



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente


PERÚ  
NATURAL

**Guía de evaluación  
del estado de**

# **Ecosistemas de bosque seco:**

**Bosque estacionalmente  
seco de llanura, bosque  
estacionalmente seco  
de colina y montaña**





**Guía de evaluación  
del estado de**

# **Ecosistemas de bosque seco:**

**Bosque estacionalmente  
seco de llanura, bosque  
estacionalmente seco de  
colina y montaña**



## AGRADECIMIENTOS

Al Gobierno Regional de Lambayeque – Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental, por su contribución en la etapa de validación de la Guía de evaluación del estado de Ecosistemas de bosque seco: bosque estacionalmente seco de llanura, bosque estacionalmente seco de colina y montaña.

Finalmente a todos aquellos que contribuyeron en todas las etapas de elaboración y validación del presente documento.



# GUÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE ECOSISTEMAS DE BOSQUE SECO: BOSQUE ESTACIONALMENTE SECO DE LLANURA Y BOSQUE ESTACIONALMENTE SECO DE COLINA Y MONTAÑA

## **Autor:**

### **Ministerio del Ambiente**

Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los  
Recursos Naturales

Dirección General de Ordenamiento Territorial  
Ambiental

Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos  
Naturales del Territorio

## **Editado por:**

### **© Ministerio del Ambiente**

Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los  
Recursos Naturales

Dirección General de Ordenamiento Territorial  
Ambiental

Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos  
Naturales del Territorio

Av. Antonio Miroquesada n.º 425, Magdalena del Mar  
Lima, Perú

Imágenes: © Ministerio del Ambiente, Comisión de  
Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo  
- PROMPERÚ

Primera edición, noviembre de 2019



# ÍNDICE

08

1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVO

09

3. ALCANCE

4. BASE LEGAL

10

5. MARCO CONCEPTUAL

5.1 Ecosistemas de bosque seco:

Bosque estacionalmente seco de llanura, bosque estacionalmente seco de colina y montaña

5.1.1 Bosque estacionalmente seco de llanura

11

5.1.2 Bosque estacionalmente seco de colina y montaña

13

5.2 Degradación

5.3 Integridad del ecosistema

5.4 Condición ecológica

14

5.5 Índice de Integridad Biológica – IBI (Por sus siglas en inglés)

5.6 Valor o estado de referencia

5.7 Métodos de evaluación rápida

5.8 Atributos del ecosistema

15

5.9 Indicadores del estado del ecosistema

18

6. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOSQUE SECO: BOSQUE ESTACIONALMENTE SECO DE LLANURA, COLINA Y MONTAÑA

6.1 Consideraciones metodológicas generales

6.1.1 Personal de campo, materiales e instrumentos

19

6.1.2 Atributos e indicadores a considerar

20

6.1.3 Valores relativos de atributos e indicadores a considerar

6.1.4 Puntaje de indicadores en función de medidas obtenidas en campo

24

6.2 Proceso metodológico

26

6.2.1 PASO 1: Identificación y delimitación de la zona de interés a evaluar

27

6.2.2 PASO 2: Selección del sitio de referencia

28

6.2.3 PASO 3: Cálculo del tamaño de la muestra

29

6.2.4 PASO 4: Determinación del tipo de unidades de muestreo



30	31	38	39	42
6.2.5 PASO 5: Distribución espacial de las unidades muestrales	6.2.6 PASO 6: Medición de indicadores en campo	6.2.7 PASO 7: Comparación de valores de indicadores de la parcela de referencia (PR) y la parcela evaluada (PE) para la determinación de puntajes	6.2.8 PASO 8: Cálculo del valor ecológico	7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
44	48			
8. GLOSARIO	9. ANEXOS			







# I. INTRODUCCIÓN

El Ministerio del Ambiente, a través de la Dirección General del Ordenamiento Territorial Ambiental (DGOTA), ha elaborado la presente *Guía de evaluación del estado de los ecosistemas de bosque seco: Bosque estacionalmente seco de llanura y Bosque estacionalmente seco de colina y montaña*, en concordancia con la metodología establecida en la *Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas Altoandinos*, aprobada con Resolución Ministerial N.º 183-2016-MINAM, que establece la metodología de cálculo del valor ecológico de un determinado sitio, aplicable a ecosistemas altoandinos (pajonal, tolar y césped de puna).

Los bosques secos brindan servicios ecosistémicos de provisión (frutos, leña, madera), y regulación (protección del suelo, regulación hídrica, reciclado de nutrientes, regulación del clima, entre otros). Sin embargo, desde hace décadas sufren una serie de amenazas, como son la tala ilegal para leña, carbón y madera, el cambio de uso de la tierra para agricultura, sobrepastoreo, contaminación creciente de los suelos, agua y aire, la desertificación, los incendios forestales y las invasiones a tierras de dominio público y de comunidades campesinas, lo que causa una fuerte degradación de los recursos naturales existentes en estos bosques.

La estimación del valor ecológico de los bosques secos toma como base el concepto del Índice de Integridad Biológica (IBI, por sus siglas en inglés), refiriéndose a un valor que resume e indica la condición en que se encuentra el sitio evaluado, en relación a un sistema de referencia, que se considera “conservado”. Este valor se calcula a través de un sistema de calificación basado en tres (3) atributos fundamentales: a) florística del sitio, b) estabilidad del suelo y c) integridad biótica, los que están compuestos por indicadores que pueden relacionarse con la respuesta que da el ecosistema ante un factor de degradación o ser un indicador de la presencia del factor de degradación en sí mismo.

En consecuencia, la presente guía constituye una herramienta técnica, que contribuye a la generación de información para las iniciativas de recuperación y/o conservación, a partir de la evaluación de las condiciones, en términos ecológicos.

## 2. OBJETIVO

Describir y orientar el proceso de evaluación y estimación del estado de los ecosistemas de bosque seco: bosque estacionalmente seco de llanura y bosque estacionalmente seco de colina y montaña, a partir de la aplicación de un conjunto de indicadores evaluados en campo.

## 3. ALCANCE

La presente guía es una herramienta orientada a los gobiernos regionales, gobiernos locales y demás entidades públicas y privadas que promueven y desarrollan acciones de conservación y/o recuperación (remediación, rehabilitación o restauración) de ecosistemas y servicios ecosistémicos del bosque seco.

## 4. BASE LEGAL

- Constitución Política del Perú.
- Ley n.º 26821 – Ley de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales del Territorio.
- Ley n.º 28611 – Ley General del Ambiente.
- Decreto Legislativo n.º 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
- Decreto Supremo n.º 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente.
- Decreto Supremo n.º 002-2017-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
- Ley n.º 28245 – Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Ley n.º 29763 – Ley Forestal y de Fauna Silvestre.
- Ley n.º 27446 – Ley del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Decreto Supremo n.º 018-2015-MINAGRI, que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal.
- Decreto Supremo n.º 021-2015-MINAGRI, que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal y de Fauna Silvestre en Comunidades Nativas y Campesinas.
- Ley n.º 27972 - Ley Orgánica de Municipalidades.
- Decreto Supremo n.º 019-2009-MINAM, que aprueba el Reglamento de la Ley n.º 27446.
- Decreto Legislativo n.º 1252 que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones y deroga la Ley n.º 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública.
- Decreto Supremo n.º 027-2017-EF Reglamento del INVIERTE.PE
- Decreto Legislativo n.º 1432 que modifica el D. L. n.º 1252 INVIERTE.PE



## 5. MARCO CONCEPTUAL

### 5.1 ECOSISTEMAS DE BOSQUE SECO: BOSQUE ESTACIONALMENTE SECO DE LLANURA, BOSQUE ESTACIONALMENTE SECO DE COLINA Y MONTAÑA

El ámbito de aplicación de la presente guía, corresponde a los ecosistemas de bosque seco: bosque estacionalmente seco de llanura, bosque estacionalmente seco de colina y montaña.

Cuadro n.º 1: Agrupamiento de los tipos de bosques secos por ecosistemas

MAPA NACIONAL DE ECOSISTEMAS	MAPA DE COBERTURA VEGETAL
Ecosistema de bosque estacionalmente seco de llanura	Bosque seco tipo sabana
	Bosque seco de piedemonte
Ecosistema de bosque estacionalmente seco de colina y montaña	Bosque seco de lomada
	Bosque seco de colina baja
	Bosque seco de colina alta
	Bosque seco de montaña
	Bosque subhúmedo de montaña

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.1 Bosque estacionalmente seco de llanura

Ecosistema subárido caducifolio, homogéneo y extenso dominado por árboles espaciados de *Prosopis pallida* y *P. limensis* “algarrobo”. La fisonomía general corresponde a bosque de hasta 5-8 metros con arbustos y herbazal efímero. Este bosque seco contiene pocas especies; además de *Prosopis sp.*, están *Vachellia macracantha* “faique” y *Colicodendron [=Capparis] scabridum* “sapote”. Se distribuye desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 500 m s. n. m. Presenta una marcada estacionalidad (en periodos de 3 a 8 años) influenciada por el Fenómeno de El Niño<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Definiciones conceptuales de los Ecosistemas del Perú (MINAM, 2018)

## 5.1.2 Bosque estacionalmente seco de colina y montaña

Ecosistema costero generalmente caducifolio, de clima semiárido, con precipitación estacional y escasa, con alta variación interanual. La fisonomía corresponde a bosque seco estacional semidenso con altura de dosel o cúpula de árboles de hasta 8 a 12 metros, con sotobosque de herbazal efímero, arbustos y cactáceas. Las colinas pueden tener una altura relativa máxima de entre 30 y 180 metros y pendientes entre 15 y 80 %, mientras que el terreno montañoso está caracterizado por cerros de más de 300 metros de altura relativa y pendientes fuertes (más de 50 %), donde destaca la cordillera de los Amotapes. Se ubica en las laderas de las vertientes occidentales de los Andes, entre 400 y 2 000 m s. n. m. (departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad)<sup>1</sup>.

Entre las especies representativas se encuentran: *Eriotheca ruizii* “pasallo”, *Bursera graveolens* “palo santo”, *Loxopterigium huasango* “hualtaco”, *Ceiba trichistandra* “ceibo”, *Terminalia valverdae* “huarapo”, *Geoffroea striata* “almendro”, *Cochlospermum vitifolium* “polo-polo”, *Erythrina smithsiana* “porotillo” o “frejolillo”, *Tillandsia usneoides* “salvaje” o “salvajina”, *Pithecellobium multiflorum* “angolo”, *Handroanthus chrysanthus* “guayacán”, *Caesalpinia paipai* “charán”.





# Mapa de ubicación de los bosques secos: Bosque estacionalmente seco de llanura, colina y montaña.



ECOSISTEMA	SUPERFICIE		
	ha	%	
Bosque estacionalmente seco de colina y montaña	1,897,483.3	1.5	
Bosque estacionalmente seco de llanura	1,452,575.9	1.1	

## 5.2 DEGRADACIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) indica que, si bien no existe una definición única acordada a nivel internacional, hay esfuerzos importantes que contribuyen en la temática. Por ejemplo, esta organización define a las tierras degradadas como aquellas que han perdido —hasta cierto grado— su productividad natural debido a procesos inducidos por la actividad humana. Las definiciones más actuales engloban también cambios negativos en la capacidad de los ecosistemas de brindar una variedad de bienes y servicios sociales y ambientales.

En el contexto nacional, los ecosistemas degradados son *aquellos ecosistemas que han sufrido pérdida total o parcial de alguno de sus factores de producción (componentes esenciales) que alteran su estructura y funcionamiento, disminuyendo por tanto su capacidad de proveer bienes y servicios*<sup>3</sup>, que pueden suscitarse en cualquiera de sus componentes bióticos o abióticos y en sus diversas relaciones debido, principalmente, a la sobreexplotación de sus recursos naturales. En consecuencia, se dan efectos directos y negativos sobre el bienestar social, de no tomar medidas que mejoren esta situación.

## 5.3 INTEGRIDAD DEL ECOSISTEMA

Se refiere a una propiedad sintética del ecosistema, como una totalidad, que incluye la presencia de todos los elementos y procesos ocurriendo de manera adecuada. Es un concepto que expresa el grado en el que los componentes físicos, químicos y biológicos y sus relaciones (incluyendo la composición, estructura y función del ecosistema) están presentes y son capaces de mantener la auto-renovación del sistema (Plenik, 2011). En la práctica, se asocia con el concepto de “*condición ecológica*”, ya que la máxima integridad del ecosistema es la referencia de la mejor condición ecológica (Fennesy *et al.*, 2007).

## 5.4 CONDICIÓN ECOLÓGICA

Busca cuantificar qué tanto un sitio dado se ha distanciado de la integridad ecológica ideal. Se puede definir como la capacidad de un ecosistema de mantener su complejidad y capacidad de auto-organización ante presiones externas (cambios antrópicos). Se mide en base a la composición de especies, características físico-químicas y funciones ecológicas en el sitio dado, y su comparación con los valores de un ecosistema similar, pero sin alteraciones humanas (referencia). La condición ecológica resulta de la integración de los procesos químicos, físicos y biológicos que mantiene el ecosistema en el tiempo (Fennesy *et al.*, 2007).

