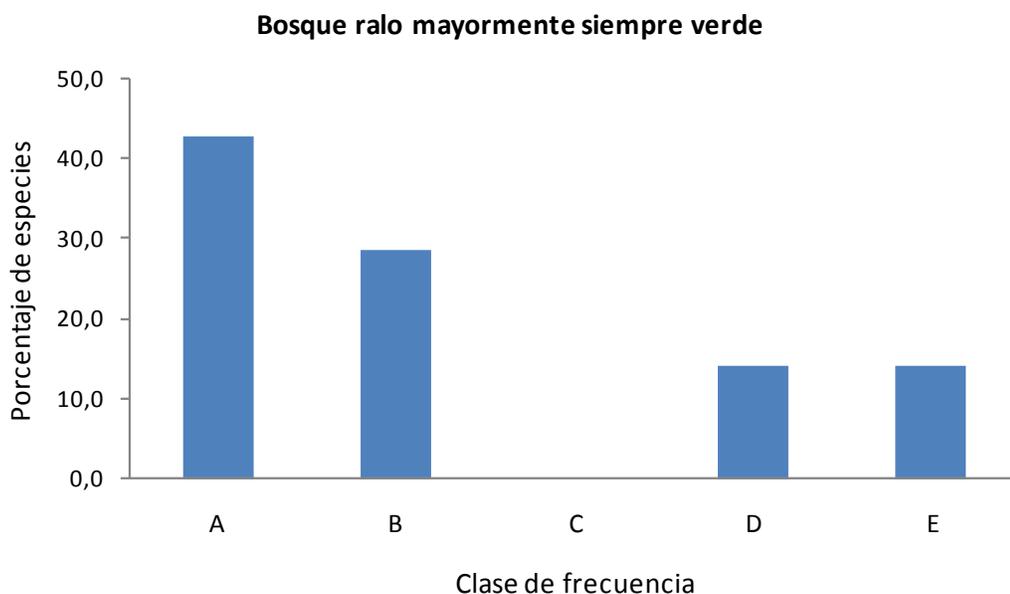
Especies	Clase	Abundancia	Densidad (N° plantas/1000 m²)
<i>Pino</i>	4	Abundante	9.13
<i>Guayabo</i>	3	Frecuente	2.13
<i>Arrayan</i>	2	Ocasional	0.5
<i>Ceibo</i>	1	Raro	0.13
<i>Aliso</i>	2	Ocasional	0.25
<i>Ulupiquillo</i>	1	Raro	0.38

El análisis de la frecuencia ayuda a dar una expresión aproximada de la homogeneidad del rodal, por ello, las frecuencias fueron agrupadas en las siguientes clases:

Clase	Frecuencia	Grado
A	1 – 20%	Muy poco frecuente
B	21 – 40%	Poco frecuente
C	41 – 60%	Frecuente
D	61 – 80%	Bastante frecuente
E	81 – 100%	Muy frecuente

De acuerdo a la gráfica de frecuencias, se observa dos tipos de especies en esta comunidad, aquellas que son poco frecuente y aquellas que son muy frecuentes, denotando de esta manera un rodal homogéneo con predominio de *Podocarpus*.

Grafico 5. Clases de frecuencia para especies del bosque mayormente siempreverde



Cuando se analiza separadamente los valores de abundancia, frecuencia y dominancia, se forma una idea de la estructura del bosque, sin embargo suministran información parcial, por tal motivo se vio por conveniente usar la combinación de estos valores en un índice denominado índice de valor de importancia, que refleja bastante bien la importancia relativa de las diferentes especies de la comunidad.

Cuadro 8. Valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) del Bosque ralo mayormente siempreverde

Especies	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Pino</i>	73,00	42,1	76,19	191,30
<i>Guayabo</i>	17,00	26,3	13,23	56,54
<i>Arrayan</i>	4,00	10,5	2,65	17,17
<i>Ceibo</i>	1,00	5,3	5,29	11,55
<i>Aliso</i>	2,00	10,5	0,00	12,53
<i>Ulupiquillo</i>	3,00	5,3	2,65	10,91

Una vez más queda demostrado el mayor peso ecológico del *Podocarpus parlatorie* en este tipo de bosque, cuyo valor de IVI es influenciado por la abundancia y la dominancia.

3.3.2 Bosque ralo mayormente caducifolio

Esta comunidad vegetal se encuentra en el piso montano, en microclimas condicionados por cañadones profundos en donde se distingue dos estratos arborescentes, uno superior de árboles caducifolios de más de 15 m de altura, con un dosel interrumpido constituidos por *Cedrela sp.* (Cedro); *Lonchocarpus lilloi Hassler.* (Quina blanca), *Anadenanthera macrocarpa Benth.* (Cebil) y *Piptadenia excelsa Griseb.* (Chari) que al mismo tiempo ocupan los primeros lugares de Valor de Importancia. Este bosque presenta otro estrato de árboles pequeños de follaje perennifolio y caducifolio con presencia de algunas epifitas y sotobosque abierto.

