PERÚ Ministerio del Ambiente

PERÚ NATURAL

Guía de evaluación del estado de

Ecosistemas de yunga:

Bosques basimontano y montano

Guía de evaluación del estado de Ecosistemas de yunga:

bosques basimontano y montano

GUÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE ECOSISTEMAS DE YUNGA: BOSQUES BASIMONTANO Y MONTANO

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.° 425, Magdalena del Mar

Lima, Perú

Imágenes: © Ministerio del Ambiente, Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ, Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo - PEHCBM y el Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Áreas Naturales - CIMA.

Primera edición, noviembre de 2019

ÍNDICE

07

1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVO

08

3. ALCANCE

4. BASE LEGAL

09

5. MARCO CONCEPTUAL

5.1 Ecosistemas en la región natural yunga:

Bosque basimontano y montano.

5.1.1 Bosque basimontano de yunga

5.1.2 Bosque montano de yunga

11

5.2 Degradación

5.3 Integridad del ecosistema

5.4 Condición ecológica

12

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

13

5.8 Atributos de los ecosistemas bosque Basimontano y montano de yunga

5.9 Indicadores del estado de los Ecosistemas bosque basimontano y montano de yunga

17

6. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOSQUE BASIMONTANO Y MONTANO DE YUNGA

6.1 Consideraciones metodológicas generales

6.1.1 Personal de campo, materiales e instrumentos

18

6.1.2 Atributos e indicadores identificados a considerar

19

6.1.3 Valores relativos de atributos e indicadores

20

6.1.4 Puntaje de indicadores en función de medidas obtenidas en campo

23 6.2 Proceso metodológico

25 6.2.1 PASO 1: Identificación y delimitación de la zona de interés a evaluar

26 6.2.2 PASO 2: Selección de parcelas de referencia

27 6.2.3 PASO 3: Cálculo del tamaño de la muestra

28 6.2.4 PASO 4: Determinación del tipo de unidades de muestreo

31 6.2.5 PASO 5: Distribución espacial de las unidades muestrales

32 6.2.6 PASO 6: Medición de indicadores en campo

39 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

41 6.2.8 PASO 8: Cálculo del valor ecológico

45 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

47 8. GLOSARIO

49 9. ANEXOS

Epífitas características de los ecosistemas de yunga.

Foto: © Tatiana Pequeño / CIMA

1. 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 Yunga: Bosque basimontano y montano*, en concordancia con la metodología establecida en la *Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas Altoandinos*, aprobada con Resolución Ministerial 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 ecosistemas de yunga son de gran importancia ambiental, social y económica, porque proveen servicios ecosistémicos como la protección del suelo contra la erosión, la regulación del régimen hidrológico, el suministro de agua dulce, la captura y almacenamiento de carbono, la producción de oxígeno, el mantenimiento de los hábitats para hospedar a la biodiversidad, recreación, entre otros. Asimismo, la provisión de productos maderables y no maderables (frutos, fibras, hojas, raíces, corteza, semillas, látex, aceites, gomas, resinas, aceites esenciales) es indispensable para la satisfacción de las necesidades de la población humana.

La estimación del valor ecológico de los bosques basimontano y montano, toma como base el concepto de 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) integridad 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 yunga: Bosque basimontano y montano, 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 de yunga (Bosque basimontano y montano).

4. BASE LEGAL

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

5. MARCO CONCEPTUAL

5.1 ECOSISTEMAS EN LA REGIÓN NATURAL YUNGA: BOSQUE BASIMONTANO Y MONTANO.

Los ecosistemas de bosque basimontano y montano están ubicados entre los 600 y 2500 m s. n. m., y se extienden desde el norte del Perú (Cajamarca) hasta el sur (Puno), limitando por el este con la selva tropical o selva baja (500-800 m s. n. m.) y por el oeste con los ecosistemas de bosques altimontanos (Figura n.° 1).

5.1.1 Bosque basimontano de yunga

Ecosistema montano bajo no nublado ubicado en las vertientes orientales de los Andes (entre 600 a 800 y 1500 a 1800 m s. n. m.), con pendientes que pueden superar el 100 %. Bosque con dosel cerrado, con tres estratos distinguibles. La altura del dosel o cúpula alcanza por lo menos 25 metros, con algunos árboles emergentes de 35 metros. Los niveles de riqueza florística son altos. La composición florística de este tipo de bosque se caracteriza por contar con especies botánicas tanto de la Amazonía baja como de la Yunga, por lo que constituye un complejo de formaciones vegetales transicionales. Presencia moderada de epífitas. Incluye algunas áreas con pacales (MINAM, 2018).

5.1.2 Bosque montano de yunga

Ecosistema forestal montano ubicado en las vertientes orientales de los Andes (entre 1800 – 2000 y 2500 m s. n. m.), con fuertes pendientes. Bosque con dosel cerrado, con tres estratos distinguibles. La altura del dosel o cúpula alcanza 18 – 25 metros, con algunos árboles emergentes de 30 metros. Los niveles de riqueza florística pueden ser altos a muy altos. Según la orientación de la pendiente puede estar recurrentemente cubierto de neblina. Presencia de abundantes epífitas, líquenes, bromeliáceas y orquidáceas. Es notable la presencia de helechos arborescentes que alcanzan más de 10 metros de altura y diámetros de hasta 20 cm, principalmente del género *Cyathea* (MINAM, 2018).

Figura n.° 1:

Mapa de ubicación de bosque basimontano y montano de Yunga.

ECOSISTEMA	SUPERFICIE		
	ha	%	
Bosque basimontano de yunga	8,237,633.9	6.4	
Bosque basimontano de yunga	4,528,359.9	3.5	

Fuente: Mapa Nacional de Ecosistemas

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*[1], 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 comparando 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).

[1]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 DE LOS ECOSISTEMAS BOSQUE BASIMONTANO Y MONTANO DE YUNGA

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 medido directamente, sino ser estimado a través de un grupo de indicadores (Pyke *et al*. 2002). Los atributos considerados para la evaluación del estado de estos ecosistemas 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.

b) **Integridad biótica.-** relacionada con la capacidad del ecosistema de mantener condiciones favorables para el crecimiento de las plantas y resistir la erosión. Contempla la evaluación de tres (3) indicadores: el mantillo, la materia orgánica y la erosión.

c) **Integridad del suelo.-** revela la capacidad del área de soportar y mantener a las comunidades vegetales de manera equilibrada e integrada con una organización funcional. Contempla la evaluación de cinco (5) indicadores: cobertura de copa arbórea, altura de árboles dominantes, área basal, especies pioneras y presencia de tocones.

5.9 INDICADORES DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS BOSQUE BASIMONTANO Y MONTANO DE YUNGA

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 estos ecosistemas son:

a) Indicador de la florística del sitio

- **Riqueza:** se refiere al número de especies presentes a nivel de cada grupo funcional (árboles, palmeras y helechos) que existe en un área, 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.
- **Composición por grupo funcional:** se refiere a la proporción (%) que existe entre la población de cada grupo funcional, que en este caso son tres: árboles a partir de 10 cm de diámetro del fuste a la altura del pecho (DAP), palmeras arborescentes y helechos arborescentes, estos últimos a partir de 10 cm de DAP.

b) Indicadores de la integridad del suelo

- **Mantillo:** se refiere a la capa orgánica de color negro-marrón (medido en centímetros) que cubre al suelo, conocido como horizonte "0". Está conformado por partículas vegetales finas producto del proceso de fragmentación y humificación de la hojarasca y raíces muertas. Contribuye al ciclo de nutrientes del bosque, así como al de regulación hídrica.
- **Materia orgánica:** se refiere al porcentaje de materia orgánica (MO%) acumulada en el horizonte superior del suelo que expresa el potencial del sitio para proveer nutrientes al ecosistema y brindar condiciones adecuadas para el desarrollo de la vegetación.
- **Erosión:** indicador cualitativo que trata de evaluar visualmente los procesos de erosión del suelo promovidos generalmente por la eliminación de la cubierta forestal.

c) Indicadores de la integridad biótica

- **Cobertura de copa:** se refiere al porcentaje de copas en el área evaluada; está correlacionado con el área basal y volumen maderable del árbol y al mismo tiempo con el grado de protección que brinda la vegetación contra el potencial erosivo de la lluvia cuando esta impacta directamente sobre el suelo.
- **Altura de árboles dominantes:** representa el vigor de los árboles y el potencial del sitio para sostener un crecimiento adecuado de los elementos tanto arbóreos como de otras formas de vida vegetal. La presencia de un estrato superior del bosque dominado por árboles altos indica la integridad del bosque a nivel de su estructura o perfil vertical. Asimismo, son responsables de la regulación de la luz, haciendo dependientes a los estratos medios e inferiores del bosque y en donde se desarrolla la regeneración natural de plantas leñosas y las comunidades arbustivas y herbáceas.

