DOCUMENTO EN CONSULTA

MINISTERIO DEL AMBIENTE

VICEMINISTERIO DE DESARROLLO ESTRATÉGICO DE LOS RECURSOS NATURALES

DIRECCIÓN GENERAL DE EVALUACIÓN, VALORACIÓN Y FINANCIAMIENTO DEL PATRIMONIO NATURAL

"GUIA DE EVALUACIÓN DE LA FLORA SILVESTRE"

Lima, Perú

2010

DOCUMENTO EN CONSULTA

INDICE

INDICE 2
INDICE DE CUADROS 3
INDICE DE FIGURAS 3
GUÍA DE EVALUACIÓN DE LA FLORA SILVESTRE 4
I. INTRODUCCIÓN 4
II. ANTECEDENTES 4
III. OBJETIVOS 4
3.1. Objetivo General 4
3.2. Objetivos específicos 4
IV. ALCANCE 5
V. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL 5
VI. PLANIFICACIÓN DEL INVENTARIO Y EVALUACION 6
6.1. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN 6
6.2. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA 6
6.3. LOGÍSTICA 6
VII. NIVELES DE DETALLE DEL INVENTARIO Y EVALUACION 6
7.1. NIVEL DE RECONOCIMIENTO (R) 6
7.2. NIVEL SEMIDETALLADO (S) 7
7.3. NIVEL DETALLADO (D) 7
VIII. PREPARACIÓN DEL MATERIAL CARTOGRÁFICO Y SATELITAL 7
8.1. CARTOGRAFÍAS BASE 7
8.2. PROCESAMIENTO DEL MATERIAL SATELITAL 7
IX. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL INVENTARIO Y EVALUACIÓN 8
9.1. ELABORACION DEL MAPA DE VEGETACION 8
9.1.1 PROCESO DE ESTRATIFICACION DE LA VEGETACION 8
9.1.1.1 Criterio Fisonómico 9
9.1.1.2 Criterio Climático 13
9.1.1.3 Criterio Fisiográfico 16
9.1.1.4 Criterio Florístico 18
9.1.2 ELABORACION DEL MAPA 19
9.1.3 ESCALA DE INTERPRETACION Y UNIDAD MINIMA DE MAPEO 20
9.2. INVENTARIO DE LA FLORA 21
9.2.1 TIPOS DE MUESTREO 21
9.2.1.1 Muestreo Aleatorio 21
9.2.1.2 Muestreo Sistemático 21
9.2.2 DISEÑO DE MUESTREO 22
9.2.2.1 Tamaño de la Unidad Muestral 22
9.2.2.2 Forma de la Unidad Muestral 26
9.2.2.3 Cálculo del Número de Muestras 26
9.2.2.4 Distribución de las muestras 29
9.2.3 MEDICION DE VARIABLES 30
9.2.3.1 Variables a Medir en la Flora Mayor del Bosque 30
9.2.3.2 Variables a Medir en la Flora Menor del Bosque 32
9.2.3.3 Variables a Medir en Matorrales 33
9.2.3.4 Variables a Medir en Herbazales 34
9.2.4 ESTIMACION DE PARAMETROS 34
9.2.4.1 Estimación de Parámetros de la Flora Mayor del Bosque 34
9.2.3.2 Estimación de Parámetros de la Flora Menor del Bosque 40
9.2.4.2 Estimación de Parámetros de los Matorrales 41
9.2.3.3 Estimación de parámetros de los Herbazales 42
X. BIBLIOGRAFÍA 46
XI. GLOSARIO DE TÉRMINOS 47

DOCUMENTO EN CONSULTA

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Categorías de variables fisonómicas de bosques según nivel de detalle 11
Cuadro 2: Categorías de variables fisonómicas de matorrales y otras formaciones vegetales..... 12
Cuadro 3: Valores de variables fisonómicas según formas de vida vegetal 13
Cuadro 4: Macroprovincias de humedad y su relación con los pisos altitudinales 15
Cuadro 5: Unidades fisiográficas según nivel de detalle 17
Cuadro 6: Valores de variables de unidades fisiográficas 18
Cuadro 7: Valores de escalas de interpretación o mapeo según nivel de detalle 21
Cuadro 9: Estimación del tamaño mínimo de la unidad muestral de la flora mayor del bosque 24
Cuadro 10: Estimación del tamaño mínimo de la unidad muestral de la flora menor del bosque 25
Cuadro 10: Estimación del tamaño mínimo de la unidad muestral de la flora arbustiva y herbácea 25
Cuadro 12: Cálculo del número de muestras en base al coeficiente de variación y del error de muestreo..... 27
Cuadro 13: Cálculo del número de muestras en inventario de reconocimiento según superficie. 28
Cuadros 15: Cálculo del número de muestras en inventario detallado para diferentes superficies..... 29
Cuadro 16: Dimensiones mínimas de variables de la flora mayor del bosque..... 32
Cuadro 17: Dimensiones mínimas de variables a medir en la flora menor del bosque..... 33
Cuadro17: Valores de densidad básica de algunas especies forestales 38
Cuadro 18: Procedimiento para el cálculo del IVI en un bosque húmedo de terrazas altas disectadas 39
Cuadro 19: Especies registradas en tres muestras en un matorral subhúmedo ralo. 40
Cuadro 20: Estimación del índice de diversidad de Shannon-Wiener en base al cuadro 9.12..... 40
Cuadro 21: Categorías de abundancia basada en la presencia 42
Cuadro 22: Calificación del índice de especies decrecientes 43
Cuadro 23: Calificación del índice de densidad forrajera 43
Cuadro 24: Calificación del índice de condición de suelo 44
Cuadro 25: Calificación del índice de vigor 44
Cuadro 26: Condición del pastizal 44
Cuadro 27: Carga animal recomendable para diferentes condiciones de pastizales 45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama Bioclimático de Holdridge - Zonas de Vida y Provincias de Humedad. 14
Figura 2: Esquema del proceso para determinar área mínima de muestreo 22
Figura 3: Curva especie-área de un bosque de Selva Baja..... 23
Figura 4: Curva de distribución diamétrica del número de árboles/ha de dos especies forestales 35

DOCUMENTO EN CONSULTA

GUÍA DE EVALUACIÓN DE LA FLORA SILVESTRE

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es uno de los países con mayor diversidad de ecosistemas y de especies biológicas del planeta; posee una de las mayores superficies de bosques tropicales en el mundo, situándose en el 9º lugar en extensión. Alberga 84 zonas de vida de las 104 existentes en el mundo, comprendidas en una gran diversidad de climas y de geoformas. Estas características le otorgan al país importantes ventajas comparativas que deben traducirse en ventajas competitivas, a partir del uso sostenible del Patrimonio Natural.

Con el objetivo de conocer el potencial de la flora silvestre, en el país, se realizan inventarios florísticos con diferentes metodologías que conlleva finalmente a tener resultados diferentes y no comparables aún en una misma área.

El presente documento titulado "Guía de Evaluación de la Flora Silvestre", tiene por finalidad estandarizar los procesos y procedimientos necesarios para la evaluación del potencial de la flora silvestre, con el objeto de que los organismos del sector público y sector privado obtengan información estandarizada y útil para la mejor gestión de los recursos naturales y de la diversidad biológica.

La presente Guía ha sido elaborada por el Ministerio del Ambiente, habiendo contado con el aporte de especialistas de instituciones públicas, instituciones privadas y sociedad civil, vinculados al inventario y evaluación de la flora silvestre. Asimismo, se contó con el soporte de inventarios de prueba realizados en algunos ecosistemas del país, con el objeto de validar esta Guía.

II. ANTECEDENTES

El Ministerio del Ambiente (MINAM), tiene como función, proponer y aprobar las políticas ambientales y dirigir la gestión para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, identificando opciones y estableciendo estrategias a partir de un planteamiento inicial de corto plazo y de los planes de desarrollo para el largo plazo.

El MINAM, tiene entre sus objetivos, la conservación del ambiente que propicie y asegure el uso sostenible, responsable, racional y ético del patrimonio natural. Por tanto, requiere información estandarizada y sistemática que le permita la gestión de los recursos naturales como componentes del patrimonio natural, contribuyendo de esta manera a la competitividad del país a través de un desempeño ambiental eficiente.

El MINAM, tiene entre sus funciones la de formular y promover normas y directivas de carácter nacional para la evaluación y valoración de los recursos naturales, componentes de la diversidad biológica y los servicios ambientales, así como elaborar, conducir, difundir y mantener actualizado el inventario y evaluación nacional integrado de los recursos naturales y de los servicios ambientales.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Establecer una línea base estándar nacional para realizar el inventario y evaluación del potencial de la flora silvestre.

3.2. Objetivos específicos

- ✓ Estandarizar los procesos y procedimientos que intervienen en el inventario y evaluación del potencial de la flora silvestre, en términos de biodiversidad, producción forestal y servicio ambiental.

DOCUMENTO EN CONSULTA

- ✓ Estandarizar los procesos y procedimientos que intervienen en el inventario y evaluación del potencial de la flora silvestre en sus tres componentes principales: bosques, matorrales y herbazales.
- ✓ Registrar información estandarizada, sistematizada, comparable y útil para la gestión de los recursos naturales.
- ✓ Generación de una base de datos nacional estandarizada de inventarios florísticos.

IV. ALCANCE

La Guía es un documento de alcance nacional, que establece los procesos y procedimientos para realizar el inventario y evaluación del potencial de la flora silvestre, la misma que se pretende sea utilizada por las instituciones públicas y privadas en: estudios de Zonificación Ecológica Económica (ZEE), estudios ambientales del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), inventarios forestales y de la flora silvestre de las Areas Naturales Protegidas (SINANPE), Planes Maestros y Planes de Manejo en el SINANPE e inventarios forestales nacionales.

V. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

Existen algunas normas legales relacionadas al inventario y evaluación y evaluación del Patrimonio natural, existiendo normas y directivas más específicas dentro de los diferentes sectores competentes, que regulan la realización de los estudios de inventario y evaluación. A continuación se hace una descripción de la base legal relacionado a:

De los recursos naturales y del rol del Estado[1]; La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con las autoridades ambientales sectoriales y descentralizadas, elabora y actualiza permanentemente, el inventario de los recursos naturales y de los servicios ambientales que prestan; estableciendo su correspondiente valorización.

Inventario y valorización de los recursos naturales y de los servicios ambientales[2]; El Estado, a través de los sectores competentes, realiza los inventarios y la valorización de los diversos recursos naturales y de los servicios ambientales que prestan, actualizándolos periódicamente. La información será centralizada en el órgano competente.

Zonificación Ecológica y Económica para el uso sostenible de los recursos naturales[3]; La Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) del país se aprueba a propuesta de la Presidencia del Consejo de Ministros, en coordinación intersectorial, como apoyo al ordenamiento territorial a fin de evitar conflictos por superposición de títulos y usos inapropiados, y demás fines. Dicha Zonificación se realiza en base a áreas prioritarias conciliando los intereses nacionales de la conservación del patrimonio natural con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Evaluación, conservación y valoración del patrimonio natural en la Evaluación de Impacto Ambiental[4]; El Ministerio del Ambiente (MINAM) en coordinación con las autoridades competentes, aprueba los criterios y metodologías para evaluar, conservar y valorar el patrimonio natural de la nación, los cuales comprenden los recursos naturales, los componentes de la diversidad biológica a nivel de genes, especies y ecosistemas, así como los servicios ambientales que prestan. Estos criterios y metodologías serán tomados en cuenta en la elaboración de las Estudios Ambientales del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, debiendo cada Autoridad Competente, requerir su aplicación, sin perjuicio de su potestad para disponer, según el caso lo amerite, la aplicación de otras metodologías y criterios sustentados técnicamente.

---

[1] LEY N° 28611. "Ley General del Ambiente". TÍTULO III - Integración de la legislación ambiental. Capítulo 1 - Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales; Artículo 85.- De los recursos naturales y del rol del Estado.

[2] LEY N° 26821. Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Título II - El Estado y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

[3] Decreto Supremo Nº 087-2004-PCM. Reglamento de Zonificación Ecológica Económica.

[4] D.S. Nº 019-2009-MINAM. "Reglamento de la Ley Nº 27446 – Ley del Sistema Nacional de de Evaluación de Impacto Ambiental".

DOCUMENTO EN CONSULTA

VI. PLANIFICACIÓN DEL INVENTARIO Y EVALUACION

La planificación del inventario es una etapa muy importante y gira alrededor de los objetivos específicos relacionados al nivel de detalle y precisión de los inventarios, superficie y accesibilidad del área, diversidad de ecosistemas, necesidades de recursos económicos, tiempo, personal, materiales, equipos, etc.

A continuación se describen algunas actividades importantes que se debe tomar en cuenta en la planificación del inventario y evaluación de la flora silvestre.

6.1. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

Es importante conocer los antecedentes y esfuerzos de inventarios y evaluaciones realizados anteriormente en las áreas a evaluar.

La recopilación de información bibliográfica debe llevarse a cabo antes de la etapa de campo, principalmente información descriptiva y gráfica (mapas temáticos) de inventarios florísticos, inventarios de la cobertura vegetal, inventarios forestales, etc. Asimismo, se requiere información sobre disponibilidad y costo de imágenes satelitales o fotos aéreas.

6.2. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA

Definida el área de estudio se recomienda como una acción previa a la etapa de campo, realizar el reconocimiento de las características generales del paisaje, tales como, cobertura vegetal, relieve del terreno, accesibilidad, condiciones climáticas, sitios probables de estaciones fijas o campamentos e información relacionada a la logística.

En esta etapa de reconocimiento del área a evaluar, se debe realizar una primera aproximación a las autoridades locales representantes de: comunidades nativas, comunidades campesinas, áreas naturales protegidas, etc., para socializar los objetivos de la evaluación, de tal forma que permita generar confianza y colaboración para el mejor desarrollo de esta actividad.

6.3. LOGÍSTICA

Se deberá prever la disponibilidad de medios de transporte para el personal de inventario, así como, las provisiones de víveres o lugares donde existan servicios de alimentación. Asimismo, identificar los lugares para el alojamiento de los equipos de campo para el inventario.

Es importante prever la disponibilidad de personal de campo que brindará apoyo a los especialistas que realizan la evaluación.

Así también contar con un botiquín de primeros auxilios, e identificar a las personas que tengan práctica en primeros auxilios, además, hacer un registro de los centros de atención médica en la zona de trabajo y sitios aledaños, a fin de establecer un plan de contingencia de atención y evacuación en caso se produzca una emergencia.

VII. NIVELES DE DETALLE DEL INVENTARIO Y EVALUACION

El nivel de detalle de un inventario se refiere a la mayor o menor cantidad de información con que este se registra, así como a la mayor o menor exactitud y precisión con que este se levanta.

7.1. NIVEL DE RECONOCIMIENTO (R)

El inventario a nivel de reconocimiento implica conocer el potencial de la flora silvestre, en términos de información genérica, principalmente de grandes superficies; involucra ámbitos nacionales y regionales. Se utiliza una cartografía base y con escala ≥ 1/100 000.

DOCUMENTO EN CONSULTA

7.2. NIVEL SEMIDETALLADO (S)

El inventario a nivel de reconocimiento se utiliza cuando se desea conocer el potencial de la flora silvestre en términos de mayor información respecto al nivel de reconocimiento, pudiendo ser a nivel de cuencas hidrográficas. Se utiliza una moderada intensidad de muestreo y cartografía base con escala ≥ 1/50 000.

7.3. NIVEL DETALLADO (D)

El inventario a nivel detallado implica conocer el potencial de la flora silvestre con la mayor cantidad de información, generalmente en áreas más pequeñas respecto al nivel semidetallado, es decir, en ámbitos locales o de micro cuencas. Utiliza una mayor intensidad de muestreo. Se utiliza una escala cartográfica es ≥ 1/10 000.

VIII. PREPARACIÓN DEL MATERIAL CARTOGRÁFICO Y SATELITAL

8.1. CARTOGRAFÍAS BASE

La cartografía base es una herramienta indispensable para generar los mapas de vegetación, y está conformada por las cartas fotogramétricas llamadas también cartas nacionales, las cuales contienen información cartográfica, como: red hídrográfica, curvas a nivel, centros poblados, carreteras etc. El Instituto Geográfico Nacional (IGN) es el organismo oficial que genera las cartas nacionales en diferentes escalas, tales como: 1/250 000, 1/ 100 000, 1/ 50 000 y 1/ 25 000.

La información de las cartas nacionales puede estar incompleta en algunos casos, lo más frecuente son las curvas a nivel que se presentan cortadas o discontinuas, por lo que deben ser conectadas con el apoyo de las imágenes satelitales o de un modelo de elevación digital (DEM) y de un especialista SIG. Existen también situaciones donde hay claros en las cartas, es decir, áreas sin ningún tipo de información cartográfica, por lo que se debe recurrir a las imágenes satelitales para tratar de aproximar y cubrir dichos vacíos.

