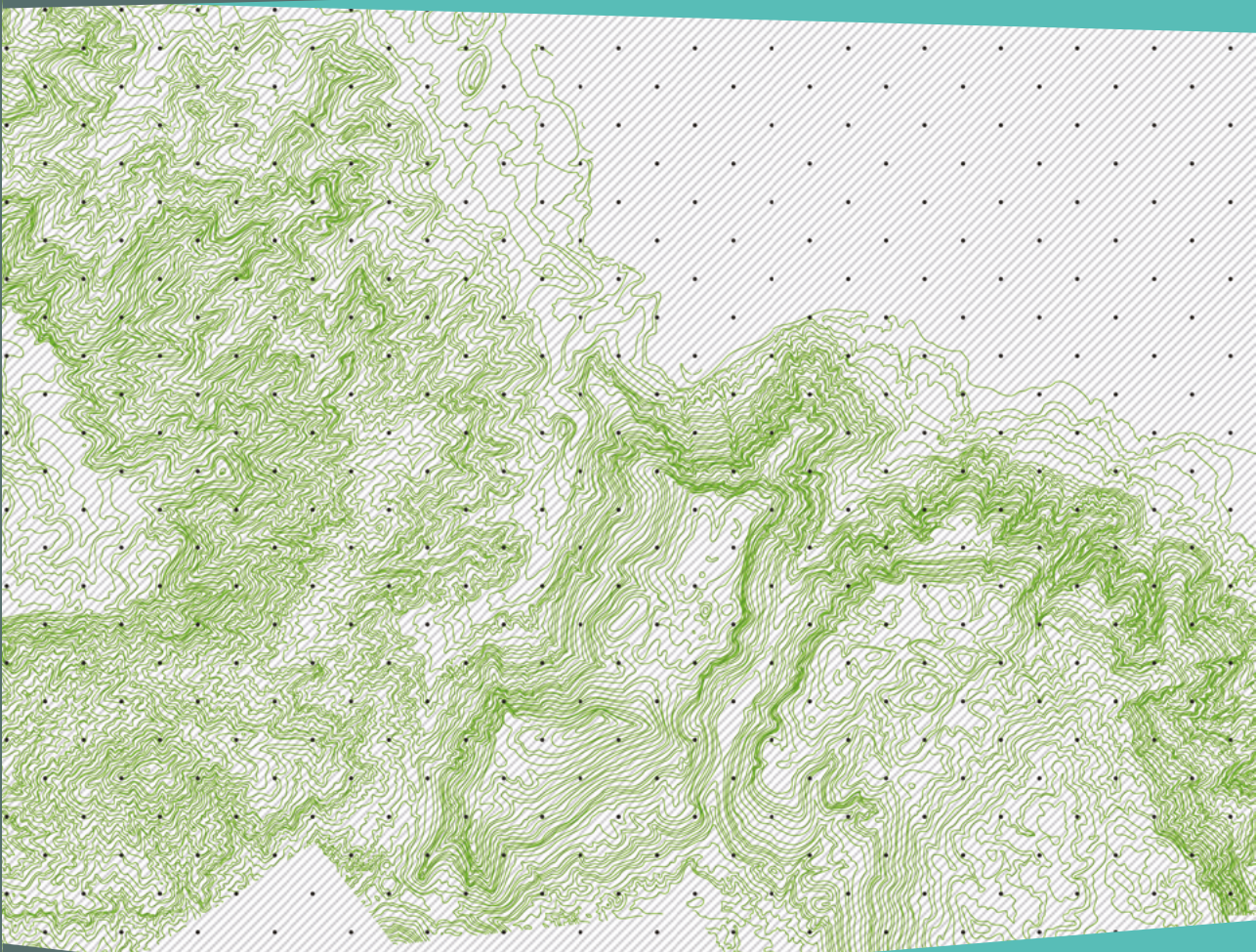




Universidad
de Guadalajara

Centro Universitario de la Costa Sur

CUCOSTA SUR
GRANA ●



Colección Recursos
Naturales y Ecología

Parcelas permanentes para la investigación ecológico-silvícola de largo plazo

Manual para su establecimiento y remediación

Miguel Olvera Vargas
Blanca Lorena Figueroa Rangel

**Parcelas permanentes
para la investigación
ecológico-silvícola de largo plazo**
Manual para su establecimiento
y remediación

Miguel Olvera Vargas
Blanca Lorena Figueroa Rangel

**Colección Recursos
Naturales y Ecología**



**Universidad
de Guadalajara**

Centro Universitario de la Costa Sur

**CUCOSTA SUR
GRANA** ●



Universidad de Guadalajara

Dr. Ricardo Villanueva Lomeli

Rector General

Dr. Héctor Raúl Solís Gadea

Vicerrector Ejecutivo

Mtro. Guillermo Arturo Gómez Mata

Secretario General

Mtra. Ana María de la O Castellanos Pinzón

Rectora del Centro Universitario de la Costa Sur

Dr. Alberto Cuauthémoc Mayorga Madrigal

Secretario Académico del CU Costa Sur

L.C.P. Kathia Georgina Pérez Robles

Secretario Administrativo CU Costa Sur

Dr. Manuel Alejandro Hernández Ponce

Coordinador de Servicios Académicos CU Costa Sur

Primera edición, 2023.

© Miguel Olvera Vargas

© Blanca Lorena Figueroa Rangel

D. R. © 2023 Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de la Costa Sur

Av. Independencia Nacional 151

C. P. 48900, Autlán de Navarro, Jalisco, México.

ISBN Volumen: 978-607-571-944-3 [electrónico]

ISBN Obra Completa: 978-607-571-943-6 [electrónico]

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, traducida, almacenada o transmitida de forma alguna, ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo de los editores.

Hecho en México / *Made in Mexico*

Índice

Treinta años de parcelas permanentes en el centro occidente de México	13
Agradecimientos	17
Prólogo	19
Introducción	23
Objetivos	25
Objetivo general	25
Objetivos particulares	25
 <i>Consideraciones iniciales</i>	
¿Qué es una parcela permanente?	29
Utilidad de las parcelas permanentes	30
Valor de las parcelas permanentes	30
¿Dónde deben establecerse?	31
Forma de la parcela	32
Tamaño de la parcela	33
Ajuste de tamaño	35
Subparcelas	36
Número de parcelas	36
Distribución de parcelas	37
Orientación de la parcela	38
Demarcación de la parcela	39
Registro de datos dentro de la parcela	40

Zona de amortiguamiento	43
Monumentación de las parcelas	43
Frecuencia de las remediciones	46
Archivo fotográfico	47
Colecciones botánicas	48
Personal de trabajo	48
Organización del trabajo de campo	49

Guía rápida para el registro de la información

Introducción	53
--------------	----

Registro de la información

Introducción	65
Capítulo 1. Datos de ubicación	67
Nombre del proyecto	67
Fecha de instalación/remediación	67
Estado	67
Municipio	68
Localidad	68
Paraje	69
Propiedad	69
Propietario	69
Tamaño de la parcela	69
Número de parcela	69
Número de remediación	70
Ubicación geográfica	70
Datum	70
Rumbo de dirección	71
Distancia	71
Tiempo de viaje	71
Vegetación arbórea dominante	71

Avistamiento de fauna	72
Capítulo 2. Datos de los rasgos fisiográficos	73
Elevación	73
Geoforma	73
Topografía	75
Pendiente	75
Exposición	77
Capítulo 3. Datos del suelo forestal	79
Rocosidad y pedregosidad	79
Morfología del suelo	80
Consistencia del suelo	81
Drenaje superficial	82
Compactación del suelo	83
Profundidad	84
Material leñoso	85
Capítulo 4. Datos de perturbaciones	87
Derribo por viento	87
Deslizamiento de tierra	88
Incendio	88
Erosión	89
Tipo de erosión	90
Pastoreo	91
Extracción de recursos forestales	91
Capítulo 5. Datos fisonómicos de la vegetación	93
Vegetación arbustiva	93
Vegetación herbácea	93
Pastos	93
Otras formas de vida	93
Número de estratos	94
Estado de desarrollo del rodal	95
Traslape de copas	95
Conos, frutos y/o semillas	96

Capítulo 6. Datos del arbolado adulto	97
Número de árbol	97
Numeración de árboles pequeños y plántulas	99
Mapeo del arbolado dentro de la parcela	100
Diámetro del árbol	100
Límite inferior de medición del DN para árboles adultos	102
Especie	103
Nombre común	103
Edad	103
Amplitud de los anillos	104
Grosor de corteza	104
Altura total	105
Calidad del fuste	109
Clase silvícola	109
Vigor	111
Daños	112
Cavidades	113
Muérdago	113
Tipo de árbol	114
Posición	115
Capítulo 7. Datos de las plántulas y de los juveniles	117
Juveniles	117
Plántulas	119

Apéndices

Apéndice 1. Consideraciones especiales para la medida del diámetro normal y la altura	125
Apéndice 2. Consideraciones para la colecta de especímenes	131
Referencias bibliográficas	133

No hay nada más permanente que la naturaleza del cambio.
Heráclito de Éfeso

Treinta años de parcelas permanentes en el centro occidente de México

La idea que motivó la elaboración del presente manual comenzó hace poco más de treinta años. El origen mismo fue por la ambigüedad que surgió durante el establecimiento de las primeras parcelas permanentes. Para el caso de los datos cualitativos, como el vigor, nos enfrentamos con incertidumbre al decidir en cuál de las cuatro categorías de vigor (bueno, regular, pobre o muy pobre) debería incluirse a un árbol. En el caso de los datos cuantitativos como el diámetro, el problema fue decidir a qué altura del tronco del árbol debería tomarse dicha medición, cómo medir la amplitud de la copa o cuál es el tamaño mínimo del diámetro para considerar a un individuo arbóreo como adulto. La primera versión de este manual se elaboró para proporcionar una guía que describiera de forma objetiva cada uno de los datos a registrar en las parcelas permanentes y, por tanto, minimizar la subjetividad en las mediciones o cualificaciones.

El establecimiento de parcelas permanentes ha sido parte esencial de diferentes proyectos de investigación científica y de consultoría por parte de los autores, que inició en 1989. A la fecha se han monumentado parcelas permanentes en bosques de pino, bosques de encino, bosques de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y bosque de manglar. Las historias más relevantes se relatan a continuación.

Iniciamos en 1989, cuando establecimos las primeras parcelas permanentes en la Estación Científica Las Joyas, en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), en el estado de Jalisco. El propósito fue obtener información silvícola en bosques dominados por especies de pino que contribuyera en la elaboración de planes de manejo forestal en áreas protegidas. Pa-

ra este tipo de ecosistemas se han establecido alrededor de cuarenta parcelas permanentes, que son remedidas, aproximadamente, cada dos años, información que ha permitido conocer tasas de mortalidad, de incorporación y de crecimiento y su relación con variables climáticas.

En 1991 iniciamos con el establecimiento de parcelas permanentes en bosques dominados por especies de encino y bosque mesófilo de montaña en la región de Cerro Grande, también dentro de la RBSM, entre los estados de Jalisco y Colima. El objetivo principal de este proyecto fue generar información científica para el manejo silvícola de estos ecosistemas forestales. Durante este periodo de tiempo, fueron establecidas 105 parcelas circulares de 500 m² cada una para el registro del arbolado adulto. Al interior de estas unidades de muestreo, se establecieron 105 subparcelas de 50 m² para registrar el arbolado juvenil y 840 cuadros de 1 m² para las plántulas. Mediante un muestreo con reemplazamiento parcial, el primer grupo de 32 parcelas se estableció en 1991; para 1995, se sumaron 28; y en 2002, otras 45.

La contribución de la metodología propuesta en este manual para establecer parcelas permanentes, incluye aspectos de investigación aplicada, como la elaboración de planes de manejo forestal y manifestaciones de impacto ambiental; investigación básica en la generación de conocimiento científico culminado con la publicación de artículos científicos en revistas indizadas, presentaciones en congresos y foros nacionales e internacionales; en la formación de recursos humanos mediante la generación de tesis de licenciatura, maestría y doctorado y como una herramienta en actividades de docencia en licenciatura y posgrado.

Los hallazgos de trascendencia en el ámbito ecológico y silvícola son revelar la tasa de lento crecimiento diamétrico de las especies de encino; determinar el turno de aprovechamiento y proponer métodos de corta en bosques de pino y encino; estimar tasas de mortalidad e incorporación; conocer como se estructuran las comunidades forestales en el espacio y el tiempo; calcular cambios en diversidad florística; establecer la asociación del ambiente con la distribución de los individuos arbóreos y el efecto de las perturbaciones humanas en la vegetación.

El impacto que la primera edición de este manual (publicado en 1996) ha ejercido en la comunidad científica, académica y técnica es notable. La metodología para el establecimiento, monumentación, registro y remediación en parcelas permanentes se ha replicado en gran número de investiga-

ciones científicas, tesis de licenciatura y posgrado, en trabajos de consultoría en ecología y manejo forestal, y ha servido como un instrumento en la enseñanza del manejo de datos en cursos de licenciatura y posgrado relacionados con muestreo.

Agradecimientos

El contenido de este manual es el reflejo de más de tres décadas de trabajo, tiempo en el que disfrutamos de la compañía y colaboración de un gran número de personas: amigos, colegas, estudiantes de distintos niveles escolares, guías de campo de los ejidos y comunidades y voluntarios. Con su trabajo hemos podido establecer, medir, remedir y mantener parcelas permanentes a lo largo de los diversos ecosistemas de montaña de la región centro occidente de nuestro país.

Nombrar a cada persona resultaría en una larga —muy larga— lista, en la que, sin duda, podríamos omitir involuntariamente a muchas de ellas. Por esta razón, enviamos a todas y todos nuestro agradecimiento infinito por su invaluable apoyo, acompañamiento y convivencia.

Consideramos importante brindar nuestro especial agradecimiento a personas cuyo apoyo en campo, pero sobre todo sus valiosas opiniones, consejos e intercambio de ideas, fue esencial para la creación de este manual.

De igual manera, nuestro particular agradecimiento es para Saúl Moreno Gómez, cuyas discusiones generadas en el campo y en la oficina en la década de los noventa originaron diversas ideas para el manual; a José Martín Vázquez López, con quien medimos cientos y cientos de árboles en los incontables viajes a campo y discutimos sobre el contenido de este manual. Finalmente, agradecemos a Ramón Cuevas Guzmán, por sus pertinentes comentarios sobre algunas ideas reflejadas en este manual, principalmente sobre las consideraciones para la colecta de ejemplares botánicos.

Prólogo

Enrique J. Jardel Pelaéz¹

Los bosques cumplen funciones ambientales esenciales, de las cuales depende la vida, el sustento y el bienestar de los seres humanos. A través de sus procesos fundamentales, los ecosistemas forestales intervienen en la regulación del clima y del ciclo del agua —tanto a escala global como regional—, suministran recursos naturales esenciales para el sostenimiento de las actividades económicas y preservan importantes valores naturales y culturales. Son el hábitat de entre 70 y 80 % de la biodiversidad terrestre y un 70 % del agua que abastece a la agricultura irrigada y a las ciudades proviene de cuencas hídricas con cobertura boscosa. A lo largo de la historia humana, recursos, como la madera, han sido indispensables como fuente de energía —la leña, combustible que ha servido para cocinar los alimentos y calentar los hogares— y como materiales para la construcción de viviendas e infraestructura y la fabricación de diversos artefactos. Los bosques han sido también una importante fuente de alimentos y medicinas, fibras vegetales, resinas y látex con variados usos, e incluso de forrajes para el ganado y abonos para los cultivos agrícolas. En la época actual, pueblos indígenas y comunidades campesinas siguen dependiendo de los medios de sustento que proporcionan los bosques y estos forman parte de su identidad cultural. Los habitantes de las ciudades dependen de los bosques para abastecerse de agua, y encuentran en estos espacios para la recreación al aire libre y la inspiración intelectual.

¹ Profesor-investigador titular, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara.

Por las razones antes señaladas, el manejo sustentable de los bosques que integran la conservación de ecosistemas y biodiversidad, el aprovechamiento duradero de recursos y la restauración de áreas deforestadas, degradadas o sobreexplotadas, constituye una tarea esencial que solo es posible si se cuenta con un adecuado conocimiento y entendimiento de las interacciones entre los componentes, patrones y procesos de los ecosistemas forestales a distintas escalas espaciales y temporales.

Los bosques son ecosistemas complejos y dinámicos, aunque para el visitante ocasional representan una imagen de estabilidad y permanencia, en realidad cambian con el tiempo, a veces de manera gradual, y otras de forma abrupta, respondiendo a fluctuaciones ambientales, interacciones bióticas y disturbios ecológicos. Procesos como la cicatrización de los claros abiertos por la caída de árboles viejos, la regeneración de la vegetación después de un incendio severo, un huracán, un brote de insectos parásitos, el remplazo de especies durante la sucesión ecológica, la acumulación de biomasa y carbono en el crecimiento de los rodales o la dinámica de las poblaciones de árboles cuya madera es cosechada para abastecer comunidades rurales o industrias, ocurren a través de largos periodos de tiempo.

En la ecología forestal y la silvicultura se han utilizado distintos métodos de estudio de los procesos de cambio temporal en los bosques, desde la comparación de la composición y estructura de rodales de diferentes edades en cronosecuencias, la reconstrucción histórica de la dinámica de la vegetación por medio de estudios retrospectivos con métodos de la paleoecología o técnicas dendrocronológicas, hasta el monitoreo u observación continua de sitios o parcelas permanentes, donde se hacen mediciones periódicas de variables clave para comprender la dinámica de cambio en la composición de especies y la estructura de los bosques.

Las parcelas permanentes son una herramienta metodológica indispensable para el inventario continuo de las existencias de recursos forestales, la evaluación de su productividad y el monitoreo de respuestas de los bosques a las intervenciones silvícolas. En ecología, la remediación de parcelas permanentes sirve para entender las respuestas de la vegetación y las comunidades de plantas a disturbios ecológicos, como incendios, huracanes y sequías, así como para la generación de conocimiento sobre procesos como la regeneración natural y la sucesión ecológica, cuyo entendimiento es necesario para diseñar buenas prácticas de conservación de la biodiversidad, manejo de los

hábitats forestales, restauración ecológica y también de silvicultura. Los estudios basados en la remediación de parcelas permanentes han adquirido especial importancia para el registro sistemático, reporte y verificación de programas de captura de carbono como parte de las estrategias de mitigación del cambio climático global.

En resumen, la remediación de variables clave que caracterizan la composición, estructura y productividad de los bosques es necesaria para entender su dinámica, así como para obtener información indispensable para la planificación y evaluación del manejo forestal.

El establecimiento y remediación de parcelas permanentes para la generación de conocimiento ecológico y silvícola, requiere de métodos estandarizados que permitan a observadores independientes obtener resultados comparables de sus estudios. El presente manual, *Parcelas permanentes para la investigación ecológico-silvícola de largo plazo*, escrito por Miguel Olvera y Blanca Figueroa, constituye una valiosa obra de referencia sobre los métodos de monitoreo de la dinámica de los bosques. Una primera versión de este manual fue publicada en 1996 por la Universidad de Guadalajara y tuvo una gran aceptación, pero actualmente se encuentra agotada. Ahora tenemos la fortuna de contar con una nueva versión revisada y ampliada, que mejora a la anterior y que, sin duda, será de interés no solo para quienes realizan investigación ecológica y silvícola, sino también para prestadores de servicios técnicos forestales, estudiantes y, en general, para todas las personas interesadas en el conocimiento de los ecosistemas forestales y su manejo sustentable.

Introducción

La investigación silvícola derivada de parcelas permanentes se encuentra entre las investigaciones más longevas de las ciencias naturales (Zeide, 2001). Las parcelas permanentes constituyen la piedra angular en la investigación ecológico-silvícola de largo plazo (Zeide, 2002); su diseño, establecimiento y posterior remediación, tienen la finalidad de llevar a cabo registros periódicos de los cambios ocurridos en la vegetación, tales como cambios estructurales y florísticos, así como el efecto del cambio climático y su potencial impacto sobre los ecosistemas forestales.

En las ciencias forestales, una red de parcelas permanentes representa un instrumento invaluable para generar información dasométrica básica y de calidad para el manejo silvícola de los ecosistemas forestales. Las mediciones repetidas llevadas a cabo sobre estos sitios son de gran utilidad para diversos trabajos de investigación, como construcción de series de tiempo, desarrollo de modelos predictivos, estimación de crecimiento o volumen de madera y cálculos de productividad (Sheil, 1995). En la actualidad, uno de los principales usos de las parcelas permanentes es para realizar estudios retrospectivos, así como predictivos de la dinámica de los ecosistemas forestales.

El propósito del establecimiento de parcelas permanentes ha evolucionado a lo largo del tiempo, desde las simples descripciones de dinámica demográfica, hasta la inclusión de detalles muy finos sobre el comportamiento de la dinámica forestal ante factores bióticos, abióticos, socioeconómicos y políticos (Corral-Rivas *et al.*, 2009).

Las primeras parcelas permanentes fueron establecidas en Alemania, algunas de ellas tienen más de 200 años de registros periódicos. En Norteamérica las primeras parcelas fueron establecidas en 1908 (Bell *et al.*, 2009). Las

parcelas permanentes se han convertido en un instrumento imprescindible para generar información ecológico-silvícola básica durante las últimas cinco décadas. En la actualidad, existe un considerable número de protocolos (Moonlight *et al.*, 2021) para su establecimiento, así como redes de colaboración, grupos de investigación, asociaciones científicas y foros internacionales especializados en donde se discute la importancia de estos instrumentos de trabajo.