<sup>3</sup>Lineamientos para la formulación de proyectos de inversión pública en diversidad biológica y servicios ecosistémicos



## 5.5 ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA – IBI (POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)

Esta es una propuesta para evaluar la condición ecológica. Es un índice compuesto por diferentes medidas biológicas, que son sensibles al estrés ambiental. Estas medidas son estandarizadas y ponderadas para poder ser integradas en un solo valor que indica la condición ecológica de un sitio (Stein *et al.*, 2009). Este valor se ubica dentro de un gradiente, que permite la comparación con otros sitios evaluados, con diferentes niveles de degradación.

## 5.6 VALOR O ESTADO DE REFERENCIA

Para evaluar la condición ecológica es necesario establecer un estado de referencia —una Línea de Base o «estado ideal»— con la cual se compara una situación que ha sido objeto de cambios. En la práctica, no resulta sencillo establecer un estado de referencia. Teóricamente, los bosques primarios podrían servir de línea de base, pero este método puede ser problemático a causa de las modificaciones que el ecosistema ha podido experimentar en el pasado. Los bosques que han sido ordenados con arreglo a criterios sostenibles con fines de producción podrían también servir de estado de referencia, aunque estos bosques puedan carecer de algunas de las especies, procesos, funciones y estructuras de los primarios. Además, todos los ecosistemas forestales están sujetos a cambios inherentes y a variaciones naturales, que les son característicos.

## 5.7 MÉTODOS DE EVALUACIÓN RÁPIDA

Se refiere a una metodología propuesta para evaluar, de forma rápida, ecosistemas en campo. Este método debe estar basado en el entendimiento de los factores que crean, mantienen y degradan el ecosistema a evaluarse (Fennesy *et al.*, 2007).

## 5.8 ATRIBUTOS DEL ECOSISTEMA

Se entiende como atributo al componente de un ecosistema considerado de mayor relevancia para que funcione y persista en el espacio y el tiempo (Pardo *et al.*, 2007), que no puede ser medidos directamente, sino ser estimado a través de un grupo de indicadores (Pyke *et al.*, 2002). Los atributos considerados para la evaluación del estado de los ecosistemas de bosque seco son:

- a) **Florística del sitio.-** proporciona información sobre la capacidad del ecosistema para albergar especies y en consecuencia, favorecer su potencial para resistir eventuales cambios adversos en su condición. Contempla la evaluación de dos (2) indicadores: riqueza de especies y composición por



grupo funcional, que reflejan la contribución de los diferentes grupos funcionales (árboles, arbustos y herbáceas) a los procesos ecológicos y a la estabilidad del sistema ecológico.

**b) Integridad biótica.-** revela la capacidad del área de soportar y mantener una comunidad balanceada, integrada y conformada por una composición variable de especies con organización funcional. Se ha considerado seis (6) indicadores: cobertura de copa, área basal, altura de árboles dominantes, plantas invasoras, plantas con especies parásitas y la presencia de tocones.

**c) Estabilidad del suelo.-** está relacionada con la capacidad del ecosistema de mantener condiciones estables para el crecimiento de las plantas y resistir la erosión. Se ha considerado un (1) indicador: grado de erosión del suelo. Este atributo aplica solo para Bosques estacionalmente seco de montaña.

## 5.9 INDICADORES DEL ESTADO DEL ECOSISTEMA

Los indicadores son componentes del ecosistema que pueden ser observados y medidos, y que se relacionan con uno o más atributos (Pyke *et al.*, 2002). Los indicadores pueden relacionarse con la respuesta que da el ecosistema ante un factor de degradación, pero también puede ser un indicador de la presencia del factor de degradación en sí mismo (Fenerssy *et al.*, 2007). Los indicadores considerados para la evaluación del estado de los ecosistemas de bosque seco son:

### a) Indicador de la florística del sitio

- **Riqueza de especies:** se refiere al número de especies presentes por grupo funcional (arbustos y árboles) que existe en un área o en una muestra determinada, como expresión de la diversidad. Además, es un indicador del grado de estabilidad y resiliencia del ecosistema, puesto que las especies allí presentes son el resultado de un largo proceso de adaptación a las condiciones bióticas y abióticas prevalentes en el ecosistema. La presente guía no incluye las especies de cactáceas debido a su población muy reducida frente a la población arbustiva y arbórea.
- **Composición por grupo funcional:** se refiere a la contribución relativa que hacen los grupos funcionales más importantes del bosque como son los árboles, arbustos y herbáceas). El balance existente entre los grupos funcionales releva el estado estructural del ecosistema, por lo que, cambios en la composición de especies pueden estar relacionados con cambios en biomasa, regulación de luz, interacción entre organismos y otros. La presente guía no incluye las hierbas, debido a su carácter estacional.

### b) Indicadores de la estabilidad del suelo

Erosión en surco-cárcava: Los procesos de erosión hídrica más severos que afectan al ecosistema son del tipo surco hasta cárcava, los cuales



están relacionados directamente con la pérdida de suelos, pérdida de estabilidad del suelo y afectación al sistema radicular. Este indicador aplica solo para Bosques estacionalmente seco de montaña.

### c) Indicadores de la integridad biótica

- **Cobertura de copa:** Corresponde a la superficie de la copa de los árboles proyectada al suelo. Es una medida de la ocupación del área de un ecosistema. Se relaciona el potencial con la dominancia y el grado de protección que brinda la vegetación contra el potencial erosivo de los vientos cuando impactan directamente al suelo. Por lo tanto, la cobertura aérea es un factor determinante del grado de estabilidad de la superficie del suelo, la resistencia a la erosión y la disponibilidad de nutrientes.
- **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<sup>2</sup> de material vegetal por unidad de superficie de terreno, permite conocer la dominancia y tener una idea sobre la calidad de sitio.
- **Altura de árboles dominantes:** Este indicador refleja el vigor de los árboles en el bosque, la eficiencia en la regulación de la luz y la calidad del sitio para permitir un buen desarrollo de las plantas. Asimismo, existe cierta relación entre la altura del árbol, la longitud del sistema radicular y por ende con las mejores condiciones del suelo y retención de la humedad.
- **Plantas invasoras o exóticas:** Son plantas que aparecen cuando el sitio es perturbado por factores ambientales o mal manejo, causando un desequilibrio en la riqueza y composición florística del bosque; cuando el caso es severo terminan reemplazando a las especies originales. Pueden ser plantas oprimidas del mismo sitio o exóticas.
- **Plantas con especies parásitas y/o enfermas:** Son plantas parásitas que se insertan al tejido de las ramas de los árboles, absorbiendo el agua y minerales de su hospedador, restándole de esta manera su crecimiento y desarrollo. Comprende también aquellas plantas con severo ataque de plagas o enfermedades.
- **Presencia de tocones:** El tocón es la base del tronco que queda unida a una raíz cuando lo cortan por el pie. El número de tocones presentes en el bosque indica un cierto grado de perturbación del bosque debido a la extracción de sus árboles.





Algarrobo - Bosque estacionalmente seco de llanura.



## 6. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOSQUE SECO: BOSQUE ESTACIONALMENTE SECO DE LLANURA, COLINA Y MONTAÑA

### 6.1 CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS GENERALES

Se establecieron consideraciones referidas al personal de campo, materiales e instrumentos requeridos, así como los atributos e indicadores y sus valores relativos a considerar, necesarios para desarrollar el trabajo.

#### 6.1.1 Personal de campo, materiales e instrumentos

Para evaluar el estado de los ecosistemas de bosque seco, el equipo de trabajo debe estar conformado, como mínimo, por el siguiente personal:

- *Profesional responsable de la brigada*: Encargado de conducir el grupo de trabajo tanto en gabinete como en campo, con la responsabilidad de orientar las acciones para la localización y toma de datos en las parcelas de evaluación, realiza la captura de imágenes con equipo RPAS<sup>5</sup>, de corresponder.
- *Profesional 1*: Profesional conocedor del ecosistema de bosque seco, responsable de identificar las especies de flora, la cobertura vegetal y en la medición de otros indicadores dentro de las parcelas.
- *Profesional 2*: Profesional encargado de la elaboración de mapas para el desarrollo del trabajo de campo, ubicación geográfica de parcelas con GPS, delimitación de parcelas, toma de fotos, entre otros.
- Una (1) persona conocedora de la zona de trabajo, que apoye como guía.

A continuación se hace referencia a los instrumentos y materiales a considerar para la evaluación del estado de los ecosistemas.

<sup>5</sup> Remotly Piloted Aircraft Systems

Cuadro n.º 2: Lista de equipamiento necesario para el desarrollo del trabajo en gabinete y campo.

INSTRUMENTOS / EQUIPOS	MATERIALES	SOFTWARE
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wincha de 50 m</li> <li>- Forcípula</li> <li>- Navegador GPS</li> <li>- Clinómetro</li> <li>- Binoculares</li> <li>- Cámara digital</li> <li>- Brújula</li> <li>- Laptop</li> <li>- <i>Drone</i> (opcional)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Imágenes satelitales</li> <li>- Cartografía base digital</li> <li>- Tabla porta hojas</li> <li>- Ficha de campo</li> <li>- Soguilla de 220 m</li> <li>- Estacas</li> <li>- Machete</li> <li>- Pilas para GPS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SIG (QGis, Gv Sig y otro)</li> <li>- Google Earth</li> <li>- Open Office</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## 6.1.2 Atributos e indicadores a considerar

La evaluación de la condición ecológica del ecosistema implica estimar los atributos<sup>6</sup> seleccionados (florística del sitio, integridad biótica y estabilidad del suelo) a partir de la medición directa de un grupo de indicadores<sup>7</sup> (Cuadro n.º 3). Estos indicadores cumplen con los siguientes criterios:

- Pueden ser medidos (o muestreados) en campo fácilmente.
- Dan valores fáciles de interpretar.
- Son sensibles a los cambios sutiles del ecosistema.
- Tienen una respuesta predecible ante el cambio.
- Son indicadores de procesos del ecosistema.
- No requieren varias mediciones en el tiempo, para su interpretación.

Cuadro n.º 3: Atributos e indicadores para medir el estado de los Ecosistemas de bosque seco

ATRIBUTOS	INDICADORES
Florística del sitio	Riqueza (n.º especies)
	Composición por grupo funcional (n.º individuos)
Estabilidad del suelo	Erosión (%)
Integridad biótica	Cobertura de copa (%)
	Área basal (m²)
	Altura de árboles dominantes (m)
	Plantas invasoras (%)
	Plantas con parásitas y/o enfermas (n.º)
	Presencia de tocones (n.º)

Fuente: Elaboración propia

<sup>6</sup>El atributo es un componente del ecosistema considerado de mayor relevancia para que funcione y persista en el espacio y el tiempo, no pueden ser medidos directamente, pero pueden ser estimados a través de un grupo de indicadores.

<sup>7</sup>El indicador es un componente del ecosistema que puede ser observado y medido, y que se relaciona con uno o más atributos.

<sup>8</sup>"Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas Altoandinos" (MINAM, 2016)



## 6.1.3 Valores relativos de atributos e indicadores a considerar

Sobre los atributos e indicadores, se determinó el valor relativo de cada uno, a partir de matrices multicriterio, basado en un análisis jerárquico. Esto permite comparar entre pares de atributos o de indicadores, y determinar la contribución o importancia relativa de cada uno. Se comparan primero los atributos entre sí, en una matriz, y luego los indicadores dentro de cada atributo, en cuatro matrices diferenciadas para cada atributo.

Para efectos de la presente guía, el ecosistema *Bosque estacionalmente seco de colina y montaña* es considerado como dos unidades diferentes (*Bosque estacionalmente seco de colina* y *Bosque estacionalmente seco de montaña*) ya que los valores relativos difieren según la unidad (Cuadro n.º 4). De acuerdo a lo señalado, el indicador erosión es evaluado solo en los *Bosques estacionalmente secos de montaña*, mientras que el indicador plantas parásitas o enfermas se evalúan en los *Bosques estacionalmente secos de llanura* y los *Bosques estacionalmente secos de colina* (Cuadros n.º 5, 6 y 7).

Cuadro n.º 4: Valores relativos de atributos e indicadores de los ecosistemas de bosque seco

ATRIBUTOS		INDICADORES	VALOR RELATIVO		
			BS llanura	BS colina	BS montaña
Florística del sitio	Riqueza (n.º especies)	Árbol	8	10	10
		Arbusto	7	5	5
	Composición por grupo funcional (n.º individuos)	Árbol	5	5	8
		Arbusto	10	10	6
Estabilidad del suelo	Erosión (%)		-	-	18
Integridad biótica	Cobertura de copa (%)		19	20	18
	Área basal (m²)		19	20	18
	Altura de árboles dominantes (m)		9	6	5
	Plantas invasoras (%)		6	6	6
	Plantas con especies parásitas y/o enfermas (n.º)		3	6	-
	Presencia de tocones (n.º)		14	12	6
TOTAL			100	100	100

Fuente: Elaboración propia

## 6.1.4 Puntaje de indicadores en función de medidas obtenidas en campo

A partir de los valores relativos asignados a cada indicador, se buscó un mecanismo apropiado para darle un puntaje a las diferentes medidas que se obtengan de campo, en función a los valores de las(s) parcelas de referencia. Esta escala de calificación contempla como referencia, los rangos porcentuales (de la(s) parcela(s) de referencia) alcanzados por los indicadores medidos en campo.