Cuadro 9. Valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) del Bosque ralo mayormente caducifolio

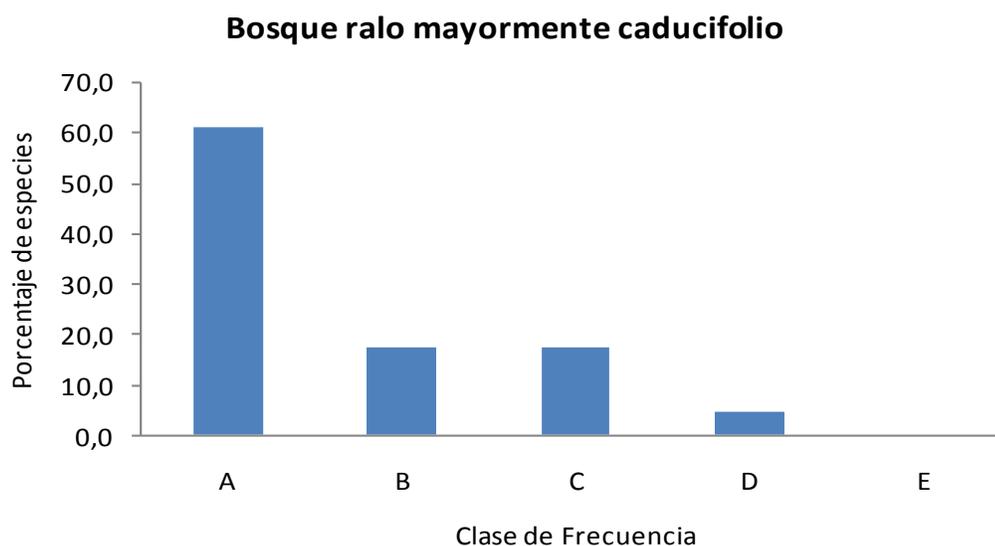
Especies	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Cedro</i>	17,02	8,06	25,00	50,09
<i>Chari</i>	10,64	14,52	11,11	36,27
<i>Soto</i>	7,80	9,68	9,72	27,20
<i>Ceibo</i>	10,64	8,06	11,11	29,81
<i>Tipa</i>	6,38	8,06	8,33	22,78
<i>Quina blanca</i>	5,67	4,84	8,33	18,85
<i>Cebil colorado</i>	7,09	6,45	5,56	19,10
<i>Porotillo</i>	8,51	3,23	5,56	17,29
<i>Mara</i>	3,55	6,45	1,39	11,39
<i>Roble</i>	2,84	1,61	4,17	8,62
<i>Sauco hediondo</i>	2,84	4,84	0,00	7,68
<i>Monte Hoja</i>	2,13	1,61	2,78	6,52
<i>Tala</i>	2,84	1,61	2,78	7,23
<i>Quebracho Bl.</i>	1,42	1,61	2,78	5,81
<i>Coyote</i>	1,42	3,23	0,00	4,64
<i>Jarca</i>	2,13	3,23	0,00	5,35
<i>Guayabo</i>	1,42	3,23	0,00	4,64
<i>Toborocho</i>	0,71	1,61	1,39	3,71
<i>Lulico</i>	1,42	1,61	0,00	3,03
<i>Satajchi</i>	1,42	1,61	0,00	3,03
<i>Higuerilla</i>	0,71	1,61	0,00	2,32
<i>Calapierna</i>	0,71	1,61	0,00	2,32
<i>Garrancho</i>	0,71	1,61	0,00	2,32

El levantamiento florístico ha determinado la presencia de 23 especies arbóreas, denotando alta diversidad florística, y una densidad de 11.75 individuos por muestra (1000 m²) y un promedio de 5 especies diferentes por parcela, lo que confirma la diversidad florística en estos relictos boscosos. Además se pudo encontrar algunos ejemplares propios del bosque seco como Quebracho blanco y Taboroche aunque su presencia es ocasional. Este aspecto, también indica que son bosques de ecotono. (La tabla de inventarios se encuentra en el anexo 1)

De acuerdo a los resultados de índice de Valor de Importancia, el Cedro ocupa el mayor peso ecológico, a pesar de estar sometido a una fuerte extracción selectiva que está poniendo en riesgo el equilibrio ecológico de esta especie, que es considerada como endémica en ecosistemas del Chaco serrano.

Los árboles del dosel superior como Cedro, Chari, Soto, Ceibo y Tipa, son dominantes, mientras que especies ocasionales del estrato inferior como Garrancho, Higuerilla, Calapierna y otros ocupan los valores más bajos de Índice de Importancia.