Cuando se trate de áreas con mucha dinámica fluvial, como el caso de la selva amazónica, se procede a actualizar el curso de los ríos y quebradas principales, las cuales pueden cambiar su cauce en determinados puntos cada año .

Para la preparación de la cartografía base se puede utilizar programas SIG como ArcView o ArcGIS, por ser éstos los más difundidos entre las diferentes instituciones. Es importante que la información generada o recopilada se encuentre en el sistema de coordenadas planas de la Proyección Universal Transversal Mercator (UTM), referida a la zona 18 (si es a nivel nacional) y utilizando el datum WGS 84. Si el ámbito de estudio no es muy amplio (como por ejemplo un distrito o un área protegida) es mejor utilizar la zona UTM correspondiente al área. Así mismo, los archivos generados deben contar con su metadata, para saber principalmente el año de actualización del dato, la institución que realizó la actualización, personal de contacto, imágenes satelitales que se utilizaron, los procesos seguidos para la actualización, entre otros.

8.2. PROCESAMIENTO DEL MATERIAL SATELITAL

Las imágenes satelitales juegan actualmente un rol importante en la elaboración general de mapas temáticos. Estas imágenes prácticamente han desplazado a las tradicionales fotos aéreas, debido a sus múltiples ventajas como son: versatilidad, resolución espacial variable, resolución temporal variable, disponibilidad, costo, cobertura, etc.

Cuando se trata de superficies relativamente planas, las imágenes satelitales adquiridas deben ser georeferenciadas, es decir, corregidas geométricamente, con el objeto de eliminar las distorsiones indeseables debido a la curvatura de la tierra y al sensor utilizado. Este proceso a cargo del especialista

DOCUMENTO EN CONSULTA

SIG, consiste en introducir coordenadas de puntos de control de la carta nacional fácilmente reconocibles en la imagen satelital.

Estos puntos pueden ser cruce de caminos, desembocadura de ríos, construcciones o rasgos fisiográficos que no sean demasiado dinámicos. Así mismo, se podría hacer la corrección a partir de otra imagen de satélite, siempre y cuando ésta imagen sea de una fuente confiable. También los puntos de control utilizados de la carta nacional pueden ser complementados con nuevos puntos de control tomados con un GPS directamente en el terreno y así lograr una mejor corrección de la imagen satelital. Sin embargo, si la imagen de satélite es de alta resolución (menos de 5 metros de tamaño de píxel) los puntos complementarios deben ser tomados con GPS diferencial, que da un error menor a 1 m.

Cuando se trate de superficies con relieve accidentado (colinas, montañas), además de ser georeferenciada, ésta debe ser ortorectificada, con el objeto de eliminar las distorsiones del terreno por efecto de altitud, pendiente y por los ángulos de visión de los sensores remotos que capturan la imagen.

El proceso de ortorectificación a cargo del especialista SIG, implica obtener un Modelo Digital de Elevación (DEM) extraído de escenas de satélite en estéreo de alta resolución (Quick Bird, IKONOS, SPOT-5, ASTER, fotos aéreas en estéreo). El número de puntos de control del terreno obtenida con el GPS dependerá de qué tan accidentado es el terreno; es decir, relieve muy accidentado, requerirá mayor número de puntos de control y viceversa. Es importante mencionar que existen para todo el mundo dos versiones de DEM, uno de 90 m de resolución (SRTM) y otro de 30 m de resolución obtenido de imágenes Aster.

Las imágenes también deben pasar por un proceso adicional conocido como realce, con el objeto de mejorar la calidad visual de la imagen y consiste en distribuir uniformemente los niveles de gris, en busca de un mejoramiento en el contraste de la imagen; es decir, aumentar la diferencia entre los rasgos del terreno y para un mejor apoyo a la interpretación visual.

Los tres procesos antes descritos se pueden hacer utilizando programas de procesamiento de imágenes satelitales como ERDAS Imagine, SPRING, PCI y ENVI, entre otros.

Se debe utilizar imágenes satelitales recientes y por lo menos de 2 períodos (seco y húmedo, siempre y cuando haya disponibilidad de imágenes), especialmente para ecosistemas con estacionalidad climática marcada durante el año.

IX. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL INVENTARIO Y EVALUACIÓN

A continuación se describen los procesos y procedimientos a utilizar en el inventario y evaluación de la flora silvestre en sus componentes: bosques, matorrales y herbazales.

9.1. ELABORACION DEL MAPA DE VEGETACION

La elaboración del mapa preliminar de vegetación es la primera actividad del inventario y evaluación de la flora y comprende los siguientes procesos y procedimientos:

9.1.1 PROCESO DE ESTRATIFICACION DE LA VEGETACION

La estratificación de la vegetación es un proceso que consiste en hacer divisiones consecutivas del área total de evaluación, con el objeto de obtener unidades espaciales básicas de análisis, es decir, áreas con determinadas características físicas (clima, relieve, suelo) y biológicas (diversidad florística), denominadas "*unidades de vegetación*".

La estratificación implica poner en juego varios criterios o conceptos básicos que interactúan entre sí, los cuales se plasman al construir las denominadas "*unidades de vegetación*", sobre las imágenes satelitales o fotos aéreas, mediante el proceso de interpretación o fotointerpretación. La estratificación permite detectar

DOCUMENTO EN CONSULTA

áreas las variaciones de la flora en cuanto a la distribución espacial de las especies, obteniendo con ello datos con mayor exactitud. Los criterios para la estratificación se describen a continuación.

9.1.1.1 Criterio Fisonómico

La fisonomía es la apariencia externa de la vegetación, su aspecto tal como se aprecia visualmente; está determinada por las características externas dominantes de las plantas, es decir, por las formas de vida vegetal o formas biológicas (árboles, arbustos, hierbas, palmeras, suculentas, etc.), por su permanencia (perenne, anual) y fenología (caducifolio, perennifolio), así como por distribución espacial (densidad, cobertura).

En los Cuadros 1 y 2, se muestra la estructura de las categorías fisonómicas que intervienen en la obtención de las unidades de flora o vegetación, según nivel de detalle, y en el Cuadro 3, se muestra los valores respectivos de las categorías fisonómicas establecidas. La explicación se describe en los siguientes puntos:

a. La primera división de la vegetación corresponde al nivel de Reconocimiento (Cuadro 1), es decir, permite la obtención de áreas donde existen determinadas formaciones vegetales, tales como: bosque, matorral, herbazal, suculentas, palmeras y cañas.

   La identificación de bosques a través de las imágenes satelitales, si son éstas de gran resolución espacial (muy similar a las fotos aéreas), resulta fácil su identificación; si son las imágenes de menor resolución espacial (≥ 10 m), la identificación se basa en la tonalidad y color más oscura que presentan las hojas y ramas terminales, debido a su mayor concentración de clorofila frente a las otras formas de vida vegetal. Cuando el bosque es ralo, resulta difícil su delimitación en imágenes de poca resolución espacial como el caso de Landsat; sus límites geográficos se levantan aproximadamente en el mismo terreno, durante el inventario.

   La identificación de matorrales se basa en que éstos presentan un mayor grado de reflexión respecto a los bosques, debido a la menor cantidad de clorofila que presentan y a la simpleza de su estructura y arquitectura, lo que se traduce a colores de menor intensidad frente a los colores que presentan los bosques.

   La identificación de los herbazales (especialmente las gramíneas) al presentar una estructura y arquitectura diferente respecto a las otras formas de vida vegetal, así como una menor cantidad de clorofila, tienden a reflejar más la energía luminosa, mostrando generalmente colores más claros.

b. La segunda división del Cuadro 1, se refiere al nivel de Reconocimiento y en donde se identifica categorías fenológicas, como caducifolio, cuando pierden el follaje en la estación seca y perennifolio, cuando mantienen permanentemente su follaje. La ausencia de follaje y por tanto de la clorofila que contenía en él durante el periodo seco, hace fácil la identificación de los bosques secos o caducifolios (color claro) en las imágenes satelitales, frente a los bosques siempre verdes (color oscuro).

   Es necesario para todos los casos que el especialista en interpretación, tenga un buen nivel de referencia acerca de la distribución geográfica de las formaciones vegetales existentes en el país.

   En cuanto a la diferenciación de los matorrales caducifolios de los perennifolios, ésta se complica, debido a la distribución espacial de sus elementos (mayormente dispersos), debiendo recurrir en este caso a otros criterios, como el climático. Asimismo, el nivel de referencia del intérprete es indispensable para su ubicación respectiva.

c. La tercera división del Cuadro 1, se refiere a la determinación de la Altura o Porte de las plantas (nivel Semidetallado), la cual solo puede ser detectada en imágenes satelitales de alta resolución espacial y en fotos aéreas, caso contrario pueden identificarse al relacionarlo con los pisos altitudinales sobre las cuales están ubicadas, requiriendo para ella que el especialista en interpretación tenga buen nivel de

DOCUMENTO EN CONSULTA

referencia en cuanto a la distribución geográfica de las comunidades de plantas. Las categorías de alturas se muestra en el Cuadro 3.

d. La cuarta columna del Cuadro 1 se refiere a la determinación de la Densidad de las formaciones vegetales (nivel detallado). En el caso de los bosques, la densidad está representada por los árboles como elementos dominantes del bosque, más no a los elementos menores o flora menor del bosque. Esta característica se obtiene de las imágenes de alta resolución (< 10 m) y de las fotos aéreas, en donde es posible observar el grado de acercamiento entre las copas de los árboles; en el caso de los matorrales, la densidad no es considerada en la etapa de interpretación (Cuadro 2) ya que ésta característica se estima a partir del trabajo de campo; en el caso de los herbazales como no tienen copas la densidad es expresada en términos de cobertura (%). En el Cuadro 9.3 se establecen categorías de densidad con sus respectivos valores para los bosques, matorrales y herbazales.

e. La quinta columna del Cuadro 1 (nivel Detallado) se refiere a las clases de Vigor; es decir, al grado de desarrollo los árboles, expresado en las dimensiones del tronco y por ende de la copa; existe una relación directa entre el tamaño o diámetro de la copa con el diámetro del tronco y en consecuencia con el volumen maderable. En las imágenes satelitales de alta resolución espacial, así como, en las fotos aéreas, es posible diferenciar categorías de vigor, así por ejemplo, una unidad espacial calificado como de vigor alto, ésta presenta copas amplias o de mayor diámetro frente a otra unidad que presenta árboles con copas de diámetros pequeños, lo que indica la presencia de árboles delgados, es decir, con bajo contenido volumétrico. En el Cuadro 3 se establecen categorías de vigor, de manera general para todos los ecosistemas boscosos, sin embargo pueden existir sub-categorías a nivel local, es decir, a nivel de cada ecosistema, ello permite enriquecer la estratificación a un nivel de inventario detallado.

f. Existen casos donde las unidades de vegetación determinadas por su fisonomía se encuentran mezcladas formando verdaderos mosaicos, difíciles de individualizarlas como tales, entonces éstas pueden ser tratadas como unidades mixtas o asociadas, así por ejemplo:

- *Herbazal / Matorral* : 50% son hierbas y 50% arbustos
- *Herbazal arbustado* : > 70% son hierbas y el resto arbustos
- *Herbazal arbolado* : > 70% son hierbas y el resto árboles
- *Matorral arbolado* : > 70% son arbustos y el resto árboles
- *Aguajal arbolado* : > 70% son palmeras y el resto árboles

g. También existen situaciones particulares donde existen denominaciones locales o regionales muy arraigadas y que no está contemplada en los cuadros 2 y 3, y que están basadas en su fisonomía muy peculiar o las características geomorfológicas del terreno donde se desarrollan, como por ejemplo:

- *Bofedal.*- vegetación de porte almohadillado o en cojín que vive en terrenos hidromórficos de la zona altoandina.
- *Pajonal.*- vegetación de hojas duras punzo-cortantes ("tipo paja") que crece en manojos en la zona altoandina.
- *Aguajal.*- se refiere a una zona con predominio de palmeras principalmente de *Mauritia flexuosa* "aguaje" y que viven en terrenos hidromórficos, propio de la Amazonía.

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 1: Categorías de variables fisonómicas de los bosques según nivel de detalle

NIVEL RECONOCIMIENTO		NIVEL SEMIDETALLADO	NIVEL DETALLADO	
FORMACIONES VEGETALES	**FENOLOGIA**	**ALTURA / PORTE**	**DENSIDAD**	**VIGOR**
BOSQUE	Perennifolio	Alto	Denso	alto
				medio
				bajo
			Semidenso	alto
				medio
				bajo
			Ralo	alto
				medio
				bajo
		Mediano	Denso	alto
				medio
				bajo
			Semidenso	alto
				medio
				bajo
			Ralo	alto
				medio
				bajo
		Bajo	Denso	alto, medo , bajo
			Semidenso	alto, medio, bajo
			Ralo	alto, medio, bajo
	Caducifolio	Alto	Denso	alto
				medio
				bajo
			Semidenso	alto
				medio
				bajo
			Ralo	
		Mediano	Denso	alto
				medio
				bajo
			Semidenso	alto
				medio
				bajo
			Ralo	alto, medio , bajo
		Bajo	Semidenso	alto, medio, bajo
			Ralo	alto, medio, bajo
PALMERAL	Perennifolio	Alto	Ralo Semidenso Denso	
		Mediano	Ralo Semidenso Denso	

Fuente: Elaboración propia

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 2: Categorías de variables fisonómicas de los matorrales y otras formaciones vegetales

NIVEL RECONOCIMIENTO		NIVEL SEMIDETALLADO	NIVEL DETALLADO
FORMACIONES VEGETALES	**FENOLOGIA**	**ALTURA / PORTE**	**DENSIDAD**
MATORRAL	Perennifolio		Denso
			Semidenso
			Ralo
	Caducifolio		Denso
			Semidenso
			Ralo
CACTAL		Arborescente	
		Columnar	
		Rastrero	
HERBAZAL	Permanente	Erguido (pajonal)	Denso
			Semidenso
			Ralo
		Rastrero (césped, bofedal)	Denso
			Semidenso
			Ralo
	Temporal	Erguido	Denso
			Semidenso
			Ralo
		Rastrero	Denso
			Semidenso
			Ralo
CAÑAVERAL	Permanente		Denso
			Semidenso
			Ralo

Fuente: Elaboración propia

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 3: Valores de variables fisonómicas según formas de vida vegetal

FORMACIONES VEGETALES	VARIABLES FISONOMICAS	
	Clases de altura	
BOSQUE, PALMERAL	Alto	> 20 m
	Mediano	20 - 10 m
	Bajo	< 10 m
	Clases de densidad	
	Denso	Copas se tocan o interceptan
	Semidenso	Copas no se tocan
	Ralo	Copas distantes
	Clases de Vigor	
BOSQUE	Alto	Diámetro de copa > 20 m
	Mediano	Diámetro de copa 20 – 10 m
	Bajo	Diámetro de copa < 10 m
MATORRAL, CACTAL	**Clases de densidad**	
	Denso	Coronas se tocan o interceptan
	Semidenso	Coronas no se tocan
	Ralo	Coronas distantes
HERBAZAL, CAÑAVERAL	**Clases de cobertura**	
	Alta	> 80%
	Mediana	50 – 80%
	Baja	< 50%

Fuente: Elaboración propia

9.1.1.2 Criterio Climático

El clima es el principal responsable del crecimiento, desarrollo y distribución de las plantas, por lo que el criterio climático es muy importante para delimitar espacios geográficos con determinadas características climáticas, especialmente relacionados a la humedad del suelo y la temperatura, en los cuales se desarrollan determinados tipos de vegetación.