En los siguientes cuadros n.º 5, 6 y 7, se muestran las clases de valoración a ser utilizados para obtener los puntajes de los indicadores medidos en campo por tipo de ecosistema.

Cuadro n.º 5: Escala de valoración de los indicadores del *Bosque estacionalmente seco de llanura*

ATRIBUTO	INDICADOR		DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
FLORÍSTICA DEL SITIO	Riqueza	Árboles (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	3
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	5
			>75 % de la parcela de referencia	8
		Arbustos (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	3
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	5
			>75 % de la parcela de referencia	7
	Composición por grupo funcional	Árboles (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	2
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	3
			>75 % de la parcela de referencia	5
		Arbustos (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	4
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	7
			>75 % de la parcela de referencia	10
INTEGRIDAD BIÓTICA	Cobertura de copa (%)		< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	6
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	12
			>75 % de la parcela de referencia	19
	Área basal (m <sup>2</sup> )		< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	6
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	12
			>75 % de la parcela de referencia	19
	Altura de árboles dominantes (m)		< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	4
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	7
			>75 % de la parcela de referencia	9
	Plantas invasoras (n.º)		≤ al área de referencia	6
			Si PE > PR hasta un 35 %	4
			Si PE > PR entre un 35 % y 70 %	2
			Si PE > PR en más de un 70 %	1
	Plantas con especies parásitas y/o enfermedad (n.º)		≤ al área de referencia	3
			Si PE > PR hasta un 50 %	2
			Si PE > PR en más de un 50 %	1
	Presencia de tocones (n.º)		≤ al área de referencia	14
			Si PE > PR hasta un 35 %	10
			Si PE > PR entre un 35 % y 70 %	5
			Si PE > PR en más de un 70 %	1

PE: Parcela de evaluación, PR: Parcela de Referencia.  
Fuente: Elaboración propia



Cuadro n.º 6: Escala de valoración de los indicadores del *Bosque estacionalmente seco de colina*.

ATRIBUTO	INDICADOR		DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
FLORÍSTICA DEL SITIO	Riqueza	Árboles (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	4
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	7
			>75 % de la parcela de referencia	10
		Arbustos (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	2
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	3
			>75 % de la parcela de referencia	5
	Composición por grupo funcional	Árboles (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	2
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	3
			>75 % de la parcela de referencia	5
		Arbustos (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	4
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	7
			>75 % de la parcela de referencia	10
INTEGRIDAD BIÓTICA	Cobertura de copa (%)		< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	7
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	14
			>75 % de la parcela de referencia	20
	Área basal (m²)		< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	7
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	14
			>75 % de la parcela de referencia	20
	Altura de árboles dominantes (m)		< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	2
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	4
			>75 % de la parcela de referencia	6
	Plantas invasoras (n.º)		≤ al área de referencia	6
			Si PE > PR hasta un 35 %	4
			Si PE > PR entre un 35 % y 70 %	2
			Si PE > PR en más de un 70 %	1
	Plantas con especies parásitas y/o enfermedad (n.º)		≤ al área de referencia	6
			Si PE > PR hasta un 35 %	4
			Si PE > PR entre un 35 % y 70 %	2
			Si PE > PR en más de un 70 %	1
	Presencia de tocones (n.º)		≤ al área de referencia	12
			Si PE > PR hasta un 35 %	8
			Si PE > PR entre un 35 % y 70 %	4
			Si PE > PR en más de un 70 %	1

PE: Parcela de evaluación, PR: Parcela de Referencia.  
Fuente: Elaboración propia

Cuadro n.º 7: Escala de valoración de los indicadores del *Bosque estacionalmente seco de montaña*.

ATRIBUTO	INDICADOR		DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
FLORÍSTICA DEL SITIO	Riqueza	Árboles (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	4
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	7
			>75 % de la parcela de referencia	10
		Arbustos (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	2
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	3
			>75 % de la parcela de referencia	5
	Composición por grupo funcional	Árboles (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	3
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	5
			>75 % de la parcela de referencia	8
		Arbustos (n.º especies)	< 25 % de la parcela de referencia	1
			25 % - 50 % de la parcela de referencia	2
			50 % - 75 % de la parcela de referencia	4
			>75 % de la parcela de referencia	6
INTEGRIDAD BIÓTICA	Cobertura de copa (%)	< 25 % de la parcela de referencia	1	
		25 % - 50 % de la parcela de referencia	6	
		50 % - 75 % de la parcela de referencia	12	
		>75 % de la parcela de referencia	18	
	Área basal (m²)	< 25 % de la parcela de referencia	1	
		25 % - 50 % de la parcela de referencia	6	
		50 % - 75 % de la parcela de referencia	12	
		>75 % de la parcela de referencia	18	
	Altura de árboles dominantes (m)	< 25 % de la parcela de referencia	1	
		25 % - 50 % de la parcela de referencia	2	
		50 % - 75 % de la parcela de referencia	3	
		>75 % de la parcela de referencia	5	
	Plantas invasoras (n.º)	≤ al área de referencia	6	
		Si AE > AR hasta un 35 %	4	
		Si AE > AR entre un 35 % y 70 %	2	
		Si AE > AR en más de un 70 %	1	
	Presencia de tocones (n.º)	≤ al área de referencia	6	
		Si AE > AR hasta un 35 %	4	
		Si AE > AR entre un 35 % y 70 %	2	
		Si AE > AR en más de un 70 %	1	
ESTABILIDAD DEL SUELO	Erosión (%)	≤ al área de referencia	18	
		Si AE > AR hasta un 35 %	12	
		Si AE > AR entre un 35 % y 70 %	6	
		Si AE > AR en más de un 70 %	1	

Fuente: Elaboración propia PE: Parcela de evaluación, PR: Parcela de Referencia.  
Fuente: Elaboración propia



Es preciso mencionar que de acuerdo a los cuadros n.º 5, 6 y 7, se evidencia que el indicador erosión es evaluado solo en los *Bosques estacionalmente secos de montaña*; mientras que el indicador para plantas parásitas y/o enfermas se evalúan en los *Bosques estacionalmente secos de llanura* y los *Bosques estacionalmente secos de colina*.

## 6.2 Proceso metodológico

La condición inicial para aplicar esta guía es que la evaluación del estado de los ecosistemas de bosque seco se realiza en aquellas zonas con evidencia de degradación pero que siguen manteniendo su cobertura forestal<sup>9</sup>. En este sentido, el proceso metodológico consta de una secuencia de pasos agrupados en tres (3) fases: 1) fase de gabinete, 2) fase de campo y 3) fase de post campo (Figura n.º 2 y 3)

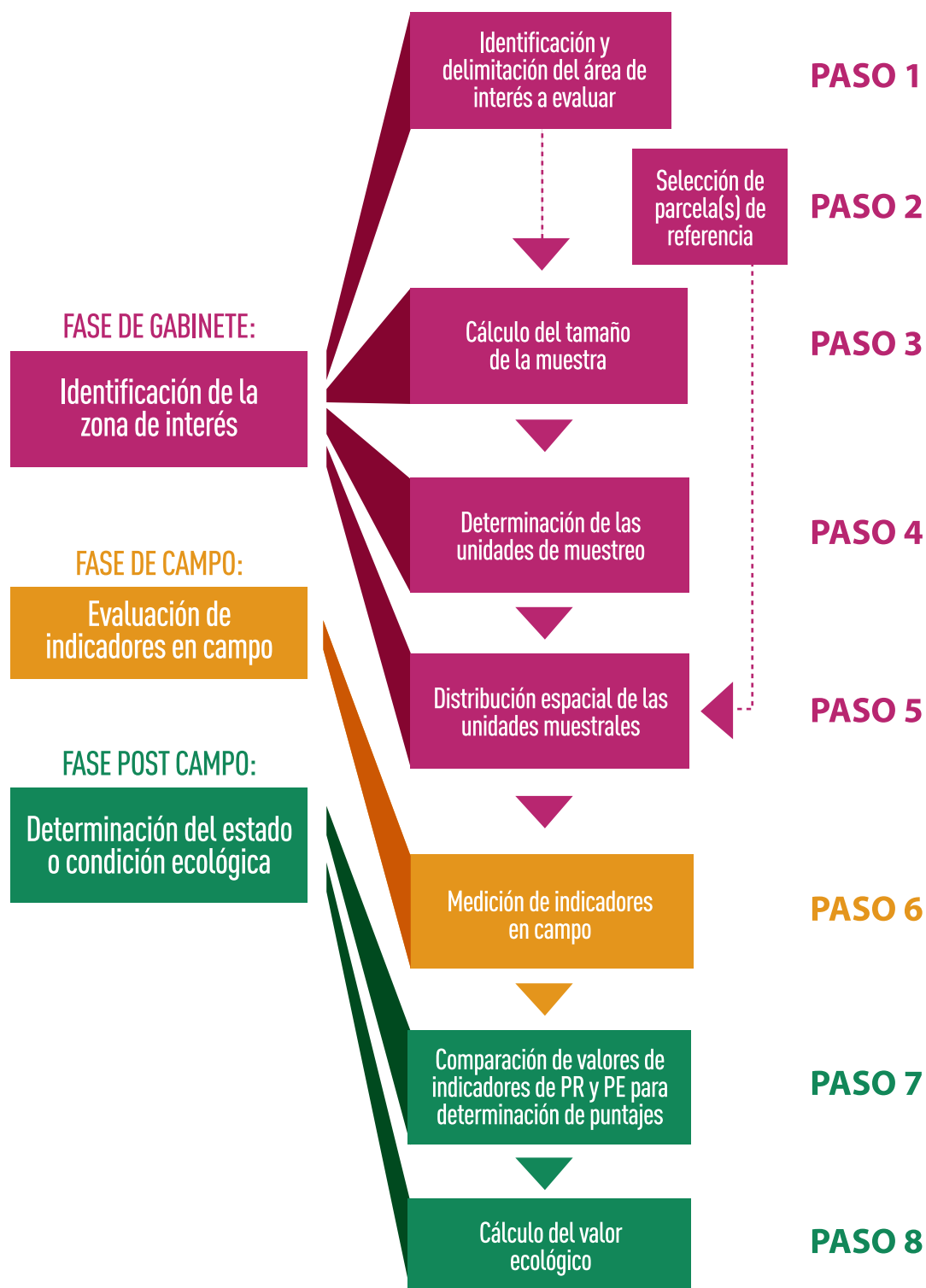
Figura n.º 2: Fases de evaluación del estado de los ecosistemas de bosque seco: Bosque estacionalmente seco de llanura, colina y montaña.



Fuente: Elaboración propia

<sup>9</sup>Considerando el Reglamento para la Gestión Forestal (Ley N.º 29763), se evaluarán los ecosistemas que cuenten por lo menos con una cobertura forestal  $\geq 25$  %, entendiendo que estos son considerados como bosques en condiciones favorables.

Figura n.º 3: Pasos para evaluar el estado de los ecosistemas de bosque seco: Bosque estacionalmente seco de llanura, colina y montaña.



Fuente: Elaboración propia



## FASE DE GABINETE

### 6.2.1 PASO 1: Identificación y delimitación de la zona de interés a evaluar

Como punto de partida, se debe identificar y delimitar la zona de interés para evaluar su estado o condición ecológica, excluyendo las áreas con evidente cambio de uso (actividad agropecuaria, actividad minera, actividad petrolera, centros poblados, parque industrial, caminos, carreteras, etc.).

Asimismo, es necesario determinar el ecosistema al que corresponde, existiendo tres (3) posibilidades: 1) Bosque estacionalmente seco de llanura, 2) Bosque estacionalmente seco de colina o 3) bosque estacionalmente seco de montaña, con el fin de evidenciar sus características o factores de diagnóstico.

Para ello, se analizará, como mínimo, la siguiente información:

- *Mapa Nacional de Ecosistemas*<sup>10</sup>, para identificar el ecosistema al que corresponde la zona de interés (Bosque estacionalmente seco de llanura y Bosque estacionalmente seco de colina y montaña). De forma complementaria se puede emplear la información del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015).
- *Mapa de Áreas degradadas*<sup>11</sup>, para tres (3) procesos: 1) identificar la zona de interés, en aquellas áreas que mantienen la cubierta forestal; 2) excluir de la zona de interés a aquellas áreas con evidente cambio de uso; y 3) insumo para ubicar los sitios de referencia<sup>12</sup>.
- *Imágenes de satélite (mediana o alta resolución espacial) y/o fotografías aéreas* (Vehículos aéreos tripulados o RPAS), como complemento para la exclusión de las áreas con evidente cambio de uso —a partir del análisis visual y/o espectral—, y las que se encuentren en buen estado, como posibles sitios de referencia.
- *Información complementaria, sobre la zona de evaluación.*

En función de lo mencionado, se podrán evaluar las zonas que cuenten por lo menos con una cobertura forestal  $\geq 25$  %, entendiendo que estos son considerados como bosques en condiciones favorables<sup>13</sup>.

