



Curso 4

Versión no interactiva

Introducción al trabajo de campo

La versión interactiva de este curso está disponible gratuitamente en la siguiente dirección,
<https://elearning.fao.org/>



Algunos derechos reservados. Esta lección está bajo una licencia CC BY-NC-SA 3.0 IGO
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es_ES)

En este curso:

Lección 1: Preparación del trabajo de campo	5
Introducción de la lección	5
La importancia de la planificación en el trabajo de campo	5
Trabajo de campo: ¿Quién lo lleva a cabo?.....	6
Seguridad en el terreno.....	11
Resumen.....	16
Lección 2: Formación para el trabajo de campo.....	18
Introducción de la lección	18
Formación de los equipos de campo.....	18
Fases de la formación.....	24
Importancia de contar con manuales de campo claros	25
Resumen.....	26
Lección 3: Mediciones a nivel de parcela y subparcela.....	27
Introducción de la lección	27
Comenzar la evaluación de la parcela	27
Acceso a las unidades de muestreo	28
Datos a nivel de parcela	34
Recogida de datos en subparcelas	39
Resumen.....	42
Lección 4: Mediciones a nivel de árbol.....	44
Introducción de la lección	44
Algunas mediciones comunes en árboles individuales.....	44
Medición del diámetro de los árboles.....	45
Medición de la altura de los árboles	51
Medición de otras variables a nivel de árbol.....	62
Resumen.....	66

Este curso describe las consideraciones para el trabajo de campo y analiza las variables a nivel de parcela, así como las mediciones a nivel de árbol.

Descargo de responsabilidad: La información contenida con respecto a cualquier producto comercial por su nombre comercial, marca registrada, fabricante u otro, no constituye ni implica su aprobación, recomendación o favorecimiento por parte de la FAO.

¿A quién va dirigido este curso?

El curso está dirigido principalmente a quienes se dedican a la planificación del trabajo de campo, y al trabajo de campo en general, pero puede realizarlo cualquier persona interesada en el tema.

Específicamente, este curso está dirigido a:

1. Técnicos forestales responsables de la ejecución de los IFN de su país.
2. Equipos de monitoreo forestal nacional.
3. Estudiantes e investigadores, como parte del material curricular en escuelas forestales y en cursos académicos.
4. Jóvenes y nuevas generaciones de forestales.

Estructura del curso

Este curso consta de cuatro lecciones.

Lección 1: Preparación del trabajo de campo	Esta lección examina las consideraciones generales para el trabajo de campo, los tipos de conocimientos especializados que suelen requerir los IFN y la composición y competencias sugeridas para los equipos de campo. También explica los elementos clave de la preparación para la seguridad y la protección personal mientras se está en el terreno.
Lección 2: Formación para el trabajo de campo	Esta lección describe cómo preparar a los equipos de campo para la recopilación de datos y sobre los aspectos de la calidad de los datos y la formación que deben tener en cuenta.
Lección 3: Mediciones a nivel de parcela y subparcela	Esta lección se centra en el flujo de trabajo típico de los procedimientos de campo. También aborda el tema de las variables típicas a nivel de parcela.

Lección 4: Mediciones a nivel de árbol

Esta lección explica las mediciones clave en árboles individuales y se centra en algunas de las variables y mediciones principales que se suelen evaluar en los IFN.

Acerca de la serie

Este curso concluye la serie de ocho cursos a su propio ritmo que cubren diversos aspectos de un IFN. Aquí puede ver la serie completa

Curso	Aprenderá sobre el curso
Curso 1: ¿Por qué un inventario forestal nacional (IFN)?	Objetivos y propósito de un IFN, y cómo los IFN contribuyen a la formulación de las políticas y a la toma de decisiones en el sector forestal.
Curso 2: Preparación de un inventario forestal nacional (IFN)	La planificación y el trabajo necesarios para establecer un IFN eficiente o un Sistema nacional de monitoreo forestal (SNMF).
Curso 3: Introducción al muestreo	Aspectos generales del muestreo en los inventarios forestales.
 Curso 4: Introducción al trabajo de campo	(Este es el curso que está estudiando actualmente).
Curso 5: Gestión de datos en un inventario forestal nacional	Recopilación de información y gestión de datos para los IFN.
Curso 6: Garantía de calidad y control de calidad en un inventario forestal nacional	Procedimientos de GC y CC en la recopilación y gestión de datos de inventarios forestales.
Curso 7: Elementos del análisis de datos	Enfoques/cálculos típicos en los análisis de datos y temas relacionados.
Curso 8: Resultados de los inventarios forestales nacionales Presentación de informes y difusión	Presentación de informes de los IFN y la importancia de la presentación de informes en el contexto de las acciones de REDD+.

Lección 1: Preparación del trabajo de campo

Introducción de la lección

En esta lección, examinaremos las consideraciones generales para el trabajo de campo, los tipos de conocimientos especializados que suelen requerir los IFN y la composición y competencias sugeridas para los equipos de campo. También comprenderemos los elementos clave de la preparación para la seguridad y la protección personal mientras se está en el terreno.

Objetivos

Al final de esta lección, usted podrá:

1. Apreciar la importancia de la planificación antes de una misión de campo.
2. Examinar la composición de los equipos de campo y abordar las cuestiones de la capacidad disponible.
3. Describir las medidas de seguridad que deben adoptarse para el trabajo de campo.

La importancia de la planificación en el trabajo de campo

Probablemente sepa que es necesaria mucha planificación antes de empezar a recopilar datos de campo. En términos generales, los tres grandes ámbitos de un inventario forestal son los siguientes: **planificación y preparación, ejecución** (trabajo de campo) y **análisis y elaboración de informes** requieren aproximadamente el mismo periodo de tiempo para completarse (mientras que la cantidad de meses-personas puede ser mayor en el trabajo de campo).

Por lo tanto, es esencial **dedicar tiempo suficiente a la planificación** para que la labor sobre el terreno tenga éxito.

Elementos de la planificación

El desarrollo de un diseño de inventario eficiente y sostenible requiere mucho trabajo preliminar (como arreglos institucionales, desarrollo de protocolos de campo, análisis de los productos de teledetección existentes, un estudio piloto de campo sobre el diseño de muestreo o la muestra de la primera fase),

todo lo cual debe quedar resuelto antes de que comience el trabajo de campo.

Además, el propio trabajo de campo requiere una cuidadosa planificación, que incluye (entre otras cosas):

1. identificar funciones y responsabilidades;
2. concurso y contratación de personal debidamente cualificado;
3. formación y desarrollo de capacidades;
4. planificación financiera y logística;
5. adquirir herramientas y dispositivos;
6. preparar material impreso y digital (como mapas, software para dispositivos móviles); y
7. concluir la estrategia de muestreo y los lineamientos metodológicos correspondientes.

En el caso de un inventario forestal para una superficie de gran tamaño, como un IFN, la planificación puede tardar un año o más hasta que comience el trabajo de campo propiamente tal.



Nota

La importancia del **manual de campo** se aborda en el **Curso 2: Preparación de un inventario forestal nacional (IFN)**. El manual de campo contiene una introducción general, una descripción y una justificación de los elementos de diseño y describe cada una de las variables y su medición: **nunca se podrá enfatizar lo suficiente la importancia de este documento.**

Trabajo de campo: ¿Quién lo lleva a cabo?

Suponiendo que toda la planificación necesaria para el muestreo -diseño de parcelas y estimaciones, definición de variables, manuales de campo detallados, protocolos de recopilación, gestión y análisis de datos- esté preparada y alineada con la elaboración de informes deseada, la siguiente pregunta es: ¿Quién llevará a cabo el trabajo de campo?

En este punto, son factibles varios enfoques, y el carácter **general y las fuentes de financiamiento del inventario** -así como las **instituciones que participen en él-** influirán en la naturaleza del trabajo de campo. En la siguiente parte de esta lección, supondremos un "carácter de proyecto" del IFN, con un financiamiento limitado en el tiempo, en el que los equipos de campo son contratados directamente por el proyecto o por la institución encargada de su ejecución.

Algunos países cuentan con una estrategia de IFN claramente definido, que es un componente de una empresa multidisciplinaria y a largo plazo con un "carácter programático". Como parte de ello, las instituciones responsables podrían realizar el inventario ellas mismas o licitar las evaluaciones de campo a compañías adecuadas que respondan a la convocatoria correspondiente. En el caso de este tipo de subcontratación, es necesaria una definición muy clara de los resultados esperados y unos Términos de Referencia (TdR) y acuerdos contractuales bien definidos. Para estos escenarios a largo plazo, las instituciones gubernamentales proporcionan presupuestos y personal de manera permanente. La ejecución del IFN se vuelve una actividad permanente integrada en las políticas y procedimientos más amplios del sector forestal, y requiere institucionalización.

Preparar un equipo de campo

Los equipos de campo desempeñan un papel crucial en un IFN, ya que determinan la calidad de los datos recopilados. No obstante, también desempeñan el trabajo físicamente más exigente y peligroso de un IFN. Por estas razones, contar con un equipo de campo motivado es crucial, tanto para su propio bienestar como para el objetivo general del IFN de recopilar datos de campo de alta calidad.

¿Cómo se puede motivar al equipo de campo? Vamos a averiguarlo.

Existen varias maneras de mantener alta la motivación de los equipos de campo:

- Destacar la importancia de su función en el proceso del inventario.
- Dotarlos de equipamiento y dispositivos de última generación.
- Facilitar la interacción entre los equipos.
- Ofrecer una remuneración adecuada e incentivos adicionales para los equipos con un desempeño de mejor calidad.
- Organizar reuniones periódicas de todos los equipos de campo para permitir un intercambio

constructivo de experiencias.

- Proporcionar un seguro médico (por ejemplo, en caso de mordedura de serpiente).
- Facilitarles oportunidades adecuadas de descanso.
- Programar una visita al terreno a intervalos apropiados (por ejemplo, cuando el equipo de campo se traslada a nuevos sitios de campo o distritos administrativos).