A la fecha, no se ha logrado un consenso sobre los criterios para el establecimiento de parcelas permanentes, el tipo de datos y su registro, el subsecuente almacenamiento de los mismos y la ejecución de remediciones. La definición de dichos criterios tiene implicaciones importantes, principalmente si se desea realizar comparaciones entre estudios, extrapolar resultados más allá de la frontera donde se produce la información y, en ocasiones, incluso el intercambio de información. La diferencia en la forma y tamaño de las parcelas, el tipo de muestreo, los intervalos de remediación y, aún más importante, la categorización de los tamaños de las formas de vida de la vegetación dentro de las parcelas, constituye un obstáculo para el intercambio y uso de la información, problema que persiste aún, transformando o estandarizando los datos.

De esta manera, se requieren protocolos estandarizados para garantizar la medición y el registro coherente de los datos. Un instrumento apropiado para establecer procedimientos generalizados en el establecimiento de parcelas permanentes es la generación de manuales, los cuales existen dentro de la ciencia forestal desde la década de los setenta (Synnott, 1979). Sin embargo, en la actualidad, los esfuerzos siguen siendo aislados, aun cuando existen numerosos manuales publicados en diferentes idiomas.

Por lo tanto, el presente manual incluye descripciones precisas para la obtención de datos que proporcionen un contexto silvícola y ecológico amplio de las parcelas (Bowman *et al.*, 2013) tales como: 1) datos ambientales de la parcela (por ejemplo, localización geográfica, fisiografía, suelo, vegetación, perturbaciones naturales y antrópicas); 2) datos del arbolado (por ejemplo, diámetro, altura, clase silvícola, edad, la identidad de la especie); y 3) datos de la regeneración o juveniles (por ejemplo, diámetro, clases de altura, especie, posición con relación al dosel).

Objetivos

Objetivo general

Formular criterios para el establecimiento, remediación y mantenimiento de parcelas permanentes en ecosistemas forestales con fines de investigación ecológico-silvícola de largo plazo.

Objetivos particulares

1. Proponer criterios para el establecimiento, mantenimiento y remediación de parcelas permanentes.
2. Proponer una metodología estandarizada para la obtención de datos ecológico-silvícola en parcelas permanentes, así como de sus componentes arbóreos adultos y juveniles.
3. Ofrecer una guía práctica y rápida para establecer, remedir y mantener una red de parcelas permanentes con fines de investigación ecológico-silvícola de largo plazo.

Consideraciones iniciales

¿Qué es una parcela permanente?

Una *parcela permanente* es una unidad de muestreo con forma y tamaño específico, establecida en un ecosistema forestal bajo estudio. Los elementos dentro de esta unidad de muestreo están constituidos principalmente de individuos de especies arbóreas que son secuencialmente medidos, numerados y etiquetados de forma permanente. Cada individuo se identifica taxonómicamente y, en algunos casos, se mapea su ubicación dentro del espacio físico que constituye la parcela permanente.

Una parcela permanente se caracteriza por tener dimensiones fijas bien definidas y marcadas, lo que hace posible medirlas en repetidas ocasiones a largo plazo.

Una *red de parcelas permanentes* es, entonces, un conjunto determinado de parcelas estratégicamente distribuidas dentro de un ecosistema forestal de interés. Esta red representa una infraestructura de incalculable valor científico y técnico debido a la calidad y cantidad de información que ahí se genera. Es por esto que establecer y mantener una red de parcelas permanentes, más que una metodología, puede conceptualizarse como investigación de ciencia básica (Zeide, 2001), mediante la cual se obtiene información base, principalmente en la ciencia forestal.

Un objetivo fundamental de una red de parcelas permanentes —o sistema de sitios permanentes, como también se le conoce— es generar información básica y continua de calidad y de pertinencia científica y técnica que pueda ser comparada con información generada en estudios similares llevados a cabo en otras localidades, regiones o países.

Establecer una red de parcelas permanentes requiere, desde un punto de vista logístico, de una gran cantidad de tiempo, principalmente porque es-

tas son establecidas en áreas remotas (Bowman *et al.*, 2013), así como por la información minuciosa que en ellas se recaba.

Utilidad de las parcelas permanentes

Inicialmente, el propósito de establecer una red de parcelas permanentes estaba enfocado a generar información silvícola y ecológica básica, principalmente para la elaboración de programas de manejo forestal, para cuantificar cambios estructurales en rodales y/o cambios en la cobertura forestal a través del tiempo, así como para establecer niveles óptimos de densidad en rodales, para realizar estimaciones de incremento volumétrico, para evaluar el efecto de tratamientos intermedios o periodos de rotación, etc. (Zeide, 1999). También respaldan estudios adicionales, como el registro sistemático de los procesos del carbono para construir el ciclo completo del carbono y su sensibilidad climática a corto plazo (Bowman *et al.*, 2013). En la actualidad, una red de parcelas permanentes tiene un sentido más holístico e interdisciplinario. Es importante no solo para quienes inicialmente las establecen y utilizan su información, sino para un gran número de interesados en datos de largo plazo de las ciencias forestales y de disciplinas científicas afines.

La información generada en parcelas permanentes tiene un impacto a escala local o regional; sin embargo, en la actualidad, su valor se refleja a escala continental y transcontinental, principalmente mediante el intercambio de información a través de redes de investigación, proyectos en colaboración científica, foros internacionales especializados, entre otros.

Valor de las parcelas permanentes

El valor intrínseco de una red de parcelas permanentes es, sin duda, la obtención de datos que se genera de forma continua y por largos periodos de tiempo. En este sentido, las parcelas permanentes, en su conjunto, deberán considerarse como unidades de investigación observacional y no como unidades experimentales; esto aún cuando las parcelas se establezcan en áreas forestales destinadas a la producción maderable.

Por lo tanto, dentro de las parcelas permanentes y su periferia no se debería realizar, idealmente, ningún tipo de investigación manipulativa o actividades de aprovechamiento forestal (incluyendo extracción no maderable) que altere la dinámica de los procesos ecológicos que ocurren dentro de ellas. En este mismo sentido, es fundamental minimizar el impacto humano sobre la vegetación durante el registro de la información.

¿Dónde deben establecerse?

Al iniciar un proyecto de establecimiento de parcelas permanentes, algunas interrogantes comunes son: ¿en dónde se debería establecer una red de parcelas permanentes? ¿Cómo se debe iniciar su establecimiento? ¿Cuál es el número óptimo de parcelas a establecer? ¿De qué forma y tamaño debería ser cada parcela? ¿Qué criterios se deben de considerar para registrar la vegetación dentro de la parcela?

Por principio, un buen plan para el establecimiento de parcelas permanentes se debe diseñar en función de la precisión proyectada con un nivel de confianza estadística establecido, pero, al mismo, tiempo minimizando los costos de su establecimiento (Chagneau *et al.*, 2009).

Tener un conocimiento previo de las condiciones locales es fundamental para desarrollar una buena estrategia de establecimiento de las parcelas. Esto permite realizar una distribución objetiva de las unidades de muestreo, así como instalarlas en las áreas más representativas dentro de la zona de estudio.

El diseño de una red de parcelas permanentes debe considerar cuáles son los puntos estratégicos para su establecimiento (Chagneau *et al.*, 2009), por ejemplo: si se ubicarán dentro de áreas destinadas a la producción forestal, en áreas no perturbadas con poco o nulo impacto humano, en áreas donde existan especies consideradas como sensibles al cambio climático, en ecosistemas o especies de distribución restringida, incluso en áreas degradadas o en proceso de recuperación. En general, independientemente de su estado de conservación, cualquier ecosistema forestal representa un sitio potencial para ser investigado a través de una red de parcelas permanentes.

Otro aspecto relevante para el diseño de una red de parcelas permanentes, es incluir todo el rango de variación estructural, florística y ambiental en el área de interés (Picard *et al.*, 2010), por ejemplo: cubrir áreas con vegeta-

ción en distintos estados sucesionales o de desarrollo, distintas condiciones de conservación, áreas bajo restauración ecológica, distintos rangos edáficos y condiciones fisiográficas.

Sin duda, todos los ecosistemas forestales deberían tener una red de parcelas permanentes. Esto permitiría contar con información de un amplio espectro de ecosistemas forestales y así generar información clave sobre la dinámica global de los ecosistemas forestales del planeta.

Forma de la parcela

Para el establecimiento de una parcela permanente es fundamental decidir sobre su forma. Las formas más recurrentes son polígonos, ya sean cuadrados o rectángulos, así como circunferencias, e incluso —aunque rara vez se utilizan— pueden ser triángulos, y hasta de formas irregulares, es decir siguiendo el contorno de ciertas características estructurales, florísticas o fisiográficas de interés. Cada una de estas formas geométricas presenta ventajas como desventajas; sin embargo, cada una de las formas dependerá de los objetivos y condiciones del área de estudio.

Parcela cuadrada o rectangular

El establecimiento de parcelas cuadradas o rectangulares es relativamente sencillo; sin embargo, pueden surgir problemas técnicos para su delimitación, principalmente si no se tiene experiencia con el uso de los instrumentos utilizados para trazar el perímetro de la parcela. Este inconveniente es potencialmente mayor a medida que el tamaño de la parcela es más grande (p. ej. > 1 ha). En áreas con topografía accidentada y con gran densidad de árboles, es muy común perder el rumbo de dirección, lo que conduce a imprecisiones en el cierre de los vértices que componen la parcela.

El establecimiento de parcelas rectangulares o cuadradas, si se compara con parcelas de forma circular, puede ser mucho más rápido en terrenos con pendientes pronunciadas. Aunque en las parcelas rectangulares es muy común cometer errores con el cierre de los ángulos en los vértices y, por lo tanto, se puede generar discrepancia de la superficie entre las parcelas de una misma red de parcelas (Annika y Maltamo, 2006).

Parcela circular

Las parcelas circulares representan una alternativa más viable, principalmente para parcelas permanentes que no superan los 1 000 m². Una ventaja de las parcelas circulares es que son isotrópicas, de tal manera que no es necesario determinar un rumbo de inicio. Para el establecimiento de parcelas circulares solo basta con ubicar un punto central (que se convertiría en el centro de la parcela) y tirar una cuerda de longitud conocida (por ejemplo, 12.62 m para parcelas de 500 m²; 17.85 m para parcelas de 1 000 m²), posteriormente se trazan líneas o radios en el sentido de las manecillas del reloj, conforme se recaba la información.

Las parcelas circulares, a diferencia de las rectangulares o cuadradas, tienen la ventaja de contar con una menor relación perímetro-superficie, lo cual significa menor probabilidad de incurrir en errores al contabilizar árboles cuya pertenencia o no pertenencia a la parcela es dudosa por estar ubicados sobre el límite de la misma. Las parcelas circulares pueden presentar el inconveniente de que su perímetro, y por lo tanto el límite de la parcela, son visualmente difíciles de establecer; sin embargo, siempre se pueden utilizar algunas alternativas como colocar señalizaciones temporales en algunos puntos alrededor del perímetro de la parcela.

Tamaño de la parcela

La definición del tamaño y el número adecuado de parcelas a establecer es un asunto que invariablemente genera interrogantes: ¿pocas de gran tamaño o muchas de menor tamaño? La respuesta es: en ambos casos se presentan ventajas como inconvenientes. Un corolario, en este sentido, será que, entre más grande la parcela, evidentemente tomará más tiempo y recursos —tanto económicos y humanos— para su establecimiento y posterior remediación. Un aspecto fundamental que se debe considerar es que los atributos de importancia silvícola (por ejemplo, número de árboles, área basal, volumen, incrementos diamétricos, etc.) y ecológicos (por ejemplo, tendencias sucesionales, estado de desarrollo de la vegetación) son dependientes de la escala o del tamaño de la superficie de la parcela.

El tamaño de las parcelas es variable a lo largo de diferentes estudios (Bott, 2014; Condit, 1998; Curtis and Marshall, 2005; Priyadi *et al.*, 2006), el

tamaño mínimo recomendable en bosques templados, independientemente de su forma, es de 500 m². En ecosistemas tropicales, como el bosque de manglar, es común el tamaño de 100 m². Otros tamaños comunes son el de 1 000 m², de una hectárea y en ocasiones de varias hectáreas, como es el caso de la parcela permanente establecida en la isla de Barro Colorado, en Panamá, con 50 hectáreas (Harms *et al.*, 2001).

Es importante lograr un balance entre el tamaño de la parcela y algunos aspectos técnicos de importancia, como el tiempo invertido en su establecimiento y en su posterior remediación, en la exactitud de la superficie de la parcela, en la exactitud del registro de la información, en el tipo de vegetación donde será establecida, en la distribución y densidad del arbolado, en la variabilidad de la población e incluso el tiempo de traslado de una parcela a otra. Por lo tanto, el tamaño de la parcela dependerá del tipo de vegetación, así como de las características fisiográficas donde se establecerán. Las condiciones anteriormente mencionadas no serán las mismas para la vegetación de manglar que para encinares de ecosistemas húmedos y relativamente poco perturbados (localizados en cañadas de pendientes pronunciadas), o bosques homogéneos de especies de pino (localizados en terrenos planos).

El tamaño de la parcela también está en función del tamaño promedio del diámetro de los árboles, así como de la densidad promedio del arbolado en el área de trabajo. En general, parcelas de menor tamaño son más apropiadas para áreas que presentan alta densidad y diámetros relativamente pequeños; mientras que, para áreas de menor densidad y diámetros grandes, son más apropiadas las parcelas de mayor superficie. Sin embargo, es importante señalar que no es recomendable intercambiar la dimensión de la parcela dentro de una misma área de trabajo.

Es importante señalar que parcelas pequeñas limitan el registro de eventos que ocurren con poca frecuencia, como es el caso de los pulsos de regeneración en los manglares, así como procesos fenológicos (entre otros), por lo que es necesario establecer parcelas de una extensión adecuada según el tipo de ecosistemas bajo estudio, con el fin de poder registrar dichos eventos. Una desventaja de las unidades de muestreo pequeñas, es que las especies localmente raras o de distribución restringida tienen menor probabilidad de ser incluidas durante el muestreo (Fiske y Bruna, 2010), así como mayor riesgo de cometer errores acumulativos a medida que incrementa el tamaño de muestra (número de parcelas). En bosques tropicales, las parcelas de ma-

yor tamaño son más convenientes debido a que este tipo de ecosistemas generalmente contienen árboles de mayor tamaño, así como un mayor número de especies que los bosques templados y fríos.

Ajuste de tamaño

Las variaciones en elevación debido a la heterogeneidad del relieve del terreno donde se instalará la parcela, tienen un impacto directo sobre la superficie verdadera (real) de la misma. El cambio o variación de la pendiente del terreno es llamado *porcentaje de inclinación*, generalmente se expresa en porcentaje e incluso en grados de inclinación, y se refiere al número de unidades de levantamiento del cambio de elevación vertical en 100 unidades de distancia horizontal.

En terrenos con pendientes notoriamente pronunciadas, es importante realizar la respectiva corrección de la superficie verdadera de la parcela. En terrenos con pendiente muy marcada, la distancia entre punto y punto de la parcela es mayor que la distancia real o verdadera, es decir, que la distancia proyectada sobre un plano horizontal. De esta manera, la variación de tamaño de la superficie verdadera de la parcela se incrementa a medida que la superficie e inclinación de la parcela también incrementa.

Considerando lo anterior, ¿cuándo será necesario ajustar el tamaño de la parcela? Si la parcela es instalada sobre un terreno que supera el 5 % de pendiente (aproximadamente 3°), entonces será necesario corregir la distancia «efectiva» horizontal, incluso aún para parcelas relativamente pequeñas (por ejemplo, 500 m²).

En parcelas circulares, el ajuste deberá realizarse a partir del centro de la parcela. En rectangulares o cuadradas, el ajuste del tamaño se realiza por los costados de la parcela y en sentido hacia donde la inclinación de la pendiente es mayor. Alternativamente, el cálculo de la corrección de la pendiente es simple utilizando la siguiente ecuación (Corral-Rivas *et al.*, 2009):

$$\text{Distancia corregida} = \frac{\text{Distancia medida en el terreno}}{\sqrt{1 + [\% \text{ pendiente}/100]^2}}$$

Finalmente, la forma y el tamaño de las parcelas permanentes implica realizar un balance entre precisión, exactitud, el tiempo y costo de su establecimiento, así como su posterior remediación. El objetivo en el diseño de una red de parcelas es lograr que la forma, el tamaño y la intensidad de muestreo óptimos permitan lograr una precisión aceptada para describir las propiedades del ecosistema sin redundancia (Kauffman *et al.*, 2016).

Subparcelas

Es habitual establecer subparcelas o unidades de inferior tamaño anidadas dentro de las parcelas. El propósito es utilizar la parcela de mayor tamaño para el registro de árboles adultos y las subparcelas para árboles juveniles. La dimensión de las subparcelas estará en función del tamaño de la parcela principal: de manera general, el tamaño de la subparcela es recomendable que sea al menos de 1/10 del tamaño de la parcela principal.

Para el caso del registro de regeneración o renuevos, se recomiendan cuadros pequeños (por ejemplo, de 1 m²) distribuidos de forma sistemática al centro de la parcela mayor.

Es importante señalar que tanto las subparcelas como los individuos encontrados dentro de las mismas deberán ser marcados y registrados de forma permanente, tal y como se señaló para la parcela principal.

Número de parcelas

El número de parcelas permanentes que se deberán establecer en un área de interés se relaciona, en teoría del muestreo, con el tamaño de la muestra (n). En este sentido, el número de parcelas a establecer en un sitio debe cumplir con los principios estadísticos de la teoría de muestreo. El objetivo de su estimación es obtener una representación efectiva de la población que se va a estudiar, incluyendo la mayor heterogeneidad de la variable de interés. Se debe considerar encontrar un balance entre el número de repeticiones, su distribución espacial, el tamaño de la parcela y el costo de su establecimiento (Bowman *et al.*, 2013). Con frecuencia, los inventarios forestales se diseñan para obtener un error específico de muestreo (normalmente de 10 a 20 %)

por lo que es importante conocer cuántas parcelas se establecerán en función de la extensión del terreno (Wong *et al.*, 2001).

El número de parcelas (n) a establecer en un área determinada estará en función de (Wong *et al.*, 2001):

1. El nivel de precisión requerido para una variable de interés (por ejemplo, el tamaño del diámetro, el incremento en volumen o área basal, la mortalidad, incorporaciones, etc.).
2. La variabilidad del recurso del cual se desea obtener la información (ecosistemas forestales muy variables requieren más parcelas que ecosistemas forestales homogéneos para un mismo error de muestreo).
3. El costo de acceder, enumerar y medir todos los individuos de cada parcela.
4. El personal del que se disponga para realizar los trabajos de campo.

Distribución de parcelas

En cuanto a la distribución de las parcelas sobre el área de estudio, si la vegetación es heterogénea, la distancia entre parcelas puede ser determinada al azar con el fin de evitar sesgos en el muestreo. Por el contrario, en condiciones de la vegetación más homogéneas, un muestreo sistemático es más conveniente (Chiarucci, 2007).

En ambos casos, a partir de un punto de inicio se ubican parcelas, ya sea siguiendo un esquema de muestreo aleatorio o sistemático. Independiente del esquema de muestreo (aleatorio o sistemático), se deberá registrar la ubicación de inicio, considerando en todo momento la ruta seguida de la primera parcela a la siguiente, y así sucesivamente. El uso del GPS para esta actividad es fundamental, para esto se puede utilizar la función ruta (*tracker*) de este instrumento.

Adicional al criterio de la distancia entre parcelas, una vez elegida la ubicación donde se establecerá una parcela, es importante evitar claros en el rodal, así como caminos o brechas, desfiladeros, campos de cultivo o cualquier sitio desprovisto de árboles. Si en el lugar seleccionado se presenta una de las anteriores condiciones, será necesario incrementar la distancia o mover algunos metros la ubicación de la parcela con el fin de evitar tales condiciones. Si a pesar de incrementar la distancia siguen apareciendo zonas sin arbolado,

entonces será necesario considerar el cambio de dirección. En cualquiera de los casos anteriores, si es necesario realizar esta operación, es importante indicarlo en observaciones en el formato respectivo.

Es importante realizar una distribución estratégica de las parcelas a lo largo del área de estudio; esto incluye el establecimiento de parcelas en áreas remotas y de difícil acceso, por lo cual es esencial efectuar un análisis previo de los escenarios/características del área donde serán ubicadas.

La utilización de técnicas de teledetección (imágenes de satélite, aerofotografías, o incluso imágenes obtenidas mediante algún gestor de libre acceso en la Web), son de gran ayuda para ubicar las parcelas previamente sobre el terreno. De esta manera, es muy útil contar con información básica del área de estudio, como las vías de acceso, características del terreno, características de la vegetación y fisiografía (incluyendo los nombres de los parajes dados por los habitantes locales).

Elaborar un mapa general de la distribución de las parcelas es de gran ayuda, tanto para documentar su localización, para analizar su distribución espacial, así como para futuras visitas, establecimiento de nuevas parcelas o para remediación de las parcelas.

Orientación de la parcela

Para el caso de parcelas rectangulares, la orientación del perímetro «principal» o de mayor longitud de la parcela con respecto a los puntos cardinales (norte-sur, este-oeste), es quizá un aspecto que ha recibido escasa importancia. Sin embargo, antes de preguntarse si la parcela debe orientarse hacia alguno de estos puntos cardinales, es conveniente establecer la parcela orientada hacia la mayor pendiente del terreno. En este último caso, cuando una parcela rectangular se establece con el lado más grande a favor de la pendiente, es posible que se capture una mayor variación de la estructura vertical y horizontal, e incluso florística.