Grafico 6. Clases de frecuencia para especies del bosque ralo mayormente caducifolio



El análisis de frecuencia, demuestra que se trata de un bosque heterogéneo, sin predominio de especies en la comunidad, tal es así que no hay representantes en la

clase E (Muy frecuente), siendo la clase A (Muy poco frecuente) la que alberga la mayor cantidad de especies forestales, en cambio el grado poco frecuente y frecuente tienen participación equitativa. Por otra parte, estos resultados también muestran que el Cedro tiene menor frecuencia relativa, pero mayor abundancia, eso quiere decir, que su distribución espacial es en manchas confinadas a condiciones ecológicas particulares, en cambio la especie Chari, se encuentra en la mayoría de las muestras denotando plasticidad ecológica.

3.3.3 Bosque ralo xeromórfico decidido por sequia

El bosque que se encuentra en áreas adyacentes al río Pilaya es xerofítico, con un solo estrato de árboles bajos en altura, caducifolios con dosel interrumpido y sotobosque constituido por matorrales espinosos, inaccesible en ciertos lugares, con presencia de *Capparis speciosa Griseb.* (Coca de cabra), *Prosopis alba Griseb.* (Algarrobo), *Zizyphus mistol Griseb.* (Mistol) y cactáceas y bromelias espinosas, que determinan una fisionomía xérica. (La tabla de inventarios se encuentra en el anexo 2)

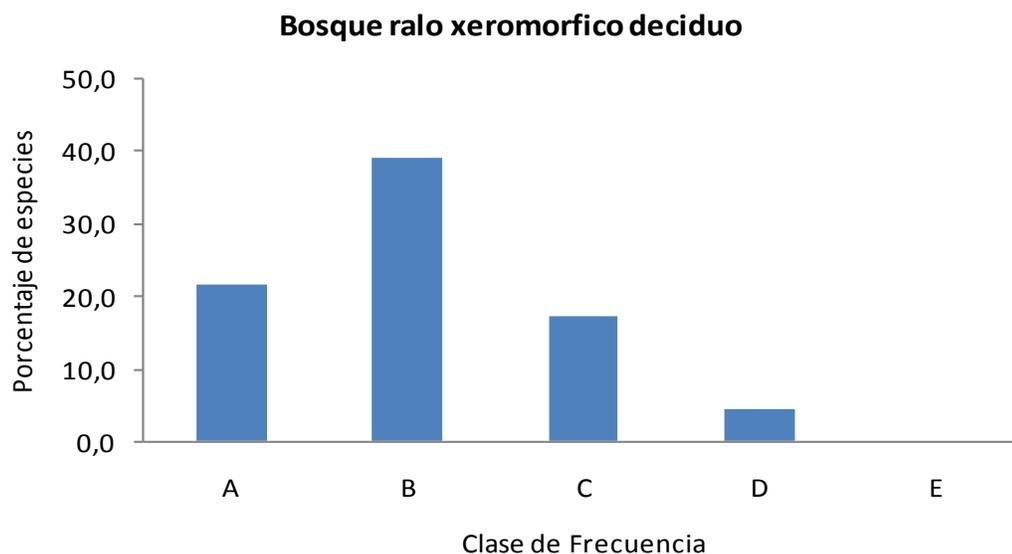
Cuadro 10. Valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) del Bosque ralo xeromórfico decidido por sequia.

Especies	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Algarrobo</i>	18,52	12,50	20,00	51,02
<i>Mara</i>	9,26	10,42	11,11	30,79
<i>Churqui</i>	12,04	6,25	11,11	29,40
<i>Mistol</i>	7,41	8,33	8,89	24,63
<i>Suma lagua</i>	8,33	8,33	8,89	25,56
<i>Quebracho blanco</i>	3,70	4,17	8,89	16,76
<i>Higuerilla</i>	7,41	6,25	4,44	18,10
<i>Cebil</i>	1,85	2,08	6,67	10,60
<i>Algarrobilla</i>	4,63	4,17	4,44	13,24
<i>Chal chal</i>	4,63	4,17	4,44	13,24
<i>Carapari</i>	5,56	8,33	0,00	13,89
<i>Toborocho</i>	0,93	2,08	4,44	7,45
<i>Chañar</i>	4,63	2,08	4,44	11,16
<i>Palo santo</i>	3,70	4,17	2,22	10,09
<i>Coca de cabra</i>	1,85	4,17	0,00	6,02
<i>Tala</i>	1,85	4,17	0,00	6,02
<i>Garrancho</i>	1,85	4,17	0,00	6,02
<i>Ulala</i>	0,93	2,08	0,00	3,01
<i>Cala pierna</i>	0,93	2,08	0,00	3,01

La especie que tiene el mayor peso ecológico es el Algarrobo, seguido por Mara, Churqui y Mistol, mientras que especies como Tala, Garrancho, Ulala y Calapierna, ocupan los últimos valores en el índice de valor de importancia, debido a que estas especies tienen coberturas menores del 5% con respecto a la superficie del terreno, que incide en los valores de dominancia.