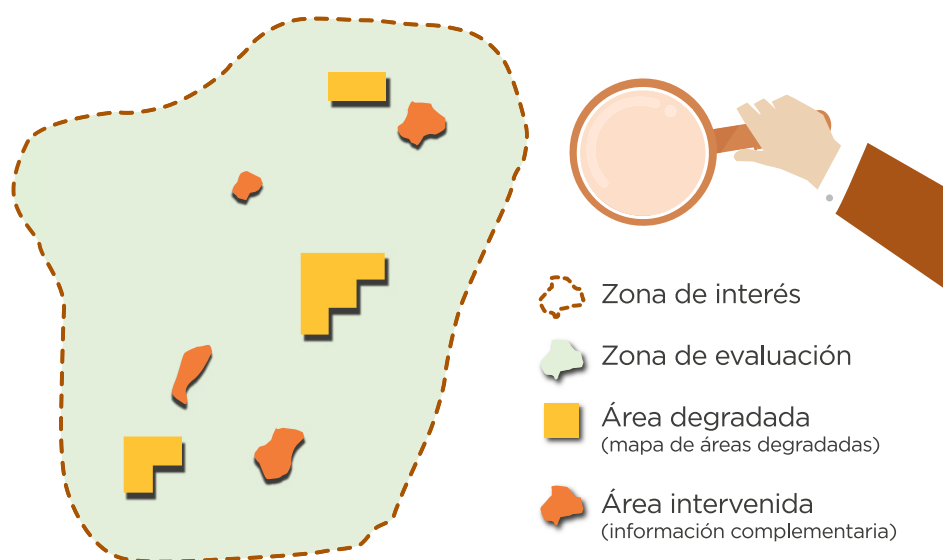
<sup>10</sup>La información cartográfica y documental puede ser descargada del Geoservidor del MINAM (<http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>)

<sup>11</sup>Áreas identificadas a nivel nacional y descargable del Geoservidor del MINAM (<http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>)

<sup>12</sup>La determinación de sitios de referencia se aborda en el ítem 6.2.2

<sup>13</sup>Reglamento para la Gestión Forestal (Ley N.º 29763)

Figura n.º 4: Esquema de la identificación y delimitación de la zona de interés a evaluar



Fuente: Elaboración propia

## 6.2.2 PASO 2: Selección del sitio de referencia

Un sitio de referencia es aquel que mantiene su máxima integridad ecológica; es decir, todos los componentes físicos, químicos y biológicos y sus relaciones (incluyendo la composición, estructura y función del ecosistema) están presentes y funcionan de manera adecuada, permitiendo la comparación con otros sitios evaluados, con diferentes niveles de degradación.

Sobre lo señalado, se infiere que las áreas sin intervención antrópica son potenciales a ser considerados como sitios de referencia. Cabe señalar que la integridad ecológica, se asocia con el concepto de “*condición ecológica*”, ya que la máxima integridad del ecosistema es la referencia de la mejor condición ecológica (Fennesy *et al.*, 2007).

La selección de estos sitios implica cumplir con las siguientes condiciones:

- No debe existir evidencia de alteraciones humanas. Esto es verificado a partir del mapa de degradación e información secundaria.
- Deben ser accesibles, ya que se evaluarán los indicadores señalados en el ítem 6.1.
- Contar con información complementaria que respalde su máxima integridad ecológica.



## 6.2.3 PASO 3: Cálculo del tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra estará referido al número de parcelas de muestreo que se utilizarán para la evaluación del estado del ecosistema de bosque seco. Se debe considerar que entre más grande sea el tamaño de la muestra, más precisa será la evaluación; sin embargo, por razones de costo y tiempo, es conveniente determinar el tamaño de muestras mínimas para alcanzar el objetivo de evaluación. Para ello, se sugiere aplicar la *Guía de inventario de la flora y vegetación*<sup>14</sup>, que establece dos formas de realizar este cálculo.

La primera forma se realiza en función de la superficie total de la zona de interés. Para ello, se utilizará la siguiente ecuación (versión modificada de la ecuación propuesta en los *Lineamientos para elaborar el Plan General de Manejo Forestal*<sup>15</sup>).

$$N = a + b (S)$$

**N:** Superficie total de la muestra (ha)

**S:** Superficie total a evaluar del área de la zona de interés (ha)

**a:** 5

**b:** 0.001

Luego de determinar la superficie total de la muestra (N), se procede a dividir este valor entre el tamaño de la unidad muestral, en este caso 1 ha.

Cuadro n.º 8: Cálculo del tamaño de muestra basado en la superficie de la zona de interés

a	Constante	S (ha)	N
5	0.001	< 1 000	6
5	0.001	5 000	10
5	0.001	10 000	15
5	0.001	20 000	25
5	0.001	30 000	35
5	0.001	> 50 000	55

Fuente: Guía de inventario de la flora y vegetación

La segunda forma se realiza en función al coeficiente de variabilidad y el error de muestreo. Para ello, se sugiere utilizar la siguiente fórmula basada en la variabilidad de los parámetros del bosque, en este caso el área basal:

$$N = (CV^2 \times T^2) / E\%^2$$

**N:** Número de unidades por tipo de bosque

**CV:** Coeficiente de variabilidad relacionado al área basal del bosque

**E%:** Error de muestreo = 15 %

**T:** 2 (al 95 % de probabilidad)

<sup>14</sup>Aprobado con Resolución Ministerial N° 059-2015 - MINAM

<sup>15</sup>Aprobado por la Resolución Jefatural n.º 109-2003-INRENA

El coeficiente de variabilidad puede obtenerse de datos de inventarios que se hayan realizado cercanos al área de estudio y que correspondan al mismo ecosistema; asimismo, se puede estimar a partir del desarrollo de trabajos en campo previos a la medición de los indicadores que propone la guía. En caso contrario, se puede asumir valores de 30 % o 35 %.

El valor del E % se ha determinado según la propuesta de Malleux (1982) para un nivel semidetallado cuyo valor es 15 %.

**Cuadro n.º 9: Cálculo del tamaño de muestra en base a la variabilidad y precisión**

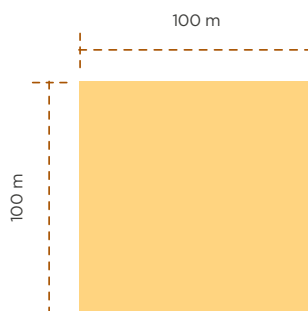
CV (%)	t	E%	N
20	2	15	7
25	2	15	11
30	2	15	16
35	2	15	22
40	2	15	28
45	2	15	36
50	2	15	44
55	2	15	54
60	2	15	64

Fuente: Guía de Inventario de la flora y vegetación. MINAM

## 6.2.4 PASO 4: Determinación del tipo de unidades de muestreo

La unidad de muestreo permite la localización de la información recopilada durante la evaluación. Para la medición de los indicadores seleccionados, se recomienda el uso de parcelas cuadradas o rectangulares de una (1) hectárea, dependiendo de la experiencia y el criterio profesional.

**Figura n.º 5: Parcela de evaluación**

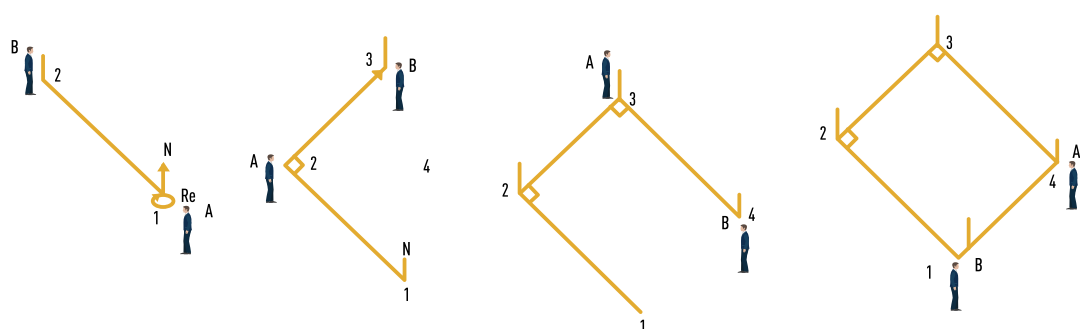


Fuente: Elaboración propia

Su delimitación consiste en ubicar un primer punto (vértice 1 de la parcela), al cual se le asigna la coordenada con el navegador GPS y se coloca una estaca con una soguilla; luego, con la ayuda de la brújula, se avanza en línea recta hacia el vértice 2 (se recomienda ir en dirección Norte, Sur, Este u Oeste), donde se coloca otra estaca y se amarra la soguilla. Se continúa avanzando al vértice 3 formando un ángulo de 90° con el vértice 2, se realiza lo mismo para el vértice 4 hasta cerrar la parcela en el vértice 1. En los vértices 1 y 3 se toman las coordenadas.



Figura n.º 6: Pasos a seguir para la demarcación de la parcela rectangular

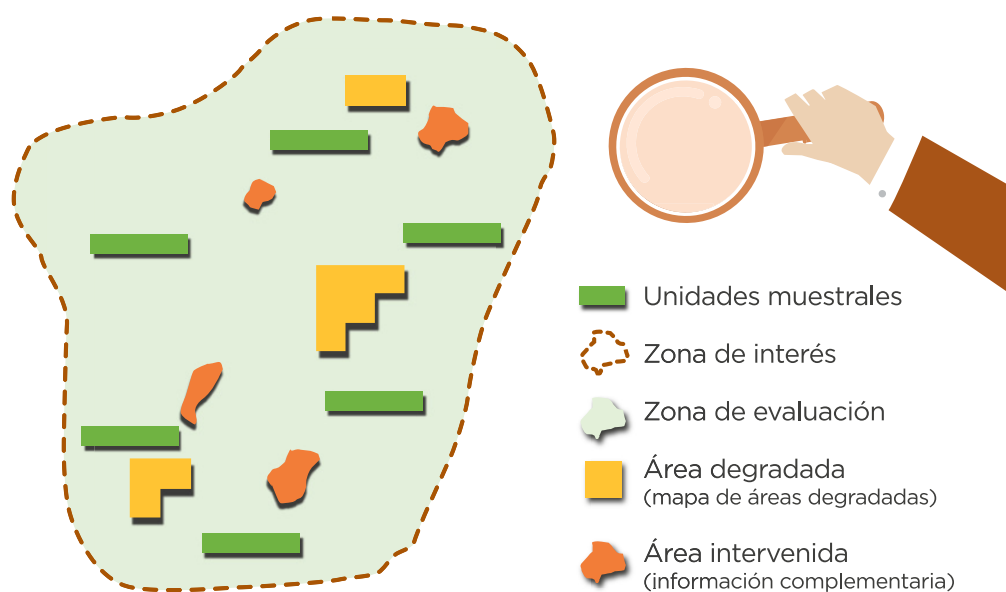


Fuente: Elaboración propia

## 6.2.5 PASO 5: Distribución espacial de las unidades muestrales

Las parcelas de muestreos (unidades muestrales) que son identificadas en el Paso 3, serán distribuidas en la zona de interés identificada y delimitada en el Paso 1. Para ello, se recomienda una distribución aleatoria simple. De este modo, cada sitio del ámbito de evaluación tendrá la misma probabilidad de ser evaluado. Las parcelas o unidades de muestreo serán distribuidas en el terreno con una separación de por lo menos de 500 m entre ellas.

Figura n.º 7: Esquema de la distribución espacial de las unidades muestrales



Fuente: Elaboración propia

## FASE DE CAMPO

### 6.2.6 PASO 6: Medición de indicadores en campo

Previo a la medición de indicadores en campo, se debe elaborar el mapa de localización del ámbito de estudio y, de ser el caso, complementar con otros de mayor detalle. En este mapa, se mostrarán los sitios de referencia, las unidades muestrales, vías de acceso, los cuerpos de agua, centros poblados, y demás aspectos que se estimen necesarios. Además, se recomienda que el mapa muestre como fondo imágenes satelitales con la mejor resolución espacial disponible (recomendable 5 metros de tamaño de pixel).

Es preciso mencionar que el indicador erosión es evaluado únicamente en los *Bosques estacionalmente secos de montaña*; mientras que el indicador para plantas parásitas y/o enfermas se evalúan en los *Bosques estacionalmente secos de llanura* y los *Bosques estacionalmente secos de colina*.

#### a) Florística del sitio

##### - Riqueza florística

Este indicador expresa el número de especies existentes por grupo funcional (árboles, y arbustos) en una unidad muestral. Para ello se registran todas las especies de árboles con alturas mayores a 3 m y con diámetro mayor a 5 cm, asimismo se identificarán las especies arbustivas.