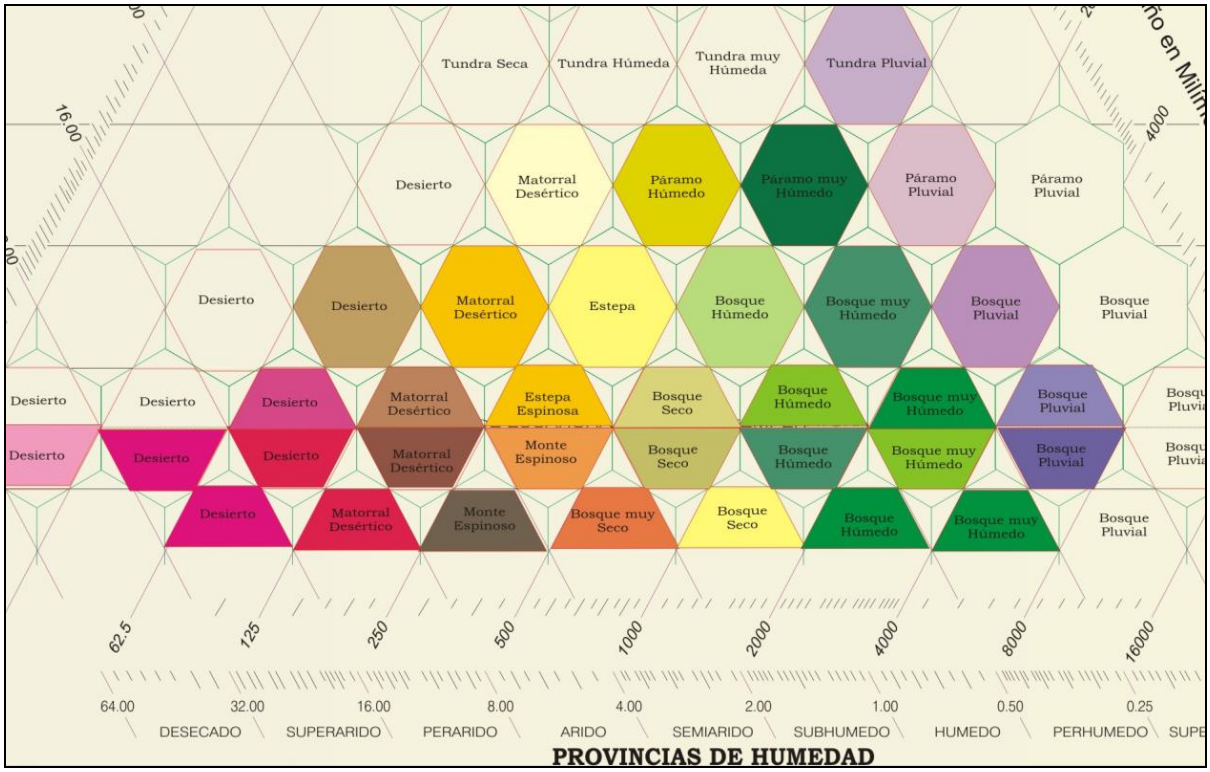
Este criterio toma como referencia el Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1975) para determinar ámbitos geográficos con determinadas características del clima, El Mapa Ecológico del Perú fue elaborado usando el Diagrama Bioclimático de Holdridge, cuya forma triangular está estructurada mediante líneas oblicuas que indican valores de precipitación total anual, las cuales se interceptan con líneas horizontales que indican valores promedios de biotemperatura, relacionados directamente con los pisos altitudinales y latitudinales, produciendo de dicha interacción polígonos denominados Zonas de Vida (Figura 1).

Las Zonas de Vida están relacionadas con las llamadas "Provincias de Humedad" ubicadas en la base inferior del triángulo, las cuales se originan de la relación de evapotranspiración potencial (Retp), que resulta de dividir la evapotranspiración potencial total por año y la precipitación promedio anual. Cada Provincia de Humedad involucra a un grupo determinado de zonas de vida, con sus propias características térmicas y pluviales, las cuales se extienden a través de pisos altitudinales desde el nivel del mar hasta la porción más elevada de la cordillera de los Andes, determinando a su paso una gran diversidad de tipos de vegetación. Estos ámbitos geográficos graficados están a nivel nacional y a una escala muy pequeña como se da en el Mapa Ecológico del Perú, por lo que se hace necesario que en cada área de evaluación se proceda ajustar los límites altitudinales de estas áreas con auxilio de las cartas nacionales cuya escala está en función del nivel de detalle del inventario.

Para fines de la presente Guía, se procedió a agrupar el total de las 10 provincias de humedad del Diagrama Bioclimático, en cinco (5) clases o macro provincias de humedad (Cuadro 4) cuya nomenclatura en algunos casos ha sido modificada por nombres más comunes utilizados en el medio cada una de las cinco macro provincias de humedad resultantes, son divididas a su vez en pisos altitudinales a partir del nivel Semidetallado, cuya nomenclaturas asignada a cada uno de ellos corresponde a una adaptación de la terminología del mapa Ecológico del Perú y el Mapa de Ecosistemas del Norte y Centro.

DOCUMENTO EN CONSULTA

Figura 1: Diagrama Bioclimático de Holdridge - Zonas de Vida y Provincias de Humedad.



Fuente: ONERN 1975

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 4: Macroprovincias de humedad y su relación con los pisos altitudinales

MACRO-PROVINCIAS DE HUMEDAD (Nivel Reconocimiento)	PISO ALTITUDINAL (Nivel Semidetallado)	ALTITUD (msnm)
Árido (Retp: 64 - 4)	Basal	0 - 500
	Basimontano	500 - 1000
	Submontano	1000 - 2000
	Montano Bajo	2000 - 3000
	Montano	3000 - 4000
Semiárido (Retp: 4 - 2)	Basal	0 - 500
	Basimontano	600 - 1000
	Submontano	1000 - 2000
	Montano Bajo	2000 - 3000
	Montano	3000 - 4000
Subhúmedo (Retp: 2 - 1)	Basal	0 - 600
	Basimontano	600 - 1500
	Submontano	1500 - 2500
	Montano Bajo	2500 - 3000
	Montano	3000 - 3500
	Altimontano	3500 - 4000
	Altoandino	4000 - 4500
Húmedo (Retp: 1 - 0.25)	Basal	0 - 600
	Basimontano	600 - 1500
	Submontano	1500 - 2500
	Montano Bajo	2500 - 3000
	Montano	3000 - 3500
	Altimontano	3500 - 4000
	Altoandino	4000 - 4500
	Subnival	4500 - 5000
Pluvial (Retp: 0.25 - 0.063)	Basimontano	600 – 1500
	Submontano	1500 - 2500
	Montano Bajo	2500 - 3000
	Montano	3000 - 3500
	Altimontano	3500 - 4000
	Altoandino	4000 - 4500
	Subnival	4500 - 5000

Fuente: Adaptación propia de: ONERN, 1975 y Comunidad Andina (CAN) 2009.

Cabe mencionar que los valores establecidos para los pisos altitudinales a nivel nacional (Cuadro 4), suelen tener cierta variación según la ubicación geográfica de los ecosistemas a evaluar, como por ejemplo, en la región andina los ecosistemas ubicados en el norte, centro y sur, y estos a su vez ubicados en las vertientes occidental y oriental.

Para el caso de los ecosistemas ubicados por debajo de los 600 m de altitud, el término "Basal" puede obviarse o como también no, al denominar a una determinada unidad de vegetación producto de la estratificación. A continuación se muestra algunos ejemplos de denominación de unidades de vegetación:

C. fisonómico	+	C. climático	+	C. fisonómico	Nivel de detalle
Bosque		húmedo basimontano			Reconocimiento (R)
Bosque		húmedo		alto	Semidetallado (S)
Bosque		húmedo montano		Bajo, denso, vigor bajo	Detallado (D)
Bosque		árido basal		bajo, ralo	Detallado (D)
Matorral		subhúmedo montano bajo		semidenso	Detallado (D)
Herbazal		pluvial altoandino		erguido, ralo	Detallado (D)

DOCUMENTO EN CONSULTA

En los ejemplos que anteceden no se ha incorporado la categoría fisonómica "fenología" (perennifolio y caducifolio) del Cuadro 1, ya que se puede considerar como optativa, debido a que existe una relación estrecha entre las provincias de humedad y la estacionalidad del follaje; por lo general en ambientes con suficiente humedad del suelo prosperan plantas con follaje perennifolio y en ambientes con déficit hídrico prosperan plantas con follaje caducifolio.

Asimismo, cuando se trate de bosques de la Selva Baja (< 600 m de altitud) las categorías fisonómicas como la altura y la densidad pueden ser obviados, ya que por naturaleza éstos son densos y altos; mientras que para la Selva Alta (> 600 m de altitud) se puede obviar solo la categoría fisonómica de densidad más no de altura, dado a que a medida que se asciende a niveles altitudinales superiores la altura o porte de los arboles disminuye gradualmente.

Otra alternativa frente al Sistema Holdridge para determinar ámbitos geográficos basados en el clima, sería el uso del Sistema Bioclimático de Rivas-Martínez (1999), basado en índices bioclimáticos el cual está siendo usado por los países miembros de la Comunidad Andina (CAN), entre ellos, el Perú recientemente para delimitar los ecosistemas andinos; su aplicación requiere cierto grado de capacitación y entrenamiento.

9.1.1.3 Criterio Fisiográfico

La diversidad de plantas también está relacionada con la diversidad de suelos e indirectamente con la fisiografía del terreno o formas de tierra (geoformas).

Este criterio se utiliza para estratificar el área de evaluación en base a las características fisiográficas o formas del terreno o relieve. Dependiendo del nivel de detalle las unidades fisiográficas son definidas desde sus formas generales hasta sus formas más particulares, tal como se aprecia en el Cuadro 5.

Este criterio de estratificación puede ser utilizado para cualquier tipo de ecosistema, resultando muy apropiado en bosques lluviosos tropicales, en especial la Selva Baja, caracterizada por sus reducidas oscilaciones estacionales, es decir, con temperaturas anuales equilibradas. La existencia de una alta diversidad de hábitats y especies en el mencionado ecosistema se le atribuye a la diversidad de formas de tierra y suelos que existen, quedando en un segundo plano la influencia del clima debido a su reducida gradiente altitudinal y por ende de la temperatura..

Las unidades fisiográficas del Cuadro 5 se determinan mediante el uso de imágenes satelitales de cualquier tipo y fotografías aéreas, las cuales serán verificadas durante la evaluación teniendo como referencia los valores asignados, tal como se aprecia en el Cuadro 6. Este criterio debe ser integrado a las unidades fisonómicas de los Cuadros 1 y 2.

El uso del criterio fisiográfico también resulta útil para identificar asociaciones florísticas a nivel Semidetallado y Detallado en los herbazales altoandinos. En general no existen restricciones para el uso del criterio fisiográfico, éste puede ser utilizado para estratificar cualquier ecosistema en combinación con los otros criterios tratados en la presente guía. A continuación se muestran ejemplos de construcción de algunas unidades de vegetación donde interviene el criterio fisiográfico asociado a otros:

C. Fisonómico	C. Climático	C. Fisiográfico	C. Fisiográfico	Nivel
Bosque	Semiárido	de colinas		(R)
Bosque	húmedo basal	de terrazas altas		(S)
Bosque	húmedo submontano	de colinas bajas	Ligeramente disectadas	(D)
Bosque	pluvial montano	de vertiente montañosa	ladera empinada	(D)

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 5: Unidades fisiográficas según nivel de detalle

UNIDADES FISIOGRÁFICAS		
NIVEL RECONOCIMIENTO	**NIVEL SEMIDETALLADO**	**NVEL DETALLADO**
Planicies Aluviales	Islas	Islas
	Complejo de orillares	Complejo de orillares
	Terrazas bajas	Inundables de aguas blancas
		Inundables de aguas negras
		No inundables
		Depresionadas (pantanos)
	Terrazas medias	Planas
		plano onduladas
		Depresionadas (pantanos)
	Terrazas altas	Planas
		Plano onduladas (disectadas)
		Talud
	Valles estrechos	Valles estrechos
Planicies Coluvio-aluviales	Piedemonte	Piedemonte
	Conos de deyección	Conos de deyección
Colinas	Lomadas	Lomadas
	Colinas Bajas	Ligeramente disectadas
		Moderadamente disectadas
		Fuertemente disectadas
	Colinas Altas	Ladera moderadamente empinada
		Ladera empinada
Montañas	Vertiente montañosa	Ladera moderadamente empinada
		Ladera empinada
		Ladera escarpada
	Cima de montaña	Plano ondulado
		Ligeramente inclinado
		Inclinado

Fuente: Fuente: INRENA, 2007

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 6: Valores de variables de unidades fisiográficas

UNIDAD FISIOGRÁFICA	ALTURA	GRADO DE EROSIÓN	PENDIENTE
Terrazas bajas	< 5 m	Inundable	0 - 2%
		No inundable	0 - 2%
		Depresionada	0 - 2%
Terrazas medias	5 - 10 m	Plana	0 - 2%
		Plano-ondulada	2 - 8%
		Depresionada	0 - 2%
Terrazas altas	> 10 m	Plana	0 - 2%
		Plano-ondulada	2 - 8%
		Disectada	4- 15%
Valles estrechos			0 - 2%
Piedemonte			2 - 8%
Conos de deyección			2 - 15%
Lomadas	< 20 m		8 - 15%
Colinas bajas	20 -80	Ligeramente disectadas	15 -25%
		Moderadamente disectadas	25 - 50%
		Fuertemente disectadas	50 - 75%
Colinas altas	80 - 300	Ladera moderadamente empinada	25 - 50%
		Ladera empinada	> 50%
Vertiente montañosa	> 300	Ladera moderadamente empinada	25 - 50%
		Ladera empinada	50 - 75%
		Ladera escarpada	> 50%
Cima de montaña	> 300	Plano ondulado	5 - 10%
		Ligeramente inclinado	10 - 15%
		Inclinado	15 - 25%

Fuente: INRENA, 2002

9.1.1.4 Criterio Florístico

Este criterio de estratificación consiste en identificar y delimitar directamente unidades de vegetación con cierta homogeneidad florística, es decir, donde predomina un número determinado de familias, géneros o especies.

Para la identificación y delimitación de éstas unidades relativamente homogéneas en las imágenes satelitales, se requiere que el intérprete tenga un buen nivel de referencia en cuanto a la distribución geográfica de las comunidades vegetales de los diversos ecosistemas del país y por supuesto sea corroborado con los otros criterios anteriormente descritos.

Estas unidades florísticas determinadas en las imágenes satelitales o fotos aéreas pueden ser determinadas en cualesquiera de los niveles de detalle del inventario.

Estas unidades son denominadas en base a una nomenclatura o terminología basada en el nombre vulgar de la especie o género predominante, como por ejemplo: queñoal (*Polylepis*), aguajal (*Mauritia*), tolar (*Parastrephya*), pacal (*Guadua*), cetical (*Cecropia*); también puede adoptar nombres regionales basado en su fisonomía y condiciones hídricas como el caso del bofedal u oconal (*Distichia*), etc.,

Otra forma de determinar unidades florísticas, es a través de la identificación de sub- unidades de vegetación, luego de hacer una división de la unidad de vegetación obtenida producto de la estratificación basada en los criterios antes descritos. Estas sub-unidades de vegetación se originan luego de procesar los datos del inventario, es decir, estarán representadas por las especies y denominadas por las especies

DOCUMENTO EN CONSULTA

que presenten los mayores valores de abundancia, dominancia y frecuencia, así por ejemplo: Asociación *Bertholletia -Eschweilera-Hevea*, Asociación *Stipetum-Festucetum*, etc.

9.1.2 ELABORACION DEL MAPA

El mapa de vegetación es una representación gráfica de la distribución espacial de las "*unidades de vegetación*" determinadas en el proceso de estratificación. Implica haber estructurado previamente una leyenda del mapa preliminar (relación sistemática de las unidades de vegetación).

La delimitación de las unidades de vegetación sobre las imágenes satelitales se puede realizar a través del siguiente procedimiento:

1º. Desplegar el archivo digital de la cartografía base en el programa SIG.
2º. Desplegar el archivo digital de la imagen satelital en el programa SIG.
3º. Superponer los dos archivos antes mencionado y ajustar a la escala de trabajo según el nivel de detalle.
4º. Crear la cobertura de vegetación con los parámetros cartográficos definidos.
5º. Delimitar en pantalla las unidades de vegetación según la leyenda del mapa preliminar de vegetación poniendo en práctica todos los criterios descritos anteriormente para el proceso de estratificación o clasificación de la vegetación.

Para la creación de la cobertura de vegetación y la interpretación de imágenes se puede utilizar los programas Arcgis 9.X ó ArcView 3.X y su extensión Image Analyst 1.1.

Dependiendo del tipo de imágenes a utilizar, se hará la combinación de bandas que ayude más a la discriminación de tipos de vegetación. En el caso de imágenes Landsat, la combinación de bandas a utilizar será el RGB 5-4-3, banda 5 (infrarrojo cercano) en rojo, banda 4 (infrarrojo cercano) en verde y banda 3 (rojo) en azul. De este modo la banda 4, que es la que indica los niveles de biomasa, al visualizarse por el canal verde nos da la oportunidad de discriminar los tipos de vegetación. Para imágenes ASTER la mejor combinación de bandas sería 1-3-2 en RGB.