Además, **el desarrollo de capacidades específicas es un requisito previo para que los equipos de campo estén motivados**. Cuando el equipo está motivado y orgulloso de contribuir a una empresa de escala nacional, estará dispuesto a informar honestamente sobre los retos y problemas encontrados. Todos los IFN se enfrentan a retos imprevistos durante el trabajo de campo: los equipos de campo atentos y comprometidos pueden informar oportunamente sobre ellos a los organizadores.



Consejos prácticos

La importancia de las mediciones exactas

Es importante que los equipos de campo tomen conciencia del carácter de una muestra "representativa" y se enfatice la importancia de realizar mediciones exactas. Las muestras observan una proporción muy pequeña de la superficie total. En el contexto de un IFN, la intensidad del muestreo suele ser muy inferior al 0,01 % de la superficie total.

En relación con la superficie forestal total de un país con millones de hectáreas de bosque y miles de millones de árboles por encima del diámetro mínimo, la medición de un solo árbol puede representar mediciones de cientos de miles de árboles. Por lo tanto, cada medición se debe realizar con el mayor cuidado posible, evitando en primer lugar los errores sistemáticos, pero también manteniendo al mínimo los errores aleatorios.

Composición del equipo de campo

La composición de los equipos de campo depende de varios factores:

1. la complejidad de la evaluación;

2. la disponibilidad de transporte y acceso a las áreas de bosque; y
3. los medios de comunicación de emergencia.

¿Cuál debería ser el tamaño de los equipos de campo?

Desde un punto de vista práctico, logístico y económico, **un equipo de campo básico debe ser lo más pequeño posible dadas las circunstancias.**

Los equipos más pequeños permiten una mejor coordinación, mayor facilidad de transporte y una mayor eficacia del trabajo de campo.

El Programa de Inventario y Análisis de Bosques (FIA) del Servicio Forestal de EE.UU. es conocido por funcionar con equipos de un solo miembro, ayudados por excelentes medios de comunicación para casos de emergencia.

En los **países con bosques templados**, las evaluaciones de las parcelas suelen beneficiarse de una buena infraestructura de carreteras dentro de los bosques y de una complejidad relativamente baja de la estructura forestal. De ahí que el trabajo de campo pueda ser realizado por equipos de dos personas.

Sin embargo, los **países tropicales** (con bosques más complejos) **podrían requerir mayores esfuerzos logísticos**, incluido el empleo de más personas, especialmente si los equipos permanecen dentro del bosque durante periodos más prolongados (por ejemplo, en un campamento itinerante); en tales casos, la logística de campo podría justificar equipos de cinco o más personas.

¿Cómo se organizan los equipos de campo?

Los equipos de campo se organizan como los equipos de trabajo convencionales: una asignación **clara de funciones y responsabilidades favorece la fluidez de los flujos de trabajo**. Por lo general, una jerarquía clara también ayuda.

Aunque los fundamentos para esta división del trabajo pueden definirse de forma general (posiblemente descritos en el manual de campo), se espera un proceso de ajuste y acuerdo individual sobre cómo se organiza de forma óptima un equipo de campo específico. Si bien algunos equipos prefieren una división fija de las tareas, otros se sienten más cómodos intercambiando tareas entre el equipo. A menudo, tras varios días de trabajo conjunto, se llega a un consenso sobre lo que es óptimo.

Composición y responsabilidades del equipo de campo

Aunque todos los miembros del equipo deben comprender claramente las diferentes mediciones y las definiciones del manual de campo, la división del trabajo podría ser la siguiente:

➤ Jefe de equipo

Una persona deberá asumir la responsabilidad de organizar el trabajo diario, observar (junto con todos los miembros del equipo) la situación de seguridad y garantizar la comunicación con el campamento base y, posiblemente, con otros equipos de campo.

También podría registrar los datos, si ningún otro miembro del equipo está calificado para esta tarea, y ocuparse de la copia de seguridad diaria de los datos, la funcionalidad del equipamiento y la transferencia de datos a la base de datos central para su archivo.

➤ Enumerador

Una o varias personas deben responsabilizarse de las mediciones en árboles individuales y de las características de la parcela. Estas funciones pueden cambiar dentro del equipo para mantener la motivación alta. Deben estar familiarizados con los instrumentos y dispositivos específicos utilizados.

Dependiendo del nivel de conocimientos y aptitudes, también se pueden incluir asistentes provisorios contratados localmente, que pueden aportar valiosos conocimientos locales sobre accesibilidad, identificación de especies arbóreas, uso de los bosques y productos forestales, flora y fauna silvestres, etc.

➤ Ayudantes del jefe de equipo

Dependiendo de las condiciones del bosque, puede ser necesario contratar más ayudantes para apoyar las mediciones y la logística.

También puede ser recomendable contratar ayudantes locales, ya que tienen buenos conocimientos de la zona y pueden agilizar los desplazamientos por el campo y la ubicación de las parcelas.

También pueden compartir sus experiencias sobre el uso de los bosques en esas áreas concretas y servir de "enlace" con las comunidades locales, así como ayudar en la identificación de especies arbóreas. A menudo son las personas clave para que el trabajo de campo se desarrolle sin contratiempos.

Dependiendo del medio de transporte (camión, automóvil, motocicleta, etc.), un conductor forma parte del equipo de campo.

🔍 Botánico

En los bosques con una diversidad de especies relativamente alta, puede ser necesario un botánico o experto formado para la identificación de las especies, si el inventario puede permitirse contratar a dicho especialista.

La importancia de este experto depende de las variables objetivo del inventario. Si se utiliza la riqueza de especies como indicador de la biodiversidad, es necesaria una identificación inequívoca de todas las especies arbóreas.

En tales casos, el conocimiento de un experto es fundamental. Sin embargo, la identificación de especies puede no ser posible directamente en el terreno. Entonces, es necesario tomar muestras, almacenarlas y conservarlas. Además, el transporte al herbario para la identificación debe organizarse en intervalos de tiempo lo más cortos posible para evitar la rápida degradación de las muestras de especímenes botánicos.

En el mejor de los casos, un enumerador adecuado puede asumir la responsabilidad de tomar las muestras, prepararlas para el herbario y almacenarlas debidamente (normalmente presionadas entre las páginas de un periódico).



Nota

En función del carácter y el enfoque del IFN, es posible que se necesiten conocimientos adicionales sobre la vida silvestre, los pastizales, el suelo, la turba, etc., que podrían emplearse como "estudios de investigación complementarios" en parcelas seleccionadas. Todas las tareas descritas pueden ser realizadas por hombres y mujeres por igual.

Se debería hacer un esfuerzo para fomentar la participación de las mujeres silvicultoras y de los jóvenes (estudiantes y jóvenes agentes de silvicultura), ya que no hay mejor oportunidad para aprender sobre los bosques de un país, sus condiciones y su uso que participar en el trabajo de campo de un inventario forestal nacional.

Seguridad en el terreno

En la planificación y ejecución del trabajo de campo, especialmente en el transporte hasta el terreno y

las evaluaciones de las parcelas in situ, la seguridad y la **protección personal de todos los miembros del equipo deben tener la máxima prioridad**. Por ejemplo, en regiones asoladas por la guerra, tanto en la fase de diseño como en la de ejecución, se deben evitar a toda costa las parcelas situadas en zonas conflictivas.

La evaluación del riesgo y las medidas de seguridad en el trabajo forman parte de un sistema adecuado de Garantía de Calidad y de los preparativos antes de salir a terreno.

Los riesgos asociados al trabajo de campo deben preverse. Para estos riesgos, se deben preparar instrucciones sobre cómo actuar en caso de emergencia.

Además de velar por la motivación y la seguridad de los equipos de trabajo de campo, los organizadores también deben tener en cuenta algunas medidas generales de seguridad. Algunas cuestiones a tener en cuenta son las siguientes:

1. ¿Disponen los miembros del equipo de campo de un seguro médico adecuado que cubra los gastos en caso de accidente laboral (si existe en el país)?
2. ¿Han recibido los equipos formación en primeros auxilios y conocen los hospitales más cercanos? ¿Dispone cada equipo de campo de un botiquín de primeros auxilios bien equipado? ¿Están formados para responder a emergencias médicas?
3. ¿Cómo se comunicarán la base de operaciones y los equipos de campo? ¿Es suficiente la cobertura de la red móvil, o se necesitan radios de campo o teléfonos satelitales?
4. ¿Deben los miembros del equipo encargarse de su propio equipamiento de seguridad personal y de la ropa adecuada, o debe organizarse de forma centralizada?
5. ¿Deben los miembros del equipo presentar un certificado de salud o un registro de vacunaciones para el trabajo de campo?
6. ¿Cómo puede organizarse una situación de emergencia (cadena de supervivencia) y con qué instituciones centrales y locales debe contactarse?
7. ¿Qué instituciones locales deben ser informadas sobre los inventarios en curso y cómo (medios de comunicación)?
8. ¿Se han considerado adecuadamente todas las cuestiones de seguridad relativas al transporte en vehículo y al alojamiento?

9. ¿Quién decide si se puede acceder a una parcela de forma segura o no? No llegar a una parcela seleccionada significa un caso de falta de respuesta, ¡pero la seguridad es lo primero!

Medidas de reducción del riesgo

Todos los miembros de un equipo de campo deben conocer los posibles riesgos y los modos de comportamiento adecuados para reducirlos en la medida de lo posible. Cada miembro del equipo debe ser responsable de verificar constantemente su seguridad personal. Cada miembro del equipo debe ser consciente de que un accidente en el terreno supone un grave peligro para todo el equipo y que el comportamiento irresponsable de las personas no es aceptable. Si existe un riesgo potencial debido a este comportamiento, el jefe de equipo debe informar inmediatamente al campamento base o a su persona de contacto en la oficina.

Algunas medidas importantes que deben tenerse en cuenta para reducir los riesgos son:

Planificación adecuada del trabajo de campo

La planificación adecuada del trabajo de campo es una medida importante para reducir el riesgo. Por lo tanto, todas las decisiones sobre el trabajo de campo planificado deben tomarse con tiempo suficiente y comunicarse a todos los miembros del equipo.