En caso de no poder identificar especies en campo, se recomienda la asignación de un código para el registro; así también, se deberá realizar la toma de fotos y, de ser posible, recolectar muestras para su reconocimiento en gabinete.

Figura n.º 8: Inventario de especie de flora



Fuente: Elaboración propia



### - Composición por grupo funcional

Para esta etapa se determina la proporción (%) que existe entre el número de individuos de cada grupo funcional dominante (árboles, arbustos), considerando para estos tres grupos funcionales un DAP (diámetro a la altura del pecho) a partir de 5 cm, en relación de la suma del total de la población de individuos en la parcela.

## b) Estabilidad del suelo

### - Erosión en surco-cárcava

Para evaluar la erosión en surco y/o cárcava, se procederá mediante interpretación visual de imágenes satelitales de resolución espacial menor o igual a 5 metros de tamaño de pixel o, de ser el caso, emplear imágenes aéreas en los sitios donde hay proceso de erosión, sea en surcos y/o cárcavas. Estas imágenes serán grilladas y se contabilizarán las grillas ocupadas por la erosión, para finalmente ser expresadas en porcentaje. A continuación se presenta un caso de estimación de la erosión en surco y/o cárcava.

Figura n.º 9: Estructura horizontal del suelo.  
Horizonte 0 (mantillo y hojarasca)



Fuente: Elaboración propia

## b) Integridad biótica

### - Cobertura de Copa (%)<sup>16</sup>:

Existen varios métodos de medición de la cobertura de copa, algunos incluyen cámaras con lentes gran angular, datos de percepción remota y densitómetros esféricos.

Haciendo uso de la percepción remota, se estimará el porcentaje (%) de cobertura de la copa de los árboles en toda el área de evaluación a partir de la interpretación visual de imágenes satelitales de resolución espacial menor o igual de 5 metros de tamaño de pixel, o imágenes aéreas. Estas imágenes serán grilladas y se contabilizarán las grillas ocupadas por la vegetación, para finalmente ser expresadas en porcentaje. A continuación se presentan tres casos de estimación de la cobertura aérea vegetal.

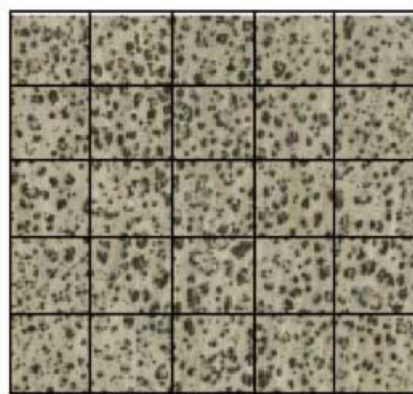
<sup>16</sup>Kauffman J., Daniel C., María F., Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. 2003.

Figura n.º 10: Bosque seco > 50 % de cobertura de copa



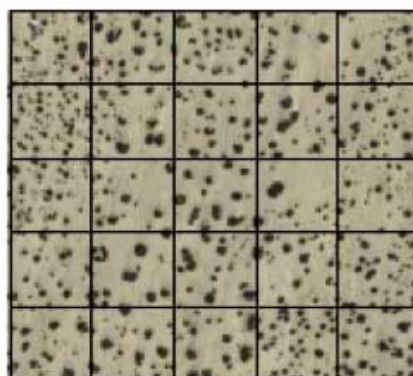
Fuente: Elaboración propia

Figura n.º 11: Bosque seco con 30 % de cobertura de copa



Fuente: Elaboración propia

Figura n.º 12: Bosque seco con 20 % de cobertura de copa

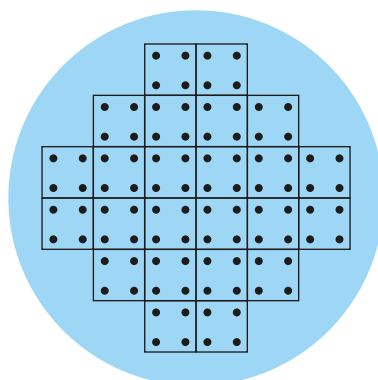


Fuente: Elaboración propia



Para el caso del ecosistema de bosque estacionalmente seco de montaña se recomienda el uso del densiómetro, siendo este un espejo convexo con una cuadrícula sobrepuesta (Figura n.º 9) que sirve para medir —de forma efectiva y a bajo costo— la cobertura de la copa. El densiómetro se coloca a 30-40 cm frente al cuerpo, a la altura de los codos, de tal forma que no se refleje la cabeza de la persona que está realizando la medición. El instrumento se nivela utilizando la burbuja. Se imagina que cada uno de los cuadrados está a su vez subdividido en cuatro cuadros, cada uno con un punto en el centro. Se cuenta sistemáticamente el número de puntos que no están ocupados por la copa, es decir los puntos en los que puede verse el reflejo del cielo. El valor obtenido deberá registrarse en una hoja de datos. En cada sitio de muestreo deberán tomarse estas mediciones en varios puntos o en cada parcela muestreada realizando cuatro lecturas de los puntos de muestreo (Norte, Sur, Este y Oeste). La cobertura de copa se estima como el promedio de estas cuatro lecturas por cada parcela.

Figura n.º 13: Esquema de densiómetro con cuatro puntos en cada cuadro



Fuente: Elaboración propia

#### - Área basal<sup>17</sup>:

Se medirá el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles que superen los 5 cm. Para ello, se pueden usar diversos instrumentos como la forcípula, cinta diamétrica, cinta métrica, entre otros, a fin de realizar el cálculo del área basal haciendo uso de la fórmula del círculo, tal como se muestra a continuación:

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

Donde:

AB : área basal del tallo

DAP: Diámetro a la altura del pecho o diámetro a 1.30 m del suelo

<sup>17</sup>Ministerio del Ambiente, "Guía de inventario de la Flora y Vegetación", 2015.

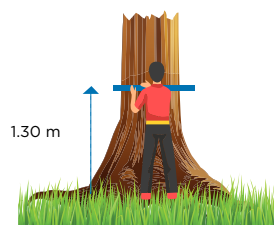
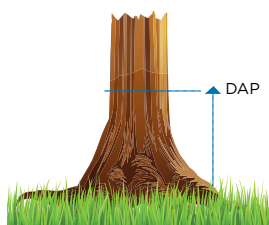
Asimismo, se puede calcular a partir de la medición de la longitud de la circunferencia, para ello se tiene que aplicar la siguiente fórmula:

$$AB = LC/4) * (3.1416)$$

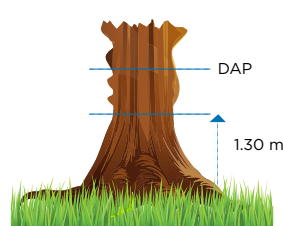
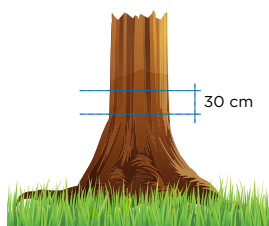
LC : longitud de circunferencia

Figura n.º 14: Medición de DAP o longitud de la circunferencia.

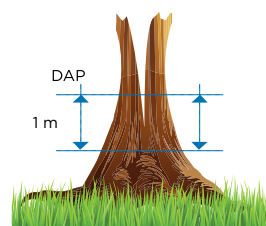
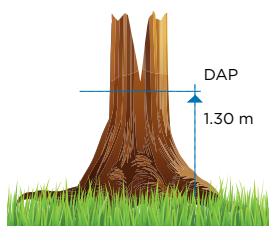
- Si el árbol no presenta aletas o deformaciones en la base, medir el DAP a 1.30 m del suelo.



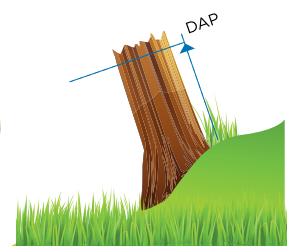
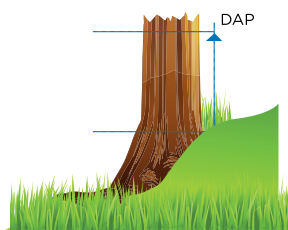
- Si el árbol presenta aletas o deformaciones, medir a 30 cm. por encima de las aletas o deformaciones.



- Si el árbol está bifurcado por encima del DAP, medir a 1.30 m del nivel del suelo.
- Cuando está bifurcado por debajo del DAP, medir a 1 m partiendo de la bifurcación y como si fuera dos árboles separados.



- Si el árbol se encuentra sobre una pendiente, medir el DAP, ubicándose en la parte más alta de la pendiente.
- Si el árbol está inclinado, medir el DAP sobre el lado superior en forma perpendicular al eje del fuste del árbol.



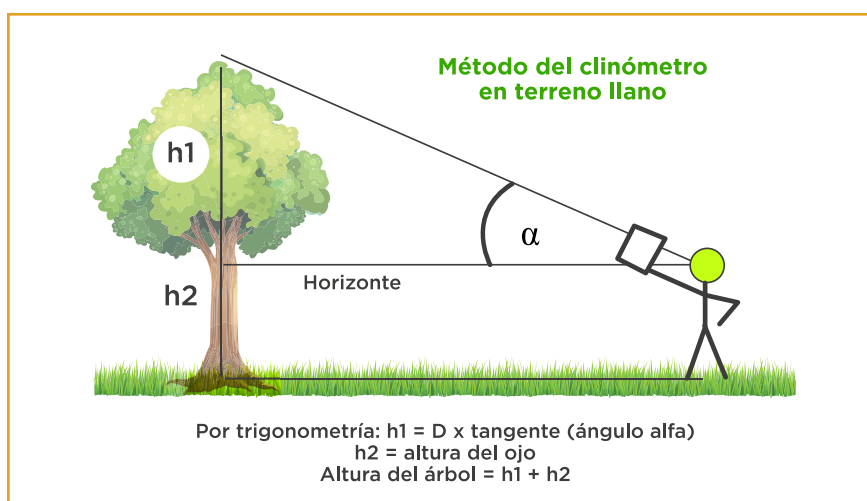


### - Altura de árboles dominantes<sup>18</sup>:

Existen varias técnicas e instrumentos para la medición de la altura de árboles, como la tabla dendrométrica, el relascopio Bitterlich, el clinómetro Suunto, entre otros; el uso del clinómetro es una de las más conocidas. Para este último, es necesario posicionarse a una distancia de 15 o 20 m (D) del individuo dominante; en seguida se mide la distancia del suelo hasta la altura de los ojos (h2), luego se observa el punto más alto de la copa del árbol y con la ayuda del clinómetro se mide el ángulo ( $\alpha$ ) formado entre la línea del horizonte y la línea de visión al punto más alto del árbol.

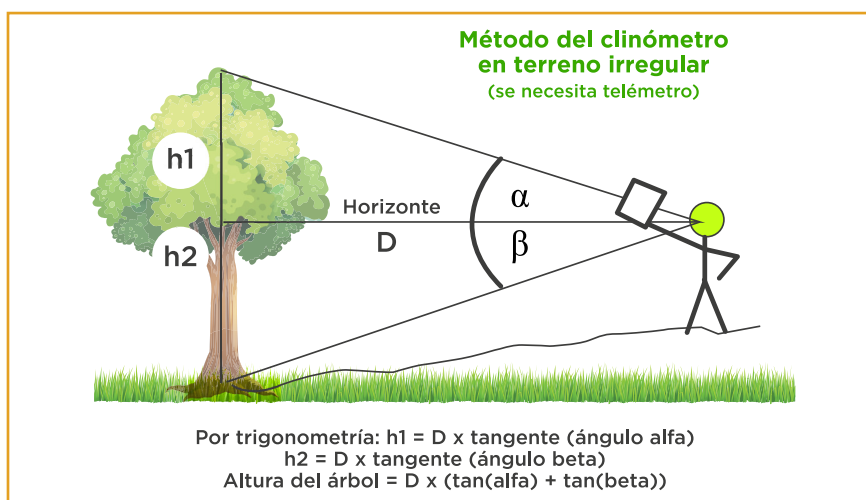
Mediante cálculos trigonométricos se calcula la distancia h1, la cual sumada a la distancia h2 da la altura total del árbol (Figuras n.º 15 y 16).

Figura n.º 15: Medición de altura de árbol en terreno llano.



Fuente: <https://asignatura.us.es/abotcam/temas/alturas.html>

Figura n.º 16: Medición de altura de árbol en terreno irregular.



Fuente: <https://asignatura.us.es/abotcam/temas/alturas.html>

<sup>18</sup>Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Inventario Forestal Nacional – Manual de Campo, Guatemala 2004.

- **Plantas invasoras o exóticas:**

Se registrará el número de plantas de especies invasoras, luego en gabinete se calculará el porcentaje (%) de esta población frente a la población arbórea inventariada en cada parcela.

- **Plantas parásitas presentes en los árboles:**

Su conteo se realizará en la misma actividad para evaluar la riqueza. Se contará la totalidad de individuos en la parcela de aquellas especies arbóreas que presenten especies parásitas o se encuentren enfermas.

Figura n.º 17: Especie parásita *Psittacanthus tumbecensis* (Suelta con suelta) en las ramas de un árbol.