Demarcación de la parcela

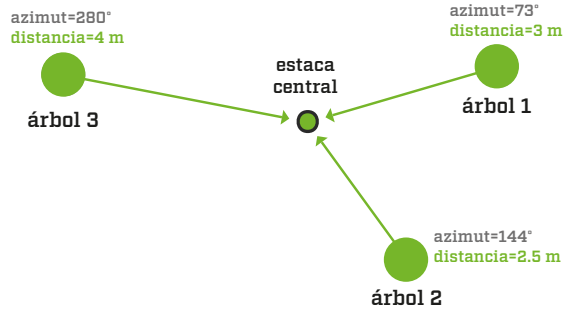
Una vez elegida la forma y el tamaño de la parcela, es importante la delimitación o demarcación precisa de su superficie. Los límites precisos de la parcela tienen implicaciones, dado que la superficie verdadera de la parcela tiene un impacto directo sobre el número potencial de individuos pertenecientes a la misma, lo que *a posteriori* impacta en la comparación (por ejemplo, productividad, mortalidad o incorporación, etc.) entre las parcelas que forman parte de la red.

Para el caso de parcelas circulares, es muy importante marcar permanentemente el centro de la parcela con una estaca de material duradero que garantice su permanencia por lo menos durante cinco años o, en su defecto, hasta la siguiente remediación. Para el caso de parcelas rectangulares o cuadradas, se debe marcar cada uno de los cuatro vértices que constituyen la parcela, también utilizando un material duradero que garantice su permanencia.

Es común que, con el paso del tiempo, la estaca central o las estacas que forman los vértices de la parcela se dañen o extravíen. Con el fin de relocalizar estos puntos en futuras remediciones, es imprescindible registrar la distancia y el azimut de por lo menos tres árboles cercanos al centro de la parcela o a los vértices de la misma (figura 1). Estos árboles servirán como testigo o punto de referencia para relocalizar el punto central para el caso de parcelas circulares, o bien, los vértices para parcelas rectangulares o cuadradas. Se deben elegir los árboles que representen la mayor probabilidad de sobrevivencia (cuando menos hasta la siguiente remediación), por ejemplo, individuos de mayor tamaño diamétrico y mejor vigor.

Es fundamental que la medición de las distancias se tome desde el árbol testigo hacia el centro de la parcela, o de los árboles testigos hacia uno de los vértices y no viceversa. Además, se deberá marcar el punto desde donde se tomó la lectura sobre el fuste de cada árbol testigo; esto puede realizarse colocando un clavo sobre el árbol, con una marca de silicón a prueba de agua o con pintura acrílica. Si uno o varios árboles testigo mueren o son eliminados, estos deberán ser reemplazados por otros árboles que reúnan las características anteriormente señaladas, de ser posible los más cercanos a los árboles que sustituyeron.

Figura 1: Registro de tres árboles [círculos verdes grandes] testigo mediante la distancia y azimut al centro de la parcela [círculo verde pequeño].



En cualquiera de las formas de las parcelas (circulares, rectangulares o cuadradas), es conveniente enterrar totalmente un tubo galvanizado de aproximadamente 50 cm de largo, insertando un balón de buen tamaño dentro del mismo tubo; lo anterior en cada vértice y en el centro de la parcela. Estos metales pueden ser relocalizados utilizando un detector de metales, lo que permitirá encontrar estos puntos de la parcela en caso de que algunas de las estacas se extravíen.

Registro de datos dentro de la parcela

Independientemente del tamaño o forma de la parcela, es conveniente organizar el inventario de la vegetación que se encuentra dentro de la misma por secciones, particularmente si las parcelas son relativamente grandes (por ejemplo, 1 000 m²). Para el caso de parcelas circulares, una alternativa práctica es dividir la parcela por secciones de igual tamaño, trazando vértices a partir del centro de la parcela. El primer vértice se forma tomando como punto de partida el centro de la parcela y con orientación norte-sur; para el segundo vértice, la orientación este-oeste. A continuación, se trazan subvértices entre cada uno de los anteriores vértices. Una vez trazados todos los vértices, se colocan

Figura 2: División de la parcela por secciones para la organización del inventario de árboles.

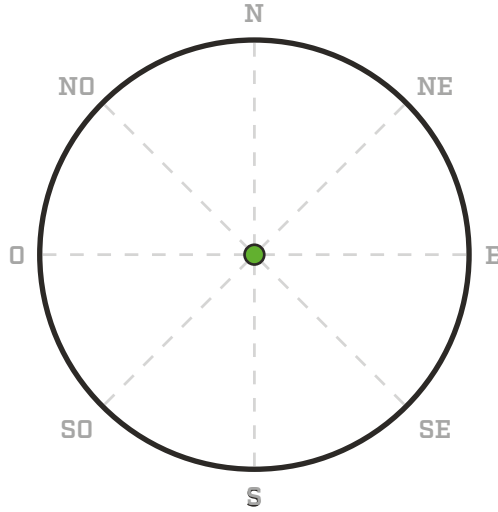
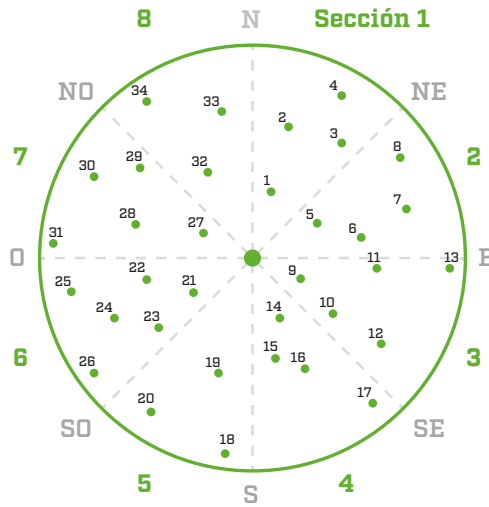


Figura 3: Numeración de árboles por vértices, iniciando por el norte-este en parcelas circulares.

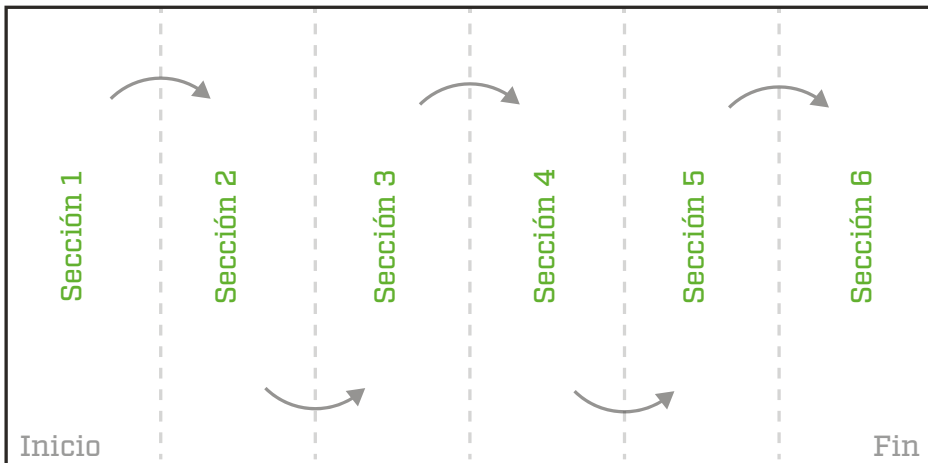


señales llamativas de forma temporal para indicar los límites de la parcela (figura 2). El anterior proceso, aparte de facilitar el registro de la vegetación, es útil para relocalizar el arbolado dentro de la parcela en futuras remediciones.

Este procedimiento se debe documentar en la hoja de campo, agregando una columna donde se anote el número del vértice donde se localiza el árbol en cuestión, así como su distancia aproximada con respecto al centro de la parcela. La numeración deberá iniciarse en el primer vértice norte-este, o bien, norte-primer subvértice, iniciando con el árbol más cercano al centro de la parcela (figura 3).

Para el caso de parcelas rectangulares o cuadradas, la subdivisión puede realizarse mediante secciones de igual tamaño. En parcelas rectangulares, el trazo de secciones puede ser cruzando líneas de vértice a vértice por el lado más angosto de la parcela. En este caso, la numeración iniciará por la parte inferior (por ejemplo, de la pendiente) e izquierda de la parcela, sobre la primera sección, avanzando hacia el límite superior de esa sección. En la siguiente sección, la numeración continuará del límite superior de la parcela hacia la parte inferior de la misma y así sucesivamente (figura 4).

Figura 4: Numeración de árboles por secciones en parcelas rectangulares.



Zona de amortiguamiento

Como se ha señalado con anterioridad, el establecimiento de una red de parcelas permanentes implica un esfuerzo humano, logístico y económico considerable. Por lo tanto, es imperativo mantener las parcelas libres de cualquier impacto negativo tanto como sea posible. Una forma de conseguirlo, o al menos de contribuir con este objetivo, es tratar de mantener una franja o zona de vegetación alrededor de cada una de las parcelas, con características florísticas y estructurales similares.

El propósito de esta zona es que sirva de «protección» de cualquier evento que pueda impactar negativamente los procesos naturales que ocurren dentro de la parcela, por ejemplo, un incendio forestal e incluso el impacto de aprovechamientos forestales ejecutados en la cercanía de la parcela.

El tamaño de la franja o zona de amortiguamiento estará en función del tipo y de las condiciones generales de la vegetación. Se recomienda que la amplitud de la franja de la zona de amortiguamiento sea, a partir del límite de la parcela, al menos del tamaño de la altura de los árboles dominantes de la parcela. Esto es, si los árboles dominantes miden en promedio 20 metros, la zona de amortiguamiento deberá medir 20 metros.

Monumentación de las parcelas

La *monumentación de las parcelas* es el procedimiento mediante el cual cada parcela es establecida y hecha permanente para lograr su objetivo de permanencia por un largo periodo de tiempo en el área de estudio.

La monumentación incluye dos aspectos fundamentales: el primero comprende el proceso mediante el cual se delimita la superficie de la parcela, y el segundo consiste en el proceso de identificación, marcado y registro individual de los árboles que se encuentran dentro de la parcela. Para el caso de la investigación silvícola, se trata principalmente del arbolado adulto, juveniles y plántulas.

Para el primer punto, cada parcela deberá quedar identificada con una estaca o poste de color visible; para el caso de parcelas circulares, colocado en el centro de la misma; para el caso de parcelas cuadradas o rectangulares, en cada uno de los vértices. El tamaño de la estaca central debe ser ade-

cuado y de material duradero (por ejemplo, PVC, tubo galvanizado, poste de madera durable, etc.). Es recomendable que la estaca o poste sea, como mínimo, de 1.30 m, pintada de color rojo o naranja y que incluya el número de la parcela (foto 1).

En parcelas circulares, para demarcar y localizar visualmente los límites de la parcela, es conveniente incluir al menos cuatro estacas de menor tamaño (e incluso de un color distinto al de la estaca central) y ubicarlas en cada uno de los cuatro puntos cardinales.

Para el marcado de los árboles, se debe colocar en cada individuo una etiqueta (preferentemente de aluminio) que incluya el número del árbol, así como el número de la parcela correspondiente (foto 2).

En parcelas circulares, la etiqueta deberá sujetarse al tronco en sus primeros 30 cm y orientarse hacia el centro de la parcela, tomando como referencia la estaca o poste central. En parcelas rectangulares o cuadradas, las etiquetas deberán colocarse hacia la parte inferior de la pendiente del terreno para evitar que sean cubiertas por la acumulación de residuos forestales, acumulación de tierra, deslaves ligeros, etc.

Foto 1: Monumentación de parcela permanente con estaca.



Foto 2: Ejemplo de etiqueta de aluminio para marcaje de árboles.



Alternativamente, se puede colocar el número a cada árbol utilizando silicón a prueba de agua. En este caso, el número deberá colocarse unos centímetros arriba de 1.3 m, en la misma dirección que se señaló anteriormente para cada forma de parcela (foto 3).

Foto 3: Marcado del número de árbol utilizando silicón.



Finalmente, es de gran importancia y utilidad dibujar una línea horizontal de 10 a 15 cm de largo sobre el tronco, con el fin de marcar el punto donde fue medido el diámetro del árbol (foto 4).

Foto 4: Marcado de línea de medición de diámetro utilizando silicón.



Frecuencia de las remediciones

Independientemente de los objetivos del establecimiento de las parcelas, es fundamental determinar la frecuencia de las mediciones. En general, se debe considerar al menos un par de mediciones para evaluar tasas de cambio (por ejemplo, crecimiento diamétrico), incorporación de individuos, mortalidad e incluso potencial reemplazo de especies.

Eventualmente, para el caso de vegetación compuesta por especies que producen anillos anuales de crecimiento, como especies de coníferas, la frecuencia de las remediciones se puede determinar a partir del conteo de los anillos de crecimiento.

Otro factor a considerar es la época del año en la que se establecen y/o remiden las parcelas, sobre todo en zonas con estacionalidad marcada entre el periodo de lluvias y secas. Si las parcelas fueron establecidas en temporada de secas, lo más conveniente será remedir las también durante esa época.

Algunas especies son muy sensibles a la disponibilidad de agua, lo que puede incrementar o disminuir su diámetro y, por lo tanto, provocar una sobreestimación o subestimación del crecimiento diamétrico, en especial si la remediación se lleva a cabo en distinta época.

Con la finalidad de mantener la integridad de la información durante la remediación, es crucial seguir el mismo protocolo que se utilizó durante el establecimiento, así como contar con la información generada en remediciones previas, en particular el tamaño de los diámetros de árboles. Cuando no se localiza un árbol durante la remediación en parcelas de alta densidad, el árbol no encontrado se puede reportar como extraviado o, eventualmente, muerto. Si en remediciones sucesivas este mismo árbol es relocalizado, el último dato del diámetro es de gran utilidad para corroborar que se trata del árbol previamente extraviado.

Archivo fotográfico

Establecer un archivo histórico-fotográfico digital de cada parcela, además de constituir un sistema de consulta electrónico sencillo, efectivo e interesante, permite realizar inspecciones visuales rápidas de cambios estructurales y florísticos pasados y presentes; por ejemplo, estado de desarrollo de la regeneración, tamaño de los árboles juveniles e incluso la desaparición o aparición de estratos arbustivos y/o herbáceos.

Durante la toma de la fotografía es útil considerar los siguientes aspectos:

1. Capturar la condición del estado actual de la parcela mediante una serie de fotografías digitales. Estas primeras imágenes deberán ser tomadas antes de iniciar cualquier actividad dentro de la parcela permanente.
2. Se debe documentar el punto donde fue tomada cada fotografía con el fin de posicionar la cámara en el mismo punto en subsecuentes remediciones. En este caso, puede ser la orientación en grados de azimut.
3. La primera toma fotográfica puede realizarse de norte a sur, o bien, desde la parte inferior o superior de la pendiente, pero apuntando siempre hacia el centro de la parcela, si es posible enfocando el poste central, pero sin perder de vista la condición estructural de la parcela.

4. Registrar la distancia del punto de la toma fotográfica al centro de la parcela, así como la altura desde donde fue tomada la fotografía con relación a la superficie del suelo.
5. Anotar aspectos generales de la vegetación, del medio físico, incluso cercanía o distancia de las vías de acceso.

Colecciones botánicas

Es elemental que una red de parcelas permanentes cuente con el respaldo de una colección botánica que documente la vegetación que en ella se registra. Es importante realizar el registro respectivo de ejemplares botánicos de las especies que se localizan dentro de las parcelas permanentes. Al momento de realizar las colectas botánicas se debe incluir el nombre completo de quien realizó la colecta, el número de la misma, así como el sitio donde será/fue depositado el ejemplar botánico (por ejemplo, herbario ZEA, Universidad de Guadalajara).

Personal de trabajo

El número de personas involucradas en un proyecto de una red de parcelas permanentes estará en función de la magnitud del mismo, así como de los recursos económicos de que se disponga. Sin embargo, el número de personas que trabajan a la vez en una misma parcela, por ejemplo, de 500 m², deberá ser de tres a cuatro personas.

Es necesario contar con guías de campo, asistentes o personas con conocimiento de la vegetación local, lo que implica que el equipo de trabajo pueda ser mayor al anteriormente señalado. De manera independiente al número de personas necesarias para realizar el trabajo, es importante organizar con anticipación las actividades que se realizarán en cada parcela, con el fin de hacer eficiente el trabajo en campo.

Organización del trabajo de campo

Es primordial la elaboración previa de los formatos de campo para cada una de las actividades o fases del muestreo: elaborar una lista del equipo o instrumentos, materiales, etc. De esta manera, asegurar que se cuenta con todo lo necesario previo a la salida al campo.

Antes de iniciar con el trabajo de campo, se debe informar a todos los participantes en el proyecto que el registro y la escritura de la información sobre los formatos durante el trabajo de campo debe ser lo más legible posible. Se debe evitar la inclusión de nombres comunes o los asignados por la población local o, en su defecto, incluir una columna con este campo en el correspondiente formato. En estudios etnobotánicos, en la mayoría de los casos los nombres comunes o los asignados por la población local son indispensables, por lo tanto, esto último será necesario ponderarlo.

Para el registro de información, se recomienda seguir una estrategia sistemática: primero, los datos de la parcela en general como ubicación, fisiográficos, del suelo, etc.; después, continuar con las plántulas; luego, con juveniles; y, finalmente, con árboles adultos.² No utilizar tinta o bolígrafo durante el registro de la información, principalmente durante la temporada de lluvias, con el fin de evitar el deterioro o deslave de la tinta sobre los formatos de campo.

² Véase la GUÍA RÁPIDA PARA EL REGISTRO DE LA INFORMACIÓN.

Guía rápida para el registro de la información

Introducción

La presente guía sintetiza la información a registrar dentro de la parcela en función de los objetivos de estudio. La columna denominada como «Dato» nombra a la variable cualitativa o cuantitativa que describe la ubicación, el ambiente fisiográfico, el piso forestal y las características de la vegetación de la parcela. En la columna «Descripción» se detalla de forma sucinta cada una de las variables que serán recabadas durante el establecimiento de las parcelas permanentes.

En la tercera columna se presentan las unidades de medida para datos cuantitativos como metros, centímetros, metros sobre el nivel del mar, grados de azimut o porcentajes; para datos cualitativos se denota el número de clases. Adicionalmente, la presente guía puede ser utilizada como lista de verificación, una herramienta imprescindible para la planeación del trabajo de campo.

Tabla 1: Guía Rápida para el Registro de Información.³

Dato	Descripción	Unidad de medida	Página
DATOS DE UBICACIÓN			67
Nombre del proyecto	Anotar el nombre completo del proyecto para el cual serán establecidas las parcelas. Si es posible anotar el nombre /acrónimo del organismo financiador.	Nombre único	67
Fecha de instalación / remediación	Fecha de instalación o remediación de la parcela.	día/mes/año	67
Estado	Nombre de la entidad federativa que conforman el país.	Nombre único	67
Municipio	Nombre del municipio correspondiente a cada estado (p. ej. Atlán de Navarro).	Nombre único	68
Localidad	Nombre de la localidad donde se encuentra establecida cada parcela o el conjunto de ellas, puede ser el nombre del poblado.	Nombre único	68
Paraje	Nombre del sitio/lugar dado por las personas de la localidad. Incluir al reverso de la hoja un croquis con la mayor cantidad de rasgos de la ubicación de la parcela y marcar con una flecha el norte magnético.	Nombre único	69
Propiedad	Pertenencia colectiva del área o zona geográfica donde se localiza la totalidad de las parcelas.	Nombre único	69

³ Estas hojas pueden ser utilizadas como hojas de control con el fin de asegurar que toda la información ha sido recabada.