El intérprete utilizará los patrones de interpretación basados en los siguientes elementos:

a. Brillo: Es uno de los principales criterios de la interpretación visual. Hace referencia a la intensidad de energía recibida por el sensor para una determinada banda del espectro, y se relaciona directamente con el comportamiento espectral de las distintas coberturas o cubiertas. La observación del brillo se observa simultáneamente en varias bandas (combinación de bandas), lo que facilita un reconocimiento más certero de algunas cubiertas.
b. Color: Es un elemento básico en la interpretación visual de imágenes, ya que los diferentes colores correspondientes a diferentes objetos. La composición coloreada de distintas bandas espectrales de una misma escena produce un aumento de la información disponible para poder interpretar una determinada imagen. La combinación de bandas 5-4-3 (para imágenes landsat) resalta las diferencias de los colores de vegetación.
c. Textura: Hace referencia a la heterogeneidad espacial de una determinada cubierta. Cuanto más similares sean los objetos la tonalidad será más homogénea en el interior de la cubierta, y la textura será más lisa, y si existe una alta heterogeneidad la textura será rugosa. La textura es la distribución de tonos y colores que presentan un conjunto de unidades que son demasiadas pequeñas para ser identificadas individualmente en una foto o imagen satelital. El tamaño de los cuerpos determina la textura. Por ejemplo, las hojas son demasiadas pequeñas para ser diferenciadas unas de otras, sin embargo contribuyen a darle una textura especial a cada copa individual. La textura observada puede ser lisa, áspera o rugosa, granular, moteada, etc.
d. Contexto espacial: Determinadas cubiertas de interés pueden ser discriminadas con criterios de interpretación basados en el conocimiento del área de estudio por parte del intérprete. El contexto espacial es imposible de abordar por técnicas digitales de programa de procesamiento digital de imágenes convencionales y permite afinar los resultados de cualquier tipo de interpretación.

DOCUMENTO EN CONSULTA

e. Sombras: La variación de las condiciones de iluminación en una cubierta introduce una notable variedad en su firma espectral, de tal forma que una misma cubierta puede ofrecer valores de reflectividad bastantes contrastados según se sitúe en una exposición directa del sol o en sombra. Es muy importante tomar en cuenta este criterio cuando se interpreta en zonas de colinas y montañas.
f. Forma –Tamaño: La forma es una de las primeras características discriminantes, usadas cuando se interpreta visualmente una imagen. Las características totales del límite de un objeto junto con el tamaño del objeto permiten que muchos objetos sean reconocidos. Permite determinar la clase a que pertenece un cuerpo u objeto.
g. Período de adquisición: Es importante saber si las escenas que se adquieren corresponden a épocas de lluvia o de sequía, ya que influye directamente a la reflectividad de los objetos. Esto es más notorio en bosques secos, o en sitios donde se forman inundaciones o pantanos.

La interpretación se puede hacer tanto en pantalla como en impresiones en papel fotográfico. Lo más recomendable es realizarlo en pantalla, ya que se trabaja en un ambiente SIG, obteniendo directamente la información espacial, teniendo sólo que agregarle sus atributos (clases o categorías) a los objetos digitalizados.

Otra ventaja que ofrece la interpretación visual en pantalla es la posibilidad de ampliar (acercamientos o zooms) partes de la imagen donde se tenga duda de la clase a interpretar, así como el poder realizar realces visuales que apoyen a mejorar los contrastes entre clases.

6º. Producto de la interpretación de imágenes se obtiene el mapa preliminar de vegetación conteniendo la distribución espacial de todas las unidades de vegetación identificadas con código o símbolo basado en sus siglas del nombre definidas en su respectiva leyenda.
7º. El mapa obtenido debe tener una verificación de campo, relacionado a sus límites geográficos. Así mismo se debe realizar la caracterización de las clases, acompañadas de material fílmico y fotográfico.
8º. Luego de realizarse el trabajo de campo y observar los errores de interpretación se hace el ajuste del mapa, corrigiendo los atributos (clases) en algunos casos y en otros corrigiendo o ajustando los límites digitalizados.

Sobre el mapa de vegetación se realiza el cálculo y distribución de las muestras en el campo.

9.1.3 ESCALA DE INTERPRETACION Y UNIDAD MINIMA DE MAPEO

La escala de interpretación se refiere a la escala cartográfica con que se elabora el mapa de vegetación, pudiendo ser manual o digital sobre las imágenes satelitales o fotos aéreas.

La unidad mínima de mapeo se refiere a la mínima superficie (ha) de una unidad de vegetación que se puede delimitar al realizar el proceso de interpretación de imágenes o de fotos aéreas.

En el Cuadro 7 se muestra la escala de interpretación y la unidad mínima de mapeo establecidas según el nivel de detalle del inventario.

No existe ninguna limitación en aumentar la escala de interpretación, es decir, aumentar el detalle, sin embargo, se recomienda respetar dichos valores para permitir estandarizar y ser compatibles con otros mapas de áreas adyacentes o en la misma área. Por otro lado, en caso que exista un interés especial acerca de áreas de interés más pequeñas que las propuestas, estas pueden ser mapeadas una menor unidad mínima de mapeo establecida en el Cuadro 7.

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 7: Valores de escalas de interpretación o mapeo según nivel de detalle

NIVEL DE DETALLE	ESCALA DE LA CARTOGRAFÍA BASE	ESCALA DE LAS FOTOS AÉREAS	RESOLUCIÓN ESPACIAL DE IMAGEN SATELITAL	ESCALA DE INTERPRETACIÓN	UNIDAD MÍNIMA DE MAPEO (ha)
Reconocimiento	1:100 000		30 m	1:100 000	25
Semidetallado	1: 50 000	1: 50 000	15 - 20 m	1: 50 000	10
Detallado	1:10 000	≥1:20 000	< 10 m	< 1:10 000	5

Fuente: Elaboración propia

9.2. INVENTARIO DE LA FLORA

9.2.1 TIPOS DE MUESTREO

El muestreo permite estimar el valor de los parámetros de la población. La población puede estar formada por unidades de vegetación, por individuos vegetales de la misma especie, por individuos vegetales de la misma forma de vida. Existen dos tipos de muestreo, los cuales se describen a continuación:

9.2.1.1 Muestreo Aleatorio

a. Aleatorio sin estratificar

Este tipo de muestreo no requiere de estratificación del área a evaluar y la selección de las muestras es completamente aleatoria o al azar, es decir, cada punto de la población tiene igual probabilidad de formar parte de la muestra, la que resulta óptimamente representativa. Este tipo de muestreo es recomendable para bosques homogéneos en cuanto a su composición florística, de fácil acceso, como por ejemplo, plantaciones forestales, herbazales, bosques ralos, etc.

b. Aleatorio estratificado

Este tipo de muestreo si requiere de la estratificación. La selección de muestras es aleatoria pero solo al interior de cada estrato.

9.2.1.2 Muestreo Sistemático

a. Sistemático sin estratificar

Este tipo de muestreo no está sujeto a las reglas del azar, sino que las muestras son seleccionadas siguiendo un patrón regular de distribución o un patrón predeterminado donde las muestras guardan cierta equidistancia entre una y otra; ello permite detectar mejor las variaciones espaciales en las comunidades respecto al muestreo al azar.

b. Sistemático estratificado

Este tipo de muestreo implica la distribución de muestras siguiendo un patrón sistemático al interior de cada estrato. Es preferido no solo porque permite detectar variaciones dentro de cada estrato, sino también por su aplicación más sencilla en el campo; y según el patrón espacial de los individuos ofrece una mejor estimación que el muestreo sistemático sin estratificar.

DOCUMENTO EN CONSULTA

9.2.2 DISEÑO DE MUESTREO

9.2.2.1 Tamaño de la Unidad Muestral

La unidad muestral es la unidad de superficie básica donde se realizan el registro de las especies y las mediciones u observaciones respectivas de sus características.

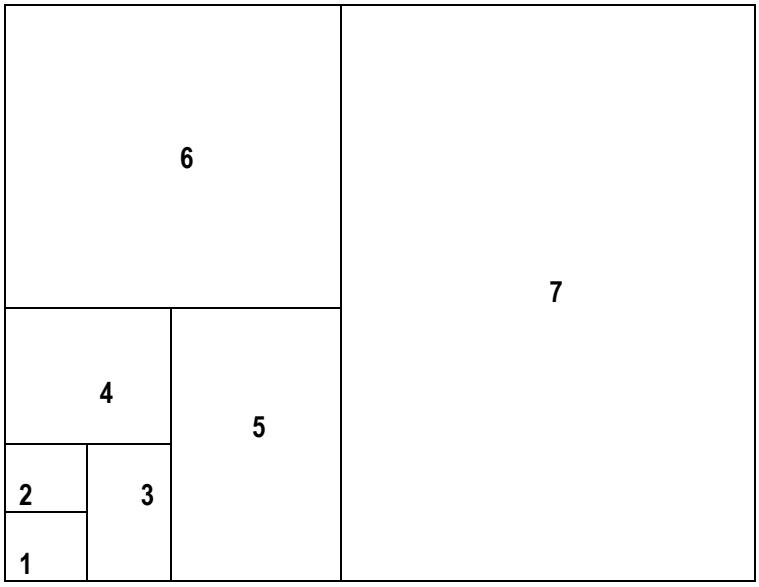
La determinación del tamaño de la unidad de muestreo se basa en el criterio del "área mínima de la comunidad", el cual se refiere que para toda comunidad vegetal existe una superficie por debajo de la cual ella no puede expresarse como tal. Por lo tanto, para obtener una unidad muestral representativa de una comunidad, es necesario conocer el área mínima de expresión de dicha comunidad (Matteucci y Colma, 1982).

Empíricamente se ha comprobado que si se registran las especies de una unidad muestral pequeña, su número es pequeño y a medida que se incrementa la superficie aumenta el número de especies, al comienzo bruscamente y luego cada vez con más lentitud y llega un momento en que el número de especies nuevas registradas en cada nueva unidad muestral, es muy bajo o nulo. Esta relación se puede visualizar en una curva donde los ejes son el número de especies y el área, a lo cual se denomina curva especie- área.

El procedimiento más difundido para determinar el área mínima, consiste en tomar una unidad muestral pequeña cuya superficie debe ser igual o mayor al tamaño de la copa o corona de la especie de mayor dimensión, y luego se procede a contar el número de especies presentes en dicha unidad muestral. Luego se duplica la superficie extendiendo la unidad anterior y se cuenta el número de especies nuevas que aparecen en la unidad duplicada. Esta operación se repite hasta que el número de especies disminuye al mínimo. En la Figura 2 se muestra un esquema gráfico del procedimiento para el cálculo del área mínima de muestreo.

En el Cuadro 8 se muestra se muestra un ejemplo numérico de estimación del área mínima de un matorral ubicado en la región andina entre 2000 y 3000 m de altitud;: resultó en este ejemplo un área mínima de 256 m^2.

Figura 2: Esquema del proceso para determinar área mínima de muestreo



Fuente: Matteucci y Colma, 1982

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 8: Ejemplo de estimación del área mínima de muestreo de un matorral

Especies Registradas	Número Acumulativo de Especies	Unidad Muestral	
		Número	Tamaño (m^2)
Heliotropium arborescens *Paracalia junjioides*	2	1	4
Ophryosporus peruvianus *Senecio richii* *Mutisia acuminata*	5	2	8
Lycopersicon peruvianum *Senna aff. Biflora* *Jungia schuerae* *Carica candicans*	9	3	16
Ambrosia arborescens *Cesterum auriculatum*	11	4	32
Austrocylindropuntia sp. *Verbesina callacatensis*	13	5	64
Citharexylum flexuosum	14	6	128
Total	14	7	256

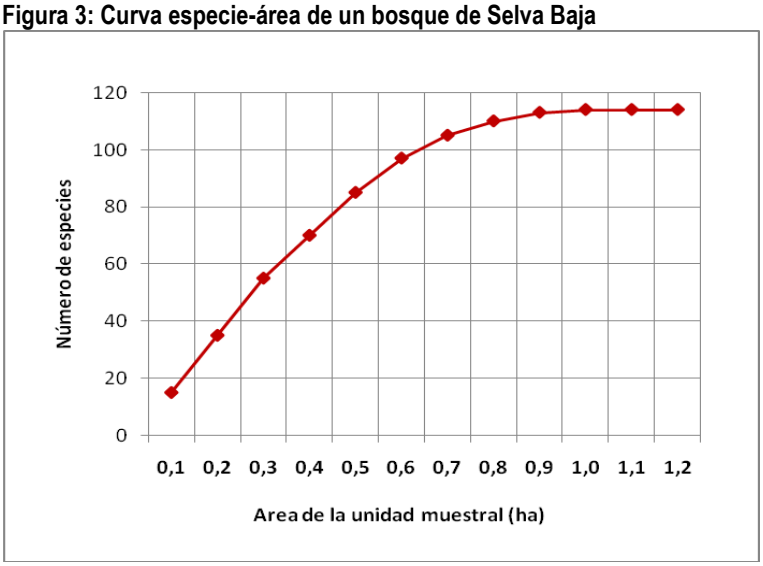
Portuguéz H. 2009

Otra forma para obtener la curva especie-área consiste en la agregación de cuadrados para obtener incrementos sucesivos de superficie y de especies. Se ubican cuadrados, o al azar o cuadrados vecinos, en un área determinada, contando las especies en cada cuadrado y luego se revisa el incremento de especies registradas según el número de cuadrados en una curva especie-área.

La curva de especies por área representa hasta ahora el mejor criterio para la determinación del área florística mínima a muestrear (Lamprecht, 1990).

El área mínima puede determinarse gráficamente, ya que se define como la superficie bajo la curva desde el origen hasta el punto de inflexión de la curva. En la Figura 3 se muestra un ejemplo hipotético del cálculo del área mínima para un bosque húmedo tropical ubicado en terrazas aluviales por debajo de los 500 m de altitud.

Figura 3: Curva especie-área de un bosque de Selva Baja



Fuente: Elaboración propia

DOCUMENTO EN CONSULTA

Los inventarios florísticos en general, deben proceder a realizar la estimación previa del área mínima de muestreo, tal como se ha descrito anteriormente; caso contrario pueden utilizar los valores de tamaños mínimos de parcelas para cada tipo de formación vegetal propuestos más adelante.

Cuando la composición florística (número de especies) de una determinada unidad de vegetación es muy baja, el concepto de la relación área-especie deja de ser efectiva, entonces se tendrá en cuenta otro criterio que denominaremos "subjetivo" para determinar el área mínima de la unidad muestral, y este consiste en considerar como área mínima de muestreo a aquella que incluya la proyección de la copa completa de por lo menos de 3 árboles de las mayores dimensiones existentes en la unidad de vegetación motivo de la evaluación; otra criterio es la inclusión mínima de 5 árboles de dimensiones promedios.

Otra situación que se da cuando el bosque es ralo, es decir, que existen árboles muy dispersos, entonces se recurre a ajustar el área mínima determinada con la relación especie-área bajo el mismo principio "subjetivo" mencionado anteriormente, es decir, que debe incluir entre 3 ó 5 árboles como mínimo.

a. Estimación del tamaño mínimo de la unidad muestral para inventario de bosques

a.1 Para la flora mayor del bosque

La flora mayor se refiere a los elementos de mayores dimensiones del bosque, tanto en altura, área basal, cobertura y volumen; se ubican en los niveles superior y medio del perfil vertical del bosque, tales como: árboles, palmeras arborescentes y helechos arborescentes.

Lo ideal es que se tenga establecido el tamaño mínimo de la unidad muestral para cada tipo de ecosistema existente en nuestro medio, sin embargo existe poca información al respecto, quedando sólo hacer la práctica del análisis de la curva especie-área durante el inventario, caso contrario se puede utilizar lo propuesto en el Cuadro 9 donde se muestra los tamaños mínimos de las unidades muestrales basados en la relación especie-área por cada tipo de ecosistema, los cuales se basan en el análisis de muestreos realizados en muchos ecosistemas del país. Los nuevos aportes de análisis de la relación especie-área que se realicen en los futuros inventarios van a contribuir en ajustar los datos propuestos en la presente Guía.

Cuadro 9: Estimación del tamaño mínimo de la unidad muestral de la flora mayor del bosque

ECOSISTEMAS FORESTALES	COMPOSICION FLORISTICA / OTRAS	TAMAÑO MINIMO DE LA UNIDAD MUESTRA (HA)
Bosque Húmedo / Bosque Subhúmedo < 600 m (Selva Baja)	Heterogénea	0.80 – 1.00
	Homogénea	0.10
Bosque Húmedo / Bosque Pluvial 600 – 4000 m (Selva Alta)	Heterogénea	0.50 – 0.80
	Homogénea	0.10
Bosque Subhúmedo 600 - 2500 m (Andino)	Heterogénea	0.50
	Homogénea	0.10
Bosque Semárido 600 – 2500 m (Bosque Seco del NO)	Heterogénea	0.50
	Homogénea	0.10
Bosque Arido < 600 m (Bosque Seco del NO)	Heterogénea	0.50
	Homogénea	0.10
Bosque Húmedo / Bosque Subhúmedo < 4000 m (Relicto)	Heterogénea	0.50
	Homogénea	0.10
Bosque Húmedo > 4000 m (Relicto)	Homogénea	0.05
Bosque Plantado	Copa angosta	0.03
	Copa amplia	0.05

Fuente: Elaboración propia

DOCUMENTO EN CONSULTA

a.2 Para la flora menor del bosque

La flora menor se refiere a los elementos de menores dimensiones del bosque ubicados en el "sotobosque" piso inferior conformado por las siguientes formas biológicas: palmeras de porte arbustivo, helechos arbustivos y herbáceos y la regeneración natural de especies de la flora mayor. Asimismo, incluye otras formas biológicas como las lianas, epífitas, musgos, etc.