Evite los cambios repentinos en la realización del trabajo de campo, siempre que sea posible. Si tiene un cronograma limitado en el tiempo, recuerde ser flexible y detener el trabajo de campo antes de que oscurezca (o tenga en cuenta los ciclos de marea de 6 horas cuando trabaje en manglares). Informe al campamento base y/o a otros equipos sobre sus lugares de trabajo diarios. A veces, el trabajo en red con los principales organismos puede proporcionar apoyo para evitar riesgos.

Orientación

Todos los miembros de un equipo de campo deben saber dónde están trabajando y deben poder describir su posición exacta siempre que sea necesario. Compruebe periódicamente la cobertura de la red de telefonía móvil y, si es posible, marque un waypoint para la última conexión en el receptor GPS.

Trace el camino a un lugar de muestreo en un terreno difícil para ser más flexible en el camino de vuelta. Tome el camino más seguro a un lugar de muestreo, no el más corto. Es una buena práctica encontrarlas (mejores) rutas posibles con antelación antes de salir a terreno y comprobar siempre la información actualizada de la situación (por ejemplo, el ciclo de las mareas en los manglares o las

tormentas en las montañas).

Equipamiento

Antes de salir al campo debe comprobarse la integridad y funcionalidad del equipamiento. Esto incluye el estado de carga de las baterías de las radios de campo o los teléfonos móviles y llevar baterías adicionales. Un botiquín de primeros auxilios siempre forma parte del equipamiento por defecto. El equipamiento seguridad personal, el calzado y la ropa adecuados son imprescindibles.

Información y comunicación

Si se trabaja en zonas con situaciones políticas delicadas, es una buena práctica disponer de un folleto informativo que describa los antecedentes de la misión en palabras simples. La población y las comunidades locales pueden mostrarse muy críticas con los extraños que trabajan con equipamiento topográfico en sus tierras, ya que pueden carecer de títulos legales de propiedad y temer que los topógrafos se dispongan a echarles; esto puede dar lugar a problemas muy graves.

Si es posible, establezca contacto con estos grupos **antes** de ir al terreno y explíqueles el carácter científico del estudio de inventario en términos claros y fáciles de entender. También puede ser aconsejable invitar o contratar a personas de la localidad para que acompañen a los equipos de campo durante su trabajo. Conocen la zona, hablan la lengua local y su presencia reducirá las sospechas de la comunidad local sobre su trabajo. Es importante informar a los propietarios de las tierras o a las comunidades locales **antes** y **después** del trabajo de campo y darles a conocer el cronograma en caso de que sea necesario volver a visitarlos.

Estudios de investigación complementarios

Muchos estudios de investigación adicionales podrían integrarse en el trabajo de campo. Sin embargo, hay que recordar que dichos estudios son evaluaciones complementarias que pueden no ser pertinentes en cada repetición de un IFN permanente o en cada parcela. Por lo general, el objetivo de esos estudios es:

- recopilar datos adicionales para la construcción de modelos o para análisis específicos;
- responder a preguntas científicas generales relacionadas con los bosques; y
- optimizar el diseño del inventario.

La integración de estos estudios se debe planificar y, si es necesario, integrar en el trabajo de inventario por defecto; de forma alternativa, se deben preparar flujos de trabajo independientes para la recopilación de datos y la gestión de datos de estos estudios científicos. Algunos ejemplos comunes son:

Muestreo del suelo	<p>Si el muestreo del suelo se realiza para derivar mapas de suelos de superficies más extensas, la intensidad de muestreo relativamente baja de un IFN no es muy adecuada. Sin embargo, puede haber sinergias durante el trabajo de campo. Algunas características del suelo sólo cambiarán durante periodos muy prolongados, por lo que la cartografía del suelo no se incluye necesariamente en cada ciclo de un IFN.</p> <p>Una excepción es si el carbono orgánico del suelo o la biomasa subterránea deben estimarse para la elaboración de informes internacionales. Para ello, se debe disponer de un manual de campo sobre cómo recoger, almacenar y analizar las muestras.</p>
Análisis de la edad e incremento de los árboles mediante sacatestigos	<p>En aquellas zonas climáticas en las que los árboles desarrollan anillos anuales, a veces se toman testigos para determinar la edad de los árboles o el incremento en los últimos años. Esta información se utiliza para construir modelos de crecimiento. Estos modelos de crecimiento son necesarios para predecir el incremento por clase de edad y determinar un potencial de rendimiento sostenible o el desarrollo de la biomasa forestal en general. Generalmente, se selecciona un subconjunto de árboles de diferentes estratos de copas para esta investigación especial.</p>
Datos socioeconómicos	<p>En algunos IFN, las encuestas a los hogares se llevan a cabo en paralelo a la recogida de datos biofísicos. El propósito es documentar las condiciones del bosque y las variables socioeconómicas que afectan a los propietarios de los bosques o a las comunidades cercanas.</p> <p>Estas encuestas suelen centrarse en el uso de los productos forestales. La asignación de recursos (y el financiamiento) para la recogida de estos datos necesita una justificación clara y una visión significativa de cómo se utilizarán y analizarán. Además, debería considerarse un marco de muestreo basado en la</p>

población humana (y no en propiedades biofísicas como el uso/cubierta del terreno) si se está interesado en establecer conclusiones representativas a escala nacional sobre la población en general.

Aunque en realidad puede tratarse de un estudio de investigación adicional, es útil como parte integral de los IFN con el objetivo de aprender más sobre el uso de los bosques. Para ello es importante:

- contar con entrevistadores experimentados en el equipo (las mujeres suelen ser mejores en eso, y mejor aceptadas); y
- asegurarse de que las entrevistas están relacionadas con las ubicaciones de las parcelas de las evaluaciones biofísicas; de lo contrario, será difícil establecer vínculos.

Antes de finalizar esta lección, veamos un vídeo del primer Inventario Forestal Nacional Multipropósito de Papúa Nueva Guinea. El IFN incluyó una recogida exhaustiva de datos sobre el suelo y la biodiversidad vegetal y animal, y es un excelente ejemplo de inclusión de preguntas de investigación en un IFN.



Videos

Ver en youtube [en ingles]

[A Day at a National Forest Inventory Camp in Papua New Guinea \(Long version\)](#)

Resumen

Antes de finalizar, aquí están los puntos clave de aprendizaje de esta lección:

- Antes de comenzar la recopilación de datos de campo, es necesaria una planificación exhaustiva.
- El equipo de campo tiene el trabajo más peligroso y físicamente exigente en un IFN y también determina la calidad de los datos recopilados. Por este motivo, contar con un equipo de campo

motivado es crucial.

- Desde un punto de vista práctico, logístico y económico, un equipo de campo debe ser lo más pequeño posible dadas las circunstancias.
- Los equipos de campo se organizan como los equipos de trabajo convencionales: una asignación clara de funciones y responsabilidades favorece la fluidez de los flujos de trabajo.
- Los riesgos asociados al trabajo de campo deben preverse con antelación. Todos los miembros de un equipo de campo deben conocer los posibles riesgos y los modos de comportamiento adecuados para reducirlos en la medida de lo posible.

Lección 2: Formación para el trabajo de campo

Introducción de la lección

En esta lección, aprenderemos a preparar a los equipos de campo para la recogida de datos y sobre los aspectos de la calidad de los datos y la formación que deben tener en cuenta.

Recuerde que, **antes** de enviar a los equipos a realizar el trabajo de campo, deben haberse completado la formación y la preparación suficientes para todas las rutinas de campo.

Objetivos

Al final de esta lección, usted podrá:

1. Explicar cómo organizar cursos de formación para los equipos de campo.
2. Identificar los temas típicos de la formación de los equipos de campo.
3. Describir lo que ocurre después de la formación de los equipos de campo.
4. Comprender la importancia de un manual de campo claro.

Formación de los equipos de campo

Dado que un proyecto de inventario de gran envergadura (como un IFN) suele tener como objetivo recopilar datos en momentos determinados, una misión de este tipo sólo puede llevarse a cabo con varios equipos de campo que trabajen en paralelo. Y estos equipos de campo tienen que recopilar datos exactamente de la misma manera siguiendo el mismo protocolo de evaluación de campo (manual de campo).

Suponiendo que haya que evaluar varios miles de parcelas en un periodo de tiempo relativamente corto, ¿cómo podemos asegurarnos de que todos los equipos de campo aplican el mismo protocolo de medición y observación para garantizar una coherencia óptima?

Empezar con una formación para todos

Existen diferentes formas de organizar la formación de los equipos de campo. Sin embargo, **es habitual empezar con una formación conjunta para todos los equipos**, que proporciona conocimientos básicos

sobre la metodología (muestreo y diseño de la parcela) y comunica los objetivos generales del inventario a todos los miembros del equipo.

Estas formaciones también son muy importantes para desarrollar el espíritu de equipo y un fuerte sentimiento de pertenencia. Además de mantener motivados a los equipos, esto también conlleva una mayor eficacia y menos retrasos. Los miembros de un equipo que son amigos podrán afrontar mejor las situaciones problemáticas que los miembros de un equipo que apenas se conocen.

Esto no debe subestimarse.

Después de esta formación general, los distintos grupos objetivo necesitan diversas contribuciones formativas, en base a las funciones que vayan a desempeñar en sus equipos (en terreno o en la oficina).

Estas formaciones iniciales también pueden considerarse la prueba de concepto final del protocolo de campo; una sesión de formación en la que se evalúen las experiencias prácticas utilizando el protocolo de campo puede identificar dónde es necesario realizar ajustes.



Consejos prácticos

Es importante establecer las expectativas correctas con respecto a la formación. No es necesario que los miembros del equipo responsables de la recogida de datos de campo se conviertan en expertos en estadística y análisis, pero al menos deben conocer el flujo de trabajo del análisis y la importancia de contar con datos sólidos, coherentes y comparables. Del mismo modo, los administradores y los analistas de datos responsables de la depuración y la compilación de datos no necesitan saber cómo utilizar el equipamiento (por ejemplo, un clinómetro láser); basta con que tengan un entendimiento claro sobre cómo se generan los datos.