Dato	Descripción	Unidad de medida	Página
Tamaño de la parcela	Superficie total de la parcela (p. ej. 500 m ² ; 1000 m ²)	Metros cuadrados	69
Número de parcela	Número secuencial y único de la parcela, iniciando con el número 1; evitar numeraciones ambiguas (e.g. 1-1, 1-2, 1-3; etc.).	Número único	69
Número de remediación	Número de medición correspondiente (p. ej. 1a) y años posteriores a la última remediación (p. ej. 5 años).	Número único	70
Ubicación geográfica	Coordenadas de ubicación: latitud y longitud tomadas con GPS.	UTM; o bien Grados, minutos, segundos	70
Rumbo de dirección	Dirección en grados de azimut de la primera a la siguiente parcela y así sucesivamente, el rango va de 0 a 359 grados.	Grados, UTM	71
Distancia	Distancia o separación entre una parcela y la próxima más cercana	Metros, Kilómetros	71
Tiempo de viaje	Anotar la duración o el tiempo que tardo desplazarse entre una parcela y la próxima más cercana.	Minutos, Horas	71
Vegetación dominante	Tipo de vegetación más abundante que se observa a simple vista dentro y fuera de la parcela.	Bosque de pino, B. de encino; B. De manglar, etc.	71
Avistamiento de fauna	Indicar el avistamiento de fauna de forma generalizada	Especies observadas	72

Dato	Descripción	Unidad de medida	Página
DATOS RASGOS FISIGRÁFICOS			73
Elevación	Altitud con respecto al nivel medio del mar.	Metros sobre el nivel medio del mar. m.s.n.m.	73
Geoforma	Forma del micro-relieve de la posición/localización fisiográfica de la parcela.	Clases del 1 al 8	73
Topografía	Características generales de la homogeneidad del relieve.	Clases del 1 al 3	75
Pendiente del terreno	Grado de inclinación o declive del terreno en relación con un plano horizontal.	Porcentaje	75
Exposición	Orientación hacia donde se encuentra la mayor parte de la inclinación del terreno de la parcela con relación al norte magnético.	Grados de azimut	77
DATOS DEL SUELO FORESTAL			79
Rocas y piedras	Cantidad de afloramientos rocosos o piedras dentro y fuera de la parcela.	Clases de 0 al 5	79
Morfología del suelo	Propiedades físicas del suelo.	Clases del 1 al 4	80
Consistencia del suelo	Grado de firmeza o adhesión de las partículas del suelo. Evaluar por separado en suelo seco y suelo húmedo	Clases del 1 al 6	81
Drenaje superficial	Referirse a los patrones de escurrimiento hídrico observado.	Clases del 1 al 6	82

Dato	Descripción	Unidad de medida	Página
Compactación del suelo	Grado de cohesión de las partículas del suelo debido a factores naturales o mecánicos.	Clases del 1 al 5	83
Profundidad del suelo	Espesor del suelo que no presenta restricciones físicas tales como estratos rocosos, horizontes cementados, tepetates etc.	Centímetros	84
Profundidad de hojarasca	Cantidad de material vegetal no vivo sobre piso forestal (ramillas menores a 0.5 cm de diámetro, hojas, acículas, conos, frutos, etc.) sin importar el grado de descomposición en que se encuentren.	Centímetros	84
Profundidad de materia orgánica	Espesor de materia orgánica acumulada en el suelo.	Centímetros	84
Profundidad de la capa de humus	Cantidad de material vegetal totalmente degradado, en proceso de fermentación y que no se pueda distinguir el material leñoso u hojarasca del que provienen.	Centímetros	84
Leña	El material leñoso muerto sobre el piso forestal compuesto de ramas y ramillas.	Clases del 0 al 4	85
DATOS DE PERTURBACIONES			87
Derribo por viento	Árboles caídos debido al impacto de viento, ciclones, etc. Cuantificar el grado de severidad.	Clases del 0 al 3	87
Deslizamiento del suelo	Evaluar el movimiento o deslave del suelo que impacten la parcela.	Clases del 0 al 3	88
Incendios	Clasificar la severidad de ocurrencia de incendios forestales previos a la instalación o remedición de la parcela.	Clases del 0 al 6	88

Dato	Descripción	Unidad de medida	Página
Erosión	Grado de pérdida o traslado de partículas del suelo de un lugar a otro, ya sea por factores naturales o antrópicos.	Clases del 0 al 6	89
Tipo de erosión	Forma que muestra el desgaste o pérdida del suelo.	Clases del 1 al 3	90
Pastoreo	Tipificar el impacto de animales domésticos, evaluado mediante la cantidad de excretas y/o rastros de ganado, así como de la valoración cualitativa de la presencia de pastos y hierbas.	Clases del 0 al 6	91
Extracción de recursos forestales	Tipificar el impacto de la extracción del recurso forestal maderable o no maderable indicando el tipo de recurso extraído (p.ej. madera, tierra de monte, frutos, hongos, etc.).	Clases del 1 al 2	91
DATOS FISONÓMICOS DE LA VEGETACIÓN			93
Vegetación arbustiva	Plantas leñosas perennes de múltiples tallos que normalmente no superan los 4 metros de altura.	Porcentaje de cobertura	93
Vegetación herbácea	Plantas con estructura de hierbas que generalmente son anuales, de tallos múltiples no lignificados/leñosos.	Porcentaje de cobertura	93
Pastos	Porcentaje del suelo cubierto por pastos dentro de la parcela	Porcentaje de cobertura	93
Otras formas de vida	Por ejemplo, lianas, bejucos, epifitas, hongos, etc.	Nombres	93
Número de estratos	Tipo de estructura de acuerdo al número de estratos verticales; considerar únicamente a las especies arbóreas.	Clases del 1 al 3	94

Dato	Descripción	Unidad de medida	Página
Estado de desarrollo del rodal	Considerar criterios morfológicos y el estado de madurez sexual, con posibilidad o no de producir semillas y/o frutos.	Clases del 1 al 5	95
Traslape de copas	Grado de traslape entre las copas de los árboles del dosel superior.	Clases del 0 al 3	95
Conos, frutos y/o semillas	Cantidad de conos y/o frutos visibles sobre la superficie de la parcela.	Clases del 0 al 3	96
DATOS DEL ARBOLADO ADULTO			97
Número de árbol	Indicar el número individual y progresivo de cada árbol (p. ej. 1, 2, 3, etc.).	Número individual y consecutivo	97
Pertenencia del arbolado a la parcela	Criterios de decisión sobre la inclusión o no de los árboles a la parcela.	Seis consideraciones	98
Incorporaciones	Individuos cuyo DN es 5 cm dentro de la parcela que no fueron registrados durante el establecimiento de la parcela por presentar un DN inferior a este tamaño.	Número individual y consecutivo posterior al último número de árbol de la parcela	99
Árboles muertos	Contabilizar los árboles muertos durante la remediación de una parcela, estos deberán contar con su respectivo número.	Número individual y consecutivo	99
Mapeo del arbolado dentro de la parcela	Localización de la ubicación de cada árbol dentro de la parcela.	Azimut y distancia en metros	100
Diámetro normal	Medida del diámetro (D) del árbol que surge de la relación: $D = P / \pi$ donde P es el perímetro y π (pi de 3.1416) representa unidades de circunferencia.	Centímetros con aproximación en milímetros	100

Dato	Descripción	Unidad de medida	Página
Diámetro de la base	Medida del diámetro (Db) a una altura de 30 centímetros sobre el nivel del suelo y a favor de la pendiente	Centímetros con aproximación en milímetros	101
Especie	Nombre científico completo de cada árbol. Evitar acrónimos. Si es posible, anotar en otra columna el nombre común que los pobladores del área dan a la especie.	Nombre completo de cada especie	103
Nombre común	Nombre ordinario de la especie que puede ser el nombre dado por la población local.	Nombre dado por la población local	103
Edad	Para árboles que producen anillos anuales de crecimiento, contar el número total de anillos comenzando al centro de la muestra (viruta) hacia el exterior de la misma.	Número de anillos contabilizados	103
Amplitud de los anillos	Medir la amplitud de los últimos 10 anillos de crecimiento, desde el anillo más próximo a la corteza hacia adentro del tallo.	Centímetros con aproximación a milímetros	104
Grosor de corteza	Medida el grosor o anchura de la corteza.	Centímetros con aproximación a milímetros	104
Altura total	Medida de la altura del árbol desde su base (nivel del suelo) hasta la punta del mismo.	Metros con aproximación en centímetros	105
Longitud fuste limpio	Medida de la altura comercial del tronco del árbol, sección comprendida desde la base del árbol hasta el punto de inicio de inserción de las primeras ramas vivas que componen la copa del árbol.	Metros con aproximación en centímetros	106
Longitud de la copa	Distancia desde la punta del árbol hasta el conjunto de ramas vivas y relativamente gruesas más bajas que forman un continuo entre ambos.	Porcentaje	107

Dato	Descripción	Unidad de medida	Página
Amplitud o diámetro de la copa	Medida de la amplitud de la copa tomando dos lecturas, un sentido Norte-Sur y otra en sentido Este-Oeste. Para árboles de copa irregular como el tipo elipsoide, una longitud mayor y la otra longitud menor.	Metros con aproximación en centímetros	107
Forma de la copa	Contorno que presenta la disposición del follaje de la copa.	Clases del 1 al 4	108
Continuidad de la copa	Calificar la continuidad que presenta la disposición vertical del follaje de la copa.	Clases del 1 al 3	108
Calidad del fuste	Medida de la condición del estado que presenta el tronco del árbol bajo una perspectiva comercial.	Clases del 1 al 5	109
Clase silvícola	Dominante, codominante, intermedio, suprimido y muerto (clasificación de los árboles del rodal de Kraft).	Clases del 1 al 5	109
Vigor	Estado de salud o vigor del árbol considerando el sitio donde se encuentra.	Clases del 1 al 4	111
Daño	Tipo de daños mecánicos y/o patológicos que presenta el árbol, desde la base hasta la punta de la copa del mismo.	Clases del 1 al 16	112
Cavidades	Anotar el número y orientación de oquedades en el tronco principal y/o ramas gruesas las cuales puedan ser utilizados para la reproducción, anidamiento por la fauna silvestre.	Número y orientación de las oquedades	113
Muérdago	Clasificar el grado de infección de las especies holo y hemiparásitas	Dos criterios	113

Parcelas permanentes para la investigación ecológico-silvícola de largo plazo

Dato	Descripción	Unidad de medida	Página
Tipo de árbol	Grado de bifurcación del árbol.	Clases del 1 al 4	114
Posición	Grado de verticalidad del árbol con respecto a la superficie del suelo.	Clases del 1 al 3	115

Registro de la información

Introducción

En esta sección se describe, de manera precisa, el tipo de información que es necesaria para el desarrollo de un proyecto de establecimiento y remediación de parcelas permanentes. El propósito es que en cada dato se generen observaciones verificables y objetivas sobre entidades (árboles, juveniles, plántulas) o sucesos (incendios, pastoreo, etc.) que ocurren en la parcela. Para los datos cuantitativos, se explica la magnitud en la que se espera reportar el dato, así como la forma de ejecutar la medición o conteo; en particular, para los datos cualitativos que generan clases, se pretende que cada descripción de una clase genere el mínimo de subjetividad en la asignación de clases dentro de un mismo dato.

Las secciones están divididas en seis tipos de datos. Los cinco primeros se refieren a los datos que describen la ubicación y el ambiente físico y biológico de cada parcela; el último conjunto de datos relata las características para cada uno de los individuos arbóreos que se encuentran en cada parcela. Estos conjuntos de datos incluyen: 1) datos de ubicación, que incluyen detalles de escala fina como las coordenadas geográficas hasta la mención del estado o paraje, con la intención de georeferenciar las parcelas y reubicarla en mediciones futuras; 2) datos fisiográficos, como elevación, topografía, pendiente y exposición; 3) datos del suelo forestal, como rocosidad y pedregosidad, profundidad y compactación del suelo; 4) datos de perturbaciones, como incendio, erosión y pastoreo; 5) datos fisonómicos de la vegetación, como número de estratos, vegetación herbácea y arbustiva dominante, estado de desarrollo del rodal, etc.; y, por último 6) datos del arbolado, que incluyen el registro de variables individuales de los árboles (diámetro, especie, altura, edad).

Capítulo 1. Datos de ubicación

Nombre del proyecto

Anotar el nombre del proyecto para el cual se registrará la información.

Fecha de instalación/remediación

Anotar la fecha de establecimiento o, en su caso, de remediación, en la forma:

Día/Mes/Año

Incluir, además el nombre completo de cada persona que participa durante el establecimiento o, en su caso, remediación.

Nota: en caso de requerir información adicional de la información registrada, es de suma importancia contar con el nombre completo de cada uno de los participantes que realizaron el trabajo de campo.

Estado

Anotar el nombre de la entidad federativa correspondiente del país.

Municipio

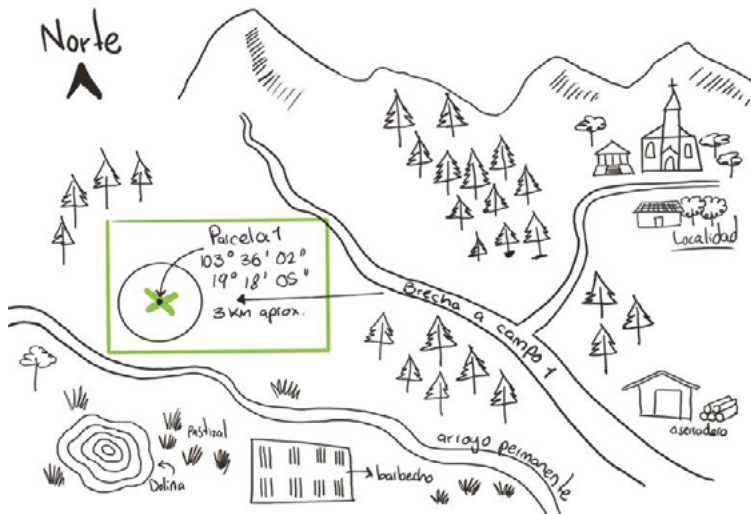
Anotar el nombre del municipio al cual pertenezca la zona geográfica donde se establecerá la parcela o el conjunto de parcelas permanentes.

Localidad

Anotar el nombre de la localidad donde se establece cada parcela o el conjunto de ellas, puede ser el nombre del poblado.

Nota: es recomendable realizar al reverso de la hoja de campo un croquis que contenga la mayor cantidad de rasgos fisiográficos notorios, como peñascos, depresiones del terreno o dolinas, incluyendo caminos o veredas permanentes etc. Incluir una flecha indicando el norte magnético de tal manera que facilite su posterior localización (figura 5).

Figura 5: Croquis de ubicación de parcela.



Paraje

Anotar el nombre del lugar o paraje dado por los habitantes de la localidad al sitio donde será establecida cada parcela o grupo de parcelas (por ejemplo, La Madroñera, Cerro Alto, Pozo Blanco, La Salada, etc.).

Propiedad

Indicar el tipo de posesión jurídica donde se establecerá la parcela:

1. Ejidal
2. Federal
3. Área Protegida
4. Comunal
5. Privada

Propietario

Anotar el nombre del propietario del predio donde será establecida la parcela.

Tamaño de la parcela

Anotar la superficie de la parcela en metros cuadrados.

Número de parcela

Asignar un número único y consecutivo a cada parcela permanente conforme se vayan estableciendo.

Durante la adición de nuevas parcelas a la red, en caso de que, por alguna razón se haya extraviado una parcela previamente establecida (p. ej. impacto de un huracán, incendio, tala clandestina, etc.), no se deberá reasignar el número de la parcela perdida a una nueva parcela.

Número de remediación

Indicar el número de remediación correspondiente posterior al establecimiento de la parcela (p. ej. 3.^a remediación).

Ubicación geográfica

Anotar la ubicación geográfica de la parcela en coordenadas geográficas o UTM. Esta lectura deberá ser tomada con GPS, con aproximación a décimas de segundo.

Para el caso de parcelas circulares, realizar la georreferenciación al centro de la parcela. Para el caso de parcelas rectangulares o cuadradas, la lectura deberá llevarse a cabo en cada uno de los vértices de la parcela.

Nota: es recomendable dejar el GPS sobre un lugar seguro dentro de la parcela por lo menos 5 minutos para que localice la ubicación. El objetivo es evitar registrar información imprecisa debido a variaciones en la lectura de la ubicación. Anotar, además, la marca y el modelo del GPS utilizado.

La utilización de fotografías aéreas, imágenes de satélite, imágenes de satélite obtenidas de *software* de libre acceso o incluso mapas topográficos, son también de utilidad para marcar la ubicación de cada parcela sobre el área de estudio.

Datum

Anotar el «Datum de referencia». Para el caso de México o Norteamérica, el Datum utilizado es WGS84 (World Geodetic System, 1984), este tiene una incertidumbre de aproximadamente 15 metros.

Rumbo de dirección

Anotar la dirección, en grados de azimut, hacia donde será establecida la siguiente parcela, tomando como referencia el centro de la actual parcela.

Distancia

Anotar la distancia aproximada en metros entre cada una de las parcelas. Esta información es de gran ayuda para realizar un mapa o croquis de acceso al paraje donde se encuentran establecidas las parcelas.

Tiempo de viaje

Anotar el tiempo que tomó desplazarse de la actual parcela hasta el punto donde se iniciará el establecimiento o remedición de la siguiente parcela.

Vegetación arbórea dominante

Indicar el tipo de vegetación dominante donde será establecida la parcela, en una de las siguientes clases de acuerdo a Rzedowski (1978):

- **BP** - Bosque de Pino
- **BPe** - Bosque de Pino-Encino (si la especie dominante es el pino)
- **BO** - Bosque de Oyamel
- **BTC** - Bosque Tropical Caducifolio
- **BTP** - Bosque Tropical Perennifolio
- **BE** - Bosque de Encino
- **BEp** - Bosque de Encino-Pino (si la especie dominante es encino)
- **BMa** - Bosque de Mangle
- **BTS** - Bosque Tropical Subcaducifolio
- **BMM** - Bosque Mesófilo de Montaña

Nota: es posible utilizar otra alternativa de clasificación de la vegetación especificando el autor de dicha clasificación.

Avistamiento de fauna

Indicar el avistamiento de fauna de forma generalizada: mamíferos, aves, reptiles, invertebrados, etc. Si se conoce el nombre de la especie en particular, anotar el nombre común o científico de la(s) especie(s) observada(s).

Capítulo 2. Datos de los rasgos fisiográficos

Elevación

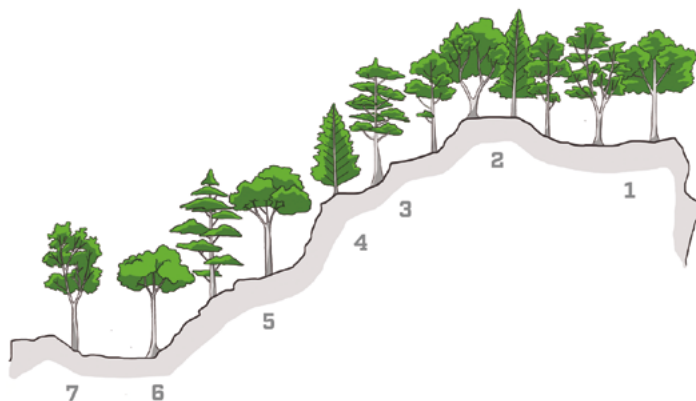
Registrar la elevación con respecto al nivel medio del mar donde será establecida la parcela. Realizar este registro preferentemente con altímetro, con aproximación a metros.

Nota: la utilización de GPS para el registro de este dato no siempre es precisa, por lo tanto, se recomienda el uso de altímetro.

Geoforma

Referirse a la forma relativa del microrrelieve específico donde será establecida la parcela. Se considera tanto el grado de inclinación de la pendiente como la forma de la microfisiografía del terreno, en una de las siguientes clases (figura 6):

Figura 6: Perfil fisiográfico que muestra la posición del microrrelieve local en la geoforma.



1. **Meseta/terreno plano:** cuando la parcela se establezca en la parte alta del microrrelieve, sobre un plano del terreno y desde donde no se logran observar las orillas del mismo. Generalmente no se presenta pendiente, aunque, en ocasiones, pueden presentarse inclinaciones muy ligeras del terreno (menos del 5 %).
2. **Parteaguas:** cuando la parcela se establezca en el punto de mayor elevación del terreno, en el cual la escorrentía corre en direcciones opuestas. En ocasiones se pueden observar las orillas de ambos lados de la micro-cuenca o cañada. Puede presentarse o no pendiente.
3. **Ladera superior:** cuando la parcela se establezca en la parte más alta del relieve, se observa con facilidad el parteaguas del microrrelieve. En ocasiones se presenta una disminución o cambio ligero de la pendiente, principalmente en la parte superior del terreno.
4. **Ladera media:** cuando no se aprecia la parte alta ni la baja del terreno. En ocasiones se observa que la pendiente es uniforme en toda la superficie del terreno.
5. **Ladera inferior:** cuando la parcela se establezca sobre una pendiente notoria del terreno y sea fácil observar la parte baja del mismo. En ocasiones se puede presentar un cambio notorio de inclinación de la pendiente con respecto a la parte alta de la parcela.

6. **Bajío:** cuando la parcela se establezca en la parte mas baja de una cañada con poca o nula pendiente del terreno (menos de 10%).
7. **Dolina:** cuando la parcela se establezca sobre una formación geológica con apariencia de pozo o depresión. Generalmente es de forma circular o semicircular. Este tipo de depresión es muy común en zonas kársticas.
8. **Terraza:** cuando la parcela se establezca en un terreno plano localizado entre dos laderas. La terraza puede ser una formación natural o artificial (no representada en la figura 6).

Topografía

Referirse a las características generales del microrrelieve que presenta la parcela, así como a su periferia en una de las siguientes tres clases:

1. **Regular:** si el microrrelieve es continuo, es decir, no se observan ondulaciones, cauces, depresiones, cambios evidentes de pendiente, etc.
2. **Irregular:** si presenta dos o más de las anteriores características.
3. **Ondulado o quebrado:** si el microrrelieve presenta una configuración suavemente ondulada, como una serie de pequeños valles seguidos de crestas.

Pendiente

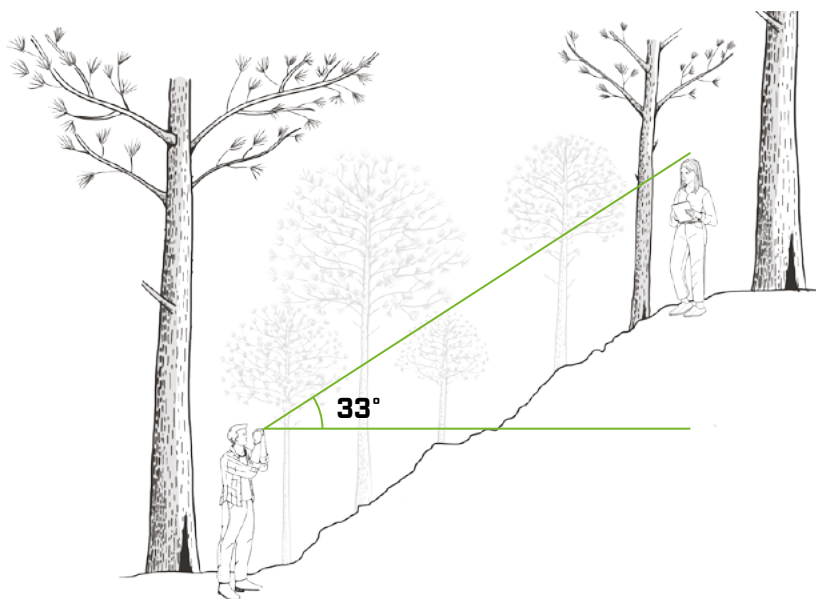
La pendiente se refiere al grado de inclinación o declive del microrelieve del terreno de la parcela con relación a un plano horizontal.

Registrar el grado de inclinación del terreno donde se establecerá la parcela, con aproximación en grados, o bien, puede registrarse en porcentaje.