En el Cuadro 10 se muestra una opción de uso del tamaño mínimo de parcelas para la flora menor por tipo de ecosistema forestal. Para el caso de las epífitas (orquidáceas y bromeliáceas), lianas, musgos, etc. la unidad mínima de muestreo es un árbol, sobre la cual se posan.

Cuadro 10: Estimación del tamaño mínimo de la unidad muestral de la flora menor del bosque

ECOSITEMAS FORESTALES	COMPOSICION FLORISTICA / OTRAS	TAMAÑO MINIMO DE LA UNIDAD MUESTRAL (M^2, ARBOL)
Bosque Húmedo / Bosque Subhúmedo: < 600 m (Selva Baja)	Sotobosque	100
	Cañas	100
	Epífitas, lianas	1 árbol
Bosque Húmedo / Bosque Pluvial: 600 – 4000 m (Selva Alta)	Sotobosque	100
	Cañas	100
	Epífitas, lianas	1 árbol
Bosque Subhúmedo: 600 - 2500 m (Andino)	Sotobosque	100
	Cañas	100
	Epífitas, lianas	1 árbol
Bosque Semárido: 600 – 2500 m (Bosque Seco del Nor Oeste)	Sotobosque	100
	Cañas	100
	Epífitas, lianas	1 árbol
Bosque Arido: < 600 m (Bosque Seco del Nor Oeste)	Sotobosque	100
	Cañas	100
	Epífitas, lianas	1 árbol
Bosque Húmedo / Bosque Subhúmedo: < 4000 m (Relicto)	Sotobosque	100
Bosque Húmedo: > 4000 (Relicto)	Sotobosque	100

Fuente: Elaboración propia

b. Estimación del área mínima de la unidad muestral para matorrales y herbazales

En el Cuadro 11 se muestra los tamaños mínimos de parcelas establecidos para los inventarios de comunidades arbustivas incluyendo las suculentas, así como los herbazales. Sin embargo, el análisis puede ser realizado durante el inventario y herbáceas, basados en estudios de la curva área-especie.

Cuadro 10: Estimación del tamaño mínimo de la unidad muestral de la flora arbustiva y herbácea

FORMACIONES VEGETALES	DENSIDAD / PORTE	TAMAÑO MINIMO DE LA UNIDAD MUESTRAL (M^2)
Matorrales/Suculentas	Denso	100
	Ralo	400
Herbazales	Erguido	4
	Amohadillado	1

Fuente: Elaboración propia

DOCUMENTO EN CONSULTA

9.2.2.2 Forma de la Unidad Muestral

a. Parcela de área fija

El uso de parcelas de área fija es la forma más utilizada en los inventarios de la flora silvestre, pudiendo estar representadas por figuras geométricas distintas, tales como, círculos, cuadrados ó rectángulos.

Las parcelas circulares frente a otras formas geométricas presentan un menor efecto de borde, es decir, menor relación perímetro/superficie y por tanto, menor probabilidad de que los individuos a medir caigan en el límite de la parcela. Para los bosques naturales abiertos (ralos) o plantaciones forestales, la delimitación de la parcela así como el levantamiento de información resulta fácil y efectivo, pudiendo usar círculos de hasta 30 m de radio; sin embargo, en bosques densos y con árboles de grandes dimensiones, no permite buena visibilidad, por lo que se tiene que reducir el tamaño del radio del círculo.

Las parcelas cuadradas es otra opción que se usa mucho en inventario de bosques densos y de baja densidad poblacional, siendo muy efectivo pero laborioso en el sentido de que hay que tener mucho cuidado en el control del barrido de las sub-parcelas, especialmente cuando la población es densa, lo que demanda mayor tiempo en su delimitación.

Las parcelas rectangulares también son muy usadas para inventariar a la flora mayor de los bosques densos debido a ciertas ventajas sobre las otras formas descritas, por lo siguiente: es fácil de medir y controlar el registro de información, tanto en bosques densos como abiertos, permite evaluar las variables caminando en línea recta sin necesidad de desplazarse mucho hacia los lados, e incluso es posible tomar las medidas desde afuera de la unidad, lo cual es importante cuando hay que mantener las condiciones intactas dentro de la unidad para efectuar mediciones posteriores. Al permitir un mayor desplazamiento sobre el terreno existe la probabilidad de interceptar mayor la dispersión de las especies.

Para el caso de la flora menor del bosque, la cual está conformada por la regeneración natural de las especies arbóreas, las especies de palmeras de porte arbustivo y otras formas biológicas, tales como helechos, lianas y epífitas, se usan perfectamente parcelas pequeñas de forma cuadrada o rectangular.

Respecto a los matorrales propiamente dichos, se pueden utilizar sin ninguna restricción cualquiera de las formas de las parcelas utilizadas para el componente arbóreo (circular, cuadrado o rectangular).

Para herbazales propiamente dichos, las parcelas de dimensiones fijas recomendables son las de forma cuadrada.

b. Transecto

El método del transecto denominado también "transección al paso", constituye un método muy usado para inventariar y evaluar herbazales, en especial para *pastizales*, debido sus ventajas frente al método de parcelas con dimensiones fijas, principalmente porque es rápido y permite capturar mayor variabilidad en el terreno y por ende la dispersión de las especie, por lo que permite un gran desplazamiento dentro de la unidad de vegetación a evaluar; además, facilita la toma de datos complementarios como grado de erosión del suelo, topografía, etc. Cada punto de observación o registro lo define un anillo censador de 2.5 cm de diámetro, sujetado por una varilla de bronce que mide entre 50 a 60 cm de largo (Flores, 2005).

9.2.2.3 Cálculo del Número de Muestras

a. Para Bosques Naturales

a.1 Flora Mayor

El número de muestras se refiere a una porción de la población que se toma para estimar los parámetros de la población de un área a evaluar.

DOCUMENTO EN CONSULTA

Se propone dos formas para calcular el número de muestras o unidad muestral: La primera consiste en aplicar una fórmula matemática muy utilizada para los inventarios forestales, básicamente para estimar el potencial del bosque basado en el volumen maderable. Esta misma fórmula puede ser utilizada para los inventarios netamente florísticos, inventarios forestales ó inventarios de biomasa/carbono, etc.. En el caso de bosques heterogéneos propios de la selva amazónica, el cálculo del número mínimo de muestras depende de la variabilidad y precisión del parámetro o variable que se quiere evaluar cuya fórmula se muestra a continuación:

$$N = \left(CV\%^2\right) * \frac{t^2}{E\%^2}$$

En donde:

N = Número total de muestras, sin unidades de medida. Este valor será distribuido de manera proporcional a la superficie de cada tipo de bosque identificado

$CV\%$ = Coeficiente de variabilidad promedio del volumen maderable de los tipos de bosques

$E\%$ = Error de muestreo cuyo valor varía según el nivel de detalle:

20% ----------Nivel de Reconocimiento
15% ----------Nivel Semidetallado
10%----------Nivel Detallado (Malleux, 1982).

t = 2 (al 95% de probabilidad)

Para obtener el valor promedio del CV% del volumen maderable del bosque a evaluar, es necesario realizar un muestreo piloto en cada tipo de bosque para obtener un promedio del CV; otra opción es tomar el valor del CV de otros inventarios forestales realizados en áreas boscosas con características similares. En caso de no ser posible ninguno de los casos anteriores, se puede asumir un valor entre 40% y 50%.

En el Cuadro 12 se muestra el cálculo del número de muestras para diferentes valores de coeficiente de variación y error de muestreo.

Cuadro 12: Cálculo del número de muestras en base al coeficiente de variación y del error de muestreo

NIVEL RECONOCIMIENTO				NIVEL SEMIDETALLADO				NIVEL DETALLADO			
CV%	t	E%	N	CV%	t	E%	N	CV%	t	E%	N
20	2	20	4	20	2	15	7	20	2	10	16
25	2	20	6	25	2	15	11	25	2	10	25
30	2	20	9	30	2	15	16	30	2	10	36
35	2	20	12	35	2	15	22	35	2	10	49
40	2	20	16	40	2	15	28	40	2	10	64
45	2	20	20	45	2	15	36	45	2	10	81
50	2	20	25	50	2	15	44	50	2	10	100
55	2	20	30	55	2	15	54	55	2	10	121
60	2	20	36	60	2	15	64	60	2	10	144

Fuente: Elaboración propia

La segunda forma de cálculo del número mínimo de muestras requeridas para realizar el muestreo de la flora mayor del bosque natural heterogéneo, se realizará a través de una ecuación que está en función de la superficie a evaluar y de constantes. Esta ecuación resulta de una modificación de la ecuación original propuesta en la Resolución Jefatural Nº 109-2003-INRENA: Anexo 2 "Lineamientos para elaborar el Plan General de Manejo Forestal (PGMF) para concesiones forestales con fines maderables".

$$N = a + b\left(S\right)$$

Donde:

N = número de unidades muestrales
S = superficie total a evaluar

DOCUMENTO EN CONSULTA

a, b = constantes que varían según nivel de detalle del inventario:

a = 10; b = 0.0001……Nivel de Reconocimiento
a = 15; b = 0.0005……Nivel Semidetallado
a = 20; b = 0.0010……Nivel Detallado

En los Cuadros 13, 14 y 15 se muestra la estimación del número de muestras (N) para los inventarios a nivel de reconocimiento, semidetallado y detallado, respectivamente.

Cuadro 13: Cálculo del número de muestras en inventario de reconocimiento según superficie.

a1	Constante	S (ha)	N
10	0.0001	10000	11
10	0.0001	20000	12
10	0.0001	30000	13
10	0.0001	40000	14
10	0.0001	50000	15
10	0.0001	60000	16
10	0.0001	70000	17
10	0.0001	80000	18
10	0.0001	90000	19
10	0.0001	100000	20
10	0.0001	200000	30
10	0.0001	300000	40
10	0.0001	400000	50
10	0.0001	≥500000	60

Fuente: Elaboración propia

Cuadros 14: Cálculo del número de muestras en inventario semidetallado según superficie

a2	Constante	S (ha)	N
15	0.0005	10000	20
15	0.0005	20000	25
15	0.0005	30000	30
15	0.0005	40000	35
15	0.0005	50000	40
15	0.0005	60000	45
15	0.0005	70000	50
15	0.0005	80000	55
15	0.0005	90000	60
15	0.0005	100000	65
15	0.0005	200000	115
15	0.0005	≥300000	165

Fuente: Elaboración propia

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadros 15: Cálculo del número de muestras en inventario detallado para diferentes superficies.

a3	Constante	S (ha)	N
20	0.001	10000	30
20	0.001	20000	40
20	0.001	30000	50
20	0.001	40000	60
20	0.001	50000	70
20	0.001	60000	80
20	0.001	70000	90
20	0.001	80000	100
20	0.001	90000	110
20	0.001	≥ 100000	120

Fuente: Elaboración propia

a.2 Flora Menor

Para el inventario de la flora menor del bosque, conformado por el sotobosque (palmeras de porte arbustivo, arbustos, helechos menores y regeneración natural de especies leñosas), lianas, epífitas u otras formas de vida vegetal existentes en el bosque, se requerirá un número igual de parcelas pequeñas a las calculadas para la flora mayor.

b. Para Bosques Plantados

Para el caso del inventario de los bosques plantados el cálculo del número de muestras se realiza aplicando la siguiente ecuación:

$$N = a + 0.001S$$

Donde:

N = número total de muestras multiplicado por (1/ha),
a = 20
S = superficie en hectáreas del bosque a inventariar

c. Para Matorrales y Herbazales

Para el cálculo del número de muestras para el inventario de matorrales y herbazales, se utilizará la misma ecuación lineal mencionada anteriormente, cuyos resultados se muestran en los Cuadros 13, 14 y 15, respectivamente.

9.2.2.4 Distribución de las muestras

El procedimiento para realizar la distribución de las unidades muéstrales es como sigue:

1º Contar con el Mapa de Vegetación.

2º Haber hecho el cálculo del número del total de muestras y si se trata del muestreo sistemático estratificado, hacer el cálculo proporcional para cada unidad de vegetación de acuerdo a la magnitud de sus superficies.

3º Si se trata del muestreo aleatorio se debe fraccionar toda el área a evaluar en pequeñas cuadrículas numeradas correlativamente y que expresan valores de entre 5 y 25 ha; luego las cuadrículas en representación de las muestras son elegidas al azar.

DOCUMENTO EN CONSULTA

4º Dar las coordenadas geográficas respectivas a cada punto medio de las cuadrículas elegidas al azar, pues éstos serán los centros de las parcelas a levantar en el campo, cuando se trata del muestreo al azar.

5º Si se trata del muestreo sistemático estratificado se trazarán ejes principales que intercepten todas las unidades estratificadas, pueden ser perpendiculares al lado más accesible del área de estudio, al cauce de un río, de una quebrada, de una carretera, etc. En ambos lados de los ejes principales y cada cierta distancia (entre 100 y 1000m, dependiendo del tamaño del área a evaluar) se ubicarán las parcelas de muestreo, a uno y otro lado del eje principal. El punto de inicio de los ejes principales se debe ubicar por lo menos unos 100 m hacia el interior de cada unidad de vegetación y a más de 1000 m entre ellos, dependiendo de la magnitud del área a evaluar.

6º En caso de aplicar el método del transecto llamado también *transección al paso* para el inventario de herbazales, cada punto de observación de un total de 100 /transecto, se hace a lo largo de una línea recta, al paso, sobre el mismo pie. Para efectuar otra lectura, hay que dar dos pasos. Para la lectura, se coloca un anillo censador en la punta del zapato y se registra lo que contiene el anillo, todo lo que se encuentra dentro del anillo. Para facilitar el registro se recomienda registrar la especie con una clave de cuatro a cinco letras, por ejemplo *Festuca dolichophylla* = FEDO, CAVI = *Calamagrostis vicunarum*, etc.

9.2.3 MEDICION DE VARIABLES

9.2.3.1 Variables a Medir en la Flora Mayor del Bosque

Las variables del bosque se refieren a las características o expresiones fenotípicas que presentan, en este caso los elementos de la flora mayor del bosque, como son: árboles, palmeras arborescentes y helechos arborescentes. Estas variables son medidas a todos los individuos que caen dentro de la unidad de muestreo.

Simultáneamente a la medición de variables fenotípicas, se hace la respectiva colección de muestras botánicas (flores, frutos, semillas, ramitas terminales), de especies no identificadas o dudosas para luego proceder a su identificación o confirmación en el herbario.

En una evaluación frecuentemente se suele subestimar las características menos notables y se sobrestiman las muy visibles, por lo se recomienda prevenir que esto suceda. Otros factores que conducen a obtener resultados erróneos son el estado de ánimo del evaluador, el cansancio o el desconocimiento de muchas especies. Estos factores se pueden evitar fácilmente con descansos adecuados y con contar con el personal idóneo.

En ecosistemas con estacionalidad climática marcada durante el año, se deben realizar por lo menos dos evaluaciones, una en el periodo seco y la otra en el periodo húmedo, debido a la variabilidad florística que se da a lo largo de los dos periodos; asimismo, los aspectos fenológicos (perdida y renovación del follaje, floración y fructificación) que varían durante el año.

Las variables a medir en cada unidad de muestreo se mencionan a continuación:

- **Altura**

La altura es uno de las principales variables que se miden en una planta y dependiendo de los objetivos específicos del inventario pueden ser de tres clases:

Altura total: Es la medida de la planta desde el suelo hasta la cima de su copa o corona. Se utiliza para estimar la altura máxima del dosel del bosque. También para levantar la arquitectura del bosque. Es aplicable para árboles, palmeras arborescentes y helechos arborescentes.

DOCUMENTO EN CONSULTA

Altura del fuste: Es la medida del árbol a partir desde el suelo hasta el inicio de la ramificación. Se utiliza para estimar la biomasa y carbono del fuste o tronco.

Altura comercial: Es la medida del árbol a partir de los 30 cm del suelo hasta un diámetro mínimo del tallo establecido por los requerimientos de la industria. Se utiliza con fines comerciales, para estimar el volumen maderable a extraer.

Cuando se desea medir la altura de árboles, palmeras y helechos arborescentes y que requiera mucha precisión, se puede utilizar instrumentos de medición como el hipsómetro Blume-Leiss, el nivel de Abney y el clinómetro Suunto; en éste último se ha sustituido el nivel de la brújula por un péndulo fijo de 90° de la línea índice horizontal; se pueden medir en grados en la escala izquierda y en % en la escala derecha. Se puede también utilizar telémetros láser para este fin.

Cuando no se cuenta con los aparatos antes mencionados, se puede utilizar una vara de unos 5 m de longitud y graduada cada metro para medir la primera porción del tallo, es decir, a partir del suelo, luego las siguientes porciones pueden ser estimadas visualmente al proyectar la vara graduada, previa práctica.