Temas de formación habituales

La formación sobre diversos aspectos de un inventario de campo se puede realizar en función de la secuencia del trabajo de campo. Sin embargo, también puede tener sentido celebrar una sesión de formación más genérica para abordar temas generales como la medición forestal, las técnicas de topografía, la recogida de datos móviles, etc. En la siguiente sección se presentan temas de formación

importantes ordenados según una secuencia típica de trabajo de campo.

Navegación sobre el terreno

Los receptores del Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS) se utilizan para muchos fines: navegar hasta las ubicaciones de las parcelas y marcar los waypoints, trabajar con aplicaciones móviles del SIG, utilizar diferentes capas de fondo, rastrear rutas y configuraciones (por ejemplo, el Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC)) y realizar mediciones a largo plazo de las ubicaciones de las parcelas.

Para los planificadores responsables de subir los datos espaciales y las ubicaciones de las parcelas, podría ser necesaria una formación básica en SIG (por ejemplo, QGis) y de intercambio de datos entre dispositivos móviles.

Si se requieren mediciones de posición muy exactas, por ejemplo, al vincular parcelas de campo con imágenes de teledetección, puede estar indicado el uso de un receptor GNSS diferencial RTK (Cinemática en Tiempo Real), junto con una estación base de referencia regional o local. Estos dispositivos permiten alcanzar una exactitud mucho mayor que los receptores estándar, ya que utilizan señales de corrección, ya sea en tiempo real directamente sobre el terreno o posteriormente al procesar los datos de posición. Por supuesto, el uso de este tipo de receptores requiere una formación adicional y específica. Los planificadores también deben recibir formación en comunicaciones básicas en función de los dispositivos que vayan a utilizar.

Recogida móvil de datos (o formularios de campo en papel)

Una vez que el equipo ha llegado al lugar de la parcela, es necesario registrar los datos. Esto se puede hacer con aplicaciones móviles o con simples formularios en papel. En caso de que se utilice una aplicación móvil para la recopilación de datos (como [Open Foris Collect Mobile](#) (en inglés)), es necesaria una formación específica sobre cómo ingresar los datos. Esto incluye una comprensión clara de las reglas de validación en tiempo real y de los mensajes de error.

Los expertos en esta tarea también deben tener conocimientos básicos sobre la estructura de la definición utilizada y comprender las interdependencias entre las distintas entradas. La formación debe incluir la copia de seguridad de los datos y su transferencia a la base de datos.

Una prueba de importación de datos en la base de datos puede ayudar a prevenir cualquier problema

que pueda surgir. En el caso de que se utilicen formularios de campo en papel, la lógica y las entradas de códigos deberán discutirse y formarse.

Establecimiento de la parcela

Las parcelas (o subparcelas) del IFN se deben marcar de forma no visible. Si son permanentes, deberán marcarse de forma que se garantice su visibilidad sólo para los equipos del inventario, utilizando núcleos de hierro que se colocan bajo tierra.

Los números de los árboles o cualquier otra marca deberán ser temporales, y no se deberá dejar ninguna evidencia una vez que el equipo abandone la parcela. Una descripción clara de la ubicación de la parcela (incluidos los puntos de referencia importantes) ayudará a reubicar la posición para evaluaciones posteriores.

La navegación hasta la posición objetivo nunca nos conducirá a la posición exacta debido a las interferencias de localización, como las causadas por la cubierta de copas. Para determinar la posición con la mayor exactitud posible, es muy importante medir la posición final de la parcela con una medición de coordenadas precisa y a largo plazo. En el Manual del [Inventario Forestal Nacional de Liberia 2018-29, páginas 16-18](#) (en inglés), figura un ejemplo de un flujo de trabajo típico de enumeración de parcelas por parte de un equipo.

Evaluación de las variables de la parcela y del paisaje/terreno

En primer lugar, los equipos de campo deben tener claro el diseño de parcela utilizado y el área de referencia respectiva para las observaciones de la parcela.

Por lo general, se puede utilizar todo un conjunto de variables (por ejemplo, tipo de bosque, características del paisaje/terreno), u otras evaluaciones de las condiciones del sitio (por ejemplo, cubierta de copas o estado de degradación) para describir las condiciones de la parcela. Muchas de estas variables categóricas necesitan criterios y descripciones claros para interpretar correctamente la situación del terreno.

Las mediciones de variables métricas (por ejemplo, el ángulo de pendiente) requieren formación. También se requiere formación para el uso de aplicaciones o dispositivos como los que estiman la cubierta de copas.

Las variables que requieren la interpretación de expertos necesitan una formación específica con todos los equipos de campo juntos a fin de garantizar la coherencia de los datos.

Evaluación de las variables de un solo árbol (nociones básicas de medición forestal)

Una vez registradas las variables de la parcela, un flujo de trabajo típico sería evaluar las variables de un solo árbol. Los temas de formación en este ámbito se centran principalmente en las técnicas de medición forestal y el uso de dispositivos de medición.

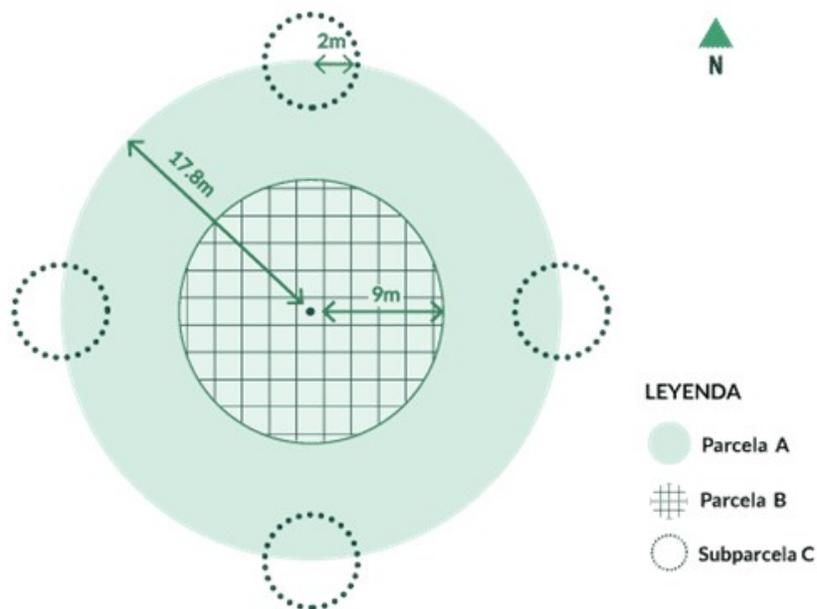
Esto incluye la medición del dap y de la altura de los árboles, la identificación de las especies arbóreas, la medición de distancias y ángulos, la asignación de árboles a capas de dosel definidas, y muchas otras cosas.

Para que el flujo de trabajo en la parcela sea eficiente, es importante desarrollar un orden secuencial adecuado en el que se midan y numeren los árboles y una secuencia en la que se miden los datos (que coincida con la secuencia de registro de datos). Se recomienda marcar los árboles registrados utilizando marcadores temporales (como tiza) para que no se cuenten dos veces y no queden árboles sin medir.

Idealmente, estas marcas provisionarias se deberían colocar todas en los troncos de manera que se puedan ver desde el punto central de la parcela.

Evaluación de la regeneración

Las parcelas de regeneración suelen estar anidadas dentro de una parcela, e idealmente situadas lejos del centro de la parcela para evitar molestias. Deben estar marcadas antes de comenzar la evaluación para evitar que sean pisoteadas y se pueden evaluar antes o después de medir los árboles en pie.



Las parcelas de regeneración suelen ser muy pequeñas y pueden tener superficies diferentes para las plántulas y los brinzales. Dado que la dispersión de la regeneración suele mostrar una gran variabilidad espacial (cambios en la densidad local), estas pequeñas parcelas pueden seguir un diseño de conglomerado (múltiples subparcelas). Generalmente, la densidad (plantas por unidad de superficie) en diferentes clases de diámetro o altura es el objetivo principal de la evaluación.

Evaluación de la madera muerta y otros tipos de madera

Dependiendo de si se utilizan parcelas de superficie fija o transectos lineales para evaluar la madera muerta caída, las mediciones necesarias requieren formación.

Otra variable, la clasificación del estado de descomposición, se suele determinar con un cuchillo. Si se incluye un inventario de tocones, puede ser un reto determinar la especie y el momento de la corta.

Evaluaciones complementarias para estudios de investigación

Los procedimientos del trabajo de campo pueden incluir evaluaciones complementarias para los estudios de investigación (muestreo del suelo, sacatestigos, recogida de otros datos espaciales) y pueden justificar una formación adicional.

Hay algunos IFN en los que estas muestras se toman como patrón para estimar el SOC (carbono orgánico del suelo) o la edad de los árboles (testigos).

Con esto llegamos al final del debate sobre los temas típicos de la formación. En la siguiente sección de esta lección, veremos lo que ocurre una vez completada la formación.

Fases de la formación

Tras una introducción y formación sobre conceptos básicos, los equipos de campo deben exponerse a situaciones reales en distintos tipos y condiciones de bosque. Si estas condiciones diferentes no se pueden encontrar en las proximidades, puede tener sentido organizar talleres más pequeños en diferentes lugares del país. Una vez que se hayan comprendido las mediciones individuales y las interpretaciones, los equipos deberán practicar las mediciones en parcelas/conglomerados.

Aunque al principio puede estar presente un formador para dar retroalimentación y correcciones, todos los equipos deben practicar trabajando de forma independiente en algunas parcelas de muestra.

Resulta instructivo enviar a todos los equipos de campo uno tras otro a las mismas parcelas. Los datos procedentes de estas parcelas medidas repetidamente pueden compararse y analizarse como parte de la formación. Los errores/desviaciones y las diferencias en las mediciones deberán debatirse en la formación.

Mediciones de control

Las mediciones de control de las muestras en las parcelas de campo son un componente integral de todos los inventarios de campo, aunque no existan normas generalmente aceptadas, ni sobre su realización ni sobre sus análisis y consecuencias.

Se recomienda realizar mediciones de control de entre el 5 % y el 15 % de las parcelas de campo para comprobar el cumplimiento del protocolo de campo y de las normas de calidad. Estas mediciones de control deben ser llevadas a cabo por un equipo de supervisión (equipo de Control de Calidad/Garantía de Calidad) que sea totalmente independiente de todos los equipos de campo y que dependa directamente de los encargados del inventario.