- **Área basal (AB):** es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del árbol, palmera y/o helecho, a determinada altura del suelo. Se expresa en m2 de material vegetal por unidad de superficie de terreno, la cual puede referirse a la hectárea, y permite conocer la dominancia y tener una idea sobre la calidad de sitio[2].

- **Especies pioneras:** se refiere a aquellas que existen en el bosque primario cumpliendo la función de cicatrización de los claros naturales del bosque producidos por la muerte natural de los árboles como parte de la dinámica del bosque. La existencia desproporcionada (%) de la población de estas especies pioneras frente a la población de elementos arbóreos y de palmeras, indica un cierto grado de perturbación del bosque.

  Entre las especies pioneras más comunes que se instalan en el bosque destacan las siguientes: *Cecropia spp*. ("cetico"), *Pouruma sp*. ("uvilla"), *Croton sp*. ("sangre de grado"), *Vismia sp*., etc.

- **Tocones:** se refiere a la presencia de un determinado número de tocones (parte del árbol o palmera que queda fijo en el suelo luego de haber sido talado o apeado), formando claros que expresan cierto grado de intervención antrópica o aprovechamiento forestal (maderable o no maderable).

Helecho arborescente.

Foto: MINAM

[2]Fuente: Ministerio del Ambiente, "Guía de inventario de la Flora y Vegetación", 2015.

Foto: © PEHCBM

6. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE BOSQUE BASIMONTANO Y MONTANO DE YUNGA

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 Yunga, 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[3].
- *Profesional 1*: Profesional conocedor de especies de flora, responsable de identificar las especies, 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.

[3]Remotly Piloted Aircraft Systems

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

Cuadro n.° 1: Lista de equipamiento necesario para el desarrollo del trabajo en gabinete y campo.

INSTRUMENTOS / EQUIPOS	MATERIALES	*SOFTWARE*
- Navegador GPS - Clinómetro - Binoculares - Cámara digital - Cinta métrica de 50 m - Cinta métrica de 5 m - Cinta métrica de 50 m - Forcípula - Brújula - Laptop - Drone (opcional)	- Tabla porta hojas - Ficha de campo - Soguilla de 220 m - Estacas - Imágenes satelitales - Cartografía base digital - Lapicero - Bolsas para colecta de muestra - Machete - Baterías alcalinas para GPS	- SIG (QGis, Gv Sig y otro) - Google Earth - Open Office

Fuente: Elaboración propia.

6.1.2 Atributos e indicadores identificados a considerar

La evaluación de la condición ecológica del ecosistema implica estimar los atributos[4] seleccionados (florística del sitio, integridad biótica e integridad del suelo) a partir de la medición directa de un grupo de indicadores[5] (Cuadro n.° 2). 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.

[4] 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.
[5] El indicador es un componente del ecosistema que puede ser observado y medido, y que se relaciona con uno o más atributos.

Cuadro n.° 2: Atributos e indicadores para medir el estado de los ecosistemas de Bosque basimontano y montano de yunga

ATRIBUTOS	INDICADORES
Florística del sitio	Riqueza (n.° especies)
	Composición por grupo funcional (n.° individuos)
Integridad del suelo	Mantillo (cm)
	Materia orgánica del suelo superficial (%)
	Erosión (%)
Integridad biótica	Altura de árboles dominantes (m)
	Cobertura de copa (%)
	Área basal (m^2)
	Especies pioneras (%)
	Tocones (n.°)

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3 Valores relativos de atributos e indicadores

Sobre los atributos y e indicadores, se determinó el valor relativo de cada uno, a partir de matrices multicriterio[6], 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 (Anexo n.° 4).

Cuadro n.° 3: Valores relativos de atributos e indicadores de los ecosistemas Bosque basimontano y montano de yunga

ATRIBUTOS	INDICADORES		VALOR RELATIVO
Florística del sitio 30 %	Riqueza (n.° especies)	Árbol	9
		Palmera arborescente	3
		Helecho arborescente	3
	Composición por grupo funcional (n.° individuos)	Árbol	9
		Palmera arborescente	3
		Helecho arborescente	3
Integridad del suelo 20 %	Mantillo (cm)		13
	Materia orgánica del suelo superficial (%)		4
	Erosión (%)		3
Integridad biótica 50 %	Altura de árboles dominantes (m)		6
	Cobertura de copa (%)		13
	Área basal (m^2)		16
	Especies pioneras (%)		9
	Tocones (n.°)		6
TOTAL			100

Fuente: Elaboración propia.

[6]"Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas Altoandinos" (MINAM, 2016)

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 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 cuadros n.° 4, 5 y 6, se muestran las clases de valoración a ser utilizados para obtener los puntajes de los indicadores medidos en campo.

Cuadro n.° 4: Escala de valoración de la integridad del suelo

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Mantillo (cm)	< 25 % del área de referencia	1
	25 % - 50 % del área de referencia	5
	50 % - 75 % del área de referencia	9
	>75 % del área de referencia	13
Materia orgánica del horizonte superior (%)	< 25 % del área de referencia	1
	25 % - 50 % del área de referencia	2
	50 % - 75 % del área de referencia	3
	>75 % del área de referencia	4
Erosión (%)	No hay erosión / ≤ del área de referencia	3
	Sí: Erosión > área de referencia hasta en un 50 %	2
	Sí: Erosión > área de referencia en más del 50 %	1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro n.° 5: Escala de valoración de la florística del bosque – riqueza

INDICADOR	GRUPO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Riqueza	Árboles (n.° especies)	< 25 % del área de referencia	1
		25 % - 50 % del área de referencia	3
		50 % - 75 % del área de referencia	5
		>75 % del área de referencia	9
	Palmeras arborescentes (n.° especies)	< 35 % del área de referencia	1
		35 % - 70 % del área de referencia	2
		>70 % del área de referencia	3
	Helechos arborescentes (n.° de especies)	< 35 % del área de referencia	1
		35 % - 70 % del área de referencia	2
		>70 % del área de referencia	3
Composición por grupo funcional	Árboles (n.° individuo)	< 25 % del área de referencia	1
		25 % - 50 % del área de referencia	3
		50 % - 75 % del área de referencia	5
		>75 % del área de referencia	9
	Palmeras arborescentes (n.° individuo)	< 35 % del área de referencia	1
		35 % - 70 % del área de referencia	2
		>70 % del área de referencia	3
	Helechos arborescentes (n.° individuo)	< 35 % del área de referencia	1
		35 % - 70 % del área de referencia	2
		>70 % del área de referencia	3

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro n.° 6: Escala de valoración de la integridad biótica.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Cobertura de copa (%)	< 25 % del área de referencia	1
	25 % - 50 % del área de referencia	5
	50 % - 75 % del área de referencia	9
	>75 % del área de referencia	13
Altura de árboles dominantes (m)	< 35 % del área de referencia	1
	35 % - 70 % del área de referencia	3
	>70 % del área de referencia	6
Área basal (m^2)	< 25 % del área de referencia	1
	25 % - 50 % del área de referencia	5
	50 % - 75 % del área de referencia	10
	>75 % del área de referencia	16
Especies pioneras (%)	< 35 % del área de referencia	9
	35 % - 70 % del área de referencia	5
	>70 % del área de referencia	1
Tocones (n.°)	No hay tocones / ≤ del área de referencia	6
	Si: Tocones > área de referencia hasta en un 50 %	3
	Si: Tocones > área de referencia en más del 50 %	1

Fuente: Elaboración propia.

Flora del ecosistema de yunga.