En esta unidad vegetal se ha determinado una densidad de 10.9 individuos por 1000 m², y un promedio de 5 especies diferentes por muestra, esto significa que cada individuo ocupa aproximadamente 90 m², es decir, una especie está representada por 6 individuos como promedio, demostrando de igual manera que la unidad anterior elevada diversidad florística.

Grafico 7. Clases de frecuencia para especies del bosque ralo xeromórfico deciduo por sequia



Según este gráfico, se muestra que el 20% de las especies se encuentran en la categoría muy poco frecuente, el 40% de las especies corresponden a poco frecuentes, solo el 5% de las especies es bastante frecuente, y no hay especies con frecuencias mayores del 80%, esto quiere decir, que se trata de una comunidad vegetal con considerable diversidad florística.

3.3.4 Análisis de presencia y fidelidad

La presencia es una medida de la regularidad de distribución de una especie en diferentes rodales de una comunidad o asociación vegetal. Para determinar la presencia es necesario tener tabulados todos los datos de las especies presentes en los diferentes rodales, luego se calcula este valor en porcentaje, al dividir el número de muestras en que ocurre una determinada especie por el número total de muestras y multiplicando el resultado por cien. Estos valores se simplifican por medio de la escala de presencia propuesta por Braun Blanquet.

Índice	Porcentaje de presencia
I	1 – 20%
II	20.1 – 40%
III	40.1 – 60%
IV	60.1 – 80%
V	80.1 – 100%

La fidelidad se usa para determinar las especies características de la asociación, es decir, la fidelidad es la exclusividad o grado en que una especie se desarrolla en una o pocas asociaciones. La escala más usada es la siguiente:

Valor	Carácter
5	Especie exclusiva (característica) , confinada a una sola comunidad vegetal o grupo de comunidades
4	Especie selectiva , con clara preferencia por una determinada comunidad vegetal
3	Especie preferente , que aunque se presenta en varias comunidades, es más abundante o presenta mayor vitalidad en el que es objeto de estudio
2	Especie compañera , indiferente, sin una preferencia marcada por ninguna comunidad vegetal
1	Especie accidental , que tiene claramente su óptimo en otra comunidad

Para determinar estos indicadores ecológicos, se empleó las especies encontradas en el bosque caducifolio y en el bosque xerofítico por encontrarse geográficamente adyacentes, como se muestra en el mapa de vegetación.

Cuadro 11. Riqueza de especies forestales e índice de presencia

Nº	Especie	Nombre científico	Familia	Presencia	
				2B2b	2C4c
1	AlgarroBILLA	Caesalpinia paraguariensis Burkart	CAESALPINIACEAE	-	II
2	Cala pierna	Cochlospermum tetraporum Hallier	COCHLOSPERMACEAE	I	I
3	Caraparí	Neocardenasia herzogiana Backeb.	CACTACEAE	-	III
4	Cebil colorado	Anadenanthera colubrina(Vell.Conc.)	MIMOSACEAE	II	I
5	Cedro	Cedrela sp.	MELIACEAE	III	-
6	Ceibo	Erythrina crista-galli L.	FABACEAE	III	-
7	Chal-chal	Allophylus edulis (St. Hil.) Radlkofer	SAPINDACEAE	-	II
8	Chañar	Geoffroea decorticans Burkart	FABACEAE	-	I
9	Chari	Piptadenia viridiflora (Kunth) Benth	MIMOSOIDEAE	IV	-
10	Churqui	Acacia caven (Mol.) Hook.& Arn.	MIMOSACEAE	-	II
11	Coca de cabra	Capparis speciosa Griseb.	CAPPARACEAE	-	II
12	Garrancho	Acacia sp.	MIMOSACEAE	I	II
13	Guayabo	Eugenia sp.	MYRTACEAE	I	-
14	Higuerilla	Oreopanax sp.	ARALIACEAE	I	I
15	Jarca	Acacia visco Lorentz ex Griseb.	MIMOSACEAE	I	-
16	Lulico	Lithraea sp.	ANACARDIACEAE	I	-
17	Mara	Loxopterygium sp.	ANACARDIACEAE	II	III
18	Mistol	Ziziphus mistol Griseb.	RHAMNACEAE	-	III
19	Monte hoja	Capparis sp.2	CAPPARACEAE	I	-
20	Palo santo	Bulnesia sarmientoi Lorentz	ZYGOPHYLLACEAE	-	II
21	Porotillo	Peltophorum dubium (Sprengel)Taub.	CAESALPINIACEAE	I	-
22	Quebracho bl.	Aspidosperma quebracho-blanco Schidl.	APOCYNACEAE	I	II
23	Quina blanca	Lonchocarpus lilloi (Hassler)Burk.	FABACEAE	II	-
24	Roble	Amburana cearensis A.C. Smith	FABACEAE	I	-
25	Sataschi	Acacia sp.2	MIMOSACEAE	I	-
26	Sauco hediondo	Fagara coco (Gillies & A.) Engler	RUTACEAE	II	-
27	Soto	Schinopsis sp.	ANACARDIACEAE	II	-
28	Sumalagua	IND.	IND.	-	II
29	Algarrobo	Prosopis alba Griseb.	MIMOSACEAE	-	III
30	Tala	Celtis spinosa Spreng.	ULMACEAE	I	II
31	Tipa	Tipuana tipu(Benth.) Kuntze	FABACEAE	III	-
32	Toborochi	Chorisia speciosa A. St. Hil.	BOMBACACEAE	I	I
33	Ulala	Cereus sp.	CACTACEAE	-	I