La formación y el control de calidad son procesos continuos.

La formación y el control de calidad no sólo son importantes al principio del trabajo de campo, sino también a lo largo de todo el proceso. Lo ideal es que la formación o la supervisión se repitan

periódicamente, ya que los controles de calidad también pueden utilizarse durante las fases de análisis para comprobar posibles sesgos.

Los formadores deben visitar a los equipos de campo y estar disponibles para cualquier pregunta.

Encontrará más detalles sobre el control de las mediciones de campo en el **Curso 6: Garantía de calidad y control de calidad en un inventario forestal nacional**.



Nota

Consecuencias de las evaluaciones deficientes

Los equipos de campo deben tener claro que su trabajo se somete constantemente a controles cruzados y que una baja calidad de las mediciones tendrá consecuencias. Si los errores se hacen evidentes a tiempo, se recomienda repetir la formación de algunos equipos. En caso de errores repetidos o graves, los equipos deben volver a medir las parcelas. Para los consultores contratados, la baja calidad de los datos, incluso después de una nueva formación, puede ser un argumento para poner fin al contrato.

Importancia de contar con manuales de campo claros

El manual de campo, en el que se describen los procedimientos y mediciones estándar, constituye una base esencial para la formación y la realización del trabajo de campo. Todas las descripciones deben ser exhaustivas e incluir recomendaciones, sobre todo en casos especiales (por ejemplo, el establecimiento de parcelas en una pendiente, la definición de la altura de medición del dap, los diámetros superiores en caso de deformaciones, raíces zancos o contrafuertes, etc.).

Para cada variable, es necesario encontrar una breve justificación (propósito de la medición, o los análisis en los que se utilizará) y una descripción detallada del procedimiento de medición (incluidos los dispositivos que se deberán utilizar). Además, hay que incluir la unidad de medida, la exactitud de los valores registrados y el caso especial en que sea pertinente o necesario. No existe una solución única para los procedimientos de campo, pero hay buenos (y malos) ejemplos de directrices.

Ejemplos de manuales de campo para los IFN

Los siguientes enlaces ofrecen ejemplos de manuales de campo. Puede repasarlos para observar la estructura general, especialmente en lo que se refiere a::

- Agrupación de variables según las "entidades" u objetos que describen (variables de parcela, variables de árbol, etc.).
- Las listas de códigos proporcionadas y los lineamientos para la interpretación de variables categóricas.
- El uso de gráficos para ilustrar las diferentes clases de variables categóricas.
- Flujo de trabajo sugerido para las evaluaciones de campo.

Resumen

Antes de finalizar, aquí están los puntos clave de aprendizaje de esta lección:

- Existen diferentes formas de organizar la formación de los equipos de campo. Sin embargo, es habitual empezar con una formación conjunta para todos los equipos.
- Tras una formación sobre conceptos básicos, los equipos de campo deben exponerse a situaciones reales en distintos tipos y condiciones de bosque.
- El manual de campo, en el que se describen los procedimientos y mediciones estándar, es una base esencial para la formación y la realización del trabajo de campo.

Lección 3: Mediciones a nivel de parcela y subparcela

Introducción de la lección

En la lección anterior aprendió cómo organizar la formación y preparar a los equipos de campo. Ahora pasamos a la fase de ejecución y nos centraremos en el flujo de trabajo típico de los procedimientos de campo. En primer lugar, abordaremos algunos ejemplos de variables típicas a nivel de parcela y, en la siguiente y última lección, analizaremos las mediciones en árboles individuales.

Objetivos

Al final de esta lección, usted podrá:

1. Explicar las variables a nivel de parcela y las maneras en que pueden registrarse.
2. Describir la importancia de tener definiciones claras para las variables categóricas.
3. Distinguir entre variables básicas y estudios de investigación complementarios.

Comenzar la evaluación de la parcela

Aunque existe una secuencia natural que siempre es pertinente para algunos pasos, los procedimientos de campo detallados para las observaciones adicionales pueden variar en función de las necesidades de información identificadas y de las variables definidas en el manual de campo. Como ya ha estudiado en lecciones anteriores, partimos de la base de que las fases de planificación y preparación se han resuelto por completo antes de enviar a los equipos sobre el terreno. Esto significa que para entonces:

1. Los equipos de campo han recibido formación y conocen los procedimientos de campo.
2. Se conocen las ubicaciones de las parcelas de campo por coordenadas (diseño de muestreo) y se dispone de información preliminar de cada parcela, por ejemplo, obtenida a partir de la interpretación visual de imágenes de alta resolución y de mapas topográficos.
3. Ya se informó a las autoridades locales y/o a las comunidades, y la situación de seguridad está clara.
4. Los equipos de campo están equipados con todos los materiales y herramientas necesarios.
5. Se dispone de mapas detallados (también imágenes de alta resolución, si están disponibles) de cada parcela y se elaboran mapas de las ubicaciones de las parcelas, incluidas las posibles rutas

(como copia impresa o como capas en una aplicación SIG móvil). Tenga en cuenta que, para los inventarios repetidos, se imprimen mapas de las parcelas (o están disponibles en pantalla en las tablets), que muestran la posición de los árboles muestra en cada parcela de muestreo: esto ayuda a encontrar el centro de la parcela y facilita la realización de mediciones repetidas de los árboles de muestra claramente identificados.

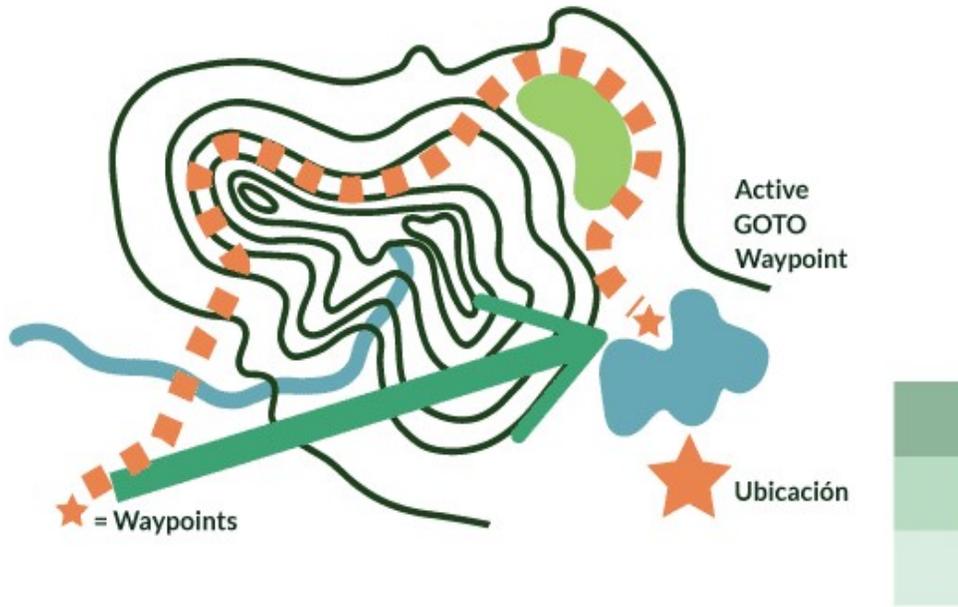
Una vez que todos estos puntos estén claros, los equipos de campo comenzarán su trabajo. **Por lo general, las enumeraciones de las primeras parcelas llevan mucho más tiempo en comparación con las siguientes**, ya que los equipos tienen que identificar primero un flujo de trabajo óptimo. Durante esta fase, es imperativo que los datos provenientes del campo se verifiquen lo antes posible para poder dar una retroalimentación directa sobre los errores.

Acceso a las unidades de muestreo

Navegación hasta la parcela

Una tarea inicial de los equipos de campo es localizar en el terreno las coordenadas de la parcela seleccionada que sirven de referencia o punto central de la parcela de muestreo correspondiente. Para la navegación suele bastar con un receptor común del Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS), a veces denominado GPS. Sin embargo, para una medición altamente exacta de la ubicación de la parcela, se debe utilizar un GNSS denominado diferencial, que utiliza información de corrección para eliminar algunos de los errores de posición.

En caso de que la parcela esté situada lejos de la carretera más cercana, **se recomienda registrar la ruta de acceso para poder seguir el mismo camino de vuelta (o uno mejor)**. Un dibujo sencillo (como el que se muestra a continuación) con algunos puntos de referencia relevantes puede ser útil para reubicar la parcela (en caso de parcelas permanentes, o para el equipo de GC/CC) y debería formar parte de la documentación (por ejemplo, como una foto de este dibujo en la base de datos). También se recomienda comprobar de vez en cuando la cobertura de la red móvil (si está disponible). En caso de emergencia, puede ser muy importante conocer el último punto de cobertura móvil.



Muestra de la ubicación de una parcela dibujada a mano con algunos puntos de referencia relevantes

Una vez que el equipo se encuentra cerca de la ubicación prevista de la parcela, puede comenzar una medición más precisa con un receptor GNSS diferencial adecuado. Es difícil alcanzar una posición exacta sobre el terreno. Esto no es un problema, siempre que se midan (preferiblemente con una medición a largo plazo durante la evaluación de la parcela) y se registren las coordenadas finales de la ubicación de la parcela marcada. Los receptores GNSS permiten realizar una medición a largo plazo en la que las coordenadas se promedian a lo largo de un intervalo de tiempo mayor (por ejemplo, a lo largo de 10 minutos se determina una posición cada 10 segundos). Cuanto más tiempo se mida, mejores serán las coordenadas.



Consejos prácticos

Trabajar con datos espaciales

Existen muchas posibilidades diferentes de proyectar la superficie terrestre sobre un plano cartográfico, y muchos sistemas de coordenadas distintos. Dependiendo de los sistemas de coordenadas utilizados, un mismo punto sobre el terreno puede tener coordenadas muy diferentes. Si

no se conoce el sistema de coordenadas utilizado, es imposible encontrar esas coordenadas sobre el terreno.