Foto: © PEHCBM

6.2 PROCESO METODOLÓGICO

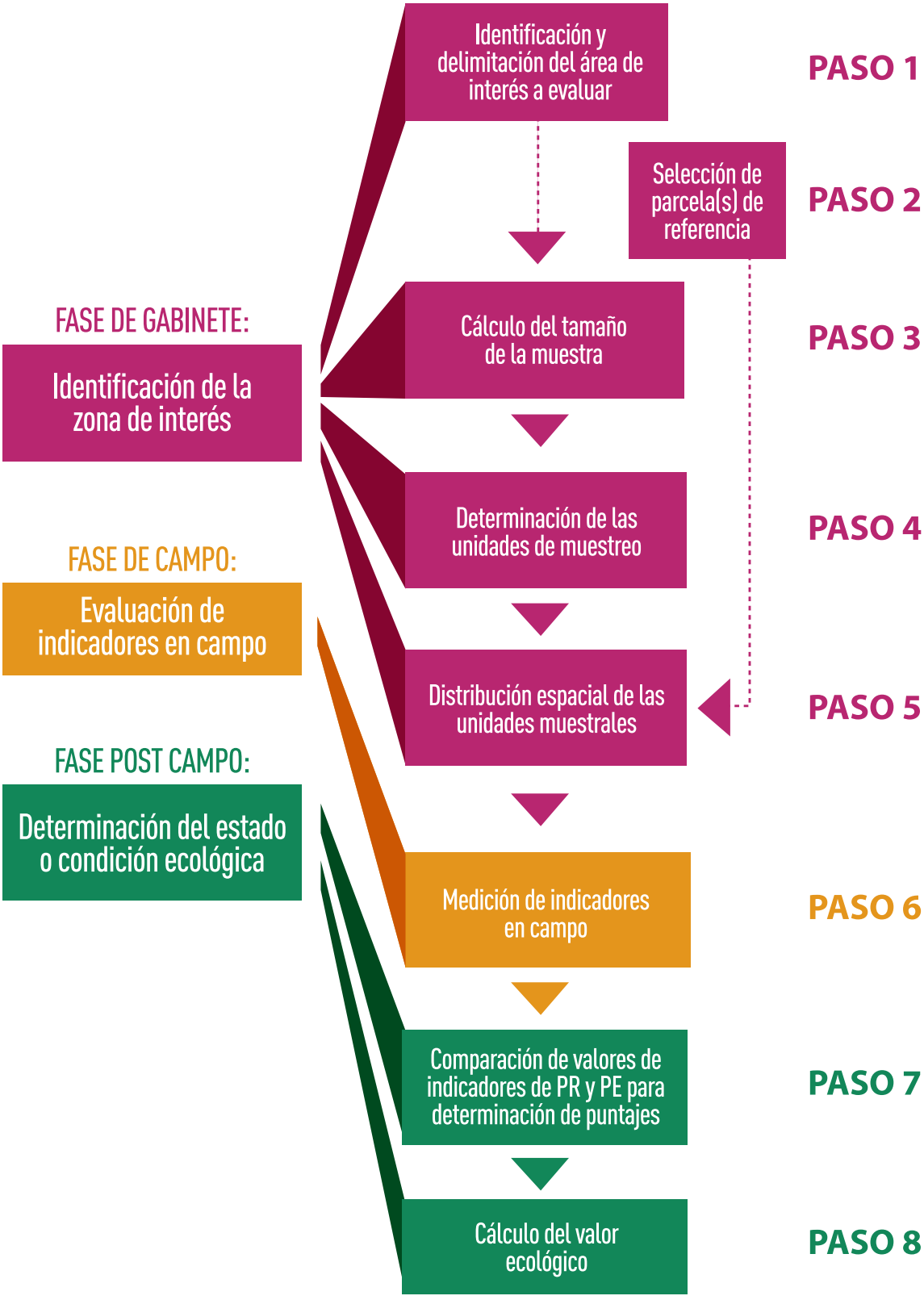
La condición inicial para aplicar esta guía es que la evaluación del estado de los ecosistemas de Bosque basimontano y montano de yunga se realiza en aquellas zonas con evidencia de degradación pero que siguen manteniendo su cobertura forestal[7]. En este sentido, el proceso metodológico consta de una secuencia de pasos agrupados en tres (3) fases: 1) fase de gabinete, 2) fase de campo y 3) fase de post campo (Figuras n.° 2 y 3).

Figura n.° 2: Fases de evaluación del estado de los ecosistemas Bosque basimontano y montano de yunga.

Fuente: Elaboración propia.

[7]La información cartográfica y documental puede ser descargada del Geoservidor del MINAM (http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/)

Figura n.° 3: Pasos para evaluar el estado de los ecosistemas Bosque basimontano y montano de yunga



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. En seguida, se deben excluir 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 la zona de interés, existiendo dos (2) posibilidades: 1) Bosque basimontano de yunga o 2) Bosque montano de yunga, con el fin de evidenciar sus características o factores de diagnóstico. Para ello se analizará, como mínimo, la siguiente información:

- *Mapa Nacional de Ecosistemas*[8], para identificar el ecosistema al que corresponde la zona de interés (Bosque basimontano de yunga o Bosque montano de yunga). De forma complementaria se puede emplear la información del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015).
- *Mapa de Áreas degradadas*[9], 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 la(s) parcela(s) de referencia[10].
- *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 parcelas de referencia.
- *Información complementaria, sobre la zona de evaluación.*

[8]La información cartográfica y documental puede ser descargada del Geoservidor del MINAM (http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/)

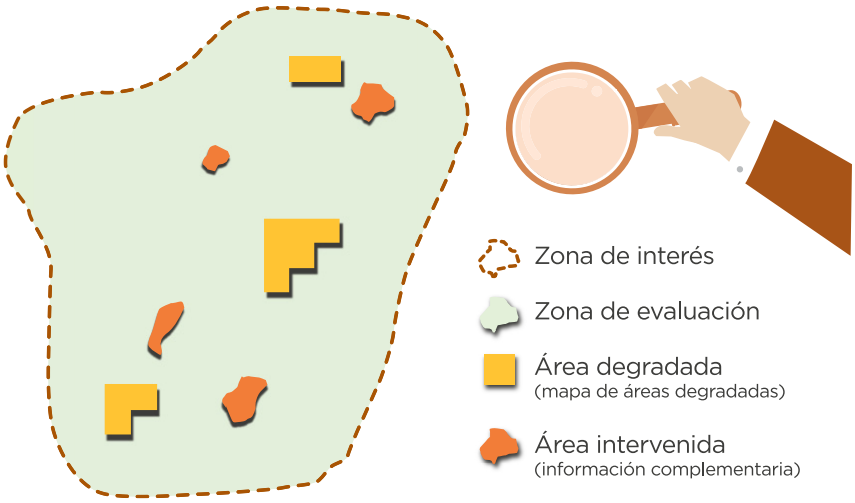
[9]Áreas identificadas a nivel nacional y descargable del Geoservidor del MINAM (http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/)

[10]La determinación de parcelas de referencia se aborda en el ítem 6.2.2

[11]Reglamento para la Gestión Forestal (Ley N.° 29763)

En función de lo mencionado, se podrán evaluar las zonas que cuenten por lo menos con una cobertura forestal ≥ 25 %, entendiendo que estos son considerados como bosques en condiciones favorables[11].

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



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 PASO 2: Selección de parcelas de referencia

Una parcela 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 otras parcelas evaluadas, con diferentes niveles de degradación.

Sobre lo señalado, se infiere que las áreas sin intervención antrópica son potenciales a ser considerados como parcela(s) 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 estas parcelas implica cumplir con las siguientes condiciones:

- No debe existir evidencia de alteraciones humanas, por lo que se sugiere verificar 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 de los ecosistemas de yunga. 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*[12], 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*[13]).

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

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 0.5 ha.

Cuadro n.° 7: 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

[12]Aprobado con Resolución Ministerial n.° 059-2015-MINAM
[13]Aprobado por la Resolución Jefatural n.° 109-2003-INRENA

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:

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

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)

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.° 8: 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

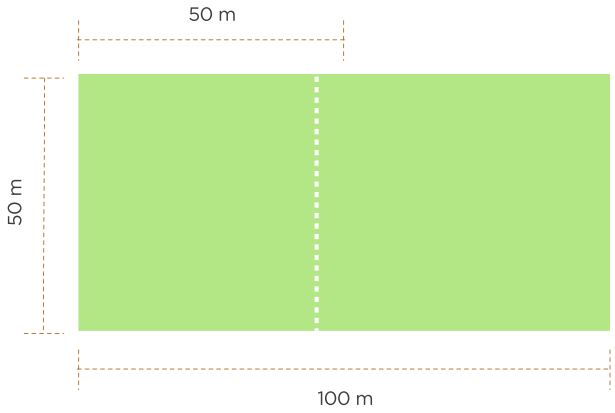
Fuente: Guía de Inventario de la flora y vegetación. MINAM

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 rectangulares; sin perjuicio de lo indicado, se pueden elegir parcelas circulares, entre otras, dependiendo de la experiencia y el criterio profesional.

a) Parcela rectangular: Una de las ventajas del uso de las parcelas rectangulares es que permiten facilitar las mediciones en bosques densos, como es el caso de los bosques montanos. Las parcelas de muestreo recomendados serán del tipo faja (rectangulares) de 50 m x 100 m (0.5 ha).