La inclinación del terreno puede medirse con pistola Haga, clinómetro o cualquier otro instrumento de medición similar.

Esta medición la deberán realizar dos personas: una persona se coloca en la parte superior de la pendiente y la otra en la parte inferior de la misma, siendo esta última quien ejecute la lectura (figura 7).

Figura 7: Registro de la pendiente en una parcela.



Durante el registro de la pendiente, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Si se presentan ondulaciones o cambios de pendiente dentro de la parcela, cada una de las personas que realice este trabajo se posicionará en los puntos extremos de la parcela, ignorando los cambios de pendiente entre ellas.
2. Si la parcela se ubica en un terreno donde se presentan variaciones de pendiente debido a un cambio en la exposición del terreno, considerar la pendiente de mayor extensión o superficie.
3. Si la parcela se ubica sobre un terreno donde se presentan variaciones de pendiente debido a un terreno con topografía irregular con diferentes grados de inclinación y exposición, tomar varias lecturas y obtener un promedio de ellas.

Exposición

Anotar la orientación hacia donde se encuentra la mayor pendiente del terreno donde se establecerá la parcela con relación al norte magnético.

La exposición se medirá en grados de azimut⁴ (escala de 360°) con respecto al norte magnético y en sentido de las manecillas del reloj.

La lectura deberá realizarse en el centro de la parcela, independientemente de su forma y con la pendiente a favor (hacia abajo) de la persona que realice la lectura.

Nota: cuando se utilice la brújula, se deberán tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Que la brújula esté totalmente horizontal para que la aguja magnética o flecha de dirección gire libremente.
2. No usar una brújula cerca de otra.
3. No usar la brújula cerca de equipo de medición (p. ej. taladro Pressler, clinómetro, machetes, etc.), así como cualquier tipo de metales como hierro, acero o cerca de lienzos de alambre de púas, etc.
4. Preferentemente, utilizar brújulas graduadas en grados de azimut (o a 359°) que aquellas graduadas en rumbos de dirección (p. ej. norte, sur, este, oeste).

⁴ El *azimut* (del árabe *direcciones*) es el ángulo horizontal que forma la línea hacia donde se orienta la brújula o punto de interés con respecto a la dirección que apunta el norte magnético de la misma. Dependiendo de la zona geográfica e incluso de la fecha del año, el norte magnético puede desviarse significativamente del norte geográfico, por lo que será necesario calcular esta desviación geográfica o lo que es conocido como *declinación magnética*; esto es el ángulo formado entre el norte geográfico y norte magnético. Algunas brújulas permiten realizar esta declinación y, previo a las actividades de campo, se puede realizar esta «corrección» utilizando cartas existentes para este fin, o bien, consultando la siguiente dirección: <www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>.

Capítulo 3. Datos del suelo forestal

Rocosidad y pedregosidad

Referirse al tipo y proporción de afloramientos rocosos o piedras presentes dentro y en la periferia de la parcela mediante las siguientes dos clasificaciones:

Rocas

Son aquellas mayores de 1 m de diámetro. Indicar el grado de rocosidad con relación a las siguientes clases:

0. *Ausencia.*
1. *Muy pocas:* apenas visibles dentro y fuera de la parcela permanente.
2. *Moderadas:* al menos una roca cada 20 m.
3. *Abundantes:* al menos una roca cada 10 m.
4. *Muy abundantes:* al menos una roca cada 5 m.
5. *Predominan las rocas:* apenas visible el suelo de la parcela.

Piedras

Son aquellas menores de 1 m de diámetro. Indicar el grado de pedregosidad con relación a las siguientes clases:

0. Ausencia.

- 1. Muy pocas:** apenas visibles.
- 2. Moderada:** al menos una cada 20 m.
- 3. Abundante:** al menos una cada 10 m.
- 4. Muy abundante o pedregoso:** una piedra cada 5 m.
- 5. Predominan las piedras:** apenas visible el suelo dentro y fuera de la parcela.

Nota: si se presenta una condición diferente de las anteriores clasificaciones, anotarla en observaciones.

Morfología del suelo

Caracterizar las propiedades físicas del suelo considerando:

- **Color:** referirse al color del suelo mineral localizado inmediatamente después de la capa de humus o mantillo. Para esta evaluación se sugiere utilizar la carta de colores Munsell. Esta categorización deberá realizarse tanto sobre suelo seco como en suelo mojado, evaluando el matiz o tinte (*hue*, página); brillo o pureza (*value*, fila); intensidad (*chroma*, columna).
- **Textura:** Referirse a la condición del suelo de acuerdo a la proporción relativa del tamaño de las partículas minerales que lo constituyen. Clasificar la textura del suelo, mediante su evaluación al tacto, en una de las cuatro clases siguientes, aunque estén presentes clases intermedias:
 - 1. Arenosa:** si el agregado del suelo comprende partículas de 2.0 a 0.02 mm de diámetro.
 - 2. Limosa:** si el agregado del suelo comprende partículas de 0.02 a 0.002 mm de diámetro.
 - 3. Arcillosa:** si el agregado del suelo comprende partículas menores a 0.002 mm de diámetro
 - 4. Franca:** si el agregado del suelo comprende una mezcla de tamaño de partículas de las anteriores clases.

Consistencia del suelo⁵

Referirse al grado de firmeza o adhesión al tacto mediante la cual se unen las partículas del suelo (tanto en suelo seco como en mojado), en una de las siguientes clases:

Consistencia en seco

1. **Suelto:** las partículas del suelo carecen de adhesión, se presenta un desmoronamiento del suelo entre los dedos. No se presentan agregados y la falta de cohesión del suelo es muy evidente.
2. **Blando:** las partículas del suelo presentan una ligera adhesión, los agregados se rompen fácilmente entre los dedos al ejercer cierta presión. Este tipo de consistencia suele estar asociada a estructuras migajonosa o granular.
3. **Ligeramente duro:** los agregados que constituyen el suelo se rompen con una ligera presión de los dedos, pero se observa cierta resistencia del suelo a desintegrarse.
4. **Duro:** los agregados se rompen con dificultad entre ambos dedos y resiste moderadamente la presión.
5. **Muy duro:** los agregados se rompen difícilmente entre los dedos y, en ocasiones, el desmoronamiento del suelo es difícil, aun entre ambas manos, debido a una resistencia elevada a la presión.
6. **Extremadamente duro:** los agregados no se pueden romper entre ambas manos y es extremadamente resistente a la presión. El agregado del suelo no se puede romper entre las manos; en ocasiones es necesario utilizar un martillo para desmenuzarlo.

Consistencia en húmedo

1. **Suelto:** aún en condiciones de humedad, los agregados carecen de cohesión.

⁵ Modificado de: Jordán López, A. 2005-2006. Manual de Edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, de la Universidad de Sevilla, España.

2. **Desmenuzable:** os agregados se rompen fácilmente con una ligera presión entre el pulgar y el índice, sin embargo, se pueden volver a unir cuando se comprimen.
3. **Friable:** es necesario ejercer una ligera presión entre el pulgar y el índice para romper los agregados.
4. **Firme:** es necesario ejercer una moderada presión para romper los agregados. El material se desmenuza bajo fuerte presión entre el índice y el pulgar, notándose una clara resistencia.
5. **Muy firme:** el material ligeramente se desmenuza bajo fuerte presión entre el índice y el pulgar.
6. **Extremadamente firme:** el material se desmenuza solamente bajo una presión muy fuerte y se debe romper con la fuerza de ambas manos, pedazo a pedazo.

Drenaje superficial

Referirse a los patrones de desagüe o escurrimiento hídrico superficial observado sobre la superficie de la parcela. Clasificarlo en las siguientes clases:

1. **Sin escurrimiento:** son terrenos planos ubicados sobre una meseta o microrrelieve plano o sobre una depresión en la cual el agua, durante un evento pluvial, no logra desplazarse por gravedad sobre la superficie del terreno debido a la falta de inclinación.
2. **Escurrecimiento muy lento:** son terrenos ligeramente inclinados donde el agua, durante un evento pluvial, se escurre muy lentamente y, en ocasiones, se acumula sobre la superficie del suelo.
3. **Escurrecimiento lento:** son terrenos con un mayor grado de inclinación que el anterior caso, lo que permite que el agua de la precipitación fluya con mayor velocidad. Eventualmente, pueden observarse pequeños cauces dentro y fuera de la parcela.
4. **Escurrecimiento medio:** son terrenos relativamente inclinados en los cuales el agua de lluvia fluye con facilidad y provoca la formación de pequeños cauces por donde fluye la misma. Se observan ligeras evidencias de erosión hídrica.

5. ***Escorrimento rápido***: son terrenos con un grado de inclinación pronunciado, lo que permite que el agua fluya con rapidez. Se observan pequeños cauces formados por el efecto erosivo de la lluvia.
6. ***Escorrimento muy rápido***: son terrenos muy inclinados, lo que permite que el agua fluya con rapidez a través de cauces de tamaño moderado, formados por el efecto erosivo de la lluvia.

Compactación del suelo

Cuantificar el grado de cohesión de las partículas del suelo debido a factores naturales o mecánicos. Evaluar la compactación mediante la resistencia del suelo a la penetración manual de algún objeto punzante (p. ej. varilla de metal, un cuchillo, etc.) sobre el mismo en uno de las siguientes clases:

1. ***Suelo no compactado***: el objeto punzante penetra totalmente con gran facilidad, no se percibe resistencia del suelo a la penetración, o bien, que el objeto punzante no toca piedras, suelo cementado, etc. Por lo general, son suelos profundos y húmedos, con gran cantidad de materia orgánica y de rápida infiltración del agua.
2. ***Suelo ligeramente compactado***: el objeto punzante penetra con facilidad, aunque no en su totalidad. Se percibe una ligera resistencia del suelo a la penetración o el objeto punzante toca algunas piedras, suelo cementado, etc. Por lo general, son suelos profundos y húmedos, ricos en materia orgánica en proceso de incorporación y de rápida infiltración del agua.
3. ***Suelo compactado***: el objeto punzante penetra con ligera dificultad. Se percibe cierta resistencia del suelo a la penetración o el objeto punzante toca piedras, suelo cementado, etc. Por lo general, son suelos poco profundos, no muy húmedos, de poca materia orgánica y lenta infiltración del agua.
4. ***Suelo muy compactado***: aun sin la presencia de rocas, es difícil penetrar con el objeto punzante debido a la dureza del suelo. Por lo general, son suelos poco profundos y de poca materia orgánica, presentan lenta infiltración del agua o no se observa que el agua se infiltre.
5. ***Suelo extremadamente compactado***: aun sin la presencia de rocas, no es posible penetrar con el objeto punzante. Por lo general, son suelos de se-

cos a muy secos y sin materia orgánica, sin infiltración y, por lo tanto, el agua escurre sobre la pendiente de la parcela.

Profundidad

Del suelo

Se refiere a la capa de suelo que no presenta restricciones físicas, tales como estratos rocosos o pedregosos, horizontes cementados, tepetates, etc. Medir la profundidad del suelo con cinta métrica o flexómetro en centímetros con aproximación a milímetros.

De la acumulación de hojarasca

Evaluar el material vegetal, no vivo, de árboles, arbustos y plantas sobre el piso forestal (ramillas menores a 0.5 cm de diámetro, hojas, conos, frutos, etc.) sin importar el grado de descomposición en que se encuentren. Medir su acumulación con cinta métrica o flexómetro en centímetros con aproximación a milímetros.

Nota: remover la hojarasca (preferentemente sobre suelo seco) y anotar la profundidad aproximada en centímetros. También se puede evaluar observando la rapidez de infiltración del agua.

De la materia orgánica

Evaluar la profundidad de materia orgánica sobre la superficie del suelo, el cual está constituido por detritos de hojarasca, conos, semillas y/o frutos, incluyendo material leñoso en proceso de degradación. Medir su espesor en centímetros con aproximación a milímetros.

De la capa de humus

Evaluar la profundidad de material vegetal totalmente degradado (capa de fermentación), generalmente de color oscuro y sin estructura definida. Medir su espesor en centímetros con aproximación a milímetros.

Nota: el *humus* se define como la secuencia del horizonte orgánico y el horizonte mineral. Su presencia en el suelo forestal depende de la actividad biológica y es un indicador de disponibilidad de nutrientes en el suelo. El humus puede describirse también como parte de la materia orgánica (MO) en proceso de descomposición. Es un estado intermedio entre la MO que ha sufrido una primera acción de descomposición por microorganismos y la MO que se encuentra mineralizada.

Material leñoso

Referirse al material leñoso muerto constituido de ramas gruesas, ramillas, trozos de tallos pequeños, etc. Evaluar su presencia sobre la superficie de la parcela en una de las siguientes dos clases:

- **Leña fina:** son ramas con un diámetro menor a 5 cm. Clasificar su abundancia en una de las siguientes clases:
 0. **Ausencia.**
 1. **Muy poca:** apenas visible.
 2. **Escasa:** una pieza cada 5 m.
 3. **Moderada:** más de una pieza cada 3 o 4 m, sin embargo, no se observa continuidad de este material en el piso forestal.
 4. **Abundante:** las ramillas cubren la mayor parte del piso, dificultando visualizarlo. Se observa continuidad de este material en el piso forestal.

- **Leña gruesa:** son ramas con un diámetro mayor a 5 cm. Clasificar su abundancia en una de las siguientes clases:
 0. **Ausencia.**
 1. **Muy poca:** apenas visible.
 2. **Escasa:** una pieza cada 10 m.
 3. **Moderada:** más de una pieza cada 4 o 6 m, no se observa continuidad sobre el piso de la parcela.
 4. **Abundante:** las ramas cubren la mayor parte del suelo y dificultan su visualización.

Capítulo 4. Datos de perturbaciones

Evaluar cualquier tipo de perturbación natural o antrópica visible dentro de la parcela, sin importar si se ha modificado o no la composición florística o estructural de la vegetación.

Derribo por viento

Evaluar cualitativamente el grado de severidad de este tipo de perturbación en una de las siguientes clases:

0. **Ausencia:** no se observan evidencias de árboles derribados, despuntados (copas trozadas, parcialmente sin ramas, ramas desquebrajadas, etc.) o árboles quebrados como consecuencia del impacto del viento.
1. **Pocos:** se observan solo algunos árboles derribados en el piso forestal, algunos aún con la raíz expuesta. Además, se observa el área o socavón donde el/los árboles estaba/n en pie.
2. **Moderado:** se observan árboles derribados en el piso forestal, algunos pueden estar aún con la raíz expuesta. Se observan áreas o socavones en donde los árboles estaban en pie. Es posible transitar dentro de la parcela con ligera dificultad.
3. **Fuerte:** se observa gran cantidad de árboles derribados en el piso forestal, la mayoría de los árboles se observan con la raíz expuesta, así como el área con socavones donde los árboles estaban en pie. Es muy difícil transitar dentro de la parcela.

Deslizamiento de tierra

Evaluar el movimiento o deslave del suelo dentro de la parcela. Este evento puede ser causado por el impacto de huracanes o fuertes lluvias, e incluso por el arrastre de los árboles derribados durante aprovechamientos forestales. Evaluar este proceso en una de las siguientes clases:

0. **Ausencia:** no se observan evidencias de movimiento del suelo superficial de la parcela.
1. **Superficial:** se observa movimiento de tierra muy ligero, tierra apenas visible por encima de la hojarasca dentro de la parcela o fuera de la misma, producto de escurrimiento de agua de precipitación.
2. **Moderado:** se observa movimiento de tierra evidente, tierra visible por encima de la hojarasca, algunas partes del suelo quedan completamente expuestas o sin hojarasca dentro de la parcela o fuera de la misma, producto del escurrimiento de agua de precipitación.
3. **Profundo:** se observa movimiento de tierra evidente, se observa poca o nula hojarasca dentro de la parcela o fuera de la misma, producto del escurrimiento severo de agua de precipitación.

Incendio

Clasificar la severidad de incendios forestales en una de las siguientes clases:

0. **Ausencia:** no se observan evidencias de incendios forestales recientes.
1. **Ligero:** se observan evidencias del consumo de una parte de hojarasca y de leña fina. Los árboles juveniles y las plántulas, así como la vegetación herbácea, no han sido afectadas por la ocurrencia del incendio. Se observan manchones de hojarasca y una parte de leña fina del piso forestal sin quemar. No se observan evidencias de marcas de incendio sobre la corteza de los árboles.
2. **Moderado:** se observan evidencias solo del consumo parcial de hojarasca y de leña fina, la cual es afectada, mueren pocos árboles juveniles, plántulas y vegetación herbácea.

3. **Fuerte:** se observa el consumo total de la hojarasca y de leña fina. Gran parte del suelo queda desnudo de vegetación y de material orgánico. Casi todas las plántulas mueren, incluyendo algunos árboles jóvenes. Sobre el tallo de los árboles se observan marcas evidentes del incendio por arriba de 1 m.
4. **Muy fuerte:** se observa el consumo total de hojarasca y de leña fina. El suelo queda totalmente desnudo. Todas las plántulas mueren, incluyendo gran parte de árboles jóvenes. Sobre el tallo de los árboles adultos se observan marcas evidentes de incendio por arriba de 1 m.
5. **Severo:** cuando se consume gran parte de la leña gruesa, el suelo mineral queda completamente desnudo de vegetación y de material orgánico, muere gran parte del arbolado adulto. Se observan marcas evidentes de incendio en una gran porción del tallo de los árboles adultos. En ocasiones, un incendio severo puede ser producto de un incendio de copa.
6. **Muy severo:** cuando son consumidos todos los residuos forestales del piso forestal, incluso tallos o troncos gruesos del piso forestal son eliminados. El suelo mineral queda completamente desnudo y muere gran parte del arbolado adulto. Un incendio muy severo puede ser producto de un incendio de copa.

Erosión

Anotar el grado de pérdida o traslado de partículas del suelo de un lugar a otro, ya sea por factores naturales o antrópicos. Clasificar el grado de erosión de acuerdo con las siguientes clases:

0. **Ausencia:** no se puede visualizar el suelo mineral debido a la presencia de vegetación herbácea y/o arbustiva. Existe gran cantidad de material orgánico en proceso de incorporación al suelo (p. ej. hojas, leña fina y gruesa, etc.).
1. **Ligera:** se observa una ligera pérdida del horizonte superficial (horizonte A) por escurrimiento o por la acción del viento. Se presentan pequeños canalillos dentro y fuera de la parcela.
2. **Moderada:** se observa una mayor pérdida del horizonte superficial. Existen canalillos medianos (de 2 a 10 cm de profundidad) en formación y

poca materia orgánica en proceso de incorporación. Se observa un cambio gradual en la tonalidad del suelo. La exposición de raíces desnudas es evidente, así como la presencia de pedestales.

3. **Fuerte:** se observa una pérdida de 75 a 100 % del horizonte A, existen canalillos profundos, no existe materia orgánica y el suelo mineral tiene un color más claro de lo normal.
4. **Poco severa:** se observa una pérdida de 0 a 30 % del horizonte B, no existe materia orgánica y se perciben cárcavas en formación. Este tipo de erosión es muy intensa, formando cauces de más de 20 cm de profundidad. Además, se observan las raíces desnudas de algunos árboles.
5. **Severa:** se observa una pérdida de 30 a 60 % de horizonte B, presencia de cárcavas continuas, así como las raíces desnudas de los árboles e incluyendo las de otras formas de vida presente en la parcela.
6. **Muy severa:** este tipo de erosión es muy intensa y se observan grandes cauces o cárcavas de más de 100 cm de profundidad, así como las raíces de los árboles desnudas. No existe materia orgánica y el suelo mineral tiene un color más claro que el normal.

Tipo de erosión

Anotar el tipo o forma de desgaste de la superficie del suelo debido a factores erosivos en una de las siguientes clases:

1. **Laminar:** la pérdida del suelo es únicamente sobre la capa más superficial, aunque en condiciones severas, puede ir más allá de esta capa. Una característica común de este tipo de erosión es que la pérdida del suelo se presenta en forma de capas o laminas sobrepuestas una sobre otra de forma gradual, con apariencia de pequeños escalones o pedestales.
2. **Canalillos:** la pérdida del suelo se presenta en pequeños surcos o canalillos que varían desde pocos centímetros hasta varios centímetros de profundidad. Es posible observar algunos árboles con las raíces desnudas, pérdida de suelo y la exposición de algunas piedras y rocas.
3. **Cárcavas:** la pérdida del suelo se presenta en grandes canales. Generalmente, este tipo de erosión es muy severa, mostrando grandes cauces pro-

ducto del arrastre hídrico de toda la capa superficial. Frecuentemente quedan expuestas algunas raíces de los árboles.

Pastoreo

Anotar el impacto causado por el ganado mediante la cantidad de excretas y la densidad de huellas. Valorar, además, de forma cualitativa, la presencia de pastos y hierbas dentro y fuera de la parcela. Clasificar el grado del pastoreo en una de las siguientes clases:

0. **Ausencia:** no hay evidencia de la presencia de ganado dentro y fuera de la parcela. Se observan abundantes pastos y/o hierbas. No se observan caminos y/o huellas por donde transita el ganado.
1. **Ligero:** excretas apenas visibles en la parcela. No se observan caminos y/o huellas por donde transita el ganado. Se observa gran cantidad de pastos y hierbas dentro y fuera de la parcela.
2. **Moderado:** excretas dentro y fuera de la parcela, al menos una cada 10 m. Se observan pocas huellas y una cantidad moderada de pastos y hierbas.
3. **Fuerte:** excretas a menos de 10 m una de otra. Se observa marcadamente el rastro por donde pasta el ganado, así como poca cantidad de pastos y hierbas dentro y fuera de la parcela.
4. **Muy fuerte:** excretas a menos de 5 m una de otra. Se observa marcadamente el rastro por donde pasta el ganado, así como pastos y hierbas escasos dentro y fuera de la parcela.
5. **Intenso/severo:** se observa gran cantidad de excretas y de caminos por donde pasta el ganado y casi nula presencia de pastos y hierbas.
6. **Muy severo:** se observa gran cantidad de excretas y de caminos por donde pasta el ganado. El suelo se encuentra incluso erosionado por el efecto del pastoreo. Existe ausencia de pastos y hierbas.