De este cuadro se infiere que existen 3 grupos de plantas, el primer grupo representado por especies exclusivas de una comunidad vegetal, el segundo se tratan de especies que se encuentran en ambas comunidades vegetales, pero sin preferencia

marcada por alguna comunidad y finalmente el grupo de especies accidentales que se encuentran en una de las comunidades pero que se desarrollan con mayor vigor en una de las comunidades. Por ejemplo, el Cedro, Ceibo, Chari y Tipa, son exclusivas del bosque caducifolio, mientras que el Caraparí, Mistol y Algarrobo son exclusivos del bosque xérico. La mayor parte de las demás especies son compañeras en ambas comunidades, finalmente el Quebracho blanco y el Taborochi son especies accidentales en el bosque caducifolio, puesto que su mayor desarrollo se produce en el bosque seco.

Para corroborar la presencia de especies comunes en ambas comunidades se determinó el coeficiente de comunidad expresado en porcentaje de similaridad, usando el coeficiente de Jaccard (I_j)

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a = Número de especies presentes en el sitio A

b = Número de especies presentes en el sitio B

c = Número de especies presentes en ambos sitios A y B.

Aplicado los cálculos con los datos del cuadro 10, se obtiene una similaridad de 47 % entre ambas comunidades vegetales, demostrando que se trata de comunidades diferentes tanto fisonómica como florísticamente.

3.3.5 Posición Fitosociológica

El análisis de la expansión vertical indica la composición florística de los diferentes estratos del bosque, con esta finalidad se determina la posición sociológica de los árboles para ubicarlo según corresponda al estrato superior, estrato medio e inferior. Aplicando la clasificación simple de Lamprecht (1990), con respecto a la estructura vertical se tomó el piso superior (altura > 2/3 de la altura superior del vuelo), piso medio (< 2/3 > 1/3 de la altura superior del vuelo) y piso inferior (< 1/3 de la altura

superior del vuelo). Por tanto, el promedio de altura de los árboles más altos encontrados en el bosque caducifolio fue 18 m, luego la tercera parte será 6 m, de manera que este valor fue el que se usó para dividir los estratos arbóreos.

Cuadro 12. Posición fitosociológica y cociente de mezcla por estrato en el bosque caducifolio y bosque xerofítico

Estrato	Bosque caducifolio					Bosque xerofítico				
	N° árboles/Ha		Especies = 23		Cociente de mezcla	N° árboles/Ha		Especies = 19		Cociente de mezcla
	Abs.	%	Num.	%		Abs.	%	Num.	%	
PI	16	14.18	16	70	1/7	85	74.07	18	95	1/6
PM	38	33,33	18	78	1/6	30	25.93	8	42	1/14
PS	59	52.48	11	48	1/10	0	0	0	0	0

PI: Piso inferior con árboles menores a 6 m de altura.

P2: Piso medio con árboles > 6 m y < 12 m de altura.

P3: Piso superior con árboles mayores a 12 m de altura

El bosque caducifolio, presenta el mayor número de árboles y especies en el estrato superior, esto significa que el 52.48% de las árboles son dominantes y codominantes. En cambio el bosque xerofítico el paisaje está dominado por árboles con alturas menores a 12 m, esto coincide con la apreciación visual de campo con respecto al grado de intervención humana y fisionomía de bosque ralo xerófilo. En todo caso, el estrato inferior o suprimido, está ocupado por árboles característicos que no sobrepasan al estrato superior por su misma ecología y forma de vida que conforma el sotobosque.

Los valores de cociente de mezcla, muestran que en el bosque caducifolio el estrato inferior y medio están ocupados por la mayoría de las especies, mientras que el dosel superior está representado por aproximadamente 10 individuos por especie, de modo que el 48% de las especies que conforman los árboles dominantes y codominantes ocupan la posición sociológica superior, por su parte el bosque xerofítico el 95% de las especies encontradas corresponden al estrato inferior.

3.3.6 Índice de Biodiversidad

Analizar la biodiversidad resulta muy conveniente en los tiempos actuales en donde los ecosistemas naturales están sometidos a cambios acelerados por la acción del hombre, ya que un simple listado de especies para una determinada zona ya no es suficiente, por esta razón se ha visto por conveniente calcular la diversidad alfa. Entendiéndose como diversidad alfa a la riqueza de especies de una comunidad vegetal considerada homogénea.