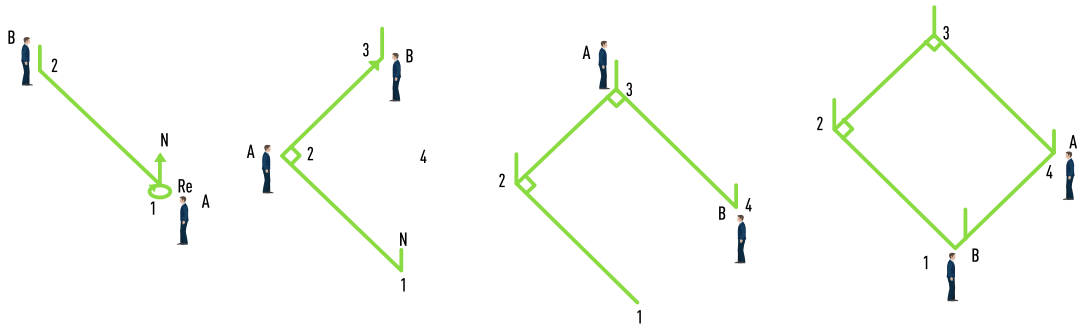
Figura n.° 5: Parcela de evaluación



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.° 6: Pasos a seguir para la demarcación de la parcela rectangular



Fuente: Elaboración propia.

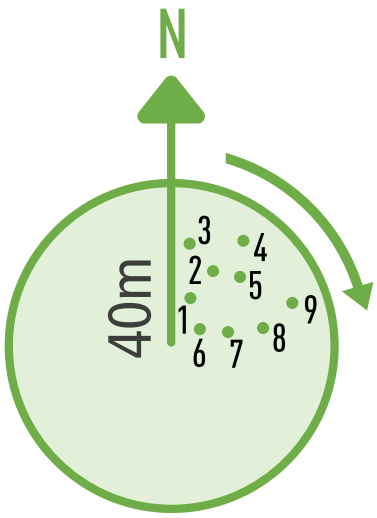
b) Parcela circular: Las parcelas circulares también tienen ventajas en su uso, como es el caso de tener menor tamaño de borde por unidad de área y por lo tanto, en teoría, están sujetas a un menor error por inclusión de árboles que se encuentran al límite de la parcela.

Para construir la parcela circular se inicia localizando y marcando el centro de la parcela circular, luego desde el centro se mide la distancia del radio (40 m) en dirección norte. Desde este radio trazado se empieza a contabilizar los árboles al interior de este radio, barriendo en sentido horario, hasta completar la circunferencia completa.

Medicion para el cálculo del área basal

Foto: MINAM

Figura n.° 7: Pasos a seguir para la demarcación de la parcela circular

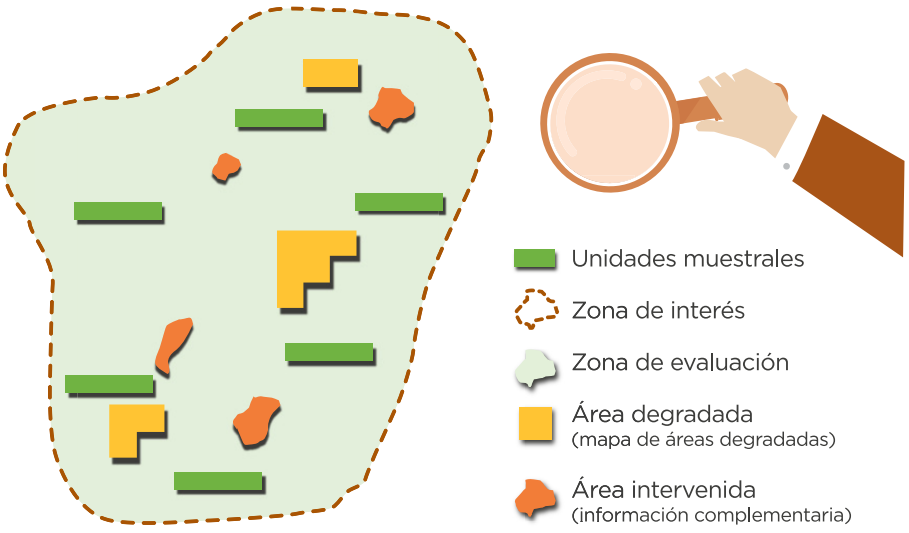


Fuente: Elaboración propia.

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.° 8: 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 las parcelas 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 pixel de 5 metros de resolución).

En las unidades muestrales, se evaluarán los siguientes indicadores:

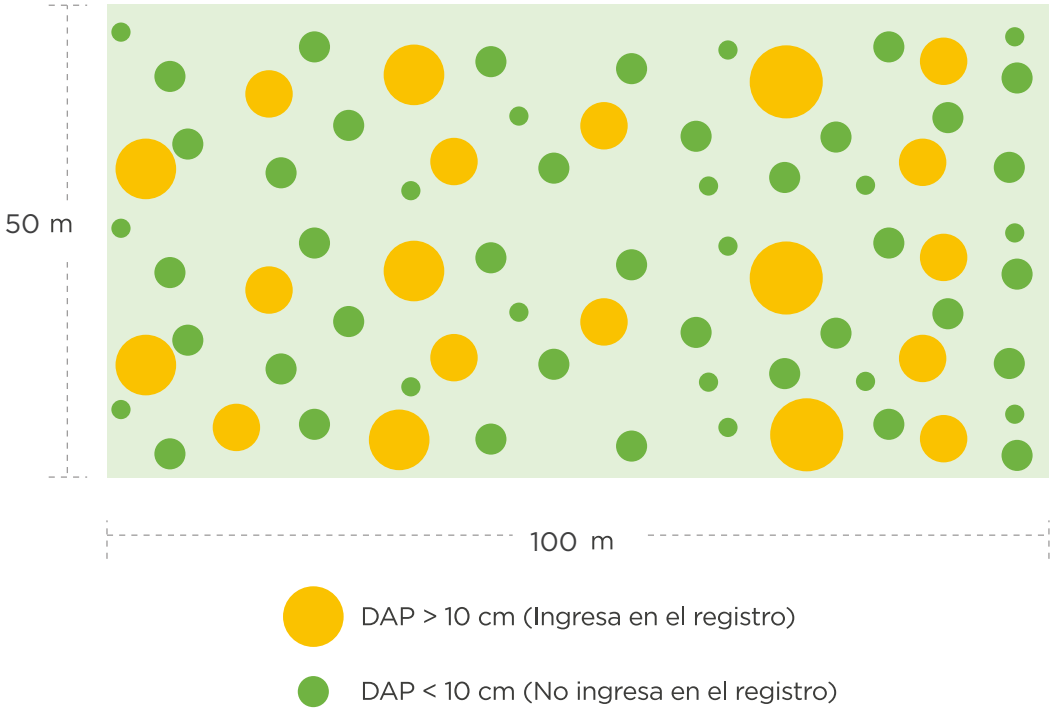
a) Florística del sitio

- **Riqueza florística**

  Este indicador expresa el número de especies existentes por grupo funcional (árboles, palmeras y helechos) en una unidad muestral. Para ello se registran las especies a partir de un DAP (diámetro a la altura del pecho) de 10 cm.

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

Figura n.° 9: Esquema del registro del indicador: riqueza florística



Fuente: Elaboración propia.