En los ajustes de un receptor GNSS, estos sistemas de coordenadas deben estar correctamente configurados. La configuración y/o documentación correcta de la proyección actual y del datum cartográfico (elipsoide de referencia) son siempre importantes. El reporte o el almacenamiento a largo plazo de los datos de posición deben contener siempre esta importante información, ya que de lo contrario no resultan útiles.

La importancia de las mediciones de posición exactas

Si se utilizan datos de teledetección como fuente de datos auxiliares en la fase de planificación o estimación de un inventario, nunca se insistirá lo suficiente en la importancia de unas mediciones de coordenadas exactas y precisas de las ubicaciones de las parcelas. Para aprovechar al máximo las posibles correlaciones entre la información de teledetección y las observaciones sobre el terreno, ambas fuentes de datos deben co-registrarse (es decir, coincidir espacialmente) con la mayor precisión posible. Los errores de co-registro debidos a mediciones de posición de baja calidad comprometerán la calidad de los modelos estadísticos y afectarán a la precisión total de la estimación.

Los recientes avances del GNSS y de los respectivos receptores satelitales diferenciales y bifásicos permiten reducir considerablemente los errores de posición.

Sin embargo, bajo una densa cubierta forestal e incluso si se dispone de datos de corrección regionales o locales, cabe esperar errores de posición de varios metros. En el caso de parcelas de muestreo relativamente pequeñas y del uso de datos de teledetección de alta resolución, puede producirse una selección errónea de los valores de los píxeles, que no coincidan con la respectiva observación sobre el terreno.

Los precios de los receptores RTK (Cinemática en Tiempo Real) modernos, que utilizan GPS+GALILEO+GLONASS (los GNSS estadounidense, europeo y ruso, respectivamente) y que permiten un posicionamiento más exacto, se reducen cada día y es posible obtener una estación base y una estación de referencia adecuadas por un precio razonable. Además, dependiendo de la zona, los dispositivos modernos de menor precio que reciben GPS+GLONASS+GALILEO o Beidou (el GNSS chino) pueden proporcionar una exactitud suficiente.



Consejos prácticos

La importancia de los errores de posición

Cualquier desviación entre la parcela de muestreo en el terreno y la supuesta coordenada utilizada para la coincidencia espacial (co-registro) de las observaciones de campo y las fuentes de datos de teledetección, comprometerá la calidad de las relaciones (modelos). Las mediciones exactas y precisas de las coordenadas de la parcela son muy importantes y, en caso de inferencia basada en el modelo o asistida por el modelo, tienen una influencia directa en la calidad de las estimaciones.

Cuando no se modeliza con teledetección, el posicionamiento exacto de las parcelas no es un gran problema, siempre que se eviten los factores subjetivos (que influyen en el posicionamiento). Para una estimación basada exclusivamente en parcelas de campo, no es tan importante que el punto muestral se determine con precisión milimétrica.

Establecimiento de parcelas/subparcelas: Posible secuencia de trabajo en el terreno

Todo proceso de recogida de datos en el terreno comienza con la posición de muestreo seleccionada en el bosque y con el marcado de la posición de la parcela o subparcela.

En algunos casos, puede ser mejor empezar con la evaluación de la regeneración -así como con las muestras de suelo y hojarasca, si están dentro de las parcelas- para evitar daños causados por el pisoteo de los equipos de campo, y a veces se hace después de evaluar los árboles en pie. En los manglares, donde los equipos de campo pueden utilizar los trozos de madera muerta como peldaños, tiene sentido evaluarlos primero. Por otro lado, en los bosques templados donde los inventarios se llevan a cabo en invierno, es más fácil localizar los trozos de madera muerta bajo la capa de nieve después o mientras se llevan a cabo otras evaluaciones de los árboles.

La siguiente secuencia de mediciones y observaciones sobre las variables de la parcela y del árbol puede ser diferente dependiendo del tipo de bosque y del tamaño del equipo:

1. Identificar y marcar la ubicación de la parcela con GNSS diferencial y marcado permanente de esta posición en el terreno (normalmente mediante un núcleo de hierro hundido en el suelo).

2. Iniciar una medición de coordenadas a largo plazo (>10 min) de la ubicación de la parcela.
3. Iniciar la recogida de datos con variables de la parcela y variables relativas al entorno de la parcela (tipo de bosque, condiciones del terreno, etc.).
4. Comenzar las mediciones en árboles individuales de el dap, altura y otras variables en el sentido de las agujas del reloj (según el acimut).
5. Marcar los árboles con números provisorios o marcadores.
6. Evaluar la regeneración y la muestra de madera muerta.
7. Complementar la evaluación de la parcela con otras variables restantes (productos forestales no maderables (PFNM), como bambú o ratán, otra vegetación, muestras de suelo, etc.).



¿Sabía que?

¿Cuánto tiempo tarda evaluar una parcela?

El diseño de las subparcelas se suele planificar de forma que no lleve más de una hora en promedio. A continuación, el equipo pasa a la siguiente subparcela y completa la totalidad del conglomerado paso a paso. Excepto en los casos en que se planifican parcelas muy grandes, otra medida de buena planificación es garantizar que la evaluación permita completar un mínimo de un conglomerado por día.

Marcado de parcelas/subparcelas

Los programas de monitoreo a largo plazo se basan en mediciones repetidas continuamente en las mismas parcelas. Por lo tanto, las parcelas (y los árboles individuales) se deben volver a identificar después de un periodo relativamente largo (por ejemplo, 5 o 10 años). Un marcado eficaz del centro de la parcela (o de varios puntos en el caso de parcelas rectangulares) y unas mediciones exactas de las posiciones de los árboles (distancia y acimut) son esenciales para identificar claramente los centros de las parcelas y las posiciones de los árboles en momentos posteriores.

Si se dispone de ellos, se identifican varios objetos de referencia en los alrededores (rocas, árboles grandes, terreno) y se miden la distancia y el acimut hacia la ubicación de la parcela. Es útil hacer un dibujo a mano, que posteriormente se puede almacenar como foto en la base de datos.



Consejos prácticos

No se recomienda marcar las parcelas de forma visible (por ejemplo, con colores permanentes, números en los árboles o postes visibles), ya que nuestro objetivo es ocultar las parcelas de muestreo a los usuarios y administradores forestales. La naturaleza de un estudio observacional es observar las condiciones típicas, incluyendo los cambios inducidos por el hombre, y evitar que estas áreas puedan ser consideradas de forma diferente a otras, lo que podría dar lugar a observaciones sesgadas en inventarios repetidos.

Una forma típica de marcar parcelas de forma invisible es utilizar tubos de hierro o aluminio, de 30-50 cm de longitud, que se ocultan completamente en el suelo en el centro de la parcela. Estas marcas se pueden encontrar utilizando un detector de metales una vez que se está lo suficientemente cerca. También pueden tomarse como información adicional sobre la parcela las triangulaciones (distancia y acimut) a elementos de referencia específicos de los alrededores.

Fotos como información adicional

Las fotos pueden tomarse desde diferentes posiciones y pueden ayudar a obtener una visión general de las condiciones locales del bosque. La adquisición de fotos está impulsada principalmente por la recolección moderna de datos móviles de campo, ya que pueden almacenarse junto con los datos recogidos en el mismo dispositivo. Pueden ser útiles para reconstruir la situación (por ejemplo, en caso de dudas durante la depuración de datos), pero rara vez se analizan.



Nota

Las aplicaciones móviles modernas de recogida de datos hacen que sea muy fácil y sencillo tomar fotos y almacenarlas directamente en una base de datos. Recuerde que cada foto aumentará el tamaño de los archivos de las copias de seguridad e incluso podría comprometer la capacidad de almacenamiento local de un dispositivo móvil. Sobre todo, si hay que transferir datos y enviarlos a la sede central, los archivos de copia de seguridad deben ser pequeños y fáciles de manejar.

También hay que prestar atención a qué fotos se toman y cómo almacenarlas y referenciarlas. Las fotos podrían codificarse de la siguiente manera "Número de Unidad de Muestreo de tres/cuatro dígitos" + "-" + "número de parcela" + "." + "número de foto consecutiva dentro de la parcela" (por ejemplo, 3ª foto de referencia tomada en la 2ª parcela de la UM número 028 = 028- 2.3).

Datos a nivel de parcela

Existe mucha información importante referida al área de la parcela o a los alrededores de esta. La información de la parcela se recoge mediante una caracterización del área de la parcela por medio de variables básicas, como el ángulo de pendiente, el tipo de bosque, la accesibilidad, el estado de perturbación y otras.

Comenzamos esta sección examinando algunas variables y su finalidad específica. La forma en que estas variables se implementan en el diseño de la observación puede diferir.

➤ Conservación y sostenibilidad

VARIABLES INDICADORAS QUE CONTRIBUYEN A LA INFORMACIÓN CUALITATIVA O CUANTITATIVA SOBRE EL VALOR DE CONSERVACIÓN O EL ESTADO DE CONSERVACIÓN, POR EJEMPLO:

- ✓ Estado de degradación/perturbación (definido por algunas variables indicadoras observables, como signos de tala ilegal, conversión de tierras, pastoreo excesivo, etc.).
- ✓ Características del hábitat (por ejemplo, presencia/ausencia de diferentes elementos del hábitat para diferentes especies, como lugares de nidificación o elementos específicos como muros de piedra, estanques, cuevas, etc.).
- ✓ Erosión del suelo, evaluada en diferentes clases de gravedad.
- ✓ Gestión ganadera (por ejemplo, puede haber pastoreo comunal en tierras forestales).
- ✓ Existencia de especies amenazadas o de la lista roja (como las especies de la lista roja de la UICN).

- ✓ Aspectos relevantes de la estructura del bosque (incluso bosque envejecido de estructura baja frente a bosque de estructura alta).
- ✓ Porcentaje de cubierta de copas o arbustos

➤ Utilización de los bosques

Información sobre el uso y la gestión del área para diferentes fines:

- ✓ Productos recolectados en el bosque, tanto comerciales como no comerciales.
- ✓ Existencia y cantidad de PFNM como setas, bayas, ratán, bambú, etc.
- ✓ Propiedad, derechos de los usuarios y régimen de gestión forestal.
- ✓ Tecnología de tala utilizada o por utilizar, si se conoce.
- ✓ Existencia de biotopos y especies raros.
- ✓ Uso social del bosque.