Fuente: Elaboración propia

- **Presencia de tocones:**

Para la medición de este indicador se identificará a todos los árboles que han sufrido un corte en pie (tocones) producto de la actividad humana dentro de la parcela. Toda esta información será registrada en la ficha de campo de recolección de datos.

Figura n.º 18: Tocón en bosque de llanura



Fuente: Elaboración propia

## FASE DE POST CAMPO

### 6.2.7 PASO 7: Comparación de valores de indicadores de la parcela de referencia (PR) y la parcela evaluada (PE) para la determinación de puntajes

A partir de las mediciones realizadas en campo y de las muestras recolectadas y evaluadas en el laboratorio, se deben estimar los puntajes de cada indicador. Para ello, se deben comparar los valores obtenidos para las parcelas evaluadas (PE) con los valores de la(s) parcela(s) de referencia (PR)<sup>19</sup>, estos deben ser registrados en el cuadro n.º 10.

Cabe señalar que la columna “Puntaje” de la parcela de referencia, toma los valores máximos sumando 100, lo que significa que este sitio mantiene su máxima integridad ecológica; es decir, todos los componentes físicos, químicos y biológicos y sus relaciones (incluyendo la composición, estructura y función del ecosistema) están presentes y funcionan de manera adecuada. Estos valores, también se evidencian en los cuadros n.º 5, 6 y 7.

El cálculo del puntaje de las parcelas evaluadas (PE) se determina en función al porcentaje que representa la(s) parcela(s) de referencia (PR), el cual es anotado en la columna (%) PR del cuadro N.º 9. Finalmente, considerando los puntajes de los cuadros n.º 5, 6 y 7, se coloca el valor correspondiente en la columna “Puntaje” de la parcela evaluada.

**Cuadro n.º 10: Formato para el llenado y comparación de los valores de referencia y valores medidos en campo para el cálculo del valor ecológico de un bosque seco.**

ATRIBUTOS	INDICADORES	PARCELA(S) DE REFERENCIA (PR)		PARCELA EVALUADA (PE)		
		Valor [x]	Puntaje	Valor	(%) PR	Puntaje
Florística del sitio (30)	Riqueza (n.º especies):					
	Árboles					
	Arbustos					
	Composición por grupo funcional (n.º de individuos)					
	Árboles					
Estabilidad del suelo (20)	Arbustos					
	Erosión en surco y/o cárcava (%)*					
Integridad biótica (50)	Cobertura de copa (%)					
	Área basal (m <sup>2</sup> )					
	Altura de árboles dominantes (m)					
	Regeneración natural (%)					
	Plantas invasoras (%)					
	Árboles con parásitas y enfermas (n.º)					
Presencia de tocones (n.º)						
Sumatoria		-----	100			
Escala 1-10		-----	10			
Estado del Ecosistema (valor ecológico)		-----	Muy bueno			

\*Aplica para bosque seco de montaña  
Fuente: Elaboración propia

<sup>19</sup>Los valores del sitio de referencia fueron levantados en campo.



## 6.2.8 PASO 8: Cálculo del valor ecológico

El cálculo del estado del ecosistema de la zona evaluada se obtendrá determinando un único valor por cada indicador. Este único valor es calculado promediando los valores de los indicadores de todas las parcelas evaluadas (cuadro n.º 11).

Cuadro n.º 11: Cálculo del promedio de los indicadores de las parcelas de evaluación (PE)

INDICADORES		PE <sub>1</sub>	PE <sub>2</sub>	PE <sub>3</sub>	...	PE <sub>n</sub>	VALOR PROMEDIO
		VALOR					
Riqueza (n.º especies)	Árboles	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	...	A <sub>n</sub>	(A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub> + A <sub>3</sub> +...+ A <sub>n</sub> )/n
	Arbustos	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	...	B <sub>n</sub>	(B <sub>1</sub> + B <sub>2</sub> + B <sub>3</sub> +...+ B <sub>n</sub> )/n
Composición por grupo funcional (n.º de individuos.)	Árboles	Aa <sub>1</sub>	Aa <sub>2</sub>	Aa <sub>3</sub>	...	Aa <sub>n</sub>	(Aa <sub>1</sub> + Aa <sub>2</sub> + Aa <sub>3</sub> +...+ Aa <sub>n</sub> )/n
	Arbustos	Bb <sub>1</sub>	Bb <sub>2</sub>	Bb <sub>3</sub>	...	Bb <sub>n</sub>	(Bb <sub>1</sub> + Bb <sub>2</sub> + Bb <sub>3</sub> +...+ Bb <sub>n</sub> )/n
Erosión en surco y/o cárcava		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	...	E <sub>n</sub>	(E <sub>1</sub> + E <sub>2</sub> + E <sub>3</sub> +...+ E <sub>n</sub> )/n
Altura de árboles dominantes(m)		Ht <sub>1</sub>	Ht <sub>2</sub>	Ht <sub>3</sub>	...	Ht <sub>n</sub>	(Ht <sub>1</sub> + Ht <sub>2</sub> + Ht <sub>3</sub> +...+ Ht <sub>n</sub> )/n
Cobertura de copa (%)		Cc <sub>1</sub>	Cc <sub>2</sub>	Cc <sub>3</sub>	...	Cc <sub>n</sub>	(Cc <sub>1</sub> + Cc <sub>2</sub> + Cc <sub>3</sub> +...+ Cc <sub>n</sub> )/n
Área basal (m2)		Ab <sub>1</sub>	Ab <sub>2</sub>	Ab <sub>3</sub>	...	Ab <sub>n</sub>	(Ab <sub>1</sub> + Ab <sub>2</sub> + Ab <sub>3</sub> +...+ Ab <sub>n</sub> )/n
Plantas Invasoras		I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	...	I <sub>n</sub>	(I <sub>1</sub> + I <sub>2</sub> + I <sub>3</sub> +...+ I <sub>n</sub> )/n
Árboles con parasitas o enfermas		Pp <sub>1</sub>	Pp <sub>2</sub>	Pp <sub>3</sub>	...	Pp <sub>n</sub>	(Pp <sub>1</sub> + Pp <sub>2</sub> + Pp <sub>3</sub> +...+ Pp <sub>n</sub> )/n
Tocones (n.º)		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	...	T <sub>n</sub>	(T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> + T <sub>3</sub> +...+ T <sub>n</sub> )/n

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se determina el puntaje de cada indicador, en función al porcentaje que representa la parcela(s) de referencia (PR), se repite el procedimiento establecido en el paso 7, pero ahora con los resultados obtenidos en el cuadro n.º 12.

**Cuadro n.º 12: Formato para determinar el puntaje del valor promedio obtenido.**

INDICADORES	PARCELA(S) DE REFERENCIA (PR)		VALOR PROMEDIO	
	Valor ( $\bar{x}$ )	Puntaje	Valor	Puntaje
Riqueza (n.º especies):				
Árboles			$(A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)/n$	P <sub>1</sub>
Arbustos			$(B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n)/n$	P <sub>2</sub>
Composición por grupo funcional (n.º de individuos)				
Árboles				
Arbustos				
Erosión en surco y/o cárcava			$(Aa_1 + Aa_2 + Aa_3 + \dots + Aa_n)/n$	P <sub>3</sub>
Altura de árboles dominantes(m)			$(Bb_1 + Bb_2 + Bb_3 + \dots + Bb_n)/n$	P <sub>4</sub>
Cobertura de copa (%)			$(E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n)/n$	P <sub>6</sub>
Área basal (m <sup>2</sup> )			$(Ht_1 + Ht_2 + Ht_3 + \dots + Ht_n)/n$	P <sub>7</sub>
Plantas Invasoras			$(Cc_1 + Cc_2 + Cc_3 + \dots + Cc_n)/n$	P <sub>8</sub>
Árboles con parásitos o enfermas			$(Ab_1 + Ab_2 + Ab_3 + \dots + Ab_n)/n$	P <sub>9</sub>
Tocones (n.º)			$(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)/n$	P <sub>10</sub>
			$(Pp_1 + Pp_2 + Pp_3 + \dots + Pp_n)/n$	P <sub>11</sub>
SUMATORIA	-----	100		$\sum_{p=1}^{12} P$
Escala 1-10	-----	10		V
Estado del Ecosistema (valor ecológico)	-----	Muy bueno		EE

Fuente: Elaboración propia

La suma de los puntajes de los indicadores representa el valor relativo obtenido para la zona de evaluación, éste valor debe verificarse en el cuadro n.º 13 e identificar el estado al que corresponde. Para ello, se muestran cinco niveles que corresponden a una escala de 0 a 10, siendo la que presenta mejor condición ecológica, la escala del 8 al 10.

**Cuadro n.º 13: Escala y valor relativo para estimar el estado de los ecosistemas de bosque seco.**

ESCALA	VALOR RELATIVO (%)	ESTADO DEL ECOSISTEMA
[0 - 2>	[0 - 20>	Muy pobre
[2 - 4>	[20 - 40>	Pobre
[4 - 6>	[40 - 60>	Regular
[6 - 8>	[60 - 80>	Bueno
[8 - 10]	[80 - 100]	Muy bueno

Fuente: MINAM (2016)





Algarrobo en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, Lambayeque



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, M., M., J. Vargas H., A. Velázquez M., y J. Etchevers B. (2002). *Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México*: *Agrociencia* 36(6): 725-736.

Alvis, J. (2009). *Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del Municipio de Popayan*. Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. 8p. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a13.pdf>

Otivio, J. (2015). Soportabilidad de los pastos naturales en la zona ganadera de Lancones-Piura. En J. Arica, *Aportes para un manejo sostenible del ecosistema bosque tropical seco de Piura* (pp.16-17). Recuperado de <https://www.aider.com.pe/publicaciones/Aportes-al-conocimiento-del-ecosistema-bosque-tropical-seco-de-Piura.pdf>

Mejia, J. (1986). *La Gran Geografía del Perú: Naturaleza y hombre*. Barcelona, España. Manfer.

INRENA. (1998). *Memoria descriptiva del mapa de bosques secos del departamento de Piura*. Perú. 86 p.

Malleux, J. (1982). *Inventarios forestales en bosques tropicales*. Lima, Perú: Universidad Agraria la Molina. 414 p.

Ministerio del Ambiente - MINAM. (2016). *Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas Andinos*. Lima, Perú: MINAM. 39 p.

Ministerio del Ambiente – MINAM (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal, memoria descriptiva*. Lima, Perú: MINAM. 108 p.

Ministerio del Ambiente – MINAM. (2015). *Evaluación del estado de degradación del ecosistema bosque seco del distrito de San Juan de Bigote, provincia de Morropón*. Perú. 178 p.

Ministerio del Ambiente – MINAM. (2011). *Inventario y evaluación del patrimonio natural en los ecosistemas marinos costeros*. Lima, Perú. 147 p.

Montenegro, H. (1991). *Interpretación de las propiedades Físicas del Suelo (Textura, Estructura, Densidad, Aireación, etc.) En: Seminario-Taller "Fundamentos para la interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá D.E. Colombia.*

Moyle, P., & Randall, P. (1998). *Evaluating the Biotic Integrity of Watersheds in the Sierra Nevada, California*. *Conservation Biology*, 12(6), 1318-1326.

Navarro, J., Moral, H., Gómez, L., & Mataix, B. (1995). *Residuos orgánicos y agricultura*. España: Universidad de Alicante, Secretariado de Publicaciones, Espagrac. 108 p.

Pardo, M. E; Lopera, M; Flórez, N. (2007). *Manual de monitoreo del Sistema Parques Nacionales Naturales de Colombia*. Recuperado de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2014/08/Anexo-8-PNN-2007-Manual-monitoreo-SPNN.pdf>

Prodan, M; Peters, R; Cox, F; Real, P. (1997). *Mensura forestal*. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 586 p.