- **Composición por grupo funcional**

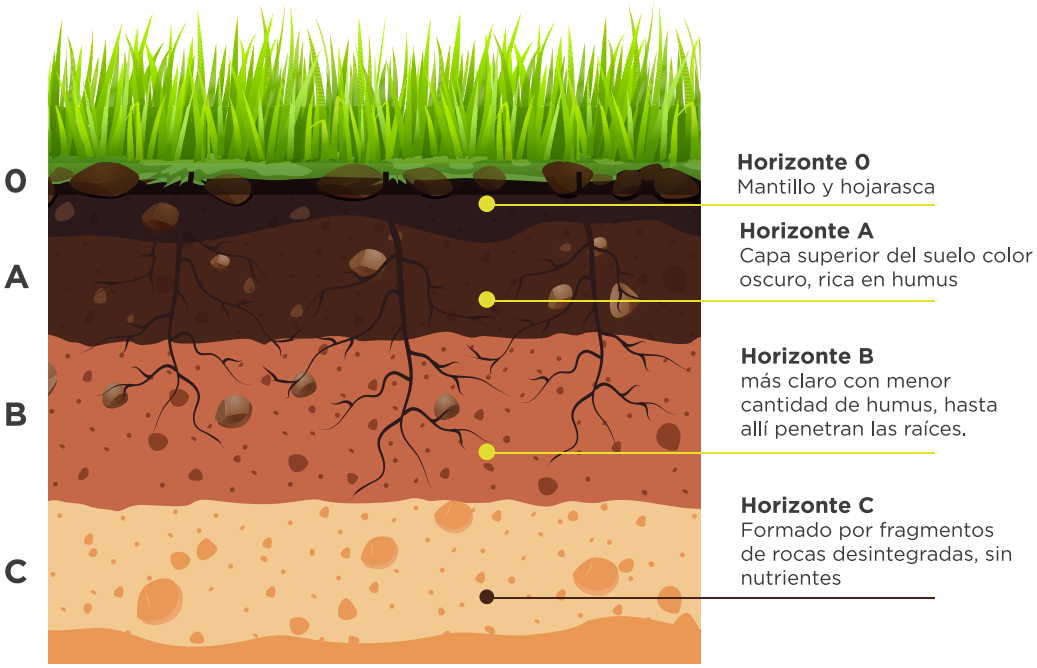
  Para esta etapa se determina la proporción (%) que existe entre el número de individuos de cada grupo funcional dominante (árboles, palmeras, helechos), considerando para estos tres grupos funcionales un DAP (diámetro a la altura del pecho) a partir de 10 cm, en relación de la suma del total de la población de individuos en la parcela.

b) Integridad biótica

- **Cantidad de Mantillo**

  Su evaluación implica realizar un agujero hasta el horizonte superior del suelo (materia orgánica); se mide el grosor de la capa orgánica de color negro-marrón (hojarasca o mantillo) horizonte "0" (Figura n.° 10), haciendo uso de una cinta métrica, regla o vara de medición graduada en centímetros. Se registran como mínimo tres mediciones aleatorias dentro de la parcela.

Figura n.° 10: Estructura horizontal del suelo. Horizonte 0 (Mantillo y hojarasca)



Fuente: https://altagracia.gob.ar/educacion-ambiental-suelo/

Figura n.° 11: Medición del mantillo del suelo

Fuente: Elaboración propia.

- **Materia Orgánica:**

  Su medición implica tomar como mínimo tres muestras o alícuotas del suelo. Para ello, se elimina toda la cobertura vegetal de la superficie; en seguida, con un barreno o pala se extrae una muestra de suelo superficial (horizonte "A") que se guarda y etiqueta en bolsas impermeables. Estas son analizadas en el laboratorio.

Figura n.° 12: Extracción del suelo superficial u horizonte "A"

Fuente: Elaboración propia.

- **Erosión:**

  Su medición implica observación directa de evidencias de erosión superficial del suelo, cárcavas y deslizamientos, que será expresado en porcentaje (%).

c) Integridad del suelo

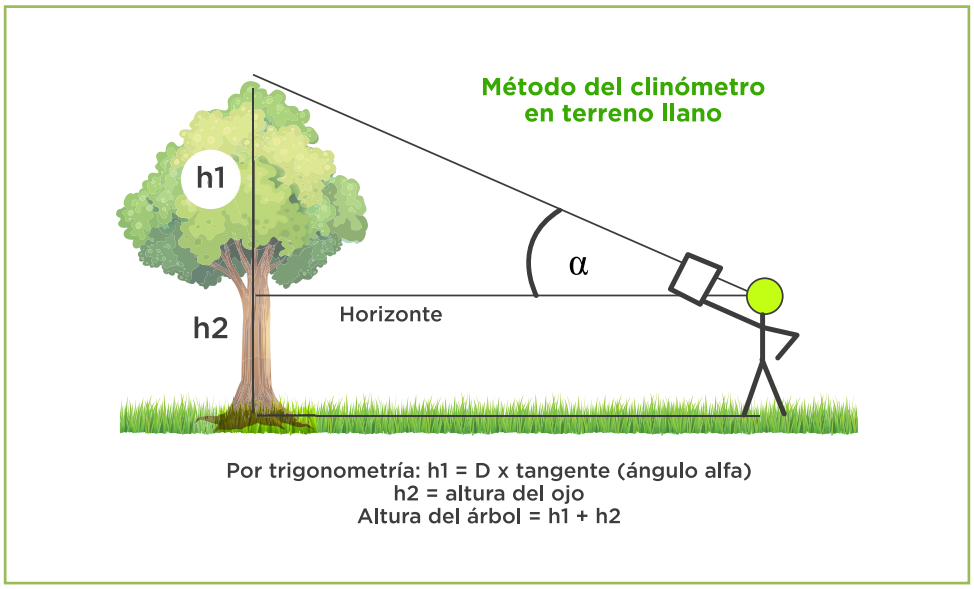
- **Altura de árboles dominantes[14]:**

  Existen varias técnicas e instrumentos para la medición de la altura de árboles, palmeras y helechos arborescentes, como la tabla dendrométrica, 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 (α) 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.° 13 y 14).

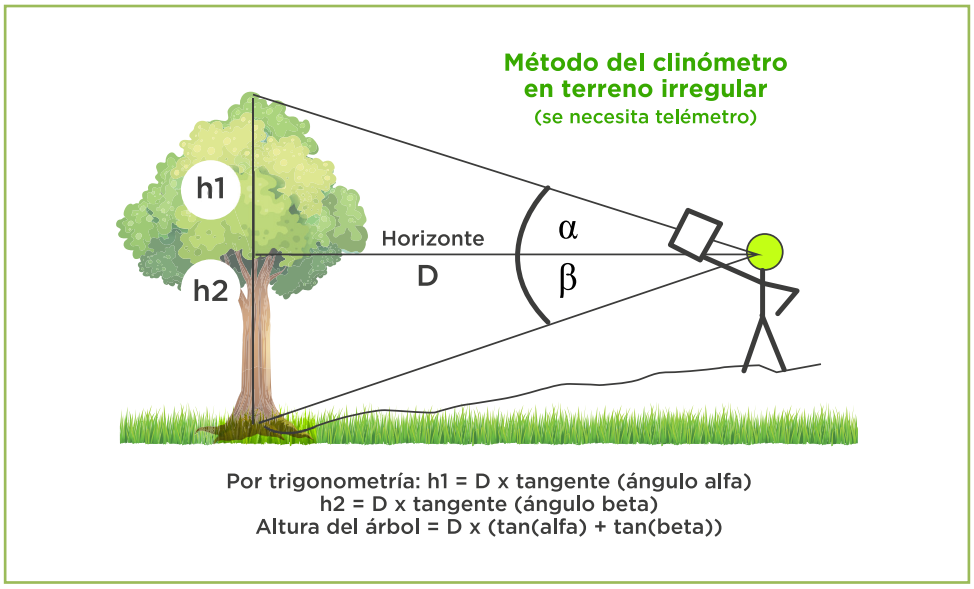
[14]Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Inventario Forestal Nacional – Manual de Campo, Guatemala 2004.

Figura n.° 13: Medición de altura de árbol en terreno llano.



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

Figura n.° 14: Medición de altura de árbol en terreno irregular.



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

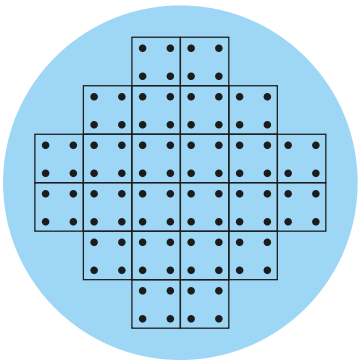
- **Cobertura de Copa (%)[15]:**

  Una forma de medir este indicador de forma efectiva y a bajo costo es utilizando el densiómetro cóncavo, que es un espejo convexo con una cuadrícula sobrepuesta (Figura n.° 15). 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

[15]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.

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.° 15: Esquema de densiómetro con cuatro puntos en cada cuadro



Fuente: Elaboración propia

- **Área basal[16]:**

Se medirá el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles que superen los 10 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

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

[16]Ministerio del Ambiente, "Guía de inventario de la Flora y Vegetación", 2015.

Figura n.° 16: 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 esta 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 esta inclinado, medir el DAP sobre el lado superior en forma perpendicular al eje del fuste del árbol.