➤ Composición y desarrollo de los bosques

La información derivada de los IFN no se puede utilizar para fines de gestión a nivel de rodal (los IFN no son la fuente de datos adecuada para estos análisis de áreas pequeñas), sino sólo para un contexto regional más amplio.

Sin embargo, puede ser una información importante para la formulación de programas nacionales o regionales de gestión forestal y para la toma de decisiones políticas relativas a la utilización o conservación de los recursos forestales. Las siguientes categorías pueden aportar información valiosa:

- ✓ Estratificación, en número de capas de dosel diferentes.
- ✓ Etapa de desarrollo del bosque, como fase de regeneración, bosque joven/regeneración, maduro, viejo- crecimiento.
- ✓ Proporciones de área de grupos de especies (proporciones de área basal) o clases de edad (si no se derivan de los datos de árboles individuales).
- ✓ Densidad de población (según una tabla de rendimiento o una capacidad de repoblamiento máxima).



Consejos prácticos

Observaciones adicionales "fuera" de la muestra

Los equipos de campo pasan mucho tiempo en el bosque y pueden hacer muchas observaciones fuera de las parcelas seleccionadas. Y aunque el marco estadístico no puede producir estimaciones a partir de dichas observaciones -porque la ausencia de un diseño de muestreo y parcela no permite derivar ninguna probabilidad de selección o inclusión-, estas observaciones pueden ser muy pertinentes para otros fines, como la construcción de modelos o como puntos de formación y validación para la clasificación por teledetección o para el monitoreo de la vida silvestre. Por lo tanto, tiene mucho sentido incluirlas en el flujo de trabajo del IFN.

Los equipos de campo podrían registrar potencialmente puntos del terreno para diferentes tipos de bosque, uso de la tierra y clases de cobertura de la tierra, basándose en un esquema jerárquico de clasificación del uso de la tierra y de la cobertura de la tierra, a lo largo del camino hacia las parcelas. Estas clasificaciones no requieren mucho tiempo y el almacenamiento de las coordenadas es rápido y sencillo.

Ejemplo de variables categóricas

A nivel de parcela, las mediciones realizadas incluyen el ángulo de pendiente, la accesibilidad y el uso de la tierra/tipo de cobertura de la tierra. La mayoría de las variables son variables categóricas que necesitan definiciones muy claras y reglas de decisión para su interpretación. En algunos casos, puede ser útil disponer de fotografías de ejemplo para las distintas categorías.

Algunos ejemplos posibles podrían ser la información sobre "Perturbación" o "Estado de degradación", que suelen ser imprecisas y necesitan indicadores claros con definiciones.

El siguiente ejemplo muestra una definición de la variable Perturbación según una plantilla de [manual de campo del IFN](#) proporcionada por la FAO.

Opción / Descripción	Etiqueta / Código	Definición
Sin perturbar	Áreas protegidas, todos los recursos conservados	0

Levemente perturbado	La explotación de los bienes y servicios se lleva a cabo según los planes de gestión	1
Moderadamente perturbado	Muchos productos recolectados sin ajustarse a los planes de gestión, no se respeta la noción de sostenibilidad	2
Gravemente perturbado	Extracción de productos a tasas superiores al Incremento Medio Anual (IMA), degradación de la biodiversidad debido a la elevada presión sobre especies seleccionadas, invasión de la agricultura que provoca una elevada tasa de deforestación	3



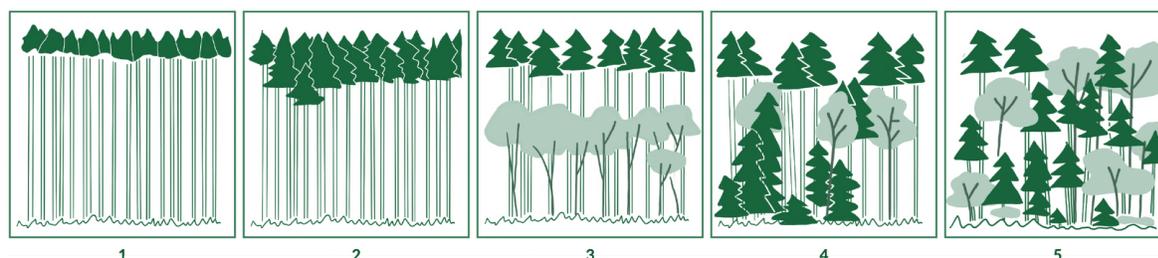
Nota

Incluso con descripciones detalladas, puede seguir siendo difícil para los equipos de campo llegar a una conclusión. Las discusiones en el terreno (sobre las asignaciones correctas) y las posibles interpretaciones individuales de las definiciones son un claro indicio de que las descripciones del manual de campo no son suficientes.

La "estructura forestal" es otro ejemplo de variable categórica que requiere una definición clara. La estructura vertical describe la variabilidad de las alturas de los árboles y la estratificación de un rodal. La estructura se puede observar mediante la estimación visual de las condiciones medias en la parcela y en los alrededores directos de la parcela. Esta variable también es de interés para la integración de la teledetección, ya que influye en la correlación y la saturación de las estimaciones sobre el terreno y las métricas obtenidas por teledetección. Las figuras o dibujos pueden apoyar la decisión final y deben utilizarse siempre que sea posible y tenga sentido.

Opción/Descripción	Etiqueta/Código	Definición
--------------------	-----------------	------------

Una sola capa, mismas alturas	Típico bosque de una sola capa de clase de edad en el que todos los árboles tienen la misma altura	1
Una sola capa, alturas variables	Un bosque de una sola capa, pero con diferentes alturas de los árboles	2
Varias capas evidentes	Una clara separación en diferentes capas (por lo general de la misma edad)	3
Estructura de la variable en los espacios	Estructuras de espacios con variabilidad local de la altura de los árboles	4
Estructura completa de la variable	Un bosque natural típico o un bosque plantado en el que se mezclan todas las clases de edad y altura	5



Estructura de rodal vertical (adaptado de Otto, 1994)



Nota

Ilustración de estructuras verticales de rodales

Incluso con definiciones muy claras, algunas variables seguirán siendo difusas. Cuando los equipos de campo se enfrentan a situaciones reales en diferentes tipos de bosque, es esencial que estas variables se entiendan e interpreten de forma coherente.

El principal problema suele plantearse con las variables categóricas que no se miden, sino que se clasifican según una interpretación visual y una clave de clasificación. Las variables categóricas

pueden incluir la clasificación de los tipos de bosque, la interpretación del estado de degradación o la estructura del límite del bosque; o para árboles individuales: la clasificación de las capas y la posición sociológica (entre dominante y suprimida) o la vitalidad del árbol o la calidad del tronco. Para algunas de estas variables, puede ser útil disponer de un conjunto de imágenes/gráficos esquemáticos/fotografías de ejemplo. Sólo se pueden esperar observaciones comparables de varios equipos si todos los miembros han recibido formación juntos o, al menos, de los mismos formadores. Un ejemplo muy obvio son los tipos de bosque en los países tropicales, con muchas especies que comparten espacio. La formación al respecto es especialmente ardua y potencialmente cara. Por lo tanto, para algunas de estas variables, a veces puede ser mejor redefinir los tipos de bosque y pasar por un exhaustivo GC/CC durante la fase de análisis.

Recogida de datos en subparcelas

Además de los árboles en pie, suele haber interés por otros objetos y variables relacionados con los árboles, incluida la regeneración forestal y la madera muerta o los PFM que se recogen en subparcelas (anidadas). La conformidad de los umbrales de diámetro con las normas internacionales de presentación de informes (por ejemplo, las [Directrices del IPCC](#)) se debe verificar durante la definición de las variables.

La regeneración forestal informa sobre la densidad, calidad y mezcla de especies de la siguiente generación forestal y podría proporcionar una perspectiva sobre el potencial de regeneración natural.

Evaluación de la regeneración

La regeneración de los árboles proporciona información importante sobre la posible composición futura del bosque. La regeneración de árboles suele referirse a todos aquellos árboles que tienen un dap inferior al diámetro mínimo para la evaluación de árboles (por ejemplo, 10 cm). En algunos casos, sin embargo, se distingue entre "regeneración" y "regeneración establecida" y se ignoran las plántulas muy pequeñas (por ejemplo, de menos de 25 cm de altura). Todo esto es cuestión de definiciones y terminología claras.

Los árboles de regeneración suelen registrarse en subparcelas relativamente pequeñas, ya que su densidad puede ser muy alta, sobre todo en bosques naturales con una gran variabilidad de dap.

Las plántulas y los brinzales se registran en parcelas anidadas con radios de 1-2 m; mientras que las

subparcelas para los pequeños árboles de regeneración suelen situarse a algunos metros del centro de la parcela para evitar que estas plantas sean pisoteadas por los miembros del equipo de campo o cortadas con un machete cuando los ayudantes despejan el camino para que el equipo de campo avance sin problemas.

La regeneración suele registrarse por especies y contarse por área.



Consejos prácticos

Las subparcelas (o micro parcelas) de regeneración se deben alejar del centro de la parcela. A veces se definen fuera de la subparcela más grande y los equipos de campo pueden ponerse nerviosos por ello. Pero no importa si la micro parcela de regeneración está incrustada en la subparcela más grande o fuera de ella. Sólo es cuestión de seguir claramente las instrucciones de medición.

Evaluación de la madera muerta

La madera muerta en los bosques incluye todas las partes de madera muerta que no están destinadas a ser llevadas al aserradero o a otros usos. La madera muerta se puede evaluar en parcelas de superficie fija (que suelen ser relativamente pequeñas, normalmente $< 100 \text{ m}^2$), o basándose en el Método de los Transectos Lineales (LIS) a lo largo de líneas de transecto. El LIS se utiliza principalmente para los residuos leñosos derribados, mientras que los tocones y los árboles muertos en pie (rotos o no) se registran en la superficie de la parcela al igual que los árboles sanos.