Hay varios índices de biodiversidad, siendo el índice de Shannon-Wiener, uno de los más utilizados para determinar la diversidad de especies de un determinado hábitat, cuya manera de cálculo se detallo en el capítulo de revisión bibliográfica.

Cuadro 13. Diversidad florística del estrato arbóreo de los relictos boscosos del valle del río Pilaya

Parámetro	Índice
Riqueza (especies/Localidad)	33
Índice de Shannon – Wiener (H)	1.41
Log (P _i)	-64.8301
Varianza de Shannon	0.00608

Cuando los valores de índice de biodiversidad de Shannon Wiener se aproximan a 3, demuestran alta complejidad en la comunidad, en nuestro caso, el índice de diversidad de Shannon Wiener, reporta un valor de 1,41 que aproximadamente es la mitad de 3, por tanto, en los relictos boscosos analizados, existe una moderada complejidad florística, como se muestra en el cuadro 13.

3.3.7 Distribución Espacial de Arboles

Las comunidades vegetales presentan una estructura espacial determinada, la que varía a lo largo de su desarrollo, tanto vertical como horizontal. Estas transformaciones son producto de cambios en las condiciones ambientales debidas a situaciones y a diferentes tipos de alteraciones naturales o antrópicas. Los individuos

de una comunidad forestal se distribuyen sobre la superficie del suelo siguiendo algún patrón, el que depende de la especie, edad y las interrelaciones con el medioambiente.

Existen diversas metodologías para determinar patrones de distribución espacial y uno de estos es el grado de agregación de Mc Guinness que consiste en aplicar la relación de densidad observada entre la densidad esperada, para luego comparar con la siguiente escala: $IGA_i < 1$: distribución uniforme; $IGA_i = 1$: distribución aleatoria; $1 < IGA_i \leq 2$: tendencia al agrupamiento e $IGA_i > 2$: distribución agregada o agrupada.

Cuadro 14. Grado de agregación según Mc Guinness para las principales especies del bosque caducifolio

Especie	N.C.	N.A.	F (%)	d	D	Ga	Distribución
Cedro	5	24	41,7	0,539	2,000	3,711	agregada
Roble	1	4	8,3	0,087	0,333	3,831	agregada
Cebil colorado	4	10	33,3	0,405	0,833	2,055	Tendencia al agrupamiento
Mara	4	7	33,3	0,405	0,583	1,439	Tendencia al agrupamiento
Quina blanca	3	8	25,0	0,288	0,667	2,317	agregada
Soto	6	11	50,0	0,693	0,917	1,322	Tendencia al agrupamiento

Estos resultados muestran que las especies Cedro, Roble y Quina blanca se distribuyen en el espacio de manera agregada o formando manchones, cuya distribución está condicionada a los factores de microambientales que le otorgan los cañadones angostos premontanos. Por su parte, las especies Cebil, Soto y Mara muestran tendencia al agrupamiento, este comportamiento se explica que el establecimiento de estas especies forestales, está condicionada a la variabilidad en la calidad de sitio dentro de la comunidad vegetal. Comparando estos resultados con los resultados fitosociológicos, se corrobora que los resultados obtenidos a través del método analítico se demuestran la relación ecológica de las especies con su medio ambiente, aspecto que no se podría haber logrado tan objetivamente únicamente con los datos individuales del levantamiento forestal.

3.4 Resultados dasométricos

3.4.1 Variables cuantitativas

El bosque caducifolio, presenta un promedio de 113 arboles /hectárea que se traduce en 17,09 m² /ha de área basal y 76,7 m³/ha en volumen de árboles en pie. La estadística descriptiva de los parámetros dasométricos, muestra que el volumen presenta el mayor coeficiente de variación, ya que sus valores varían de 2.74 m³ a 242.21 m³, esto está relacionado con la abundancia de individuos en las unidades de muestreo, es decir, en algunas zonas se han encontrado 60 arboles/ha, mientras que en otros lugares reportan un promedio de 240 arboles/ha, siendo los ejemplares de Cedro y Chari los que presentan diámetros (DAP) mayores a 80 cm, que hacen subir considerablemente el volumen por hectárea, aspecto que es reflejado en el cuadro 15.