Fuente: Manual de censos forestales, 2005. Roberto Kometter

- **Especies pioneras:**

  Para la medición de este indicador se identificará y registrará los nombres de las especies más resistentes y que tienen la característica de cicatrización de los claros.

  Entre las especies pioneras más comunes que se instalan en el bosque destacan las siguientes: *Cecropia spp*. ("cetico"), *Pouruma sp*. ("uvilla"), *Croton sp*. ("sangre de grado"), *Vismia sp*., etc.

- **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.

FASE 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 promedios de las parcelas de referencia (PR)[17], estos deben ser registrados en el cuadro n.° 9.

Cabe señalar que la columna "Puntaje" de la parcela de referencia, toma los valores máximos sumando 100, lo que significa 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. Estos valores, también se evidencian en los cuadros n.° 4, 5 y 6.

El cálculo del puntaje de las parcelas evaluadas (PE) se determina en función al porcentaje que representa de la parcela de referencia (PR), el cual es anotado en la columna (%) PR del cuadro n.° 9. Finalmente, considerando los puntajes de los cuadros n.° 4, 5 y 6, se coloca el valor correspondiente en la columna "Puntaje" de la parcela evaluada.

[17]Los valores del sitio de referencia fueron levantados en campo.

Cuadro n.° 9: Formato para el llenado y comparación de los valores de referencia y valores medidos en campo para el cálculo del valor ecológico.

ATRIBUTOS	INDICADORES	PARCELA(s) DE REFERENCIA (PR)		PARCELA EVALUADA (PE)		
		Valor ()	Puntaje	Valor	(%) PR	Puntaje
Florística del sitio (30)	Riqueza (n.° especies):					
	Árboles		9			
	Palmeras arborescentes		3			
	Helechos arborescentes		3			
	Composición por grupo funcional (n.° de individuos):					
	Árboles		9			
	Palmeras arborescentes		3			
	Helechos arborescentes		3			
Integridad del suelo (20)	Mantillo (cm)		13			
	Materia orgánica del suelo superficial (%)		4			
	Erosión (%)		3			
Integridad biótica (50)	Altura de árboles dominantes(m)		6			
	Cobertura de copa (%)		13			
	Área basal (m^2)		16			
	Especies pioneras (%)		9			
	Tocones (n.°)		6			
Sumatoria		------	100			
Escala 1-10		------	10			
Estado del Ecosistema (valor ecológico)		------	Muy bueno			

Fuente: Elaboración propia.

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.° 10).

Cuadro n.° 10: Cálculo del promedio de los indicadores de las parcelas de evaluación (PE)

INDICADORES		PE_1	PE_2	PE_3	...	PE_n	VALOR PROMEDIO
		VALOR					
Riqueza (n.° especies)	Árboles	A_1	A_2	A_3	...	A_n	$(A_1+ A_2+ A_3+...+ A_n)/n$
	Palmeras arborescentes	P_1	P_2	P_3	...	P_n	$(P_1+ P_2+ P_3+...+ P_n)/n$
	Helechos arborescentes	H_1	H_2	H_3	...	H_n	$(H_1+ H_2+ H_3+...+ H_n)/n$
Composición por grupo funcional (n.° de individuo)	Árboles	Aa_1	Aa_2	Aa_3	...	A_n	$(Aa_1+ Aa_2+ Aa_3+...+ Aa_n)/n$
	Palmeras arborescentes	Pp_1	Pp_2	Pp_3	...	P_n	$(Pp_1+ Pp_2+ Pp_3+...+ Pp_n)/n$
	Helechos arborescentes	Hh_1	Hh_2	Hh_3	...	H_n	$(Hh_1+ Hh_2+ Hh_3+...+ Hh_n)/n$
Mantillo (cm)		M_1	M_2	M_3	...	M_n	$(M_1+ M_2+ M_3+...+ M_n)/n$
Materia orgánica del suelo superficial (%)		Mo_1	Mo_2	Mo_3	...	Mo_n	$(Mo_1+ Mo_2+ Mo_3+...+ Mo_n)/n$
Erosión (%)		E_1	E_2	E_3	...	E_n	$(E_1+ E_2+ E_3+...+ E_n)/n$
Altura de árboles dominantes(m)		Ht_1	Ht_2	Ht_3	...	Ht_n	$(Ht_1+ Ht_2+ Ht_3+...+ Ht_n)/n$
Cobertura de copa (%)		Cc_1	Cc_2	Cc_3	...	Cc_n	$(Cc_1+ Cc_2+ Cc_3+...+ Cc_n)/n$
Área basal (m^2)		Ab_1	Ab_2	Ab_3	...	A_n	$(Ab_1+ Ab_2+ Ab_3+...+ Ab_n)/n$
Especies pioneras (%)		Sp_1	Sp_2	Sp_3	...	Sp_n	$(Sp_1+ Sp_2+ Sp_3+...+ Sp_n)/n$
Tocones (n.°)		T_1	T_2	T_3	...	T_n	$(T_1+ T_2+ T_3+...+ T_n)/n$

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se determina el puntaje de cada indicador, en función al porcentaje que representa de la parcela de referencia (PR), se repite el procedimiento establecido en el paso 7, pero ahora con los resultados obtenidos en el cuadro n.° 11.

Cuadro n.° 11: Formato para determinar el puntaje del valor promedio obtenido.

INDICADORES	PARCELA(s) DE REFERENCIA (PR)		VALOR PROMEDIO	
	Valor (χ)	Puntaje	Valor	Puntaje
Riqueza (n.° especies):				
Árboles		9	$(A_1+ A_2+ A_3+...+ A_n)/n$	P_1
Palmeras arborescentes		3	$(P_1+ P_2+ P_3+...+ P_n)/n$	P_2
Helechos arborescentes		3	$(H_1+ H_2+ H_3+...+ H_n)/n$	P_3
Composición por grupo funcional (n.° de individuos)				
Árboles		9	$(Aa_1+ Aa_2+ Aa_3+...+ Aa_n)/n$	P_4
Palmeras arborescentes		3	$(Pp_1+ Pp_2+ Pp_3+...+ Pp_n)/n$	P_5
Helechos arborescentes		3	$(Hh_1+ Hh_2+ Hh_3+...+ Hh_n)/n$	P_6
Mantillo (cm)		13	$(M_1+ M_2+ M_3+...+ M_n)/n$	P_7
Materia orgánica del suelo superficial (%)		4	$(Mo_1+ Mo_2+ Mo_3+...+ Mo_n)/n$	P_8
Erosión (%)		3	$(E_1+ E_2+ E_3+...+ E_n)/n$	P_9
Altura de árboles dominantes (m)		6	$(Ht_1+ Ht_2+ Ht_3+...+ Ht_n)/n$	P_{10}
Cobertura de copa (%)		13	$(Cc_1+ Cc_2+ Cc_3+...+ Cc_n)/n$	P_{11}
Área basal (m^2)		16	$(Ab_1+ Ab_2+ Ab_3+...+ Ab_n)/n$	P_{12}
Especies pioneras (%)		9	$(Sp_1+ Sp_2+ Sp_3+...+ Sp_n)/n$	P_{13}
Tocones (n.°)		6	$(T_1+ T_2+ T_3+...+ T_n)/n$	P_{14}
VALOR RELATIVO	------	100		$\sum_{p=1}^{14} P$
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.° 12 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.° 12: Escala y valor relativo para estimar el estado de los ecosistemas Bosque basimontano y montano de yunga.

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)

Foto: © Antonio Escalante/ PROMPERÚ

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral. (2016). *Propuesta metodológica para evaluar el estado de conservación del ecosistema de bosque húmedo de montaña, vinculado a la norma "Lineamientos de compensación ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)"*. Perú: AIDER.

Alegre, J. (1979). *Medida de Erosión Hídrica de un Entisol de Selva Alta (San Ramón - Chanchamayo) bajo diferentes Sistemas de Cultivo*. Lima.

Andrén, H. (julio, 1994). Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat: A Review. *Oikos*, *71*(3), 355- 366.

Bridgeland, W., Beier, P., Kolb, T. & Whitham, T. (enero, 2010). A conditional trophic cascade: birds benefit faster growing trees with strong links between predators and plants. *Ecology*, *91*(1), 73-84.

Asociación de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2002). *Proceedings: Second Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions for Use by Various Stake-olders.* Recuperado de http://www.fao.org/3/Y4171E/y4171e00.htm. Roma: FAO.

Asociación de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2009). *Hacia una definición de degradación de los bosques; análisis comparativo de las definiciones existentes*. Recuperado de http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2009440931. Roma: FAO.