- **Diámetro**

El diámetro del tronco de un árbol, es una de las variables más importantes en los inventarios de la flora mayor del bosque. Medir el diámetro es determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que toca toda la circunferencia. Esta medida sirve para calcular el área basal y, el volumen maderable del tronco y por ende la biomasa y carbono de los árboles. También, es posible medir el crecimiento de los árboles, haciendo mediciones periódicas, como es el caso del monitoreo de parcelas permanentes de medición. Aquí se recomienda marcar exactamente el lugar donde se midió con pintura de buena calidad.

Para el caso de los helechos arborescentes y palmeras por el hecho de ser monocotiledóneas, el diámetro del tallo durante su crecimiento casi es constante, por lo que la medición de su DAP es referencial.

El diámetro de los árboles, helechos arbóreos y palmeras arborescentes, se mide a una altura de 1.3 m de la superficie del suelo conocido como DAP (diámetro a la altura del pecho) utilizando una cinta diamétrica, una forcípula o una cinta métrica. Las dos primeras miden el diámetro directamente, mientras que la cinta métrica mide el perímetro o longitud de circunferencia, a partir del cual se puede calcular el diámetro.

La medición del DAP para los árboles se hará a partir de 10 cm en los bosques húmedos y subhúmedos de la Selva Amazónica (Lamprecht, 1990, UNALM, 1993), así como en los bosques subhúmedos del Nor-Oeste peruano. En el caso de los bosques áridos y semiáridos del del Nor-Oeste, así como en los bosques relictos altoandinos la medición del diámetro del tronco o tallo será a partir de 5 cm del DAP. En el Cuadro 16 se muestra las dimensiones mínimas del DAP por cada forma de vida o forma biológica.

Cuando se trata de árboles de porte bajo y muy ramificado desde su base la medición del diámetro del tallo o tronco se hará al inicio de su ramificación y no de su DAP.

En el caso particular de tipos de bosques existentes en cualquiera de los ecosistemas forestales de bosques especiales de la selva amazónica con árboles muy delgados, la medición se hará a partir de los 5 cm de DAP, como por ejemplo, varillales, capironales, etc.

Cuando se mide el perímetro o longitud de circunferencia (*LC*) se aplica la siguiente fórmula para transformar a diámetro (*D*):

$$D = \frac{LC}{3.1416}$$

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 16: Dimensiones mínimas de variables de la flora mayor del bosque

ECOSISTEMAS FORESTALES	FORMAS BIOLOGICAS	DAP	ALTURA
Bosque húmedo y Bosque pluvial (pisos: basal, basimontano, submontano y montano bajo)	Arboles	≥ 10 cm	≥ 5m
	Palmeras arborescentes	≥ 5 cm	
	Helechos arborescentes	≥ 5 cm	
	Arboles de varillales	≥ 5 cm	
	Arboles de capironales, etc.	≥ 5 cm	
Bosque húmedo y Bosque pluvial (pisos: montano, altimontano y altoandino)	Arboles y palmeras	≥ 5 cm	
	Helechos arborescentes	≥ 5 cm	
Bosque subhúmedo (pisos: basal, basimontano y submontano)	Arboles	≥ 10 cm	
Bosque subhúmedo (pisos: montano y altimontano)	Arboles	≥ 5 cm	
Bosque semiárido	Arboles	≥ 5 cm	
Bosque árido	Arboles	≥ 5 cm	
Bosque relicto (pisos: montano bajo, montano, altimontano y altoandino)	Arboles	≥ 5 cm	

Fuente: Elaboración propia

- **Diámetro de Copa**

Es la medida del diámetro de la copa o corona de los árboles, palmeras arborescentes y helechos arborescentes (*DC*). Esta medida se obtiene a partir de su proyección horizontal en el suelo, procediendo a realizar dos mediciones cruzadas, una del diámetro mayor (d_1) y la otra del diámetro menor (d_2) para obtener el promedio.

$$DC = \frac{(d_1 + d_2)}{2}$$

Esta medida permite hallar el área aproximada o grado de cobertura de una determinada especie o comunidad.

Se debe adicionalmente registrar aspectos cualitativos, como el estado sanitario de las plantas, presencia de lianas, epífitas, características fenológicas, pendiente del terreno, densidad del sotobosque, etc.

9.2.3.2 Variables a Medir en la Flora Menor del Bosque

Se contabilizarán a todos los individuos que forman parte de la flora menor del bosque, tales como lianas, epífitas y demás componentes o formas biológicas del sotobosque, como son las palmeras de porte arbustivo, arbustos en general, helechos, entre otros, y se medirán sus alturas cuyos valores mínimos se muestra en el Cuadro 17.

Los parámetros a estimar son: Densidad y Abundancia

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 17: Dimensiones mínimas de variables a medir en la flora menor del bosque

ECOSISTEMAS FORESTALES	FORMAS BIOLOGICAS	DAP	ALTURA
Bosque húmedo, Bosque pluvial (≤ 3000 m de altitud)	Regeneración natural leñosas	≤ 10 cm	≥ 1 m
	Arbustos		1 - 3 m
	Palmeras porte arbustivo		1 - 2 m
	Helechos rastreros		≥ 15 cm
	Lianas	todas	
	Epífitas		≥ 15 cm
	Cañas	todas	todas
Bosque húmedo, Bosque pluvial (> 3000 m de altitud)	Regeneración de la flora mayor	≤ 5 cm	≥ 1 m
	Arbustos		≥ 1 m
	Palmeras porte arbustivo		≥ 1 m
	Helechos rastreros		≥ 15 cm
	Lianas	todas	
	Epífitas		≥ 15 cm
	Cañas	todas	
Bosque subhúmedo, Bosque semiárido (< 2500 m de altitud)	Regeneración de la flora mayor	≤ 5 cm	≥ 30 cm
	Arbustos		≥ 30 cm
	Suculentas		≥ 30 cm
	Herbáceas		todas
Bosque árido (< 600 m de altitud)	Regeneración de la flora mayor	≤ 5 cm	≥ 30 cm
	Arbustos		≥ 30 cm
	Suculentas		≥ 30 cm
	Herbáceas		todas
Bosque relicto (2000 – 5000 m de altitud)	Arbustos, suculentas		≥ 30m
	Herbáceas		todas

Fuente: Elaboración propia

9.2.3.3 Variables a Medir en Matorrales

Las variables que se miden en los matorrales propiamente dichos, se mencionan a continuación:

- **Registro de especies**

Se registran todos los individuos a nivel de cada especie arbustiva que caen dentro de cada unidad muestral; asimismo, se registran las especies complementarias que pudiesen convivir con los arbustos, como por ejemplo, algunas suculentas (cactáceas).

Se procede a la colección de muestras botánicas de especies no identificadas plenamente en campo para su posterior identificación en el herbario.

En matorrales con estacionalidad climática marcada durante el año, se deben realizar por lo menos dos evaluaciones, una en el periodo seco y otra en el periodo húmedo.

- **Altura**

La altura es uno de las principales variables que se miden en una planta. En los matorrales se miden las alturas totales de todos los individuos a partir de los 15 cm de altura sobre la base del suelo. La medición práctica se realiza con winchas metálicas graduadas en cm, de 3 ó 5m de longitud.

- **Diámetro de Corona**

Es la medida del diámetro de la copa o corona de cada individuo contabilizado dentro de la muestra.

DOCUMENTO EN CONSULTA

Se obtiene realizando dos mediciones cruzadas, una del diámetro mayor (d_1) y la otra del diámetro menor (d_2) para obtener el promedio.

$$D = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

9.2.3.4 Variables a Medir en Herbazales

Las variables que se miden en los herbazales propiamente dichos, se mencionan a continuación:

- **Registro de especies**

Se registran todas las herbáceas a nivel de cada especie que caen dentro de la unidad muestral, así como, especies complementarias no herbáceas que forman parte de la muestra como son pequeños arbustos y pequeñas suculentas (cactáceas).

Se procede a la colección de muestras botánicas de especies no identificadas plenamente en campo para su posterior identificación en el herbario.

En herbazales con estacionalidad climática marcada durante el año, se deben realizar por lo menos dos evaluaciones, una en el periodo seco y otra en el periodo húmedo.

- **Altura**

La altura es una variable fisonómica de la planta y se refiere a la altura promedio de los ejemplares más altos de una determinada especie y en cada una de las muestras.

9.2.4 ESTIMACION DE PARAMETROS

9.2.4.1 Estimación de Parámetros de la Flora Mayor del Bosque

Los datos registrados en las unidades de muestreo serán procesados en gabinete para obtener los valores de los parámetros que caracterizarán al bosque evaluado; éstos se describen a continuación:

- **Densidad**

La densidad (D) es el número de individuos (N) que existe en un área (A) determinada. Se estima a partir del conteo del número de individuos en cada unidad muestral. Se debe obtener el promedio de este valor referido a la hectárea y para cada unidad o tipo de vegetación inventariado.

$$D = \left(\frac{N}{A}\right)$$

- **Frecuencia**

La frecuencia (F) de un atributo es la probabilidad de encontrar dicho atributo en una unidad muestral. Se expresa como porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece (m_i) en relación con el número total de unidades muestrales (M):

$$F_i = \left(\frac{m_i}{M}\right) * 100$$

El patrón de distribución espacial afecta la estimación de la frecuencia. A igual número de individuos y con el mismo tamaño y número de unidades muestrales las especies con distribución regular presentan una

DOCUMENTO EN CONSULTA

frecuencia más alta que las especies con patrón agregado. En estas condiciones cuanto más agregado es el patrón menor resulta la frecuencia.

- **Abundancia**

Abundancia es el número de individuos de cada especie existente en una determinado estrato o tipo de vegetación ó unidad del mapa.

- **Distribución Diamétrica**

El análisis de la distribución de la abundancia en clases de diámetros es exclusivo para árboles lo cual permite conocer la estructura poblacional del bosque. Con esto se conoce la población de cada especie en sus diversas etapas de crecimiento y constituye una información valiosa para conocer si una especie de interés cuenta con una determinada población juvenil que asegure el futuro de la especie. Si tiene una población mayormente adulta, la especie podría desaparecer ante una intervención o aprovechamiento que implique la tala del árbol. Es una información muy importante que debe ser base para los planes de manejo forestal.

Cada clase diamétrica tendrá una amplitud o rango de 5 cm a partir de los diámetros mínimos establecidos.

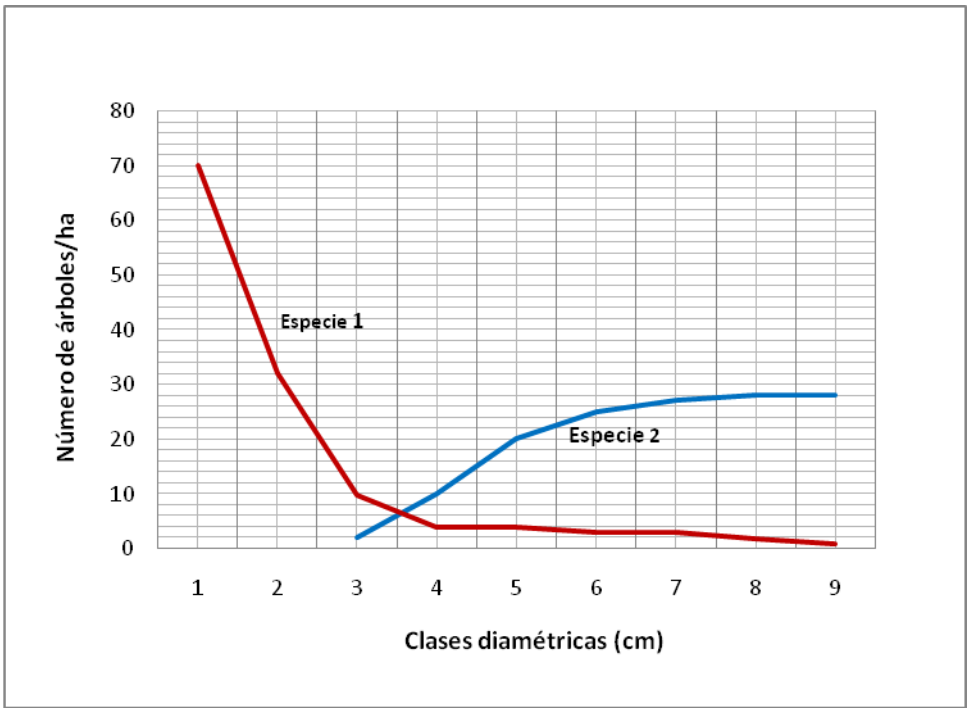
En la Figura 4 se muestra un caso hipotético de distribución diamétrica del número de árboles/ha a partir de 10 cm de DAP de dos especies con diferentes tendencias; la especie 1 tiene abundante regeneración natural, lo cual asegura su futuro mientras la especie 2 tiene escasa regeneración y su futuro es incierto.

Un bosque natural por lo general cuenta con una tendencia de "J" invertida, siguiendo el modelo:

$$Y = Ke^{-ax}$$

Cada especie presenta una tendencia específica que depende de las características ecológicas

Figura 4: Curva de distribución diamétrica del número de árboles/ha de dos especies forestales



Fuente: Elaboración propia

DOCUMENTO EN CONSULTA

- **Área Basal**

El área basal (AB) es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del árbol, palmera y demás formas vegetales de porte arborescente, a determinada altura del suelo; el AB total se expresa en m^2 de material vegetal por unidad de superficie de terreno y permite conocer la dominancia y tener una idea sobre la calidad de sitio. En los tratamientos silviculturales el grado de afectación de la masa forestal se basa en las áreas basales.

El cálculo del área basal de basa en la fórmula del círculo, tal como se muestra a continuación:

$$AB = 3.1416\left(\frac{DAP}{2}\right)^2 \quad \text{Ó} \quad AB = 0.7854 * DAP^2$$

Donde:

AB = área basal del tallo
DAP = Diámetro a la altura del pecho o diámetro a 1.30 m del suelo

Cuando se mide la longitud de la circunferencia en vez del DAP, se aplica la siguiente fórmula:

$$AB = \frac{LC}{4}(3.1416)$$

Donde:

LC = longitud de circunferencia

- **Cobertura**

Es el área generada por la proyección horizontal de las partes aéreas de una planta sobre el suelo y se expresa como porcentaje de la superficie total de la parcela de muestreo o unidad muestral.

Para la estimación de la cobertura cuando se trata de árboles, palmeras, y helechos arborescentes, se calcula el área de la copa en base a la fórmula del área del círculo, actuando como variable el diámetro promedio de la copa para cada individuo inventariado. Se expresa como área (m^2) o porcentaje (%) total de la unidad muestral, que proviene de la sumatoria de todas las áreas calculadas para cada individuo que conforman la parcela.

$$AC = 3.1416\left(\frac{DC}{2}\right)^2$$

Donde:

AC = área de copa
DC = diámetro promedio de copa

- **Volumen Maderable**

Este parámetro es muy utilizado por la actividad forestal para determinar la cantidad de madera, de una o varias especies de árboles existente en un determinado lugar, en la mayoría de inventarios forestales, este es el objetivo.

El volumen de la madera en pie se calcula aplicando la fórmula para hallar el volumen del cilindro, es decir, a partir del área basal y la altura comercial o total del tronco de un árbol. El tronco no es un perfecto cilindro sino que tiene forma cónica y, por lo tanto, es necesario aplicar un factor de corrección conocido como factor de forma, cuyo valor depende de la especie. A continuación se muestra la mencionada fórmula:

$$V = AB * A * Fm$$

DOCUMENTO EN CONSULTA

Donde:

V : Volumen del árbol en pie en m^3
AB : Área basal a la altura del pecho en m^2
A : Altura del tallo, puede ser comercial, del fuste o total en metros.
Fm : Factor de forma

Existen pocos estudios del factor de forma o factor mórfico para ciertas especies forestales. En general para las especies de los bosques húmedos tropicales que no tienen definido su factor de forma se puede aplicar el valor de 0.70 (Malleux, 1982) y para las especies de los bosques secos del Nor-Oeste existen valores en el estudio de Ríos J. (1989), como por ejemplo, de algunas de ellas se muestran a continuación:

Especie	Factor de forma
Capparis scabrida "sapote"	0.916
Acacia macracantha "faique"	0.916
Ceiba trischistandra "ceibo"	0.916
Bursera graveolens "palo santo"	0.935
Prosopis pallida "algarrobo"	0.963
Loxopterigium huasango "hualtaco"	0.970

Cuando es posible medir el área basal de ambos extremos del tronco, se utilizará la siguiente fórmula:

$$V = \left(\left(\frac{AB1 + AB2}{2} \right) \right) * A$$

Donde:

V : Volumen del tronco en m^3
$AB1$: Área basal del extremo inferior del tronco en m^2
$AB2$: Área basal del extremo superior del tronco en m^2
A : Altura o longitud total del tronco en m

- **Biomasa**

La biomasa vegetal es la cantidad de materia seca producida por los árboles que conforman el bosque.

Para fines de la presente guía, se ha considerado el cálculo de la biomasa del fuste o tronco por ser la parte del árbol que contribuye con el mayor valor.