Extracción de recursos forestales

Clasificar la corta o extracción no autorizada o controlada de recursos forestales (no incluir aquí actividades de autoconsumo). Distinguir entre:

- 1. Maderables:** cortas selectivas de alguna(s) especie(s) como la extracción de leña en gran cantidad, postes para cercado o pilotes, etc.
- 2. No maderables:** se observa la corta de ramas y/o copas, extracción de tierra de monte, hojas o flores de algunas especies vegetales (por ejemplo, té de tila), evidencias de elaboración de carbón, etc.

Capítulo 5. Datos fisonómicos de la vegetación

Vegetación arbustiva

Estimar visualmente el porcentaje del suelo cubierto por vegetación arbustiva dentro de la parcela, anotando el nombre completo de las especies presentes.

Como arbusto se considerará a plantas leñosas perennes, se distinguen de los árboles por presentar múltiples tallos y de menor altura. Los arbustos se ramifican desde la base o desde la parte más baja de su tallo. Normalmente los arbustos no superan los 4 metros de altura.

Vegetación herbácea

Estimar visualmente el porcentaje de suelo cubierto por vegetación herbácea dentro de la parcela, anotando el nombre completo de las especies presentes.

Pastos

Estimar de forma visual el porcentaje del suelo cubierto por pastos dentro de la parcela, anotando el nombre completo de las especies presentes.

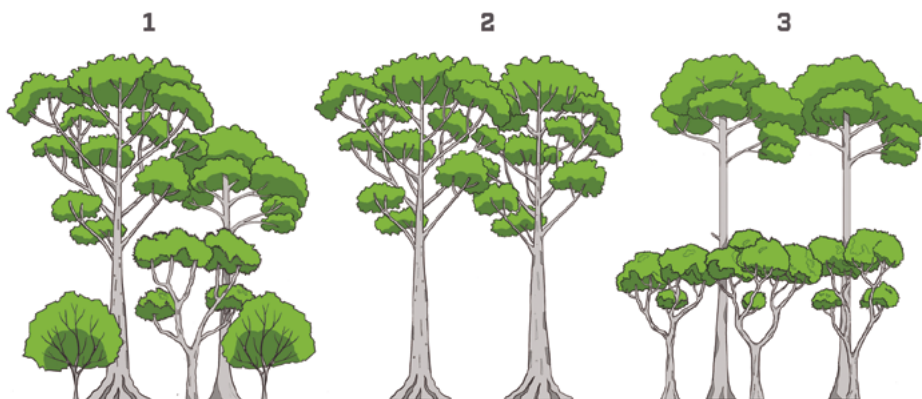
Otras formas de vida

Anotar la presencia de otras formas de vida como lianas, bejucos, epífitas, hongos, etc., siempre y cuando estas formas de vida se encuentren en forma abundante.

Número de estratos

Indicar el número de estratos que presenta la comunidad arbórea dentro de la parcela en función de la uniformidad del tamaño vertical (altura) y del tamaño de los diámetros de todos los individuos. Registrar en una de las siguientes clases (figura 8):

Figura 8: Clasificación del número de estratos.



1. *No se aprecian estratos verticales:* los árboles de la parcela pertenecen a diferentes o a la misma especie, todos los individuos son de varios tamaños, tanto en altura como en diámetro.
2. *Bosque de un estrato:* los árboles de la parcela son muy semejantes en tamaño, tanto en altura como en diámetro, generalmente son rodales formados por una sola especie. En ocasiones, pueden estar presentes más de dos especies, pero estas son de tamaño similar, tanto en diámetro como en altura.
3. *Bosque de dos estratos:* se observan dos estratos verticales bien diferenciados, cada uno de los estratos puede ser de una misma especie o de diferente especie. Cada estrato es muy semejante entre sí tanto en altura como en diámetro.

Estado de desarrollo del rodal

Indicar el estado de desarrollo que presentan los árboles del estrato principal, tomando en cuenta criterios morfológicos y de madurez sexual de acuerdo con la siguiente clasificación.

1. **Renuevo:** individuos menores de 5 cm de diámetro y menores de 1.30 m de altura. Generalmente son individuos pequeños con tallo aún flexible. Los individuos presentan yemas apicales en etapa de crecimiento.
2. **Joven:** individuos mayores a 5 cm de diámetro y mayores a 1.30 m, pero menores a 20 cm de diámetro. El tallo es poco flexible o se encuentra completamente firme. Aún no alcanzan a producir conos y/o frutos. Las yemas apicales se encuentran aún en etapa de crecimiento.
3. **Joven reproductivo/preadulto:** individuos mayores a 20 cm de diámetro. Se observa claramente la producción de conos y/o frutos (si el arbolado no se encuentra produciendo conos y/o frutos, en el suelo se observan conos y frutos producidos en años anteriores). Las yemas apicales se encuentran aún en etapa de crecimiento.
4. **Maduro:** individuos mayores a 30 cm de diámetro. Se observa la producción de conos y/o frutos en los árboles. Generalmente son árboles vigorosos cuyas yemas apicales se encuentran aún en etapa de crecimiento.
5. **Sobremaduro:** individuos de grandes diámetros (mayores a 80 cm). En ocasiones se observa una producción abundante de conos y frutos. Son individuos con corteza muy gruesa y no se observan evidencias de crecimiento de las yemas apicales. En el caso de encinos y otras latifoliadas, se pueden presentar cavidades en el tronco principal y en las ramas gruesas.

Traslape de copas

Indicar el grado de traslape de las copas de los árboles del dosel superior; este registro deberá realizarse mediante la observación directa en forma vertical de la cobertura del dosel superior. La estimación puede realizarse desde un punto fijo dentro de la parcela, o bien, realizar varias lecturas en distintos puntos a lo largo de un transecto perpendicular a la pendiente y, después, promediar las lecturas realizadas. Registrar una de las siguientes clases:

0. **Nula:** los árboles se encuentran relativamente alejados unos de otros, o bien, es posible que la parcela esté poblada por árboles por completo, pero las copas no se superponen una sobre la otra.
1. **Poca:** menos del 15 % de las copas de los árboles de la parcela llegan a superponerse.
2. **Moderada:** la mayor parte de los árboles de la parcela superponen sus copas con más de 15 % pero menos de 30 %.
3. **Fuerte:** la mayor parte de los árboles de la parcela superponen sus copas con más de 30 %.

Conos, frutos y/o semillas

Anotar la cantidad de conos, frutos y/o semillas visibles dentro de la parcela de acuerdo con las siguientes clases:

0. **Ausencia:** no se observan conos, frutos y/o semillas dentro y fuera de la parcela. Apenas se visualizan algunos elementos y se contabilizan con facilidad.
1. **Pocas:** escasa presencia de conos, frutos y/o semillas dentro o fuera de la parcela. Se visualizan algunos elementos y aún se contabilizan con facilidad.
2. **Regular:** se observan algunos conos, frutos y/o semillas en algunos puntos dentro y fuera de la parcela, son muy notorios estos elementos en el piso forestal y se dificulta contabilizarlos.
3. **Muchas:** se observa abundante número de conos, frutos y/o semillas dentro de la parcela, son muy notorios estos elementos en el piso forestal y no es posible contabilizarlos.

Capítulo 6. Datos del arbolado adulto

Número de árbol

Numerar progresivamente a cada uno de los árboles que se encuentren dentro de la parcela.

En parcelas circulares, se numera primero al árbol más cercano al centro de la misma, siempre tomando como inicio el árbol más cercano al azimut 0° o 360° ; posterior a esto, se numerará el árbol más próximo al árbol de inicio y así sucesivamente (figura 3).

Durante el proceso de numeración, a cada árbol se le colocará una etiqueta de aluminio a una altura inferior de 30 cm; sobre la etiqueta se debe anotar el número de árbol en la parte central, el número de parcela correspondiente en la parte superior derecha y el número de vértice en la parte inferior derecha (foto 2). Para el caso de parcelas circulares, todas las etiquetas deberán colocarse orientadas hacia el centro de la parcela, independientemente de que la parcela se encuentre sobre un terreno inclinado. Para el caso de parcelas rectangulares o cuadradas, la etiqueta se colocará en la parte inferior de la pendiente, si el terreno es relativamente plano, también la etiqueta se deberá colocar por la parte inferior donde se presente la mayor pendiente.

Si los árboles son marcados con etiquetas de aluminio, es importante que el clavo que se utilizará para sujetarlas quede perfectamente fijo, de tal manera que no se desencaje o se caiga si se desprende parte de la corteza con el transcurso del tiempo. También se debe asegurar la utilización de clavos de un tamaño adecuado, de tal manera que la etiqueta pueda desplazarse sobre el mismo con el crecimiento del árbol cuando menos hasta la siguiente medición (aprox. 5 años).

Otra alternativa para numerar los árboles es utilizar silicón, preferentemente de color blanco y a prueba de agua (foto 3). Si se emplea esta técnica,

primero es necesario remover la corteza suelta, musgo, enredaderas, etc. del tallo del árbol a una altura superior a 1.30 m. Posteriormente, se dibuja el número correspondiente mediante un movimiento suave; también se deberá marcar el número de parcela, así como la sección donde se encuentre el árbol.

Para el caso de la remediación, si no se encuentra la etiqueta correspondiente, si la etiqueta se dañó o el número es ilegible, será necesario reemplazar la etiqueta por una nueva; se debe tener mucho cuidado de copiar la misma información sobre la nueva etiqueta. Lo mismo aplica para la numeración con silicón, esto es, si el número se observa ilegible (por ejemplo, cubierto de musgo) será necesario redibujar la información correspondiente, de ser posible, en el mismo sitio donde se encuentra la información anterior.

En ocasiones, durante la remediación, es posible que no se localice uno o varios árboles previamente numerados; en estos casos se considerará como «árbol extraviado», indicando en el formato de campo con una «E» dentro de la casilla/espacio destinado para el registro del valor del DN (diámetro normal).

Pertenencia de los árboles a la parcela

Es común que se presenten situaciones de incertidumbre sobre la inclusión o no de un árbol en la parcela. Generalmente esto se debe a que los árboles se localizan justo sobre el perímetro de la misma, e incluso cuando los árboles se encuentran inclinados hacia dentro o fuera de la parcela. Este aspecto tiene implicaciones importantes en la determinación de parámetros de los datos registrados en la parcela.

Para tomar una decisión sobre la inclusión o no de los árboles en este caso, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Si el centro de la línea vertical del DN del árbol se encuentra dentro del perímetro que demarca la parcela, se debe incluir el árbol dentro de la misma.
2. Por el contrario, si el centro de la línea vertical del DN del árbol se encuentra fuera del perímetro que demarca la parcela, entonces se considera como fuera de la misma.
3. Si el centro del DN se encuentra justo en la línea que demarca el perímetro de la parcela, solo se incluirá el árbol si la mayor proporción de la copa del árbol está dentro de la parcela.

4. Si el árbol se inclina con su mayor dimensión fuera de la parcela, pero la línea vertical del centro del DN se encuentra dentro del límite de la parcela, el árbol se considera como perteneciente a la parcela.
5. Por el contrario, si el árbol se inclina con su mayor dimensión dentro de la parcela, pero la línea vertical del centro del DN se encuentra fuera del límite de la parcela, el árbol se considera como no perteneciente a la parcela.
6. Si aun con las anteriores consideraciones no se puede tomar una decisión sobre la pertenencia del árbol a la parcela, entonces se deberá alternar uno dentro, el siguiente como fuera, y así sucesivamente. Iniciar considerando primero el árbol como perteneciente.

Incorporaciones

En el caso de encontrar incorporaciones durante la remediación, a cada árbol incorporado se le asignará un número consecutivo posterior al último árbol de la parcela.

En caso de tener árboles muertos, cortados o extraviados, es importante no reutilizar su número y asignarlo al árbol recién incorporado.

Nota: para las incorporaciones cuya pertenencia o no a la parcela sea dudosa, se deben considerar los mismos criterios que para los árboles adultos.

Árboles muertos

Se contabilizará como árbol muerto a los individuos muertos solo durante la remediación de una parcela. Los árboles encontrados muertos al momento del establecimiento de la parcela no se toman en cuenta durante el inventario y, por lo tanto, en la numeración.

Numeración de árboles pequeños y plántulas

Para numerar árboles pequeños (por ejemplo, < 5 cm; DN), se pueden utilizar etiquetas previamente fabricadas con algún tipo de material reciclado y durable, sujetándolas al árbol con alambre de cobre, cinchos o flejes de plástico.

Mapeo del arbolado dentro de la parcela

Para el caso de parcelas circulares, ubicar la posición de cada árbol dentro de la parcela, siguiendo la misma técnica que se siguió para el mapeo de los árboles testigo (figura 1). Para parcelas cuadradas o rectangulares, el procedimiento será en coordenadas x y y . Si la parcela fue dividida en secciones, es importante señalar en la hoja de campo en qué sección se ubica el árbol respectivo.

Diámetro del árbol

Diámetro normal

Se medirán todos los árboles a partir de 5 cm de diámetro, registrando este valor en centímetros con aproximación en milímetros (figura 9).

La medida del diámetro⁶ de un árbol (diámetro normal, DN)⁷ consiste en establecer el tamaño de su circunferencia a una altura de 1.30 m sobre el nivel del suelo y a favor de la pendiente, con excepción de casos especiales, como se mencionan en el APÉNDICE 1.

Para realizar la medida del DN en especies tropicales que producen contrafuertes, protuberancias, espinas y cualquier otro tipo de irregularidades que no represente estrictamente una circunferencia, se recomienda utilizar forcípula en lugar de cinta diamétrica. Si se utiliza forcípula, se deberán tomar al menos dos medidas, una por la parte más ancha y otra por la más angosta del tronco.

⁶ La medida del diámetro con cinta diamétrica representa la medida del perímetro (P) del tronco/diámetro (D) del árbol que surge de la ecuación: $D = P / \pi$. Unidades de circunferencia o unidades π (pi de 3.1416).

⁷ El DN (llamado de forma incorrecta DAP, diámetro a la altura del pecho), es una medida estandarizada del diámetro de referencia, ubicado a 1.30 m de altura por arriba de la pendiente. La ubicación de la medida del DN a 1.30 m de altura, resulta del promedio de alturas a las que se mide el DN en otras latitudes. Por ejemplo, en la mayoría de países europeos 1.29 m (4 pies y 3 pulgadas); en Asia (por ejemplo, Japón) 1.25 m; en E.U.A: 1.37 m (4 pies y 5 pulgadas) (Lema Tapias, 1995).

Diámetro de la base

Medir el diámetro a una altura de 30 centímetros sobre el nivel del suelo y a favor de la pendiente, ya sea sobre el árbol si está en pie o sobre el tocón que ha quedado en el área después de una corta.

Esta medida es útil para estimar la intensidad de la corta, cuantificar cortas clandestinas, para caracterizar la estructura original, calcular volúmenes extraídos (o biomasa) e incluso para estimar captura de carbono.

Figura 9: Medición del diámetro del árbol.



Observaciones de importancia

El DN es un dato de gran relevancia, por lo tanto, una medida exacta del mismo es fundamental, dado que a partir de este se deriva información básica como el volumen, el área basal e información silvícola elemental como el incremento corriente anual, el incremento medio anual, el incremento periódico anual, entre otras.

Al momento de medir el DN, es esencial colocar la cinta diamétrica perpendicular al tronco del árbol, rodeando cuidadosamente el mismo y evi-

tando que la cinta se doble. Si la cinta no es colocada exactamente en forma perpendicular al tronco del árbol, se pueden cometer errores sistemáticos y, por lo tanto, una potencial sobreestimación del tamaño del diámetro de los árboles (Muller-Landau *et al.*, 2014).

De la misma manera, es importante marcar de manera permanente el punto donde se posicionó la cinta diamétrica, esto aun cuando la lectura se haya realizado arriba de 1.30 m. Este punto puede marcarse con silicón, pintura acrílica o cualquier otro material que perdure cuando menos hasta la siguiente remediación (foto 4).

Cuando un árbol presente plantas adheridas (otro árbol, musgo, lianas, epífitas, *matapalos*, etc.) sobre su tallo, se deben separar del tallo con el fin de realizar una medida lo mas precisa posible del DN. Se debe tener cuidado de no dañar significativamente la corteza. De no ser posible, el uso de forcípulas es una buena alternativa (véase el APÉNDICE 1 para situaciones especiales de la medida del diámetro).

Es importante realizar el registro del dato del DN lo más exacto posible y evitar el redondeo de su valor (por ejemplo, 18.8 no redondear a 19 0, en su defecto, a 18.5).

Para obtener una medida del DN lo más exacta posible, es recomendable utilizar cintas diamétricas, así como forcípulas en buen estado. Para el caso de cintas diamétricas, preferentemente utilizar cintas de fibra de vidrio o metálicas inextensibles.

Límite inferior de medición del DN para árboles adultos

El límite inferior de medición del DN de los árboles adultos dependerá de los objetivos del estudio. Sin embargo, en el presente documento se propone como límite inferior 5 centímetros, principalmente en bosques de coníferas. Sin embargo, esta medida podrá ser de 2.5 centímetros para el caso de ecosistemas de manglar y de 15 centímetros principalmente cuando se trata de bosques tropicales, caducifolios y subcaducifolios.

Especie

Anotar el nombre científico completo de cada uno de los individuos arbóreos localizados dentro de la parcela.

Para los individuos cuyo nombre científico sea difícil de identificar durante el trabajo de campo, se colectarán ejemplares de los mismos, tratando de que el material colectado reúna las estructuras botánicas apropiadas para su posterior identificación taxonómica y que, al mismo tiempo, sirvan como material de referencia en el herbario (véase el APÉNDICE II).

Nombre común

Si se encuentran individuos de los cuales no se conozca el nombre científico, alternativamente se anotará el nombre común (puede ser el nombre dado por la población local) o se le dará un nombre clave de muestreo que permita su posterior identificación. En la medida de lo posible, tanto para el nombre científico como para el nombre común, se deberá evitar la utilización de acrónimos para nombrar a las especies.

Edad

Este registro, en coníferas, se realizará a partir del conteo del número de anillos de crecimiento de virutas o cilindros epidométricos, extraídos con un taladro Pressler a 1.30 m de altura del tronco del árbol y perpendicular a la pendiente. Si es posible, determinar la edad de los árboles a los cuales se medirá la altura.

Para determinar la edad de los árboles, se deberá contar el número de anillos de crecimiento, iniciando de adentro (del centro del árbol) hacia fuera de la viruta extraída. En el caso de coníferas y para los árboles mayores a 5 cm de diámetro, será necesario agregar el tiempo aproximado que tardó el árbol en alcanzar la altura de 1.30 m (según la localización del área de trabajo puede variar de 3 a 5 años).

Para árboles de coníferas menores de 5 cm, es posible estimar la edad contando el número de verticilos. En el caso de especies que no presentan ani-

llos de crecimiento anuales, o bien, para especies tropicales, será necesario hacer uso de técnicas dendrocronológicas, o bien, utilizar equipo especial como dendrómetros o mediciones periódicas.

Es importante poner atención a la malformación de anillos de crecimiento, como es el caso de los falsos anillos de crecimiento, anillos difusos, anillos no concéntricos, etc.

Amplitud de los anillos

Este registro se realizará midiendo la amplitud de los últimos 10 anillos de crecimiento. El registro de esta medida será en centímetros con aproximación a milímetros.

Esta medida se puede llevar a cabo sobre las mismas virutas que fueron utilizadas para determinar la edad del árbol. Es recomendable la extracción de dos virutas de un mismo individuo, una a favor de la pendiente y otra opuesta a esta. Con los valores de ambas mediciones se obtendrá un valor promedio.

Al realizar el conteo de los anillos de crecimiento, se debe identificar claramente la zona de cámbium y el último anillo de crecimiento. En particular, el último anillo de crecimiento debe ser excluido del conteo debido a que este se encuentra en formación y, por lo tanto, está incompleto.

Grosor de corteza

Medir el grosor de la corteza en centímetros con aproximación a milímetros. La medición deberá realizarse perpendicular a la pendiente (de la misma forma como se midió el DN). Al igual que en la medida de la amplitud de los anillos, se deberán realizar dos medidas del grosor de la corteza: una a favor de la pendiente y otra opuesta a la misma, para obtener un promedio de ambas. Para realizar este registro, se deberá utilizar como instrumento de medición un medidor de corteza diseñado para este fin.

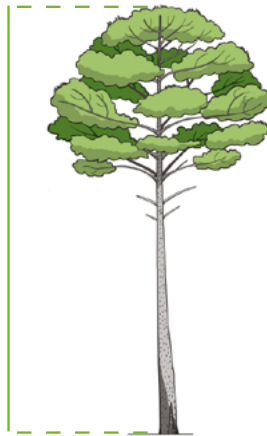
Altura total

La altura de un árbol es la longitud vertical desde su base hasta la punta del árbol. Deberá registrarse en metros con aproximación en decímetros; para llevar a cabo este registro puede utilizarse Pistola Haga, Hipsómetro o un medidor láser (figura 10).

Para el caso de remediciones, es decir, cuando ya se cuenta con un registro de este parámetro, es importante llevar a cabo este registro del mismo lado del árbol que el registro anterior; de ser posible, marcar sobre el árbol el lado por donde fue realizada la lectura; se recomienda registrar esta información en la hoja de campo.