Cuadro 15. Estadística descriptiva de parámetros dasométricos del inventario fitosociológico del bosque caducifolio

Resumen	Nº arb/ha	AB/Ha (m ²)	Vol/Ha (m ³)
Media	112,94	17,09	76,74
D.E.	45,11	11,02	65,98
Var(n-1)	2034,56	121,47	4353,08
E.E.	10,94	2,67	16
CV	39,94	64,49	85,97
Mín	60	1,26	2,74
Máx	240	37,79	242,21
Asimetría	1,49	0,44	1,09
Kurtosis	3,02	-0,74	0,91

Por su parte, el bosque xerofítico del Valle del Pilaya, reporta un promedio de 115 individuos por hectárea, pero su composición florística está constituida por arboles pequeños con fustes de calidad 3, raquíuticos y sin valor comercial, aspecto que es reflejado en el valor del volumen de 7.5 m³/ha, para los ejemplares con diámetros superiores a 10 cm. Los resultados del coeficiente de variación son muy elevados,

indicando la amplitud del rango entre los valores máximos y mínimos. Este tipo de distribución, es aceptable por los valores de Error Estándar, puesto que la vegetación natural no se distribuye al azar de manera homogénea sino que sigue patrones ecológicos en función a los nichos ecológicos y al microhábitat, a esto se puede adicionar la intervención humana que altera el paisaje con sus actividades agropecuarias.

Cuadro 16. Estadística descriptiva de parámetros dasométricos del inventario fitosociológico del bosque xerofítico

Resumen	Nº arb/ha	AB/Ha (m ²)	Vol/Ha (m ³)
Media	115	5,33	7,53
D.E.	45,03	3,74	6,56
Var(n-1)	2027,78	14,02	43,09
E.E.	14,24	1,18	2,08
CV	39,16	70,25	87,16
Mín	70	1,37	1,45
Máx	210	13,92	23,67
Asimetría	1,19	1,49	1,87
Kurtosis	0,7	2,26	3,98

3.4.2 Variables cualitativas

La información cualitativa recolectada en el inventario, es útil también para caracterizar los tipos de bosques, que a la postre sirven para tomar decisiones sobre su uso y una de estas es la correlación de la calidad del fuste con los volúmenes existentes en el bosque.

Estos resultados demuestran que el mayor porcentaje de los árboles del bosque corresponde a fustes de calidad 3, (tronco torcido, bifurcado y mal formado), esto puede deberse a la influencia de las pendientes escarpadas del terreno, donde se establecen los relictos boscosos. La calidad 1 en cuanto a volumen, participa con 29% con respecto al total de existencias, esto significa si hipotéticamente se aprovecharía, el 71% del volumen maderable no sería apto para madera aserrada.

Cuadro 17. Abundancia, Área basal y Volumen por calidad del fuste del bosque caducifolio y bosque xerofítico

Clase Diamétrica	N° de Árboles/ha			Area Basal (m ²)/ha			Volumen (m ³)/ha			Totales/ha		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	N° arb	AB(m ²)	Vol(m ³)
10_20	0,37	10,74	34,07	0,00	0,17	0,46	0,01	0,38	0,61	45,19	0,63	1,01
20_30	1,11	10,37	12,22	0,06	0,51	0,60	0,25	1,26	0,92	23,70	1,17	2,42
30_40	3,33	9,63	8,15	0,35	0,97	0,84	1,71	2,64	1,66	21,11	2,17	6,01
40_50	0,74	4,07	3,70	0,11	0,63	0,57	0,65	2,32	1,32	8,52	1,31	4,30
50_60	0,00	2,22	1,85	0,00	0,52	0,46	0,00	2,11	1,54	4,07	0,98	3,65
60_70	0,37	2,22	0,74	0,12	0,72	0,23	0,97	2,47	0,30	3,33	1,07	3,74
70_80	0,00	1,48	0,37	0,00	0,67	0,15	0,00	2,81	0,49	1,85	0,82	3,29
>=80	1,85	2,59	1,48	1,48	1,93	1,16	11,20	10,49	5,00	5,93	4,58	26,69
Total	7,78	43,33	62,59	2,14	6,11	4,48	14,79	24,48	11,84	113,70	12,73	51,11

Cuadro 18. Posición de la copa de árboles del bosque caducifolio y bosque xerofítico

Posición de copa	Bosque caducifolio		Bosque xerofítico	
	N° de árboles/ha		N° de árboles/ha	
	Abs.	%	Abs.	%
Emergente	21	18,58	28	24,35
Dominante	39	34,51	21	18,26
Codominante	26	23,01	38	33,04
Intermedios	23	20,35	25	21,74
Suprimidos	4	3,54	3	2,61
Total	113	100	115	100