Asociación de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2011). *Assessing forest degradation: towards the development of globally applicable guidelines*. Recuperado de http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2006449629. Roma: FAO.

Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. & Holling, C.S. (diciembre, 2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 35*, 557-581.

Gunderson, L. (noviembre, 2000). Ecological resilience: in theory and application. *Annual Review of Ecology and Systematics*, *31*, 425-439.

La Torre, B. (1985). *Efecto de Sistemas de Cultivos sobre la Escorrentía, Erosión y Pérdida de Nutrientes en un Entisol de la Selva Alta*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.

Meneses, C. (2012). El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque. *Unasylva: revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, *62*, 39-46.

Ministerio del Ambiente. (2012). *Inventario y evaluación del patrimonio*

natural en los ecosistemas de selva alta, Parque nacional Yanachaga Chemillén. Perú: MINAM.

Ministerio del Ambiente. (2013). *Evaluación del estado de conservación de los ecosistemas de selva alta en la microcuenca Mallampampa – Oxapampa*. Perú: MINAM.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*. Perú: MINAM.

Ministerio del Ambiente. (2016). *Guía complementaria para la compensación ambiental - ecosistemas altoandinos*. Perú: MINAM.

Ministerio del Ambiente. (2016). Metodología para evaluar el estado de conservación del ecosistema bosque húmedo de montaña – Bosque de Protección Alto Mayo. Perú: MINAM.

Montoya, F. (junio, 2005). *Degradación y rehabilitación de ecosistemas terrestres: estado de la cuestión. Biocenosis*, 19(2), 24-30.

Organización Internacional de las Maderas Tropicales. (2002). *ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests*. Japón: OIMT.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1990). *Vigilancia ecológica de la degradación de las tierras y desertificación en el Perú (Huallaga Central-Bajo Mayo)*. Perú: PNUMA.

Ministerio de Medio Ambiente. (2007). *Las parcelas experimentales de la Red de Estaciones Experimentales de Seguimiento y Evaluación de la Erosión y la Desertificación (RESEL)*. España: MAGRAMA.

Somarriba, M., Obando, M., & Alonso, J. (2005). *Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica*. Recuperado de https://www.academia.edu/26567071.

Thompson, I., Mackey, B., McNulty, S. & Mosseler, A. (2009). *Forest resilience, biodiversity, and climate change: a synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems*. Recuperado de https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/36775.

Tovar, A., Saito, J., Regal, F., Vasquez, P. (2010). *Yungas Peruanas Bosques montanos de la vertiente oriental de los andes del Perú: Una perspectiva ecorregional de conservación*. Lima: Antonio Tovar.

Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Kahmen, A., Klein, A.M., Buchmann, N., Perner, J. &Tscharntke, T. (mayo, 2008). Resource heterogeneity moderates the biodiversity function relationship in real world ecosystems. *PLoS Biol*, 6(5), e 122.

8 GLOSARIO

Atributo: Es el 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 medido directamente, pero puede ser estimado a través de un grupo de indicadores (Pyke *et al.,* 2002).

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

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).

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.

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 *et al.,* 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 *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).

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]
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]
Parcela 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 otras parcelas evaluadas, 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.° 1

Ejemplo del cálculo del Valor Ecológico aplicado al ecosistema de bosque montano (San Martín)

Haciendo uso de la presente guía, se ha calculado el valor ecológico de un área que corresponde a un ecosistema de bosque montano, ubicado en el distrito de Jepelacio del departamento de San Martín. 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.° 4, 5 y 6.

En este ejercicio, se observa que en el área evaluada se ha encontrado trece (13) especies de árboles para el indicador de riqueza, y veinticinco (25) especies de árboles para el área 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 del área de referencia. Así, vemos que trece (13) especies de árboles representan el 52 % del número de especies de árboles del área de referencia: veinticinco (25) especies. Este porcentaje, correspondiente al indicador de riqueza, se coteja con el Cuadro n.° 3, por el cual le corresponde un puntaje de 5. Este mismo procedimiento de cálculo se aplica para cada uno de los indicadores restantes.

En el caso de que ambos, los valores del área de referencia y del área evaluada, sean cero (0), el puntaje para el indicador será el mismo puntaje del área de referencia.

Finalmente, con la suma de los puntajes estimados para cada indicador se obtiene el puntaje total, siendo para este ejercicio 39 puntos, que a la escala del 1 al 10 viene a ser 3.9, lo cual representa que el valor ecológico del área evaluada se encuentra en un estado POBRE, según los rangos establecidos en el Cuadro n.° 12.

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

Cuadro n°. 13: Ejemplo del cálculo del valor ecológico de un área de interés de bosque montano.

ATRIBUTOS	INDICADORES	PARCELA DE REFERENCIA		PARCELA EVALUADA		
		Valor	Puntaje	Valor	(%) AR	Puntaje
Florística del sitio (30)	Riqueza (n.° especies):					
	. Árboles	25	9	13	52%	5
	. Palmeras arborescentes	1	3	0	-	1
	. Helechos arborescentes	0	3	0	0%	3
	Composición florística (%):					
	. Árboles	89	9	35	39%	3
	. Palmeras arborescentes	4	3	0	-	1
	. Helechos arborescentes	0	3	0	0%	3
Integridad del suelo (20)	. Mantillo (cm)	2	13	0	150 %	1
	. Materia orgánica del suelo superficial (%)	0	4	0	-	
	. Erosión (%): cárcavas, deslizamientos	0	3	10	>100%	1
Integridad biótica (50)	. Altura de árboles dominantes(m)	42	6	24	57%	3
	. Cobertura de copa (%)	96	13	45	47%	5
	. Área basal (m^2)	6	16	2.5	42%	3
	. Especies pioneras (%)	4	9	7	-	9
	. Tocones (n°)	1	6	2	200%	1
Puntaje relativo (%)		------	100	------	------	39
Escala 1-10		------	10	------	------	3.9
Estado del Ecosistema (valor ecológico)		------	Muy bueno	------	------	Pobre

Anexo n.° 2: Ficha de Campo

FICHA DE TRABAJO DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS DE YUNGA

DATOS DESCRIPTIVOS DE LA PARCELA DE MUESTREO

ECOSISTEMA		Código parcela:		Fecha:	
Comunidad		Distrito:		Provincia:	Departamento:
Institución a cargo:		Responsables:			
1	Coordenadas "X" Coordenadas "Y"	3	Coordenadas "X"	Coordenadas "Y"	
2	Coordenadas "X" Coordenadas "Y"	4	Coordenadas "X"	Coordenadas "Y"	
Especies pioneras (N°):					
Altura de mantillo					
Número de Tocones		Erosión :			

Árboles (A), Palmeras arborescentes (P), Helechos arborescentes (> 10 cm DAP)

N°	Nombre de especie	A, P, H	DAP (cm)	Altura (m)	Observaciones	N°	Nombre de especie	A, P, H	DAP (cm)	Altura (m)	Observaciones	N°	Nombre de especie	A, P, H	DAP (cm)	Altura (m)	Observaciones
1						1						1					
2						2						2					
3						3						3					
4						4						4					
5						5						5					
6						6						6					
7						7						7					
8						8						8					
9						9						9					
10						10						10					
11						11						11					
12						12						12					
13						13						13					
14						14						14					
15						15						15					
16						16						16					
17						17						17					
18						18						18					

Anexo n.° 3

Lista de especies representativas de bosque montano.