Se recomienda medir preferentemente todos los árboles que se encuentren dentro de la parcela; sin embargo, cuando esto no sea posible, se deberá realizar un submuestreo de las alturas (véase el APÉNDICE 1).

Figura 10: Altura total de un árbol.



Nota: la altura de los árboles, al igual que el DN, es uno de los datos más importantes de la parcela. Con datos de altura y diámetro se realizan estimaciones importantes, como cálculo de biomasa, volumen de madera, etc. De esta manera, es de utilidad distinguir secciones del árbol relacionados con su altura de la siguiente manera:

- altura total;
- longitud del fuste limpio (llamado también comercial);
- longitud de la copa.

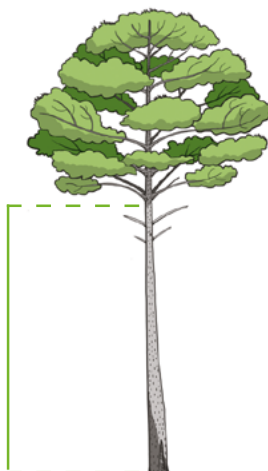
Por su parte, la copa de los árboles debe describirse usando los siguientes datos:

- amplitud o diámetro de la copa;
- forma de la copa;
- continuidad del follaje de la copa.

Longitud del fuste limpio

Distancia comprendida desde la base del árbol hasta el punto de inicio de inserción de los primeros verticilos o ramas vivas que constituyen la copa del árbol (figura 11). Dentro del fuste limpio, o también llamado «altura comercial», se ignoran algunas ramas vivas/ epicórmicas y ramas aisladas dentro de esta sección. Medir en metros con aproximación en decímetros.

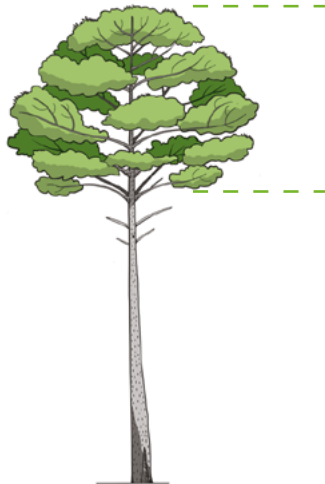
Figura 11: Longitud del fuste limpio de un árbol.



Longitud de la copa

Distancia comprendida desde la punta del árbol hasta el conjunto de ramas vivas y relativamente gruesas más bajas que forman una continuidad entre los puntos antes mencionados (figura 12). Medir en metros con aproximación en decímetros. Esta medida también se puede realizar visualmente en porcentaje, tomando como referencia la altura total del árbol. La suma de la longitud del fuste limpio y la longitud de la copa constituyen la altura total del árbol.

Figura 12: Longitud de copa de un árbol.



Amplitud o diámetro de la copa

Es la amplitud de la proyección horizontal de la copa del árbol. Esta medida se realiza en dos puntos: uno perpendicular a la pendiente y otro a favor de la misma. En terrenos relativamente planos y/o copas asimétricas, se realizarán dos medidas: una sobre el diámetro mayor de la copa y otra sobre el diámetro menor. Medir en metros con aproximación en decímetros. Alternativamente, se puede registrar el radio de la copa, en este caso medir la distancia desde uno de los lados del fuste hasta una de las orillas de la copa.

Medir en metros con aproximación en decímetros. La amplitud de la copa se obtendrá utilizando la fórmula del círculo (área) ($C = \pi * r^2$).

Forma de la copa

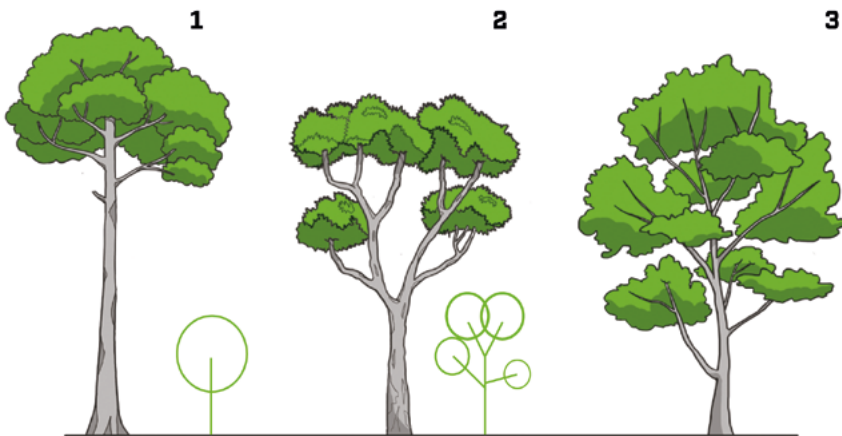
Forma de la silueta o contorno que presenta la disposición del follaje en su conjunto. Caracterizar en una de las siguientes clases:

1. Triangular
2. Circular
3. Ovalada
4. Irregular: no se aprecia con facilidad la forma de la copa.

Continuidad del follaje de la copa

Caracterizar la continuidad del follaje de la copa del árbol, independientemente de su forma, en una de las siguientes clases (figura 13):

Figura 13: Ejemplos de copa simple [1], múltiple [2] e irregular [3].



1. **Copa simple:** cuando el follaje forma un solo conjunto de hojas. En este caso se aprecia que la disposición de las hojas forma un continuo desde la punta hasta la base de la copa.
2. **Copa múltiple:** cuando el follaje no forma un solo conjunto de hojas. En este caso se aprecia que la disposición de las hojas se integra de dos o más conjuntos de hojas desde la punta hasta la base de la copa.
3. **Copa irregular:** cuando el follaje no se logre ubicar en ninguna de las condiciones anteriores.

Calidad del fuste

Realizar una evaluación cualitativa del estado en el que se encuentra el fuste en función de las siguientes características:

1. **Excelente:** fuste recto, sin daños y casi sin ramas en toda su longitud; el árbol presenta una copa pequeña y simétrica.
2. **Bueno:** fuste recto, sin daños y con muy pocas ramas; si se presentan ramas, estas se observan principalmente antes del inicio de la copa; el árbol presenta copa pequeña y simétrica.
3. **Regular:** fuste recto con uno o varios daños; se observan pocas ramas a lo largo del mismo; el árbol presenta copa mediana y relativamente simétrica.
4. **Malo:** fuste retorcido o arqueado; presenta uno o varios daños de consideración; se observa gran cantidad de ramas a lo largo del mismo; el árbol presenta copa grande y relativamente asimétrica.
5. **Muy malo:** fuste retorcido o arqueado; presenta daños notorios y/o numerosos; se observa gran cantidad de ramas.

Clase silvícola

También conocida como «posición sociológica», es la ubicación de la copa con respecto a la altura máxima de la copa de los árboles vecinos, así como el grado de desarrollo de la misma, incluyendo la calidad del fuste (figura 14). Para este registro, tomar como referencia las siguientes clases de acuerdo a Kraft (1884):

1. (D) **Dominantes:** son los árboles fenotípicamente más sobresalientes del dosel; poseen diámetros grandes y fuste recto y único, libre de ramas en casi su totalidad; presentan copas bien desarrolladas y simétricas. Una característica de importancia es que la copa de este tipo de árboles recibe luz solar todo el día.
2. (CD) **Codominantes:** son árboles parecidos a los dominantes, pero un poco más pequeños y de copas más estrechas, también presentan diámetros grandes y fuste recto; generalmente se encuentran por abajo del dosel de los árboles dominantes. Una característica de importancia es que la copa recibe luz solar durante casi todo el día, principalmente cuando la copa de los árboles dominantes no interfiere en la proyección de la luz solar.
3. (I) **Intermedio:** son árboles de copas menos vigorosas o desarrolladas; en ocasiones, se observan con la copa significativamente más pequeña que la de los anteriores árboles, o bien, con copa asimétrica; por lo general son árboles que se encuentran por debajo del dosel de los árboles codominantes, con fustes más pequeños. La copa no recibe luz solar directa en ningún momento del día, debido a la obstrucción de la copa de los árboles dominantes y codominantes.
4. (S) **Suprimido:** árboles de diámetros inferiores a la media general de la parcela y de copas pequeñas; en ocasiones se observa que la copa esta muerta pero el árbol vivo. Como regla general, son los árboles que se encuentran por debajo del dosel general de la parcela. La copa no recibe luz solar en ningún momento del día, debido a la obstrucción de la copa de los árboles dominantes y codominantes.
5. (L) **Árbol lobo (Árbol predominante):** al igual que los árboles dominantes, estos son generalmente árboles fenotípicamente sobresalientes del dosel; con diámetros grandes y fuste recto y único; sin embargo, este tipo de árboles presenta una gran cantidad de ramas, en el mayor de los casos, presenta ramas muy gruesas en la totalidad de su fuste o, cuando menos, a partir de la mitad de mismo. Desde un punto de vista silvícola, esta característica es indeseable a mantener en los árboles del rodal, debido a que son individuos de baja calidad desde un punto de vista comercial.

Figura 14: Clases silvícolas para evaluar posición sociológica en árboles.



Nota: es importante que al registrar la clase silvícola de un árbol, se considere en el contexto a los árboles vecinos inmediatos al individuo que se esté clasificando. Además, se debe tomar en cuenta la especie a clasificar, debido a que algunas especies no desarrollan grandes alturas y, por lo tanto, no llegarán a constituir parte del dosel superior; en este caso, no deberán considerarse como individuos suprimidos.

Vigor

Registrar la manifestación del estado de salud o robustez del árbol con respecto al entorno donde crece en una de las siguientes clases:

1. **Buena:** son árboles de aspecto vigoroso y saludable, con buena cantidad de follaje, copas simétricas, tallo fuerte, vigoroso y sin daños mecánicos o patológicos visibles.
2. **Regular:** son árboles de aspecto relativamente vigoroso y saludable, copa relativamente simétrica y con buena cantidad de follaje para predecir que sobrevivirán al menos hasta la siguiente remediación.

3. **Pobre:** son árboles generalmente suprimidos, con copas asimétricas, poco follaje y de aspecto débil, con poca probabilidad de sobrevivir en la siguiente remediación.
4. **Muy pobre:** son árboles muy suprimidos, con copas muy escasas y de aspecto sumamente débil y, aunque son árboles vivos, son de apariencia muerta.

Daños

Anotar el daño o daños mecánicos y/o patológicos que presente el árbol de acuerdo las siguientes clases:

1. **Sin daño.**
2. **Resinado:** cuando del árbol se haya eliminado parte de la corteza en líneas opuestas, con la finalidad de extraer resina del mismo.
3. **Ocoteado:** cuando el árbol presenta cortes/tajos hechos con el fin de extraer ocote (principalmente de género *Pinus*).
4. **Cinchado:** cuando en todo el perímetro del tronco se elimina la corteza hasta la zona de cámbium.
5. **Quemado:** cuando el árbol presenta cicatrices provocadas por incendios forestales.
6. **Desramado:** cuando se haya eliminado gran parte de las ramas del árbol (principalmente se presenta en árboles jóvenes).
7. **Rayado:** este daño es causado principalmente al arbolado de zonas de aprovechamientos forestal; consiste en una cicatriz en forma de raya sobre el fuste.
8. **Quebrado:** este daño generalmente ocurre en áreas de aprovechamiento forestal y es ocasionado al momento del derribo de árboles adyacentes.
9. **Lacrado:** cuando se observan pudriciones en el fuste y/o ramas gruesas de los árboles.
10. **Insectos:** cuando se observan orificios en el fuste, así como pequeños grumos de resina ocasionados por insectos descortezadores y/o barrenadores.
11. **Fungosis:** cuando se observe la presencia de hongos de la madera en fuste y ramas, o bien, cuando se observe un color fuera de lo normal, principalmente en hojas.

12. ***Derribado por viento***: son árboles caídos que muestran las raíces fuera de la superficie del suelo.
13. ***Despuntado***: cuando los árboles en pie se observen con la punta rota (común en zonas de aprovechamiento forestal).
14. ***Corta clandestina***: cuando se encuentre tocones sin marca de autorización para la corta.
15. ***Roedores***: en estado juvenil o plantaciones forestales recientes estos daños se distinguen de otro tipo de lesiones a través de cicatrices abiertas sobre las partes jóvenes de los árboles (yemas de crecimiento).
16. ***Otros***: (especificar en observaciones).

Nota: si un árbol presenta algún(os) daño(s), se deberá anotar, además, la ubicación del daño sobre el árbol en uno de los siguientes rangos:

- 1/3, primer tercio del fuste;
- 2/3, segundo tercio del fuste;
- 3/3, tercer tercio del fuste.

Cavidades

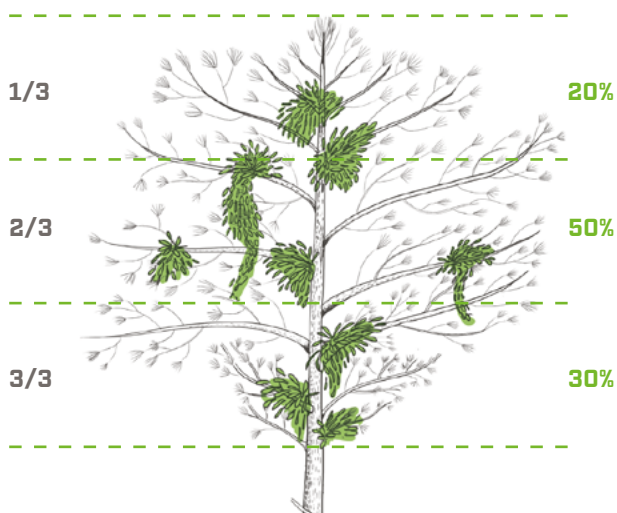
Anotar si el árbol presenta oquedades en el tronco principal y/o ramas gruesas, las cuales puedan ser utilizadas para la reproducción, anidamiento o forrajeo por la fauna silvestre. Anotar el número de cavidades, la orientación de cada oquedad con respecto al norte magnético, así como la altura en que se ubique(n) la(s) cavidad(es), o bien, en el tercio del fuste en que se observe(n).

Muérdago

Clasificar el grado de infección de las especies holo y hemiparásitas de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Dividir a la copa del árbol en tres niveles de igual anchura en forma vertical.
2. Determinar el porcentaje de infección de las ramas principales para cada nivel (figura 15).

Figura 15: Esquema para clasificar infección por muérdago.

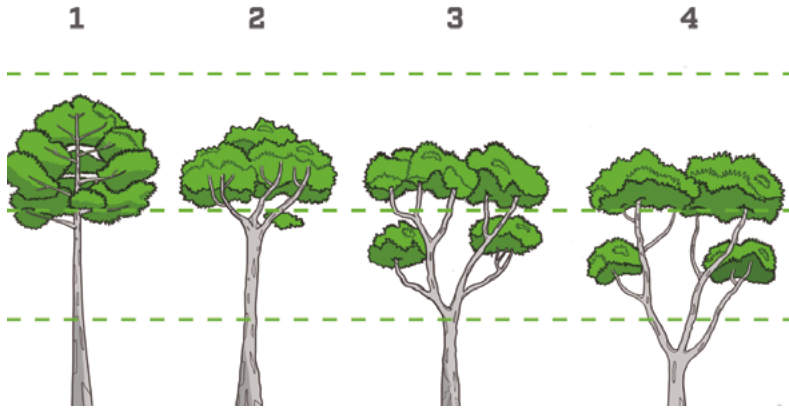


Tipo de árbol

En este punto se deberá señalar el tipo de bifurcación del árbol de acuerdo con las siguientes clases (figura 16):

1. Fuste único
2. Bifurcado en el tercer tercio
3. Bifurcado en el segundo tercio
4. Bifurcado en el primer tercio

Figura 16: Clasificación de posición de bifurcaciones en el árbol.

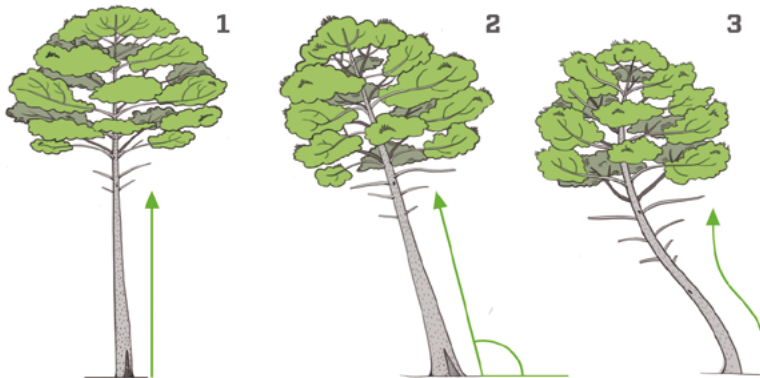


Posición

Referirnos al grado de verticalidad del árbol con respecto a la superficie del suelo. Clasificarlo en una de las siguientes tres clases (figura 17):

1. Árbol vertical
2. Árbol inclinado
3. Árbol curvo

Figura 17: Clasificación de la verticalidad de los árboles.



Capítulo 7. Datos de las plántulas y de los juveniles

Juveniles

En parcelas circulares se instala una subparcela anidada a partir del centro de la principal parcela permanente con la finalidad de registrar individuos juveniles considerados como aquellos árboles menores a 5 cm de diámetro y mayores de 1.30 m.

Para establecer la subparcela anidada, se traza un radio en función del radio trazado para la parcela principal. Una vez definido el tamaño de la subparcela, se registran los árboles menores de 5 cm de diámetro normal y mayores de 1.30 m (siguiendo la misma técnica utilizada con árboles mayores de 5 cm de diámetro), registrando los siguientes datos:

Diámetro

Registrar el diámetro de cada individuo, tomando la medida lo más próxima a la superficie del suelo, en centímetros con aproximación a milímetros. Para realizar esta actividad, debido al tamaño de estos individuos, es conveniente utilizar un vernier digital en lugar de una cinta diamétrica (foto 5), esto asegura una mayor exactitud en su registro.

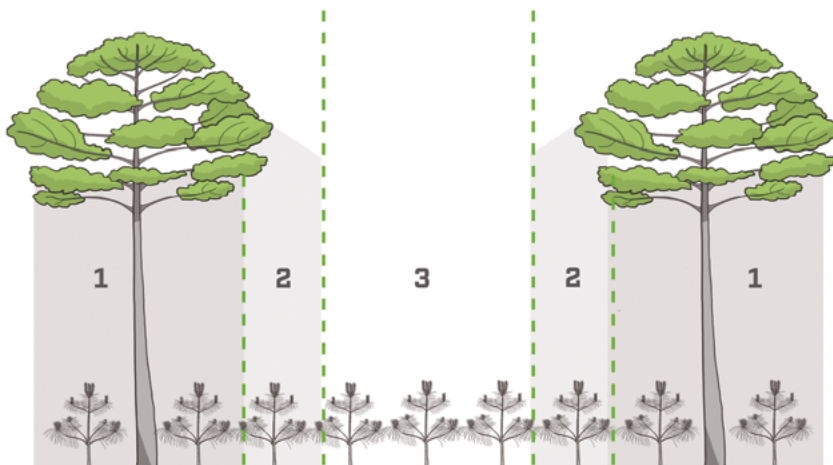
Foto 5: Medición de diámetro en juveniles utilizando un vernier.



Ubicación

Se registra la localización de cada individuo con respecto al dosel superior en las siguientes clases (figura 18):

Figura 18: Localización de juveniles con relación al dosel.



1. **Bajo dosel:** si el individuo se encuentra bajo el dosel del estrato superior.
2. **Margen:** si el individuo se encuentra al margen o borde de la copa de uno o varios árboles del estrato superior.
3. **Claro:** si el individuo se encuentra en un claro dentro de la parcela, es decir, si no se observa obstrucción de la luz por las copas de los árboles del estrato superior.

Altura

Registrar la altura de cada individuo, con aproximación a centímetros, siguiendo las mismas indicaciones que para el arbolado adulto. Cuando sea posible, se puede utilizar un flexómetro, cinta métrica o incluso una regla de madera (foto 6).

Foto 6: Medición de altura con cinta métrica.



Plántulas

Para el registro de individuos clasificados como plántulas, considerar a los individuos menores de 5 cm de diámetro y menores de 1.30 m en cuadros de 1 m², identificando y contando el número de individuos de cada especie, su altura (figura 19), ubicación y vigor (este último registro tomando como referencia la clasificación del arbolado mayor de 5 cm de diámetro).

Figura 19: Altura de plántulas.



Especie

En ocasiones, es difícil identificar la especie en esta categoría de plántula, por lo tanto, se debe consultar a expertos para la identificación de los individuos que se encuentran en esta categoría. Una alternativa es el uso de guías locales de la flora que auxilien en la identificación de cada especie, sin embargo, en la mayoría de los casos no se cuenta con estos documentos.

Ubicación

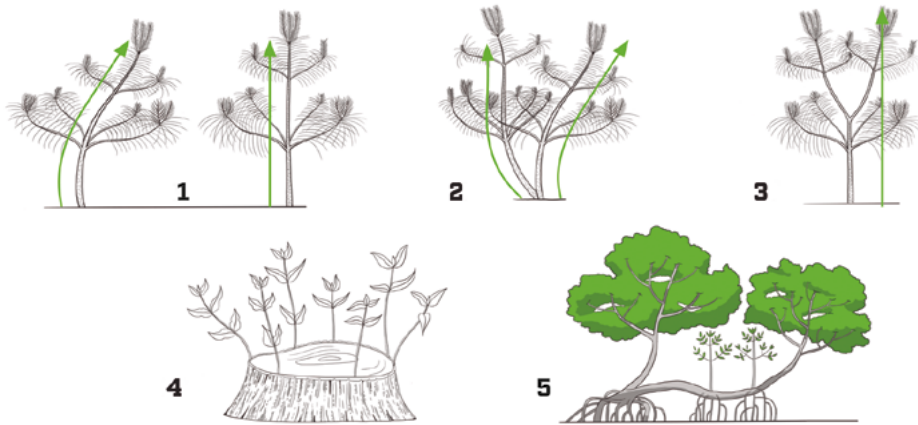
Se registra la ubicación de la misma forma que para juveniles (figura 18):

1. ***Bajo dosel:*** si la plántula se encuentra bajo el dosel del estrato superior.
2. ***Margen:*** si la plántula se encuentra al margen o borde de la copa de uno o varios árboles del estrato superior.
3. ***Claro:*** si la plántula se encuentra en un claro dentro de la parcela, es decir, si no se observa obstrucción de la luz por las copas de los árboles del estrato superior.