Roque, E. (2017). *Optimización del tamaño de parcela en un bosque seco. (Tesis para optar el título de Ingeniero)*. Universidad Agraria la Molina. Lima. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2700/K10-R67-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ugalde L. (1981). *Conceptos básicos de Dasometría*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Recuperado de: <http://www.sidalc.net/repdoc/a5909e/a5909e.pdf>

Izco J. (2014). Capítulo 15. Biodiversidad y conservación. En J. Izco, *Botánica* (pp.55). Recuperado de: <http://www.mcgraw-hill.es/med/recursos/capitulos/8448606094.pdf>

Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad*. Recuperado de <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medir-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>



## 8. GLOSARIO

Antrópico:	Antropógeno. Dícese de lo que es producido por la acción del hombre. [D.E. ESPASA, 1978 (79)]
Arborescente:	Individuo vegetal que ha alcanzado el aspecto y altura de un árbol. [Guía inventario de flora]
Atributo :	Es el componente de un ecosistema considerado de mayor relevancia para que funcione y persista en el espacio y el tiempo (Pardo <i>et al.</i> , 2007), que no puede ser medido directamente, pero puede ser estimado a través de un grupo de indicadores (Pyke <i>et al.</i> , 2002).
Biomasa :	Sumatoria de la materia viva existente por unidad de área o de volumen. [FERRER VELIZ (161) p17]
Bosque:	Ecosistema en que predominan especies arbóreas en cualquier estado de desarrollo cuya cobertura de copa supera el 10 % en condiciones áridas o semiáridas o el 25 % en circunstancias más favorables.
Brinzal:	Estado de desarrollo inmediato superior de las plantas, después de su nacimiento. Se consideran brinzales a aquellas plantas que alcanzan alturas entre de 0.50 m y 1.30 m
Caducifolio:	Referido a los árboles que pierden sus hojas cada año.
Cárcavas:	Surcos formados por el movimiento de las aguas provenientes de lluvias torrenciales, alcanzando algunas veces proporciones espectaculares en los terrenos inclinados (Reglamento de la ley del SINADECI).
Colina:	Extensa elevación del terreno que suele tener una altura inferior a la de una montaña y que se caracteriza por sus formas suaves, vertientes de poca inclinación y poca altura ( <a href="http://www.montipedia.com/diccionario/colina/">http://www.montipedia.com/diccionario/colina/</a> ).
Ecosistema:	Es el complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional (Convenio de Diversidad Biológica).
Erosión del suelo:	Desgaste y arrastre del suelo por acción del viento o el escurrimiento de agua, los glaciares o las olas. La erosión es un fenómeno natural, pero a menudo se intensifica por las actividades de desmonte relacionadas con la agricultura y el desarrollo habitacional o industrial (Anuario de estadísticas ambientales-INEI).
Especie:	Diferentes tipos de organismos que se encuentran en la tierra entre los cuales es posible el entrecruzamiento o intercambio de material genético. Asimismo, son miembros de un grupo de poblaciones que se reproducen o pueden potencialmente cruzarse entre sí en condiciones naturales.
Estacionalidad:	Relación de dependencia, que algunas plantas tienen, respecto a las estaciones climáticas para su producción o reproducción (glosario.net).

Evapotranspiración:	Pérdida de agua debido al efecto combinado de la evaporación del agua del suelo o de las aguas de superficie y la transpiración de las plantas y los animales (Anuario de estadísticas ambientales-INEI).
Grupo funcional:	Es un conjunto de especies que exploran la misma clase de recursos ambientales de manera similar, es decir, que sobrepone su nicho ecológico (Root, 1967; Grime <i>et al.</i> , 1988; Gitay y Noble, 1997; Westoby y Leishman, 1997).
Indicador:	Es un componente del ecosistema que puede ser observado y medido, y que se relaciona con uno o más atributos (Pyke <i>et al.</i> 2002). Los indicadores pueden relacionarse con la respuesta que da el ecosistema ante un factor de degradación, pero también puede ser un indicador de la presencia del factor de degradación en sí mismo (Fenerssy <i>et al.</i> 2007).
Llanura:	Superficie extensa de la corteza terrestre, sin elevaciones notables, generalmente situada a poca altura sobre el nivel del mar. Cuando está situada a mayor altura, se denomina meseta ( <a href="http://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac_geologia/rac.htm">http://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac_geologia/rac.htm</a> ).
Montaña:	Forma de tierra que está conformada por una serie de cerros cuyas laderas presentan una red de quebradas que forman muchos valles estrechos en los niveles inferiores, producto de la fuerte erosión producida por la alta pluviosidad. Sus laderas superan los 300 m desde el nivel de su base. [Guía inventario flora]
Parcela:	Unidad de muestreo en un estudio de campo. Es la más pequeña muestra que presenta los elementos que generan condiciones comparables y resultados extrapolables para toda la población. [glosarios.servidor-alicante.com]
Resiliencia:	En términos ecológicos, es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad, de adaptarse a los disturbios y cambios mientras mantiene sus funciones y servicios; asimismo, mantiene un nivel aceptable de funcionamiento y estructura. [Adaptado de Naciones Unidas y UICN]
Resolución espacial:	Referido a la finura de detalles visibles que se observan en el terreno a través de una imagen satelital.
Servicio ecosistémico:	Aquellos beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Esos beneficios pueden ser de dos tipos: directos e indirectos. Se consideran beneficios directos la producción de provisiones agua y alimentos (servicios de aprovisionamiento), o la regulación de ciclos como las inundaciones, degradación de los suelos, desecación y salinización, pestes y enfermedades (servicios de regulación). Los beneficios indirectos se relacionan con el funcionamiento de procesos del ecosistema que genera los servicios directos (servicios de apoyo), como el proceso de fotosíntesis y la formación y almacenamiento de materia orgánica; el ciclo de nutrientes; la creación y asimilación del suelo y la neutralización de desechos tóxicos. Los ecosistemas también ofrecen beneficios no materiales, como los valores estéticos, espirituales y culturales, o las oportunidades de recreación (servicios culturales). [Evaluación de los ecosistemas del milenio]



Sitio de referencia:	Es aquel que mantiene su máxima integridad ecológica; es decir, todos los componentes físicos, químicos y biológicos y sus relaciones (incluyendo la composición, estructura y función del ecosistema) están presentes y funcionan de manera adecuada, permitiendo la comparación con otros sitios evaluados, con diferentes niveles de degradación.
Sotobosque:	Vegetación arbustiva, herbácea y regeneración natural de especies leñosas que viven en un nivel inferior del perfil vertical del bosque. [Guía de inventario de flora]
Surcos:	Forma de erosión más fácilmente perceptible, tiene su origen a causa del escurrimiento superficial del agua que se concentra en sitios irregulares o depresiones superficiales del suelo desprotegido o trabajado inadecuadamente (FAO, 2000).
Tamaño de muestra:	Referido al número de parcelas de muestreo que se utilizan para una evaluación específica. Se debe considerar que entre más grande sea el tamaño de la muestra, más precisa será la evaluación; sin embargo por razones de costo y tiempo, es conveniente determinar el tamaño de muestras mínimas para alcanzar el objetivo de evaluación.
Zona de interés:	Es aquella en la que se evaluará su condición ecológica a partir de la medición de indicadores propuestos, para desarrollar iniciativas de conservación y/o recuperación.







## 9. ANEXOS

### Anexo n.º 1

#### Ejemplo del cálculo del Valor Ecológico aplicado al ecosistema de bosque estacionalmente seco de montaña

Haciendo uso de la presente guía, se ha calculado el valor ecológico de un área que corresponde a un ecosistema de bosque estacionalmente seco de montaña, ubicado en el distrito de Olmos del departamento de Lambayeque. Este caso será usado como ejemplo para ilustrar el procedimiento del cálculo del valor ecológico a partir de los valores de los indicadores medidos en campo. Para ello, se ha utilizado las escalas de valoración de los indicadores que han sido establecidos en la presente guía y que se encuentran consignados en los cuadros n.º. 5, 6 y 7.

En este ejercicio, se observa que en el área evaluada se ha encontrado una (1) especie de árbol para el indicador de riqueza, y nueve (9) especies de árboles registradas en la(s) parcela(s) de referencia. Para calcular el puntaje del indicador para el área evaluada, es necesario llevar su valor medido en campo a porcentaje respecto al valor de la(s) parcela(s) de referencia. Así, vemos que una (1) especie de árbol representa el 4.7 % del número de especies de árboles de la(s) parcela(s) de referencia: nueve (9) especies. Este porcentaje, correspondiente al indicador de riqueza, se coteja con el Cuadro n.º 7, por el cual le corresponde un puntaje de 1. Este mismo procedimiento se aplica para cada uno de los indicadores restantes.

En el caso de que los valores de la parcela de referencia y la parcela evaluada sean cero (0), el puntaje para el indicador evaluado será el mismo puntaje de la(s) parcela(s) de referencia, siendo el caso para este ejemplo, el indicador de erosión en surco y/o cárcava. Así también, la columna de porcentaje (%) AR, se coloca =AR, no se puede poner un valor numérico, ya que no se puede calcular el porcentaje del valor cero (0).

Con la suma de los puntajes estimados para cada indicador se obtiene el puntaje total, siendo para este ejercicio 38 puntos, que a la escala del 1 al 10 viene a ser 3.8, lo cual representa que el valor ecológico del área evaluada se encuentra en un estado POBRE, según los rangos establecidos en el Cuadro n.º 13.

Finalmente, se recomienda realizar una breve descripción del contexto de la zona donde se ubica el área evaluada.



Cuadro n.º 14: Ejemplo del cálculo del valor ecológico de un área de interés de bosque seco de montaña.

ATRIBUTOS	INDICADORES	PARCELA(s) DE REFERENCIA (PR)		PARCELA EVALUADA		
		Valor	Puntaje	Valor	(%) AR	Puntaje
Florística del sitio	Riqueza					
	Árboles (n.º)	9	10	1	4.7	1
	Arbustos (n.º)	5	5	3	38	3
	Composición por grupo funcional					
	Árboles (n.º)	36	8	4	11.1	1
	Arbustos (n.º)	109	6	175	160	4
Integridad del suelo	Erosión en surco y/o cárcava (%)	0	18	0	=AR	18
	Cobertura de copa (%)	80	18	18	22	1
Integridad biótica	Área basal (m²)	1.54	18	0.206	13	1
	Altura de árboles dominantes (m)	13	5	6	46	2
	Plantas invasoras (%)	0	6	0	=AR	6
	Presencia de tocones (n.º)	0	6	2	>100%	1
	Puntaje relativo (%)	-----	100	-----	-----	38
	Escala 1-10	-----	10	-----	-----	3.8
	Estado del Ecosistema (valor ecológico)		Muy Bueno			Pobre

Fuente: Elaboración propia





Anexo n.º 2:  
Ficha de Campo

ECOSISTEMA		Código parcela:		Fecha:	
Comunidad		Distrito:		Provincia:	
Institución a cargo:		Responsables:		Departamento:	
1	Coordenadas "X"	3	Coordenadas "X"	Coordenadas "Y"	
2	Coordenadas "Y"	4	Coordenadas "Y"	Coordenadas "Y"	
<b>Especies pioneras (Nº):</b>					
<b>Plantas invasoras (Nº):</b>					
<b>Número de Tocones:</b>					
<b>Árboles (A), Arbustos (B), Regeneración (R)</b>					
Nº	Nombre de especie	A,B, R	DAP (cm)	Altura (m)	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					



### Anexo n.º 3

#### Lista de especies representativas de bosque seco.

GRUPO FUNCIONAL	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Árboles	Algarrobo	<i>Prosopis pallida</i>
	Pasallo	<i>Erytheca ruizii</i>
	Faique	<i>Acacia macracantha</i>
	Palo verde	<i>Parkinsonia aculeata</i>
	Hualtaco	<i>Loxopterygium huasango</i>
	Palo Santo	<i>Bursera graveolens</i>
	Charán	<i>Caesalpinia paipai</i>
	Sapote	<i>Capparis scabrida</i>
	Choloque	
	Charán	<i>Caesalpinia glabrata</i>
Arbusto	Overo	<i>Cordia lutea</i>
	Bichayo	<i>Capparis ovalifolia</i>
	Charamusco	<i>Encelia canescens</i>
	Cuncuno	<i>Vallesia glabra</i>
	Chamiso	
	Mosquera	<i>Croton collinus</i>
	Palo negro o canutillo	<i>Grabowskia boerhaaviaefolia</i>

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO n.º 4

#### Métricas para estimar el valor relativo de los atributos e indicadores en un ecosistema de bosque seco

Para el cálculo del valor relativo de los atributos e indicadores se utilizaron matrices multicriterio, las cuales permitieron realizar comparaciones entre pares de atributos o indicadores de su contribución relativa o importancia de cada atributo e indicador para establecer el estado del ecosistema. Los criterios utilizados se basan en principios teóricos desarrollados por investigadores de los bosques, teniendo además como referencia las investigaciones realizadas por el Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina (UNALM) en los últimos veinte años.

Las matrices de importancia relativa evalúan el valor de importancia entre los elementos dentro de cada nivel de jerarquía. El primer análisis compara los componentes del primer nivel de jerarquía, es decir se construye una matriz de 3 x 3 para evaluar la importancia relativa de los tres atributos que reflejan el estado de conservación del ecosistema. Luego se sigue el mismo procedimiento para evaluar la importancia relativa de los indicadores (segundo nivel jerárquico) dentro de cada atributo (Saaty 1980).

El valor de importancia entre dos elementos de la matriz es definido en una escala del 1 al 9 en base a la información que cada atributo o indicador pueda dar sobre el estado de conservación de la estructura y función de un ecosistema, donde:

- 1 = igualmente importante
- 3 = moderadamente más importante
- 5 = fuertemente más importante
- 7 = muy fuertemente más importante
- 9 = extremadamente más importante

Las comparaciones entre elementos de la matriz se inicia por fila respondiendo a la pregunta ¿es el atributo 1 más importante que el atributo 2? Y luego ¿es el atributo 1 más importante que el atributo 3? En caso que el atributo 1 sea más importante que el atributo 2, el elemento de la matriz correspondería a un valor  $a_{12}$  y su elemento recíproco en la matriz sería igual a su inversa  $1/a_{21}$  tal como se muestra en el cuadro n.º 15.