GRUPO FUNCIONAL	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Árboles	Ana caspi	*Apuleia leiocarpa*
	Alfaro	*Calophyllum brasiliense Cambess*
	Caimitillo	*Chrysophyllum sp*
	Cashamoena	*Ocotea oblonga*
	Cetico	*Cecropia membranacea*
	Cumala	*Virola sebifera Aubl*
	Cumala blanca	*Virola pavonis*
	Cumala colorada	*Iryanthera juruensis Warb*
	Espintano	*Xylopia parviflora Spruce*
	Guaba	*Inga edulis Mart.*
	Ingaina	*roupala complicata*
	Itil	*Mauria suaveolens Poepp*
	Isma moena	*Endlicheria Williamsii A.C.Schmidt*
	Laurel	*Cordia alliodora*
	Matico	*Buddleja globosa*
	Moena	*Nectandra maynensis Mez*
	Moena negra	*Ocotea sp.*
	Moena Blanca	*Qualea paraensis Ducke*
	Moena amarilla	*Endlicheria dysodantha*
	Palta moena	*Ocotea sp.*
	Pashaca colorada	*Pithecelobium sp.*
	Pashaca blanca	*Pithecelobium sp.*
	Pumaquiro	*Aspidosperma macrocarpon*
	Ojé	*ficus insipida*
	Quillo Sisa	*Vochysia vismiifolia*
	Rupiña	*Eugenia tetrasticha Poepp*
	Sapote	*Matisia cordata Humboldt & Bonpland*
	Shaina	*Colubrina glandulosa Perkins*
	Shimbillo	*Inga spp*
	Shimbillo blanco	*Inga sp.*
	Shimbillo colorado	*Inga marginata*
	Urcu moena	*Ocotea minutiflora*
Palmera arborescente	Chonta negra	*Bactris gasipaes*
	Pona	*Iriarthea sp*
	Cashapona	*Iriartea stenocarpa Burret*
Helecho arborescente	Helecho Gigante	*Cyathea arborea*

Anexo n.° 4

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

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 a12 y su elemento recíproco en la matriz sería igual a su inversa 1/a21 tal como se muestra en el cuadro n.° 14.

Cuadro n.° 14:
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}	$\sum a_{1.}$	$\frac{\sum a_{1.}}{\sum a_{..}} x100$
Atributo 2	$1/a_{21}$	$a_{22} = 1$	a_{23}	$\sum a_{2.}$	$\frac{\sum a_{2.}}{\sum a_{..}} x100$
Atributo 3	$1/a_{31}$	$1/a_{32}$	$a_{33} = 1$	$\sum a_{3.}$	$\frac{\sum a_{3.}}{\sum a_{..}} x100$
TOTAL				$\sum a_{ij}$	$\sum a_{..} = 100$

Fuente: Elaboración propia.

El primer paso es establecer el valor de importancia de los atributos seleccionados, tal como se muestra en el cuadro n.° 15.

Cuadro n.° 15:
Valor de importancia asignado a los atributos

ATRIBUTO	VALOR DE IMPORTANCIA
Florística de bosque	5
Integridad del suelo	3
Integridad biótica	9

Fuente: Elaboración propia.

Al atributo Integridad biótica se le ha asignado mayor peso o valor ecológico respecto a los otros atributos como son la florística del bosque y la integridad del suelo, por cuanto es el atributo clave en la estructura y funcionalidad del ecosistema y al mismo tiempo presenta mayor vulnerabilidad frente a factores externos que perturban al ecosistema boscoso. La pérdida de la riqueza del bosque puede afectar en menor grado al ecosistema. La integridad del suelo se ve afectada como consecuencia de la afectación de la integridad biótica.

Luego de la asignación de los valores de importancia a los atributos se procedió a elaborar las matrices de 3 x 3, utilizando los valores de importancia de los atributos del cuadro n.° 15 y realizando las comparaciones respectivas. En caso el atributo 1 es más importante que el atributo 2, el elemento en la matriz correspondería a un valor "x"; en caso fuese lo contrario, el valor correspondería al valor "1/x".

A continuación se muestra los resultados del proceso del cálculo de los valores relativos de los atributos de los ecosistemas antes mencionados.

Cuadro n.° 16:
Asignación de valores relativos a los atributos del ecosistema

ATRIBUTO	FLORÍSTICA DE SITIO	INTEGRIDAD DEL SUELO	INTEGRIDAD BIÓTICA	TOTAL	PESO (%)	VALOR RELATIVO
Florística de sitio	1.0	1.7	0.6	3.3	30	30
Integridad del suelo	0.6	1.0	0.3	1.9	17	17
Integridad biótica	1.7	3.0	1.0	5.7	52	52
TOTAL				10.90	100	100

Fuente: Elaboración propia.

Con fines prácticos se procedió a redondear los valores relativos de los atributos, quedando los valores 30 para la florística del sitio, 20 para la integridad del suelo y 50 para la integridad biótica.

El siguiente paso es la asignación de los valores relativos de cada indicador, teniendo en cuenta el valor de su atributo respectivo:

a) Valores para la florística del bosque

Cuadro n.° 17:
Valor de importancia de los indicadores de la florística del bosque

INDICADOR	VALOR DE IMPORTANCIA
Riqueza	5
Composición por grupo funcional	5

Fuente: Elaboración propia.

Luego se asignó los valores de importancia para los elementos de los indicadores de la florística del bosque.

Cuadro n.° 18:
Valor de importancia de los elementos de los indicadores de la florística del bosque

RIQUEZA	VALOR DE IMPORTANCIA
Árbol	9
Palmeras arborescentes	3
Helechos arborescentes	3

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró que la presencia del número de especies arbóreas es más importante que el número de especies de palmeras arborescentes y de helechos arborescentes, por lo que se propone un peso mayor. Una reducción de ambas indica que puede existir una determinada perturbación al ecosistema.

Luego, se procede a la asignación de los valores relativos a los indicadores riqueza y composición por grupo funcional, efectuando el mismo procedimiento realizado para los atributos. Por ejemplo: "¿es el elemento 1 (árboles) más importante que el elemento 2 (palmeras)?, obteniendo así el valor relativo de ambos elementos.

Cuadro n.° 19:
Valores relativos de los elementos de los indicadores riqueza y composición por grupo funcional

INDICADOR	ÁRBOL	PALMERA ARBORESCENTE	HELECHO ARBORESCENTE	TOTAL	PESO (%)	VALOR RELATIVO
Árbol	1.0	3.0	3.0	7.0	60	9
Palmera arborescente	0.3	1.0	1.0	2.3	20	3
Helecho arborescente	0.3	1.0	1.0	2.3	20	3
Total				11.67	100	15

Fuente: Elaboración propia.

b) Valores para la integridad del suelo

El atributo integridad del suelo fue evaluado a través de los indicadores: mantillo, materia orgánica y erosión, cuyos valores de importancia se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro n.° 20:
Valor de importancia de los indicadores de integridad del suelo

INDICADOR	VALOR DE IMPORTANCIA
Mantillo (horizonte "O")	5
Materia orgánica (horizonte "A")	3
Erosión (cárcava, deslizamiento)	1

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro n.° 21 se muestra la matriz para el cálculo de valores relativos de los elementos de los indicadores de la integridad del suelo.

Cuadro n.° 21:
Valores relativos de los elementos de los indicadores de la integridad del suelo

INDICADOR	MANTILLO	MATERIA ORGÁNICA	EROSIÓN	TOTAL	PESO (%)	VALOR RELATIVO
Mantillo (cm)	1.00	1.67	5.00	7.67	64.97	13
Materia orgánica (%)	0.60	1.00	1.00	2.60	22.03	4
Erosión (%)	0.20	0.33	1.00	1.53	12.99	3
Total				11.80	100	20

Fuente: Elaboración propia.

c) Valores para la integridad biótica del bosque

El atributo integridad biótica fue evaluado a través de los indicadores: cobertura de copa, área basal, altura de árboles dominantes, especies pioneras y tocones, cuyo valor de importancia se muestra en el cuadro n.° 22.

Cuadro n.° 22:
Valor de importancia de los indicadores de integridad biótica

INDICADOR	VALOR DE IMPORTANCIA
Cobertura de copa	7
Altura de árboles dominantes	3
Área basal	9
Especies pioneras	5
Tocones	3

Fuente: Elaboración propia.

Luego, en la matriz del cuadro n.° 23, se muestran los valores de los indicadores de la integridad biótica. El área basal y la cobertura de copa son consideradas los de mayor importancia, por brindar la mayor información sobre el estado de degradación.

Cuadro n.° 23:
Valores relativos de los elementos de los indicadores de la integridad biótica del bosque

INDICADOR	COBER-TURA DE COPA	ALTURA DE ÁRBOLES DO-MINANTES	ÁREA BASAL	ESPECIES PIONERAS	TOCONES	TOTAL	PESO (%)	VALOR RELATIVO
Cobertura de copa (%)	1.00	2.33	0.78	1.40	2.33	7.84	25.93	13
Altura de árboles dominantes (m)	0.43	1.00	0.33	0.60	1.00	3.36	11.11	6
Área basal (m^2)	1.29	3.00	1.00	1.80	3.00	10.09	33.33	16
Especies pioneras (%)	0.71	1.67	0.56	1.00	1.67	5.60	18.52	9
Tocones (n.°)	0.43	1.00	0.33	0.60	1.00	3.36	11.11	6
Total						30.26	100.0	50

Fuente: Elaboración propia.

Foto: © Tatiana Pequeño / CIMA

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