Altura

Se registra la altura con aproximación a centímetros, siguiendo las mismas indicaciones que los juveniles. A continuación, algunos casos especiales (figura 20).

Figura 20: Consideraciones para medición de altura en plántulas.



1. Si la plántula se encuentra inclinada, enderezarla y medir la altura desde la base hasta la yema apical.
2. Si desde la base se observan múltiples tallos, considerar cada tallo como un individuo.
3. Si, por el contrario, se observa que el tallo se ramifica por arriba de la base, solo se considera el tallo principal o líder, midiendo desde la base hasta la yema apical.
4. Si se encuentran tocones con múltiples brotes, cada brote se contabiliza como un individuo.
5. Si se encuentra una rama o tallo inclinado que esté en contacto con la superficie del suelo y sobre el cual se observen rebrotes con raíces, considerar cada rebrote como individuos separados (manglar).

Apéndices

Apéndice 1. Consideraciones especiales para la medida del diámetro normal y la altura

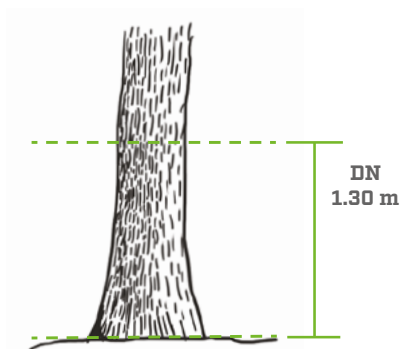
Diámetro normal

El diámetro normal (DN) se mide habitualmente a 1.30 m de altura sobre la superficie del suelo y a favor (arriba) de la pendiente. Si sobre la base del árbol a medir se encuentra acumulación excesiva de material leñoso, hojarasca, troncos caídos, incluso piedras o tierra acumulada que impida realizar una medición apropiada del DN, se deberán remover estos obstáculos antes de realizar la medición, esto con el fin de posicionarse lo más próximo a la base de árbol y, de esta manera, obtener una medida lo más cercana posible a 1.30 m.

Otras consideraciones

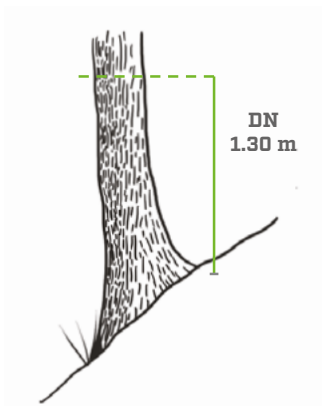
1. Si el árbol se encuentra en un terreno plano, medir el DN a 1.30 m sobre el nivel del suelo (figura 21).

Figura 21: Árbol vertical en terreno plano.



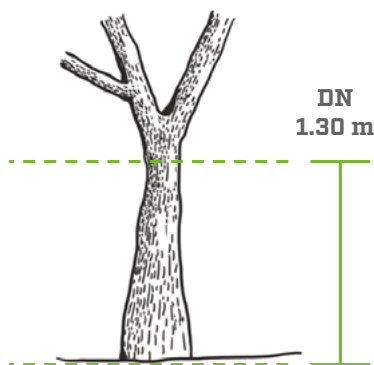
2. Cuando el árbol se encuentre en un terreno inclinado, medir el DN a la altura de a 1.30 m por la parte superior del terreno de forma vertical (figura 22).

Figura 22: Árbol vertical en terreno inclinado.



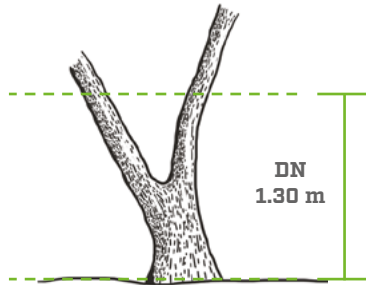
3. Si el árbol se bifurca por arriba de 1.30 m, se considera un solo árbol, midiendo el DN a la altura de 1.30 m (figura 23).

Figura 23: Bifurcación arriba de 1.30 m.



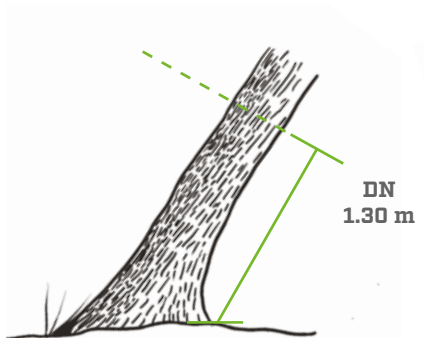
4. Si el árbol se bifurca por debajo de 1.30 m, se considera cada fuste o tronco como un árbol individual, midiendo el DN de cada uno de los fustes a la altura de 1.30 m (figura 24). A cada fuste se le coloca su respectivo número o etiqueta.

Figura 24: Bifurcación abajo de 1.30 m [se consideran dos árboles].



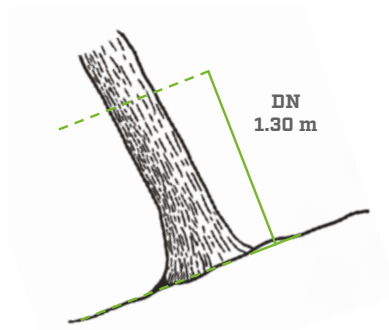
5. Cuando el árbol está inclinado y se encuentra en un terreno plano, medir el DN a la altura de 1.30 m por la parte inferior del fuste (figura 25).

Figura 25: Árbol inclinado en terreno plano.



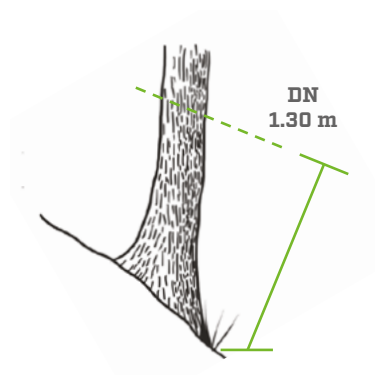
6. Cuando el árbol está inclinado y se encuentra en un terreno inclinado, medir el DN a la altura de 1.30 m por la parte superior del fuste (figura 26).

Figura 26: Árbol inclinado en terreno inclinado.



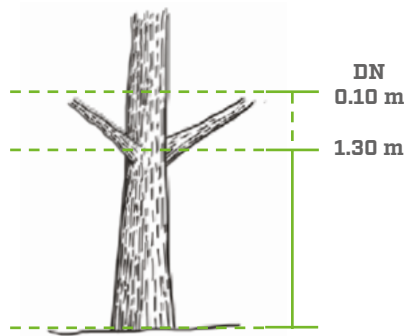
7. Cuando el árbol está inclinado hacia uno de los costados (por ejemplo, derecha o izquierda) de la pendiente, medir el DN a la altura de 1.30 m por la parte inferior del fuste (figura 27).

Figura 27: Árbol inclinado hacia un costado en pendiente.



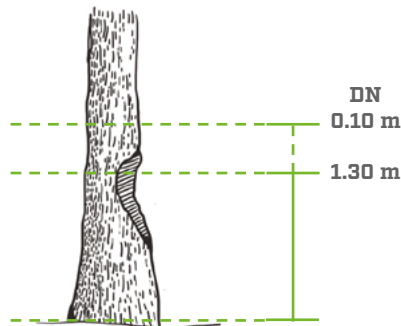
8. Si el árbol presenta alguna rama a la altura de 1.30 m, el DN se mide 10 cm arriba de la ramificación (figura 28).

Figura 28: Medición 10 cm arriba de ramificación.



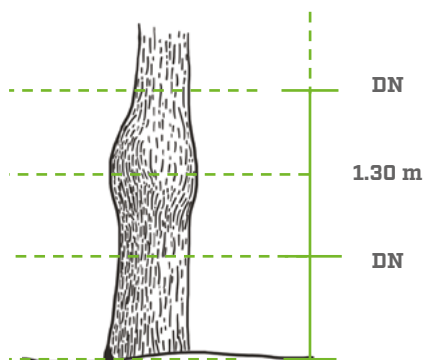
9. Si el árbol presenta alguna deformación o daño en el tronco a la altura de 1.30 m, el DN se mide 10 cm arriba del daño o deformación y donde no presente daños (figura 29).

Figura 29: Medición 10 cm arriba del daño.



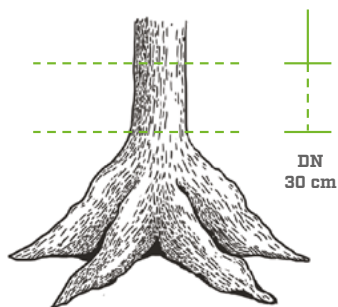
10. Alternativamente, si el árbol presenta deformaciones, o bien, daños sobre la altura de la medición, realizar dos registros: uno arriba de la deformación o daño y otro debajo, y promediar ambos registros (figura 30).

Figura 30: Medir arriba y abajo de la deformación y promediar.



11. Si el arbolado presenta contrafuertes (raíz comprimida lateral que se forma en la base del tronco de algunos árboles, principalmente en especies tropicales), medir el DN 30 cm arriba del contrafuerte más alto (figura 31).

Figura 31: Medición 30 cm arriba del contrafuerte más alto.



Apéndice 2. Consideraciones para la colecta de especímenes

Para identificar una especie cuya identidad no se haya conseguido en campo, es necesario coleccionar ejemplares botánicos de la misma.

El material botánico deberá reunir un número mínimo de elementos taxonómicos de importancia, de tal manera que el material coleccionado sirva además como ejemplar de herbario. Las normas de colecta varían de acuerdo con las especies, pero en general cualquier espécimen a identificar deberá contar con un mínimo de estructuras vegetativas de importancia, tales como hojas, flores, frutos y, de ser posible, yemas de crecimiento. También se debe incluir información sobre la especie no identificada, como tamaño del diámetro, altura, disposición de las ramas, tipo de copa, entre otras.

Para el caso de coníferas, se deberán coleccionar las hojas (acículas), conos maduros e inmaduros. En todo caso se deberá tomar nota de la altura en que se encuentran y la forma de inserción en las ramas, coleccionando, además, un pedazo de corteza.

Cuando las plántulas son pequeñas, poseen, en la mayoría de los casos, características morfológicas distintas de aquellas que presentan las medianas y grandes, por lo que es recomendable coleccionar tres ejemplares de cada tamaño. Las de tamaño pequeño se coleccionan completas, utilizando (si es posible) una pala pequeña para su extracción.

Durante la colecta, se recomienda utilizar una bolsa de plástico, dentro de la cual se irán almacenando los ejemplares para su posterior prensado. Además, es necesario contar con bolsas pequeñas para almacenar flores y frutos adicionales a los que estén adjuntos a los ejemplares coleccionados. Registrar los datos de la planta/árbol de la cual fueron coleccionadas estas estructuras.

Durante el prensado, si el tamaño del ejemplar es demasiado grande, se puede doblar el tallo, o bien, cortar el tallo en varias secciones representativas (en donde se incluya hojas, yemas de crecimiento, flores y frutos) para su posterior traslado al herbario.

Es muy importante señalar que no se debe coleccionar material del suelo. Del material coleccionado es necesario registrar toda la información sobre la localización geográfica de la colecta: elevación, exposición, la fecha de colecta y los nombres de quienes realizaron el trabajo de campo.

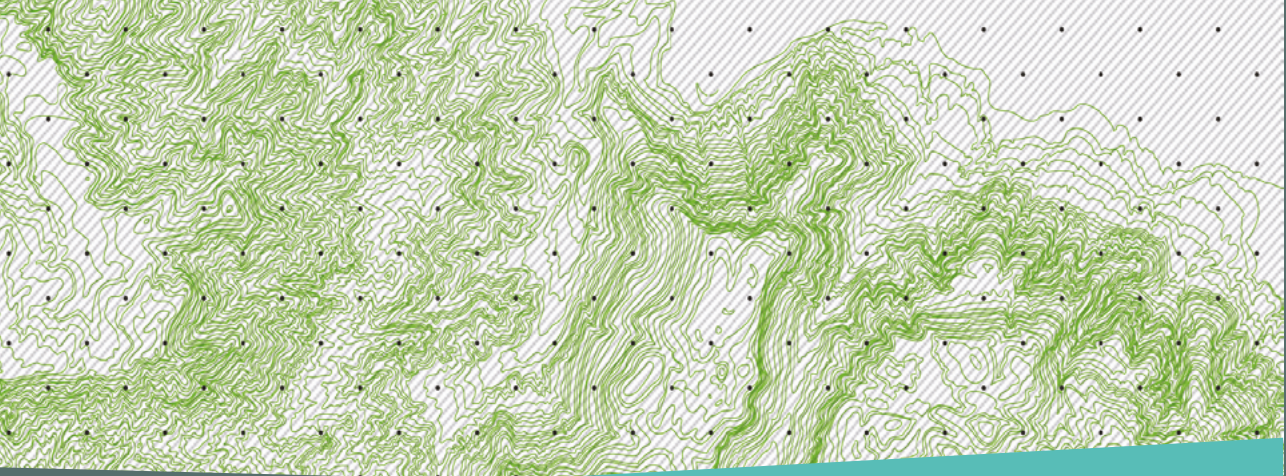
Referencias bibliográficas

- Annika, K., Maltamo, M., 2006. *Forest Inventory: Methodology and Applications, Managing Forest Ecosystems*.
- Bell, D.M., Parysow, P.F., Moore, M.M., 2009. *Assessing the representativeness of the oldest permanent inventory plots in Northern Arizona ponderosa pine forests*. *Restor. Ecol.* 17, 369–377. <<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00377.x>>.
- Bott, R., 2014. *Procedures for establishing and maintaining permanent plots for silvicultural and yield research*. *Igarss 2014* 1–5.
- Bowman, D.M.J.S., Brienen, R.J.W., Gloor, E., Phillips, O.L., Prior, L.D., 2013. Detecting trends in tree growth: Not so simple. *Trends Plant Sci.* 18, 11–17. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1360138512001756>>.
- Chagneau, P., Mortier, F., Picard, N. 2009. Designing permanent sample plots by using a spatially hierarchical matrix population model. *J. R. Stat. Soc. Ser. C Appl. Stat.* 58, 345–367. <<https://doi.org/10.1111/j.1467-9876.2008.00657.x>>.
- Chiarucci, A., 2007. To sample or not to sample? That is the question... For the vegetation scientist. *Folia Geobot.* 42, 209–216. <<https://doi.org/10.1007/bf02893887>>.
- Condit, R., 1998. Tropical forest census plots: methods and results from Barro Colorado Island, Panama and a comparison with other Plots, Tropical forest census plots.
- Corral-Rivas, J.J., Vargas Larreta, B., Wehenkel, C., Aguirre Calderón, O.A., Álvarez González, J.G., Rojo Alboreca, A. 2009. *Guía para el Establecimiento de Sitios de Investigación Forestal y de Suelos en Bosques del Es-*

- tado de Durango*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. Conacyt, Conafor.
- Curtis, R.O., Marshall, D.D., 2005. Permanent-plot procedures for silvicultural and yield research. USDA For. Serv. - Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-634. <<https://doi.org/10.2737/pnw-gtr-634>>.
- Fiske, I.J., Bruna, E.M., 2010. Alternative spatial sampling in studies of plant demography: Consequences for estimates of population growth rate. *Plant Ecol.* 207, 213–225. <<https://doi.org/10.1007/s11258-009-9666-4>>.
- Harms, K.E., Condit, R., Hubbell, S.P., Foster, R.B., 2001. Habitat associations of trees and shrubs in a 50-ha neotropical forest plot. *J. Ecol.* 89, 947–959. <<https://doi.org/10.1046/j.0022-0477.2001.00615.x>>.
- Kauffman, J.B., Arifanti, V.B., Basuki, I., Kurnianto, S., Novita, N., Murdiyarso, D., Donato, D.C., Warren, M.W., 2016. Protocols for the measurement, monitoring, and reporting of structure, biomass, carbon stocks and greenhouse gas emissions in tropical peat swamp forests. *Working Paper 221*. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research (CIFOR). <<https://doi.org/10.17528/cifor/006429>>.
- Kraft, G., 1884. *Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben*. Hannover, ETH-Bibliothek Zürich. <<http://dx.doi.org/10.3931/erara-71417>>.
- Lema Tapias, A., 1995. *Dasometría: Algunas aproximaciones estadísticas a la medición forestal*, Primera. ed. Facultad de Ciencias Agropecuarias; Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Moonlight, P.W., Banda-R, K., Phillips, O.L., Dexter, K.G., Pennington, R.T., Baker, T.R., C. de Lima, H., Fajardo, L., González-M., R., Linares-Palomino, R., Lloyd, J., Nascimento, M., Prado, D., Quintana, C., Riina, R., Rodríguez M., G.M., Maria Villela, D., Aquino, A.C.M.M., Arroyo, L., Bezerra, C., Tadeu Brunello, A., Brienen, R.J.W., Cardoso, D., Chao, K.J., Cotta Coutinho, Í.A., Cunha, J., Domingues, T., do Espírito Santo, M.M., Feldpausch, T.R., Ferreira Fernandes, M., Goodwin, Z.A., Jiménez, E.M., Levesley, A., Lopez-Toledo, L., Marimon, B., Miatto, R.C., Mizushima, M., Monteagudo, A., Soelma Beserra de Moura, M., Murakami, A., Neves, D., Nicora Chequín, R., César de Sousa Oliveira, T., Almeida de Oliveira, E., P. de Queiroz, L., Pilon, A., Marques Ramos, D., Reynel, C., Rodrigues, P.M.S., Santos, R., Särkinen, T., Fernando da Silva, V., Souza,

- R.M.S., Vasquez, R., Veenendaal, E., 2021. Expanding tropical forest monitoring into Dry Forests: The DRYFLOR protocol for permanent plots. *Plants People Planet* 3, 295–300. <<https://doi.org/10.1002/ppp3.10112>>.
- Muller-Landau, H.C., Detto, M., Chisholm, R.A., Hubbell, S.P., Condit, R., 2014. *Detecting and projecting changes in forest biomass from plot data, in: Forests and Global Change*. pp. 381–416. <<https://doi.org/10.1017/cbo9781107323506.018>>.
- Picard, N., Magnussen, S., Banak, L.N., Namkossereana, S., Yalibanda, Y., 2010. Permanent sample plots for natural tropical forests: A rationale with special emphasis on Central Africa. *Environ. Monit. Assess.* 164, 279–295. <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-009-0892-y>>.
- Priyadi, H., Gunarso, P., Kanninen, M., 2006. *Permanent sample plots: more than just forest data*. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research (CIFOR). <<https://doi.org/10.17528/cifor/002066>>.
- Rzedowski, J., 1978. *La vegetación de México*, Limusa, Ciudad de México.
- Sheil, D., 1995. A critique of permanent plot methods and analysis with examples from Budongo Forest, Uganda. *For. Ecol. Manage.* 77, 11–34. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037811279503583v>>.
- Synnott, T.J., 1979. A manual of permanent plot procedures for tropical rainforests. *Tropical Forestry Papers* No. 14. Oxford, United Kingdom.
- Wong, J., Baker, N., Thornber, K. 2001. *Evaluación de los recursos de productos forestales no madereros. Experiencia y principios biométricos*. Roma, Italia, FAO
- Zeide, B., 1999. Long-term observation: from trials and errors to process modeling, in: Kleinn, C., Kohl, M. (eds.). *Long-Term Observations and Research in Forestry*. Proceedings of the IUFRO S4.11 International Symposium. pp. 3–18. <<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2900>>.
- Zeide, B., 2001. Thinning and growth: A full turn around. *J. For.* 99, 20–25. <<https://academic.oup.com/jof/article/99/1/20/4614220>>.
- Zeide, B., 2002. Sharing data. *For. Chron.* 78, 152–153. <<https://pubs.cif-ifc.org/doi/pdf/10.5558/tfc78152-1>>.

*Parcelas permanentes para la investigación
ecológico-silvícola de largo plazo.*
Manual para su establecimiento y remediación
fue editado en septiembre de 2023 en
Editorial Página Seis, S.A. de C.V.
Teotihuacan 345, Ciudad del Sol,
C.P. 45050, Zapopan, Jalisco,
Tels. (33) 3657-3786 y 3657-5045
www.pagina6.com.mx · p6@pagina6.com.mx
bajo coordinación editorial de Felipe Ponce.
Ilustraciones: Luz Mariana Nava Gómez.
Ilustración de cubierta: Antonello Reverte,
en colaboración con Ramón Michel.
Tiro de 1 ejemplar.



Este manual proporciona una metodología para el establecimiento, monumentación y monitoreo de parcelas permanentes que involucre investigación ecológico-silvícola de largo plazo. El propósito fundamental es proveer con un procedimiento ordenado, minucioso y objetivo para la obtención de datos que contribuyan a generar conocimiento sobre la estructura y dinámica de comunidades arbóreas y sus respuestas ante los cambios recurrentes del ambiente. Es una herramienta para usar en trabajo de campo y oficina, ya que facilita el proceso de registro de información sintética para su posterior captura y análisis. Puede ser utilizado con fines de docencia, investigación y consultoría.



**CUCOSTA SUR
GRANA** ●