La posición de la copa se refiere a la posición de ésta respecto a su exposición a la luz solar. Este parámetro de medición sirve para determinar la estructura vertical del bosque y la posición que se encuentran las especies dentro del bosque y los árboles pueden ser emergentes, dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos. Los árboles del bosque xerofítico emplazados en el Valle del Pilaya presenta la mayor proporción de codominantes, donde el dosel superior es abierto con árboles aislados y presencia de intermedios pertenecientes a las categorías diamétricas menores, en cambio el bosque caducifolio presenta equilibrio en posición de copa de los árboles que conforman el dosel superior.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El Valle del río Pilaya, presentan variabilidad en la vegetación como consecuencia de los cambios climáticos y altitudinales que conjuntamente al efecto de la topografía, da lugar a cambios muy marcados en las comunidades vegetales, mismo que es corroborado con la diversidad florística, los valores cualitativos y cuantitativos y el valor de importancia de las especies forestales.
- Utilizando el enfoque fisionómico estructural de UNESCO, se identificó en la zona 3 relictos boscosos, donde el Bosque ralo xeromorfo deciduo por sequía montano ocupa mayor extensión con 7984,3 has, seguido del Bosque ralo mayormente caducifolio transicional submontano con 5022,1 has, mientras que el Bosque ralo mayormente siempre verde semideciduo montano con 993,6 has, ocupa la menor extensión, compuesto de pequeñas asociaciones confinadas a nichos ecológicos de condiciones particulares que favorecen su establecimiento.
- El Bosque ralo mayormente siempre verde semideciduo montano (Bosque de pinos), presenta poca diversidad florística, y conforma rodales casi puros de *Podocarpus parlatoresi*, con cobertura entre el 50 y 75% con el máximo valor de importancia y ocasionalmente se asocia con alisos, arrayanes y guayabos.
- El relicto boscoso ralo mayormente caducifolio se encuentra en el piso montano, en microclimas confinados cañadones profundos en donde se distingue el estrato superior de árboles caducifolios de más de 15 m de altura, con un dosel interrumpido constituidos por *Cedrela sp.* (Cedro); *Lonchocarpus lilloi Hassler.* (Quina blanca), *Anadenanthera macrocarpa Benth.* (Cebil), *Piptadenia excelsa Griseb.* (Chari) que al mismo tiempo imprimen una fisionomía particular al bosque.

- De acuerdo a los resultados de índice de Valor de Importancia, en el bosque caducifolio el Cedro ocupa el mayor peso ecológico, a pesar de estar sometido a una fuerte extracción selectiva que está poniendo en riesgo el equilibrio ecológico de esta especie, que es considerada como endémica en estos relictos boscosos.
- El Bosque ralo xeromórfico deciduo por sequia se encuentra en áreas adyacentes al río Pilaya, presenta un solo estrato de árboles de hasta 10 m de altura, caducifolios con dosel interrumpido y un sotobosque constituido por matorrales espinosos, inaccesible en ciertos lugares, con presencia de *Capparis speciosa* Griseb. (Coca de cabra), *Prosopis alba* Griseb. (Algarrobo), *Zizyphus mistol* Griseb. (Mistol) asociados con cactáceas y bromelias espinosas, determinan una fisionomía xérica.
- El índice de presencia demuestra que estos relictos boscosos existen 3 grupos de plantas, el primer grupo representado por especies exclusivas de una comunidad vegetal, el segundo grupo se trata de especies que se encuentran en ambas comunidades vegetales, pero sin preferencia marcada por alguna comunidad y finalmente el tercer grupo corresponde a especies accidentales que se encuentran en una de las comunidades pero que se desarrollan con mayor vigor en la otra comunidad. Por ejemplo, el Cedro, Ceibo, Chari y Tipa, son exclusivas del bosque caducifolio, mientras que el Caraparí, Mistol y Algarrobo son exclusivos del bosque xérico, mientras que la mayor parte de las especies son compañeras en ambas comunidades, finalmente el Quebracho colorado y el Toborocho son especies accidentales en el bosque caducifolio, puesto que su mayor desarrollo se produce en el bosque seco.
- El bosque caducifolio presenta un promedio de 113 arboles /hectárea que se traduce en 17.09 m² /ha de área basal y 76.7 m³/ha en volumen de árboles en pie. Por su parte el bosque xerofítico del Valle del Pilaya, reporta 115 individuos por hectárea, pero su composición florística está constituida por

árboles pequeños con fustes de calidad 3, raquíuticos y sin valor comercial maderero, aspecto que es reflejado en el valor del volumen de 7.5 m³/ha.

- Los árboles del bosque xerofítico del Valle del río Pilaya presenta 18% de dominantes, donde el dosel superior es abierto con árboles aislados y presencia de codominantes e intermedios pertenecientes a categorías diamétricas menores. En cambio en el bosque caducifolio se observa un equilibrio en posición de copa de los árboles que conforman el dosel superior.

4.2 Recomendaciones

- Debido a la fragilidad ecológica de estos relictos boscosos y por la importancia ambiental de estas comunidades vegetales, las autoridades competentes en el ámbito forestal, deben implementar mecanismos de control para evitar la extracción ilegal de especies de alto valor comercial y ecológico como el cedro y el pino de cerro.
- Las instituciones responsables del desarrollo rural, deben implementar medidas de restauración hidrológica forestal en el marco del manejo integral de cuencas en zonas críticas como las torrenteras que desembocan al río Pilaya.
- La universidad y las entidades ambientalistas deben profundizar las investigaciones en estudios de biodiversidad y servicios ambientales con el fin de implementar medidas de conservación de los recursos naturales que cuenta la zona.
- Las entidades de desarrollo rural al implementar planes de manejo de los recursos naturales deben considerar la información generada en la presente tesis.