Para el caso del fuste o tronco de los árboles, la biomasa o peso seco de la madera se calcula a partir del volumen maderable en pie y de la densidad básica de la madera cuya fórmula es la siguiente:

$$P = D * V$$

Donde:

P : Peso seco del material vivo en toneladas

D : Densidad básica de la madera en $\frac{gr}{cm^3}$ ó $\frac{t}{m^3}$

V : Volumen maderable del árbol en pie en m^3

La densidad básica de la madera varía según el género y aún a nivel de especie. Existe información de densidad básica de la madera de más de 160 especies maderables mayormente procedente de los bosques de la Selva Baja y en menor proporción de los bosques secos del Nor-Oeste y de la zona andina (Aróstegui, 1974, 1975 y 1978).

Si se desea tener valores referenciales de la biomasa de la copa de los árboles de los bosques tropicales incluyendo todas las ramas y hojas, se puede asumir como un porcentaje promedio de la biomasa del fuste, equivalente a un 25%, que incluye los árboles del nivel emergente, del nivel medio y del nivel inferior de los

DOCUMENTO EN CONSULTA

bosques naturales en general. Para el caso de bosques plantados, se puede asignar un 20% de la biomasa del tronco para *Pinus* sp., y un 25% para *Eucalyptus* (FBDS, 2002).

En cuanto a valores referenciales para la biomasa del sistema radicular de los bosques naturales en general, se puede asumir un mínimo de 10% con relación a la biomasa del tronco. Algunos autores afirman que este porcentaje puede ser fijado en 15% sin precisar de qué tipo de ecosistema se trata (Schlegel, 2001). Asimismo, en un estudio de inventario de gases efecto invernadero realizado por el PROCLIM-INRENA (2005) estimó basado en la revisión bibliográfica un valor de la biomasa de la raíz de 16% de la biomasa del fuste.

En inventarios muy específicos, por ejemplo relacionados al cálculo de stock de carbono, se puede considerar la biomasa complementaria a la producida por el tronco de los árboles, tales como, biomasa de la regeneración natural, biomasa de los árboles muertos en pie y troncos caídos, biomasa del sotobosque, biomasa de la hojarasca y el carbono del suelo; existen metodologías específicas para su respectivo cálculo.

Para el caso de palmeras, la biomasa se puede estimar a partir de la extracción completa del individuo y proceder al secado y pesado del tallo, copa y sistema radicular. En el caso de los helechos arborescentes se procede de la misma forma como la que se utilizaría para las plameras.

En el Cuadro 17 se dan algunos ejemplos de valores de densidad básica de la madera de algunas especies forestales más comunes que permiten calcular la biomasa.

Cuadro17: Valores de densidad básica de algunas especies forestales

ESPECIES		DENSIDAD BÁSICA $\frac{gr}{cm^3}$	CLASIFICACIÓN
NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR		
Cavanillesia plataneifolia	Pretino	0.16	muy baja
Chorisia integrifolia	Lupuna	0.25	muy baja
Bursera graveolens	Palo santo	0.32	baja
Eryotheca ruizii	Pasallo	0.33	baja
Alnus acuminata	Aliso	0.41	media
Guazuma crinita	Bolaina	0.41	media
Eucalyptus globulus	Eucalipto	0.57	media
Polylepis racemosa	Quinual	0.55	media
Brosimum alicastrum	Manchinga	0.66	alta
Loxopterigium huasango	Hualtaco	0.68	alta
Escheilera timbuchensis	Machimango colorado	0.76	alta
Capparis scabrida	Sapote	0.77	alta
Dipteryx micrantha	Shihuahuaco	0.87	muy alta
Brosimum paraense	Palo sangre	0.99	muy alta

Fuente: Aróstegui A., 1974

- **Índice de Valor de Importancia (IVI)**

El índice de valor de importancia (IVI) es un parámetro que mide el valor ecológico de cada especie en una comunidad vegetal. Se obtiene mediante la suma de tres parámetros principales como son: dominancia (cobertura o área basal), abundancia y frecuencia. Es necesario transformar los datos de estos parámetros en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100 y la suma total de los valores del IVI debe ser igual a 300.

Mediante el cálculo del IVI se puede identificar tipos de asociaciones vegetales en áreas con alta diversidad florística, las cuales pueden ser denominadas por 2 o tres especies que tienen los mayores valores de IVI, tal como se observa en el ejemplo hipotético del Cuadro 18, como un promedio de varias muestras levantadas en una determinada unidad de vegetación; el nombre de la asociación sería *Eschweilera-Hevea-Hymenaea*.

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 18: Procedimiento para el cálculo del IVI en un bosque húmedo de terrazas altas disectadas

ESPECIE	ABUNDANCIA		DOMINANCIA		FRECUENCIA	
	ABSOLUTA $\left(\frac{árboles}{Ha}\right)$	RELATIVA (%)	ABSOLUTA $\left(\frac{m^2}{Ha}\right)$	RELATIVA (%)	ABSOLUTA	RELATIVA (%)
Hymenaea courbaril	15	15.6	1.2	8.6	4	7.4
Eschweilera sp.	15	15.6	1.5	10.7	10	18.5
Hevea guianensis	12	12.5	1.4	10.0	8	14.8
Brosimum alicastrum	10	10.4	1.3	9.3	6	11.1
Inga sp.	7	7.3	0.5	3.6	5	9.3
Clarisia racemosa	7	7.3	0.8	5.7	3	5.6
Hura crepitans	6	6.3	0.9	6.4	2	3.7
Switenia macrophylla	5	5.2	1.0	7.1	1	1.9
Cedrela odorata	4	4.2	0.7	5.0	1	1.9
Dypterix elata	3	3.1	0.4	2.9	3	5.6
Apeiba aspera	2	2.1	0.2	1.4	1	1.9
Astrocaryum shambira	2	2.1	0.3	1.8	2	3.7
Iriartea deltoidea	2	2.1	0.3	1.8	2	3.7
Tabebuia serratifolia	1	1.0	1.6	11.4	1	1.9
Castilloa ulei	1	1.0	0.7	5.0	1	1.9
Manilkara sp.	1	1.0	0.1	0.7	1	1.9
Aspidosperma sp	1	1.0	0.1	0.9	1	1.9
Enterolobium sp.	1	1.0	0.5	3.6	1	1.9
Macrolobium sp.	1	1.0	0.6	4.3	1	1.9
Total	96	100.0	14.0	100.1	54	100.0

Fuente: Elaboración propia

- **Índice de Diversidad**

Los índices de diversidad son aquellos que describen lo diverso que puede ser un determinado lugar, considerando el número de especies de un determinado grupo (riqueza) y el número de individuos de cada especie.

Existen muchos índices de diversidad, el 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 en cada tipo de vegetación, de tal manera que las especies estén bien representadas en la muestra. Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H' = \sum P_i * \ln P_i$$

Donde:

H' : Indice 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 ($\ln^{10}$), pero, al momento de interpretar y escribir los informes, es importante especificar el tipo de logaritmo utilizado. Su valor varía entre 1 y 5; el máximo valor se alcanza cuando cada individuo registrado pertenece a una especie diferente. En el Cuadro 19 se muestra un ejemplo hipotético de tres muestras levantadas en un matorral subhúmedo ralo y el respectivo procedimiento para el cálculo del índice en el Cuadro 20.

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 19: Especies registradas en tres muestras en un matorral subhúmedo ralo.

ESPECIE	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Mutisia acuminata	3	1	
Aristiguetia glutinosa	6		
Senecio collinis	10	14	
Lupinus balianus	7		5
Baccharis tricuneata	1	1	
Gynosxis nitida			2
Barnadesia dombeyana		9	
Diplstephyum sp.		8	
Ophryosporus peruvianus	15	10	
Ribes sp.		1	1
Baccharis lanceolata		3	
Echinopsis pachanoi			3
Ambrosia arborescens		3	
Monnina salicifolia		3	4
Gungia schuerae			5
Otholobium pubescerns		1	2
Agave americano		2	
Hesperomeles cuneata	2		1
Tecoma sambucifolia		1	2
Total especies/individuos	**7/44**	**13/57**	**9/25**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 20: Estimación del índice de diversidad de Shannon-Wiener en base al cuadro 9.12

Pi	Log Pi	Log2	*H'*	Pi	Log Pi	Log2	*H'*	Pi	Log Pi	Log2	*H'*
0.07	-1.15	0.30	-0.26	0.02	-1.70	0.30	-0.10	0.00		0.30	0.00
0.14	-0.85	0.30	-0.39	0.00		0.30	0.00	0.00		0.30	0.00
0.23	0.23	0.30	0.17	0.25	-0.60	0.30	-0.49	0.00		0.30	0.00
0.16	-0.80	0.30	-0.42	0.00		0.30	0.00	0.20	-0.70	0.30	-0.46
0.02	-0.46	0.30	-0.03	0.02	-1.70	0.30	-0.10	0.00		0.30	0.00
0.00		0.30	0.00	0.00		0.30	0.00	0.08	-1.10	0.30	-0.29
0.00		0.30	0.00	0.16	-0.80	0.30	-0.42	0.00		0.30	0.00
0.00		0.30	0.00	0.14	-0.85	0.30	-0.40	0.00		0.30	0.00
0.34	-0.47	0.30	-0.53	0.18	-0.74	0.30	-0.43	0.00		0.30	0.00
0.00		0.30	0.00	0.02	-1.70	0.30	-0.10	0.04	-1.40	0.30	-0.19
0.00		0.30	0.00	0.05	-1.30	0.30	-0.23	0.00		0.30	0.00
0.00		0.30	0.00	0.00		0.30	0.00	0.12	-0.92	0.30	-0.37
0.00		0.30	0.00	0.05	-1.30	0.30	-0.23	0.00		0.30	0.00
0.00		0.30	0.00	0.05	-1.30	0.30	-0.23	0.16		0.30	0.00
0.00		0.30	0.00	0.00		0.30	0.00	0.20	-0.70	0.30	-0.46
0.00		0.30	0.00	0.02	-1.70	0.30	-0.10	0.08	-1.10	0.30	-0.29
0.00		0.30	0.00	0.04	-1.40	0.30	-0.16	0.00		0.30	0.00
0.05	-1.30	0.30	-0.20	0.00		0.30	0.00	0.04	-1.40	0.30	-0.19
0.00		0.30	0.00	0.02	-1.70	0.30	-0.10	0.08	-1.10	0.30	-0.29
0.00			**-1.66**	**1.00**			**-3.08**	**1.00**			**-2.54**

Fuente: Elaboración propia

9.2.3.2 Estimación de Parámetros de la Flora Menor del Bosque

Los datos registrados en las unidades de muestreo serán procesados en gabinete para obtener los valores de los parámetros de la vegetación y que permitirán hacer la respectiva caracterización de la flora o vegetación evaluada; éstos se describen a continuación:

- **Presencia**

Es la lista de todas las especies inventariadas con sus respectivas familias

DOCUMENTO EN CONSULTA

- **Densidad**

La densidad es el número de individuos que existe en un área determinada. Se estima a partir del conteo del número de individuos en cada unidad muestral. Se debe obtener el promedio de este valor referido a la hectárea y para cada unidad o tipo de vegetación inventariado: $D = N / área$

- **Abundancia**

La abundancia se refiere al número de individuos de cada especie existente en una determinada área. El cálculo es simplemente un agrupamiento de todos los individuos por cada especie identificada en las respectivas muestras luego de obtener el promedio se expresa en términos de superficie (ha).

- **Frecuencia Absoluta**

La frecuencia absoluta de un atributo es la probabilidad de encontrar dicho atributo en una unidad muestral.

- **Biomasa**

La biomasa vegetal es la cantidad de materia seca producida por los arbustos que conforman el matorral. Su cálculo es sencillo, solo basta extraer la planta completa de las especies identificadas, luego secarla y pesarla. Se expresa en t/ha

- **Indice de Diversidad**

Se puede aplicar el mismo índice de diversidad considerado para la flora mayor del bosque.

9.2.4.2 Estimación de Parámetros de los Matorrales

Los datos registrados en las unidades de muestreo serán procesados en gabinete para obtener los valores de los parámetros de la vegetación y que permitirán hacer la respectiva caracterización de la flora o vegetación evaluada; éstos se describen a continuación:

- **Presencia**

Es la lista de todas las especies inventariadas con sus respectivas familias

- **Densidad**

La densidad es el número de individuos que existe en un área determinada. Se estima a partir del conteo del número de individuos en cada unidad muestral. Se debe obtener el promedio de este valor referido a la hectárea y para cada unidad o tipo de vegetación inventariado: $D = N / área$

- **Abundancia**

La abundancia se refiere al número de individuos de cada especie existente en una determinada área. El cálculo es simplemente un agrupamiento de todos los individuos por cada especie identificada en las respectivas muestras luego de obtener el promedio se expresa en términos de superficie (ha).

- **Frecuencia Absoluta**

La frecuencia absoluta de un atributo es la probabilidad de encontrar dicho atributo en una unidad muestral.

El patrón de distribución espacial afecta la estimación de la frecuencia. A igual número de individuos y con el mismo tamaño y número de unidades muestrales las especies con distribución regular presentan una

DOCUMENTO EN CONSULTA

frecuencia más alta que las especies con patrón agregado. En estas condiciones cuanto más agregado es el patrón menor resulta la frecuencia.

- **Cobertura**

La cobertura es el área que ocupa la parte aérea de un arbustal y ésta puede ser a nivel cada especie. Esta área se expresa como porcentaje de la superficie total de la parcela de muestreo o unidad muestral.

Para la estimación de la cobertura se aplica la típica fórmula del área basal o sección. A continuación se muestra la fórmula simplificada para hallar el área de cobertura (Co) de una planta, donde se multiplica una constante por el diámetro promedio de copa (D). Este valor debe ser llevado a porcentaje (%).

$$Co = 0.7854 * D^2$$

- **Biomasa**

La biomasa vegetal es la cantidad de materia seca producida por los arbustos que conforman el matorral. Su cálculo es sencillo, solo basta extraer la planta completa de las especies identificadas, luego secarla y pesarla. Se expresa en t/ha

- **Indice de Diversidad**

Se puede aplicar el mismo índice de diversidad considerado para la flora mayor del bosque.

9.2.3.3 Estimación de parámetros de los Herbazales

- **Abundancia/Cobertura**

La abundancia de las especies en cada unidad muestral se estima en términos de cobertura, dada a la complejidad de la distribución de su población, por lo que resulta muchas veces difícil su registro en forma individual (a veces son plantas muy pequeñas, entrelazadas unas con otras).

Se ha establecido una escala de calificación para la abundancia de cada especie, la cual está basada en rangos de cobertura (%), tal como se menciona a continuación: "Abundante", cuando la presencia de la especie dentro de la asociación representa más del 20% de cobertura; "común", cuando su presencia fluctúa entre 10 y 20% de la cobertura; "frecuente", si se presenta entre 1 y 10% de la cobertura; "ocasional", si su presencia varia de 0.1 a 1; y "raro", si la especie no se presento durante el muestreo por lo tanto no se cuantifico, pero está presente dentro de la asociación (Ver Cuadro 21) .

Cuadro 21: Categorías de abundancia basada en la presencia

Cobertura (%)	Calificación
> 20	Abundante
10 - 20	Común
1 - 10	Frecuente
0.1 - 1	Ocasional
0	Raro

Fuente: Flórez A., 2005

- **Biomasa**

La biomasa vegetal es la cantidad de materia seca producida por las herbáceas y se calcula extrayendo las plantas completas (incluida su raíz) de muestras de 1 m^2, luego se seca y se pesa, completamente libre de todo tipo de material. Se expresa en t/ha.

DOCUMENTO EN CONSULTA

- **Indices agrostológicos**

Los índices agrostológicos son valores que permiten calificar el potencial forrajero de las unidades de vegetación para determinada especie de animal. Se calculan a partir de unidades florísticas, es decir, a nivel de asociaciones florísticas, los cuales se describen a continuación:

- **Índice de especies deseables**

Es el porcentaje promedio de todos los censos efectuados en la asociación, para la especie animal de pastoreo escogida. Este índice y el de vigor son los que varían en función a de la especie animal.

Especies deseables: llamada también decrecientes, son aquellas especies de carácter temporal o permanente, generalmente con bajo contenido de fibra, lo que les da una consistencia suave y que son muy apetecidas por el ganado; el grado de abundancia de estas especies dentro de la asociación es un indicador de la calidad de la vegetación, son las primeras en desaparecer en un sobrepastoreo prolongado debido que son consumidas repetidas veces. En el Cuadro 22 se muestra la calificación de los índices de especies decrecientes expresados en porcentaje

Cuadro 22: Calificación del índice de especies decrecientes

Porcentaje (%)	Calificación
70 – 100	Excelente
40 – 69	Bueno
25 – 39	Regular
10 – 24	Pobre
0 – 9	Muy pobre

Fuente: Flórez A., 2005

Especies poco deseables: llamadas también acrecentantes, son aquellas especies de carácter principalmente permanente, que sin ser apetecible para el herbívoro, son consumidas en segunda prioridad cuando las especies de mejor calidad ya fueron consumidas o simplemente han desaparecido.