Cuadro n.º 15: Matriz de importancia relativa y cálculo de pesos relativos

	Atributo 1	Atributo 2	Atributo 3	Total	Peso (%)
Atributo 1	$a_{11} = 1$	$a_{12}$	$a_{13}$	$\sum a_{1.}$	$\frac{\sum a_{1.}}{\sum a_{..}} \times 100$
Atributo 2	$1/a_{21}$	$a_{22} = 1$	$a_{23}$	$\sum a_{2.}$	$\frac{\sum a_{2.}}{\sum a_{..}} \times 100$
Atributo 3	$1/a_{31}$	$1/a_{32}$	$a_{33} = 1$	$\sum a_{3.}$	$\frac{\sum a_{3.}}{\sum a_{..}} \times 100$
Total				$\sum a_{ij}$	$\sum a_{..} = 100$

Fuente: Elaboración propia

## 1. Valor relativo para el ecosistema bosque seco (árido) de llanura

### a. Valor relativo de los atributos del ecosistema

En el cuadro n.º 16, se muestra los valores relativos resultantes de los atributos del ecosistema al asignar valores de importancia según el cuadro n.º 15.

De acuerdo al análisis efectuado en este ecosistema se consideró que el atributo Integridad biótica tiene el mayor peso y valor relativo (70 %) respecto al atributo Florística del sitio (30 %)

Cuadro n.º 16: Valor relativo de los atributos del ecosistema

Atributos/Atributos	Florística de sitio	Integridad biótica	Total	Peso (%)	Valor relativo
Florística de sitio	1.00	0.43	1.43	30	30
Integridad biótica	2.33	1.00	3.33	70	70
Total			4.76	100	100

Fuente: Elaboración propia



## b. Valor relativo de los indicadores de florística del sitio

En el cuadro n.º 17, se muestra los valores relativos resultantes de los indicadores de la florística del sitio, al asignar valores de importancia según el cuadro n.º 15.

En este caso los dos indicadores fueron asignados con el mismo peso y por tanto dieron los mismos valores relativos (15).

Asimismo, fueron asignados los valores de importancia para los elementos (árboles y arbustos) del indicador Riqueza (cuadro n.º 18), los cuales resultaron con el mismo peso (50 %) y valor relativo.

En el cuadro n.º 19 se muestra la asignación de valores a los elementos (árboles y arbustos) de la composición por grupo funcional, siendo de mayor peso y valor relativo el grupo de árboles (dos veces) respecto al grupo arbustos.

Cuadro n.º 17: Valor relativo de los indicadores de la florística del sitio

INDICADOR	Riqueza	Composición por grupo funcional	Total	Peso (%)	Valor relativo
Riqueza	1	1	2	50	15
Composición por grupo funcional	1	1	2	50	15
Total			4	100	30

Fuente: Elaboración propia

Cuadro n.º 18: Valor relativo de los elementos de la riqueza

Indicador/Indicador	Árboles	Arbustos	Total	Peso (%)	Valor relativo
Árboles	1.00	1.00	2.00	50	7.5
Arbustos	1.00	1.00	2.00	50	7.5
Total			4.00	100	15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro n.º 19: Valor relativo de los elementos de la composición por grupo funcional

Indicador/Indicador	Árboles	Arbustos	Total	Peso (%)	Valor relativo
Árboles	1.00	0.43	1.43	30	4.5
Arbustos	2.33	1.00	3.33	70	10.5
Total			4.76	100	15

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro n.º 20, se muestra los pesos y valores relativos de los indicadores de la integridad biótica basada en los valores establecidos en el cuadro n.º 15.

Los valores más altos corresponden a los indicadores cobertura de copa (%) de los árboles, así como el área basal (m<sup>2</sup>) de la masa arbórea y la presencia del número de tocones. Con menor peso resultaron los indicadores: plantas invasoras y plantas parásitas.

**Cuadro n.º 20: Valor relativo de los indicadores de integridad biótica**

INDICADOR	Cobertura de copa	Área basal	Altura Árboles Dominantes	Plantas invasoras	Plantas parásitas	Tocones	Total	Peso (%)	Valor relativo
Cobertura de copa (%)	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.8	12.8	26.4	19
Área basal arbórea (m <sup>2</sup> )	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.8	12.8	26.4	19
Altura de árboles dominantes (m)	0.3	0.3	1.0	1.0	3.0	0.6	6.2	12.8	9
Plantas invasoras o exóticas (n.º)	0.3	0.3	0.6	1.0	2.0	0.6	4.8	9.9	6
Árboles con ataque de parásitos o enfermedad	0.1	0.1	0.2	0.3	1.0	0.2	1.9	3.9	3
Tocones (n.º)	0.6	0.6	1.0	1.7	5.0	1.0	9.9	20.5	14
Total							48.4	100	70

Fuente: Elaboración propia

## 2. Valor relativo para el ecosistema bosque seco (árido) de lomada y colina

### a. Valor relativo de los atributos

En el cuadro n.º 21, se muestra los valores relativos resultantes de los atributos del ecosistema al asignar valores de importancia según el cuadro n.º 15.

De acuerdo al análisis efectuado en este ecosistema, se consideró que el atributo integridad biótica tiene el mayor peso y valor relativo (70 %) respecto al atributo florística del sitio (30 %)

**Cuadro n.º 21: Valor relativo de los atributos del ecosistema**

ATRIBUTO	Florística del sitio	Integridad biótica	Total	Peso (%)	Valor relativo
Florística de sitio	1.00	0.43	1.43	30	30
Integridad biótica	2.33	1.00	3.33	70	70
Total			4.76	100	100

Fuente: Elaboración propia



## b. Valor relativo de los indicadores de florística del sitio

En el cuadro n.º 22, se muestra los valores relativos resultantes de los indicadores de la florística del sitio, al asignar valores de importancia según el cuadro n.º 15.

En este caso los dos indicadores fueron asignados con el mismo peso y por tanto dieron los mismos valores relativos (15).

Asimismo, se asignaron los valores de importancia para los elementos (árboles y arbustos) del indicador riqueza (cuadro n.º 22), los cuales resultaron con el mismo peso y valor relativo.

En el cuadro n.º 23, se muestra la asignación de valores a los elementos (árboles y arbustos) de la composición por grupo funcional, siendo de mayor peso y valor relativo el grupo de árboles (dos veces) respecto al grupo arbustos.

**Cuadro n.º 22: Valor relativo de los indicadores de la florística del sitio**

INDICADOR	Riqueza	Composición por grupo funcional	Total	Peso (%)	Valor relativo
Riqueza	1	1	2	50	15
Composición por grupo funcional	1	1	2	50	15
Total			4	100	30

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro n.º 23: Valor relativo de los elementos de la riqueza**

INDICADOR	Árboles	Arbustos	Total	Peso (%)	Valor relativo
Árboles	1.00	2.00	3.00	67	10
Arbustos	0.50	1.00	1.50	33	5
Total			4.50	100	15

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro n.º 24: Valor relativo de los elementos de la composición por grupo funcional**

INDICADOR	Árboles	Arbustos	Total	Peso (%)	Valor relativo
Árboles	3.00	0.33	3.33	25	4
Arbustos	9.00	1.00	10.00	75	11
Total			13.33	100	15

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N.º 25, se muestra los pesos y valores relativos de los indicadores de la integridad biótica basada en los valores establecidos en el cuadro n.º 15.

Los valores más altos corresponden a los indicadores cobertura de copa (%) de los árboles, así como el área basal (m<sup>2</sup>) de la masa arbórea y la presencia del número de tocones. Con menor peso resultaron los indicadores plantas invasoras y plantas parásitas

**Cuadro n.º 25: Valor relativo de los indicadores de integridad biótica**

INDICADOR	Cobertura de copa (%)	Área basal	Altura de árboles dominantes	Plantas invasoras	Parásitas	Tocones	Total	Peso (%)	Valor relativo
Cobertura de copa (%)	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.8	12.8	28.1	20
Área basal (m <sup>2</sup> )	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.8	12.8	28.1	20
Altura de árboles dominantes (m)	0.3	0.3	1.0	1.0	1.0	0.6	4.2	9.2	6
Plantas invasoras (n.º)	0.3	0.3	1.0	1.0	1.0	0.6	4.2	9.2	6
Plantas con parásitas, enfermas (n.º)	0.3	0.3	1.0	1.0	1.0	0.6	4.2	9.2	6
Tocones	0.6	0.6	1.7	1.7	1.7	1.0	7.3	16	12
Total							45.5	100	70

Fuente: Elaboración propia

### 3. Valor relativo para el ecosistema bosque seco (semiárido) de montaña

#### a. Valor relativo de los atributos

En el cuadro n.º 26, se muestra los valores relativos resultantes de los tres atributos considerados para este tipo de ecosistema al asignar valores de importancia según el cuadro n.º 15.

De acuerdo al análisis efectuado se consideró que el atributo integridad biótica tiene el mayor peso y valor relativo (53), le sigue la florística del sitio (29) y luego la integridad del suelo.

La integridad del suelo tiene menor peso debido a que en este ecosistema el suelo está protegido por mayor cobertura arbórea y un mejor desarrollo del sotobosque.

**Cuadro n.º 26: Valor relativo de los atributos del ecosistema**

ATRIBUTO	Florística de sitio	Integridad de suelo	Integridad biótica	Total	Peso (%)	Valor relativo
Florística de sitio	1.00	1.67	0.56	3.22	29	29
Integridad del suelo	0.60	1.00	0.33	1.93	18	18
Integridad biótica	1.80	3.00	1.00	5.80	53	53
Total				10.96	100	100

Fuente: Elaboración propia







## b. Valor relativo de los indicadores de florística del sitio

En el cuadro n.º 27, se muestra los valores relativos resultantes de los indicadores de la florística del sitio, al asignar valores de importancia según el cuadro n.º 15.

En este caso los dos indicadores de la florística del sitio fueron asignados con el mismo peso (50 %) y por ende con el mismo valor relativo (15) cada uno.

Asimismo, fueron asignados los valores de importancia para los elementos (árboles y arbustos) del indicador riqueza (cuadro n.º 28), de los cuales resultó con mayor peso el indicador árboles (11) frente al indicador arbustos (4).

En el cuadro n.º 29 se muestra la asignación de valores relativos a los elementos (árboles y arbustos) de la composición por grupo funcional, siendo el peso compartido para ambos grupos funcionales: 15.

En el cuadro n.º 30, se muestra el valor relativo del indicador surcos, cárcavas con un valor relativo de 18.

**Cuadro n.º 27: Valor relativo de los indicadores de la florística del sitio**

INDICADOR	Riqueza	Composición por grupo funcional	Total	Peso (%)	Valor relativo
Riqueza	1	1	2	50	14.5
Composición por grupo funcional	1	1	2	50	14.5
Total			4	100	29

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro n.º 28: Valor relativo de los elementos de la riqueza**

INDICADOR	Árboles	Arbustos	Total	Peso (%)	Valor relativo
Árboles	1.00	3.00	4.00	75	11
Arbustos	0.33	1.00	1.33	25	4
Total			5.33	100	15

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro n.º 29: Valor relativo de los elementos de la composición por grupo funcional**

INDICADOR	Árboles	Arbustos	Total	Peso (%)	Valor relativo
Árboles	1.00	1.00	2.00	50	7.5
Arbustos	1.00	1.00	2.00	50	7.5
Total			4.00	100	15.0

Fuente: Elaboración propia



Cuadro n.º 30: Valor relativo del indicador surcos, cárcavas

INDICADOR	Surcos, cárcavas	Total	Peso (%)	Valor relativo
Surcos, cárcavas	1.0	1.0	100	18
<b>Total</b>		1.0	100	18

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro n.º 31, se muestra los pesos y valores relativos de los indicadores de la integridad biótica basada en los valores establecidos en el cuadro n.º 15.

Los valores relativos más altos (18) corresponden a los indicadores cobertura de copa y área basal (18), seguido por los tres indicadores restantes con valor relativo de 5 y 6.

Cuadro n.º 31: Valor relativo de los indicadores de integridad biótica

INDICADOR	Cobertura de copa	Área basal	Altura de árboles dominantes	Especies Invasoras	Tocones	Total	Peso (%)	Valor relativo
Cobertura de copa (%)	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	11	33.5	18
Área basal (m <sup>2</sup> )	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	11	33.5	18
Altura de árboles dominantes (m)	0.3	0.3	1.0	1.0	1.0	3.6	11	5
Especies invasoras (%)	0.3	0.3	1.0	1.0	1.0	3.6	11	6
Tocones (n.º)	0.3	0.3	1.0	1.0	1.0	3.6	11	6
<b>Total</b>						46.67	100	53

Fuente: Elaboración propia





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

**EL PERÚ PRIMERO**

**Ministerio del Ambiente**

Av. Antonio Miroquesada 425  
Magdalena del Mar, Lima - Perú  
(511) 611-6000  
[www.gob.pe/minam](http://www.gob.pe/minam)