Especies indeseables: Conformadas mayormente por aquellas especies de carácter invasor, pero que cumplen función de control de la erosión del suelo. El grado de ocurrencia de estas especies es generalmente indicador de la intensidad de uso del recurso forrajero.

- **Indice forrajero**

Se suma todos los puntos obtenidos en todas las especies forrajeras. No se deben considerar las especies toxicas ni espinosas; es decir, las que son consumidas por los animales. Este índice es igual para todas las especies animales de pastoreo. En el Cuadro 23 se muestra la calificación de los índices forrajeros expresados en porcentaje.

Cuadro 23: Calificación del índice de densidad forrajera

Porcentaje	Calificación
90 – 100	Excelente
70 – 89	Bueno
50 – 69	Regular
40 – 49	Pobre
39 ó menos	Muy pobre

Fuente: Flórez A., 2005

- **Indice de suelo desnudo, roca y pavimento de erosión**

Se obtiene sumando los puntos obtenidos en suelo desnudo, más roca, más pavimento de erosión. Para su cálculo, el valor obtenido debe restarse de 100, pues es un índice indirecto de la cobertura del suelo. En el Cuadro 24 se muestra la calificación de los índices de condición de suelo expresados en porcentaje

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 24: Calificación del índice de condición de suelo

Porcentaje	Calificación
0 – 10	Excelente
11– 30	Bueno
31 – 50	Regular
51 – 60	Pobre
61 ó más	Muy pobre

Fuente: Flórez A., 2005

- **Indice de vigor**

Antes de iniciar el censo de la vegetación, se debe escoger que especie forrajera deseable se designara como representativa del consumo de la especie animal escogida. Los campesinos saben muy bien cuáles son las especies que gustan más a los vacunos, ovinos o alpacas. En el Cuadro 25 se muestra la calificación de los índices de vigor expresados en porcentaje

Cuadro 25: Calificación del índice de vigor

Porcentaje	Calificación
80 – 100	Excelente
60 – 69	Bueno
40 – 39	Regular
20 – 24	Pobre
19 ó menos	Muy pobre

Fuente: Flórez A., 2005

- **Condición de los pastizales**

Para calificar la condición de las asociaciones florísticas forrajeras se debe tener los valores para los cuatro índices antes descritos:

El número de puntos que se juega para determinar la condición de una asociación es 100. Estos se reparten así: 50% para el índice de especies decrecientes, 20% para el índice forrajero, 20% para el índice de condición de suelo (suelo desnudo, roca y pavimento de erosión) y 10% para el índice de vigor.

En esta forma basada en el puntaje de los índices se establecen 5 niveles de calidad de la asociación: excelente, bueno, regular, pobre y muy pobre (Cuadro 26). La calificación es para cada asociación y para una determinada especie animal en pastoreo; se ha considerado para este ejemplo como unidad de referencia a la especie *Lama pacos* "alpaca"·, valiéndose de ella para considerar la posibilidad de utilización del forraje por otros herbívoros como ovinos y vacunos.

Cuadro 26: Condición del pastizal

Porcentaje	Calificación
79 - 100	Excelente
54 - 78	Buena
37 - 53	Regular
23 - 36	Pobre
0 - 22	Muy pobre

Fuente: Flórez A., 2005

- **Soportabilidad de los pastizales**

Posteriormente, conociendo la extensión de las asociaciones, se determina la soportabilidad o capacidad de carga de cada una de ellas, tomándose como base referencial la clasificación expuesta en el Cuadro 27 referente a la carga animal (número de cabezas/ha/año)recomendable para las condiciones de pastizales nativos.

DOCUMENTO EN CONSULTA

Cuadro 27: Carga animal recomendable para diferentes condiciones de pastizales

Condición	Ovinos	Alpacas	Vacunos	Vicuñas
Excelente	4.00	2.70	1.00	4.44
Buena	3.00	2.00	0.75	3.33
Regular	1.50	1.00	0.38	1.65
Pobre	0.50	0.33	0.13	0.55
Muy Pobre	0.25	0.17	0.07	0.28

Fuente: Programa de Forrajes – UNALM, 1984

DOCUMENTO EN CONSULTA

X. BIBLIOGRAFÍA

1. **AROSTEGUI A.** 1974. Estudio Tecnológico de Maderas del Perú. (Zona Pucallpa). Vol. I. Características tecnológicas y uso de las maderas de 145 especies del país. UNALM. 483 p.
2. **BRAUN-BLANQUET, J.** 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume. Madrid. 820 p.
3. **CABRERA, A. Y WILLINK, A.** 1980. Biogeografía de América Latina. Monografía Nº 13. serie Biológica. OEA, Washington D.C. 168 p.
4. **CAN,** 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. 96 p.
5. **FBDS,** 2002. Emisiones y remociones de dióxido de carbono mediante cambios en las reservas de bosques plantados. Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil. 47 p.
6. **FERREIRA, R.** 1986. Flora y Vegetación del Perú. En: Gran Geografía del Perú (Volumen II). Ed. Manfer, Mejía Baca. 319 p.
7. **FLÓREZ A.** 2005. Manual de pastos y forrajes altoandinos. UNALM. 51 p.
8. **FONT QUER, P.** 1993. Diccionario de Botánica. Editorial labor, S.A. Barcelona. 1244 pg.
9. **INRENA-PROCLIM**. 2005. Inventario nacional de gases efecto invernadero. Sector Agricultura y Cambio de Uso de la Tierra y silvicultura. 157 p.
10. **INRENA** 2007. Mapa Geomorfológico del Perú.
11. **INRENA**, 2002. Mapa de Erosión del Perú
12. **INRENA** 2005. Mapa de deforestación de la Amazonía-2000. 99 p.
13. **INRENA**. 1996. Mapa Forestal del Perú. 112 p.
14. **KALLIOLA-PUHAKKA-DANJOY.** 1993. Amazonía Peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Universidad de Turku-ONERN. 265 p.
15. **LAMPRECHT, H.** 1990. Silvicultura en los Trópicos. 335 p.
16. **MALLEUX, J.** 1982. Inventarios forestales en bosques tropicales. UNALM.
17. **MATTEUCI, S. Y COLMA, A.** 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía Nº 22. Serie Biológica. OEA, Washington D.C. 168 p.
18. **MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA. 2002.** Emisiones y remociones de dióxido de carbono mediante cambio en las reservas de bosques plantados. Fundación Peruana para el desarrollo Sostenible. 47 pg.
19. **MOSTACEDO T.,** 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto manejo Forestal Sostenible. 87 p.
20. **OTERO, N.** 1970. Tamaño óptimo de parcela y eficiencia de diseños de muestreo en inventarios forestales de bosques tropicales. 225 p.
21. **PCM.** 2004. Decreto Supremo Nº 087-2004-PCM "Aprueban el Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE). 12 p.
22. **PORTUGUÉZ, H.** 2008. Inventario florístico y evaluación de la producción frutícola de *Carica candicans* Gray en casta-Huarochirí. 130 p.
23. **PORTUGUÉZ, H.** 1990. Muestreo forestal comparativo entre el método de fajas y el método del prisma con dos factores de área basal. 113 p.
24. **RÍOS J.** 1989. Análisis del habitat del Coto de Caza el Angolo. Piura. UNALM, 266 p
25. **SCHLEGEL B. "et al".** 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Universidad Austral de Chile
26. **SMITH, R. AND SURVA, T.** 2001. Ecología. 4ª Edición. Ed. Addison Wesly. España. 642 p.

DOCUMENTO EN CONSULTA

XI. GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. **Altoandino**: Porción de la región andina arriba de los 3800 msnm.
2. **Arbol**: planta leñosa con tallo principal (tronco) de por lo menos 3m de alto y con copa bien definida
3. **Arborescente**: Que ha alcanzado el aspecto y altura de un árbol
4. **Arbusto**: planta semileñosa de menos de 3 m de alto, sin tallo preponderante porque se ramifica desde la base.
5. **Biotemperatura**: Es aquella temperatura vital para el desarrollo o funcionamiento biológico de los seres vivos y va de 0ºC – 30ºC. Valores superiores a este rango aceleran mucho los procesos fisiológicos y resultan inefectivos, y valores inferiores al rango hacen que los procesos fisiológicos sean muy lentos, siendo hasta perjudiciales.
6. **Bosque:** Dominan comunidades arbóreas sobre otras formas biológicas. Son de consistencia leñosa, notable tallo principal que supera los 3 m de alto, copa definida y con una cobertura mayor o igual al 10%.
7. **Cactal**: Conjunto de suculentas de la familia Cactaceae.
8. **Caducifolio**: Planta que pierde su follaje durante un periodo de extrema sequía o extremo frío del año.
9. **Cañaveral**: Conjunto de cañas.
10. **Cartografía base:** Representación plana de la superficie terrestre a través de sus elementos como, escala, coordenadas, curvas a nivel, cotas, red hidrográfica, lagos, lagunas y centros poblados. A partir de esta información básica se pueden generar mapas temáticos.
11. **Cima de montaña**: Terreno ubicado en la cima de la vertiente montañosa con pendiente desde plano-ondulado (5-10%) hasta inclinado (15-25%)
12. **Comunidad vegetal**: Conjunto de plantas de una o más especies que crecen en mismo lugar y que muestran cierta afinidad entre ellas. Tienen varias características con la que pueden ser descritas, tales como: estructura, forma de vida, patrón espacial, composición de especies, estado de sucesión, biomasa, etc.
13. **Composición florística homogénea:** Unidad de vegetación dominada por un pequeño grupo de especies que representan más del 70% de la población.
14. **Composición florística heterogénea:** Unidad de vegetación conformada por una diversidad de especies sin predominancia de alguna de ellas.
15. **Colina baja**: Terreno derivado de la de la disección de las formaciones sedimentarias del sustrato geológico, formado por acumulación fluvial muy antiguo, con altura inferior de 20-80 m. desde el nivel de su base y diferentes grados de erosión, desde ligeramente disectado (15-25% de pendiente) hasta fuertemente disectado (pendiente de 50-75%).
16. **Colina alta**: Terreno derivado de la de la disección de las formaciones sedimentarias del sustrato geológico, formado por acumulación fluvial muy antiguo, con relieve de altura inferior de 80-300 m. desde el nivel de su base. La pendiente de sus laderas son desde moderadamente empinada (25% de pendiente) hasta > 50% de pendiente (ladera escarpada).
17. **Complejo de orillares:** Conjunto de barras o bancos aluviales abandonados secuencialmente durante la migración de sus curvas, bien sea en posición lateral o bien en medio del cauce. La topografía en general es ondulada.
18. **Cono de deyección**: Terreno en forma cónica de suave pendiente originado por depósitos aluviónicos acumulados en los piedemonte, donde se enlaza la pendiente de la ladera con un área llana.
19. **Copa**: Conjunto de ramas de un árbol que se disponen en la cima o parte superior del tallo o tronco.
20. **Disectado**: Terreno en proceso de erosión. Existen diferentes grados de erosión relacionados a la vez con los diferentes grados de pendiente del terreno.
21. **Ecosistema forestal**: paisaje dominado por árboles sobre otras formas de vida vegetal, los cuales interactúan con animales, microorganismos, suelo, agua y aire.
22. **Epífita**: Planta que vive sobre otras plantas sin extraer de ellas su nutrimento.
23. **Estandarización:** Adaptación o adecuación a un modelo o patrón.
24. **Evaluación de la flora:** Proceso de registro, medición y caracterización de la flora.
25. **Fenología:** Estudio de fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico, como la brotación, la florescencia, la maduración de los frutos, pérdida del follaje, recuperación del follaje, etc.
26. **Firma espectral**: Es la reflectancia de un de un tipo de cobertura a lo largo de todo el espectro electromagnético.

DOCUMENTO EN CONSULTA

27. **Flora**: Conjunto de especies vegetales que se encuentran en determinada área geográfica determinada. Listado de especies
28. **Formación vegetal**: Conjunto de plantas con determinada forma biológica; por ejemplo, bosque, matorral, herbazal.
29. **Georeferenciación**: Proceso de asignar coordenadas cartográficas a los datos de una imagen los cuales se encuentran distorsionadas por efecto de la curvatura de la tierra y por errores sistemáticos del sensor (elemento activo del satélite).
30. **Hierba**: Planta no leñosa de consistencia blanda en todas sus partes.
31. **Herbazal**: Conjunto de hierbas que existen en una área determinada.
32. **Inventario forestal**: Conteo y medición de árboles para el aprovechamiento y/o manejo del bosque.
33. **Inventario florístico**: Registro o relación de especies vegetales de una determinada área.
34. **Lomada**: Terreno ondulado formado por acumulación fluvial antigua, con pendiente de 8-15%, con relieve de altura inferior de 20 m.
35. **Mapa temático:** Mapa que muestra ciertas características particulares y su distribución sobre la superficie terrestre, como por ejemplo: mapa fisiográfico, mapa de vegetación, mapa de suelos, mapa geológico, etc.
36. **Matorral, Arbustal**: Conjunto de arbustos que existen en un área determinada
37. **Ortorectificación**: Proceso de rectificación que corrige el desplazamiento de la información de la imagen debido al terreno cuando no es plano.
38. **Palmeral**. Conjunto de palmeras.
39. **Perennifolio**: Planta que mantienen su follaje siempre verde durante el año.
40. **Piedemonte**: Terreno ligeramente inclinado, con suave pendiente (2-8%), situado al pie de de una montaña, formado por materiales procedentes de la erosión.
41. **Potencial forestal:** Posibilidad de ofrecer productos maderables y productos no maderables.
42. **Potencial florístico:** Posibilidad de ofrecer una diversidad de especies de plantas.
43. **Procedimiento:** Modo de ejecutar determinadas acciones que suelen realizarse de la misma forma, con una serie común de pasos claramente definidos que permitan realizar una actividad correctamente.
44. **Proceso:** Conjunto de actividades o eventos coordinados que se realizan alternativa o simultáneamente con un fin determinado.
45. **Provincia de humedad:** categoría de condición de humedad del suelo determinada por la relación de evapotranspiración potencial.
46. **Macroprovincia de humedad:** Conformada por una o varias provincias de humedad
47. **Regeneración natural**: Es la población futura de una comunidad vegetal, conformada por individuos juveniles con DAP < 10 cm en los bosques húmedos y subhúmedos de las Selva Amazónica y subhúmedos de las Selva del Pacífico, y con DAP < 5 cm en los bosques áridos y semiáridos del Nor-Oeste, así como en los bosques altoandinos.
48. **SIG**: Sistema de Información Geográfica
49. **Sotobosque:** Vegetación arbustiva, herbácea y regeneración natural de especies leñosas que vive debajo del bosque.
50. **Selva Alta:** Conformada por bosques lluviosos de la Amazonía ubicados arriba de los 600 m de altitud.
51. **Selva Baja:** Conformada por bosques lluviosos de la Amazonía ubicados abajo de los 600 m de altitud
52. **Terraza baja:** Terreno plano formado por acumulación fluvial reciente y actual, con pendiente de 0 – 4%. Pueden ser inundables durante la creciente de los ríos y no inundables cuando están a un nivel moderadamente mayor o estar demasiado alejadas del río.
53. **Terraza media**: Terreno plano formado por acumulación fluvial subreciente (holocénica) con pendiente de 0 – 4%, ubicados entre 5 y 10 m de altura desde el nivel del agua durante el periodo de vaciante. Pueden ser plana, plano-ondulada y depresionada (áreas ligeramente cóncavas con mal drenaje).
54. **Terraza alta**: Terreno plano formado por acumulación fluvial subreciente a antigua (pleistocénica) ubicados arriba de los 10 m de altitud. Pueden ser plana (0-4%), plano-ondulada (2-8%) y disectada (8-15%).
55. **Unidad de vegetación**: Es la unidad mínima de análisis, producto del proceso de estratificación de la vegetación.,
56. **Valle estrecho**: Formado por acumulación fluvial reciente (holocénica) que forma planicie de 0 – 4% de pendiente en niveles de terrazas que tapizan los fondos de valles de las colinas y montañas del macizo oriental andino.
57. **Vegetación**: Tapiz o cobertura vegetal de un área. Conjunto de plantas que pueblan un área.

DOCUMENTO EN CONSULTA

58. **Vertiente montañosa**: Terreno correspondiente al macizo andino con una elevación que supera los 300 m de altitud desde el nivel de su base. La pendiente de sus laderas son desde moderadamente empinada (25-50%) hasta escarpada (> 50%).
59. **Vigor**: Es una cualidad de los árboles expresado en el tamaño de su copa. A mayor tamaño del diámetro de la copa corresponden a un mayor desarrollo del árbol y en consecuencia mayores volúmenes maderables.