De forma similar a la regeneración, la presencia de madera muerta muestra una gran variabilidad espacial (mucha en algunos lugares, pero muchos lugares sin madera muerta). Con LIS una opción es contar las intersecciones de una línea de muestreo (transecto) de longitud definida con piezas de madera muerta y observar la clase de diámetro de estas piezas en el punto de intersección. Basándose en los estimadores estadísticos del LIS, es posible derivar una estimación de la longitud total de las piezas de madera muerta por clase diamétrica, a partir de la cual también podemos obtener el volumen.

La madera muerta es uno de los cinco reservorios de carbono por defecto sobre los que los países deben informar a la convención sobre el clima. A largo plazo, toda la madera muerta se descompondrá y aportará su carbono a la atmósfera, pero los cambios en las existencias de madera muerta pueden

alterar la función de los bosques como fuente o sumidero neto de carbono. Para esta distinción, el estado de descomposición se evalúa en diferentes clases, incluyendo sana, intermedia y podrida. La madera muerta puede incluir:

1. **Árboles muertos en pie** (las variables de interés para la observación suelen incluir la especie, el diámetro del tronco, la altura, si están rotos o no y el motivo de la mortandad).
2. **Tocones** (las variables de interés para la observación suelen incluir especie, diámetro del tocón, altura del tocón, estado de descomposición, edad/año de tala/mortandad).
3. **Residuos leñosos gruesos** (las variables de interés para la observación suelen incluir el número de piezas, los diámetros, las longitudes y el estado de descomposición; el objetivo es estimar el contenido de carbono).
4. **Residuos leñosos más pequeños** (las variables de interés para la observación suelen incluir el número de piezas, los diámetros, las longitudes y el estado de descomposición; el objetivo es estimar el contenido de carbono).



Nota

Según la Convención Marco de las [Naciones Unidas sobre el Cambio Climático \(CMNUCC\)](#), la madera muerta comprende las categorías 1-3, mientras que la categoría 4 está dentro de la hojarasca de la reserva de carbono. El umbral entre madera muerta y hojarasca se define en el IPCC en un diámetro de 10 cm.

Muestreo del suelo

Un IFN puede servir de base para la presentación de informes a convenciones internacionales, como la CMNUCC. En este caso, las reservas de carbono se deben estimar por separado para los distintos reservorios de carbono.

Aparte de la madera muerta que acaba de estudiar, los otros reservorios de carbono son la biomasa aérea y subterránea, la hojarasca y la materia orgánica del suelo. Para esta última, pueden recogerse muestras de suelo para su análisis en laboratorio. Los procedimientos de muestreo y la logística requieren un protocolo claro, ya que las muestras deben llegar al laboratorio en pocos días. Sin

embargo, dado que las muestras de suelo se toman rápidamente (y su transporte es tedioso), es importante establecer un flujo de trabajo de análisis claro para el proceso. Para ello es necesario disponer de espacio en el laboratorio y tener en cuenta los gastos de tiempo y dinero. El manual de campo que figura a continuación ofrece un protocolo para el muestreo de suelos.

Otras evaluaciones

En muchos IFN se integran evaluaciones adicionales de otros componentes. Un ejemplo es hacer estimaciones sobre la cantidad y el uso de los PFMN. Se puede tratar de una estimación experta en clases definidas o de una evaluación real con mediciones en subparcelas adecuadas (anidadas).

También pueden ser de interés el sotobosque, los arbustos y el estrato herbáceo (por ejemplo, para obtener información sobre la biodiversidad). En lugar de mediciones detalladas, normalmente se registra una estimación experta de la cobertura en una zona de referencia definida. Existen libros de texto para el muestreo de la vegetación herbácea (a menudo utilizada en el monitoreo de pastizales) que están fuera del alcance de este curso.

Resumen

Antes de finalizar, aquí están los puntos clave de aprendizaje de esta lección:

- Para una medición exacta de la ubicación de la parcela, se recomienda utilizar un GNSS diferencial que utilice información de corrección.
- Las mediciones exactas y precisas de las coordenadas de la ubicación de las parcelas son cruciales si se pretende utilizar los datos de teledetección como fuente de datos en las fases de planificación y estimación de un IFN.
- No se recomienda marcar las parcelas de forma visible (por ejemplo, con colores permanentes, números en los árboles o postes visibles), ya que se recomienda ocultar las parcelas de muestreo.
- Una forma típica de marcar parcelas de forma invisible es utilizar tubos de hierro o aluminio, de 30-50 cm de longitud, que se ocultan completamente en el suelo.
- La información de la parcela se recoge mediante una caracterización del área de la parcela por variables básicas, como el ángulo de pendiente, el tipo de bosque, la accesibilidad, el estado de

perturbación y otras.

- Además de los árboles en pie, la información sobre la regeneración forestal y sobre la madera muerta o los PFM que se recoge en subparcelas (anidadas) también es importante para el reporte de los reservorios de carbono.

Lección 4: Mediciones a nivel de árbol

Introducción de la lección

En esta lección, aprenderemos sobre las mediciones clave en árboles individuales. También nos centraremos en algunas de las variables y mediciones centrales que suelen evaluarse en los IFN. Aunque el conjunto de variables evaluadas en cada parcela de muestreo de un IFN puede superar las 100-150, cada una de ellas con definiciones muy específicas, esta lección se centrará en las mediciones y observaciones típicas de los árboles, como los diámetros y las alturas de los árboles.

Objetivos

Al final de esta lección, usted podrá:

1. Describir los principios básicos de medición de algunas de las variables centrales de un IFN relacionadas con los árboles.
2. Explicar cómo medir el dap.
3. Identificar cómo ayudan los principios de la trigonometría en la medición de la altura de los árboles.
4. Enumerar las variables categóricas de árboles individuales que son de interés en un IFN.

Algunas mediciones comunes en árboles individualmente

Muchas variables de interés que evaluamos en una parcela (o subparcelas) de muestreo son valores agregados sobre características medidas o modelizadas de árboles individuales. Una vez localizada la posición de la parcela en el terreno, el diseño de la parcela determina qué árboles se deben incluir como árboles muestra y hay que medirlos.

Recuerde que las parcelas anidadas, con diferentes tamaños de parcela para diferentes clases diamétricas de árboles, son el estándar común.

Para los sistemas de inventario permanente en los que se miden repetidamente las mismas parcelas, se recomienda cartografiar la posición del árbol registrando el acimut y la distancia desde el centro de la parcela de muestreo hasta el árbol. Las mediciones en árboles individuales se deben realizar en una secuencia fija según el acimut creciente (en el sentido de las agujas del reloj).



Videos

La Cátedra de Inventario Forestal y Teledetección de la Universidad de Göttingen ofrece de una *serie de tutoriales en video sobre diferentes evaluaciones de parcelas y técnicas estándar de medición forestal* (en inglés), que constituyen un recurso útil para esta lección. Puede ver estos vídeos en paralelo a los temas específicos o después de completar el curso.

Para su comodidad, también se han incluido enlaces directos a vídeos específicos dentro del contenido, cuando procede.

Medición del diámetro de los árboles

¿Qué se "mide" en un inventario forestal?

Antes de continuar, veamos los elementos que se miden en un inventario forestal. Una medición se caracteriza por una única fuente de error (o variabilidad), que es el error de medición. Recuerde que en un inventario forestal sólo hay dos tipos de mediciones directas: longitudes y ángulos.

El dap de un árbol, por ejemplo, puede derivarse a partir de la medición de la longitud de la circunferencia del tronco (utilizando una cinta) o como la distancia entre el lado izquierdo y el derecho del tronco (utilizando una forcípula).

Diámetro a la altura del pecho (dap)

La medida más común y también la más importante realizada en un inventario forestal es la del diámetro del tronco. Lo más habitual es que la medición del diámetro se realice en troncos de árboles en pie y, en algunas ocasiones, en tocones o árboles muertos en pie. Los diámetros suelen medirse por encima de la corteza, por lo que es necesario aplicar una reducción si interesa el volumen comercializable. La altura estándar para medir el diámetro es de 1,3 m, también llamada "altura del pecho", lo que da lugar al acrónimo dap = diámetro a la altura del pecho.

El dap es una variable central en el inventario y el análisis forestal porque, en la mayoría de los casos, se mide fácil y directamente, y la distribución del diámetro en un bosque da una buena idea de la estructura del bosque y de sus etapas de desarrollo. También es útil recordar aquí que **el área basal** -

una variable crucial de los IFN y relacionada con otras variables centrales como el volumen, la biomasa y el carbono- se deriva del dap, siempre bajo el supuesto de que el árbol tiene una sección transversal perfectamente circular.

Además, dado que el área basal (el área de la sección transversal en 1,3 m de altura) de un árbol está altamente correlacionada con el volumen, la biomasa y el carbono del árbol, el diámetro a la altura del pecho (dap) es una variable estándar evaluada en prácticamente todos los casos.

Además, la altura del árbol es una información importante, aunque a veces más difícil de medir sobre el terreno, dependiendo del tipo y la densidad del bosque. La altura de los árboles suele medirse en una submuestra de árboles. A partir de este conjunto de mediciones de altura se puede derivar una relación entre el dap y la altura, esto es, una curva de altura, mediante un análisis de regresión que permite predecir la altura del árbol a partir del dap medido.

Además, la altura de los árboles en los que no se midió la altura se predice a partir de estos modelos. En unas pocas especies, como las palmeras, la altura suele ser más importante que el dap, al menos si se pretende estimar su biomasa. Debería haber una regla de selección clara para el submuestreo de los árboles en los que se va a medir la altura en una parcela.

Dónde medir el dap

La posición estándar para medir el diámetro de los árboles en pie es a la altura del pecho, definida a la altura de 1,3 m en la mayoría de los países. Pero todavía hay varios países en los que el dap se mide o se ha medido a alturas diferentes (por ejemplo, 4,5 o 1,2 m).

Si bien hoy en día 1,3 m debería ser la altura estándar para las mediciones del dap, siempre hay que comprobar cómo se definía el dap en los datos de inventarios anteriores. También puede ocurrir que los modelos de volumen o de biomasa existentes requieran el registro de un dap medido a 4,5 pies en lugar de a 1,3 m, lo que debe comprobarse durante los análisis.

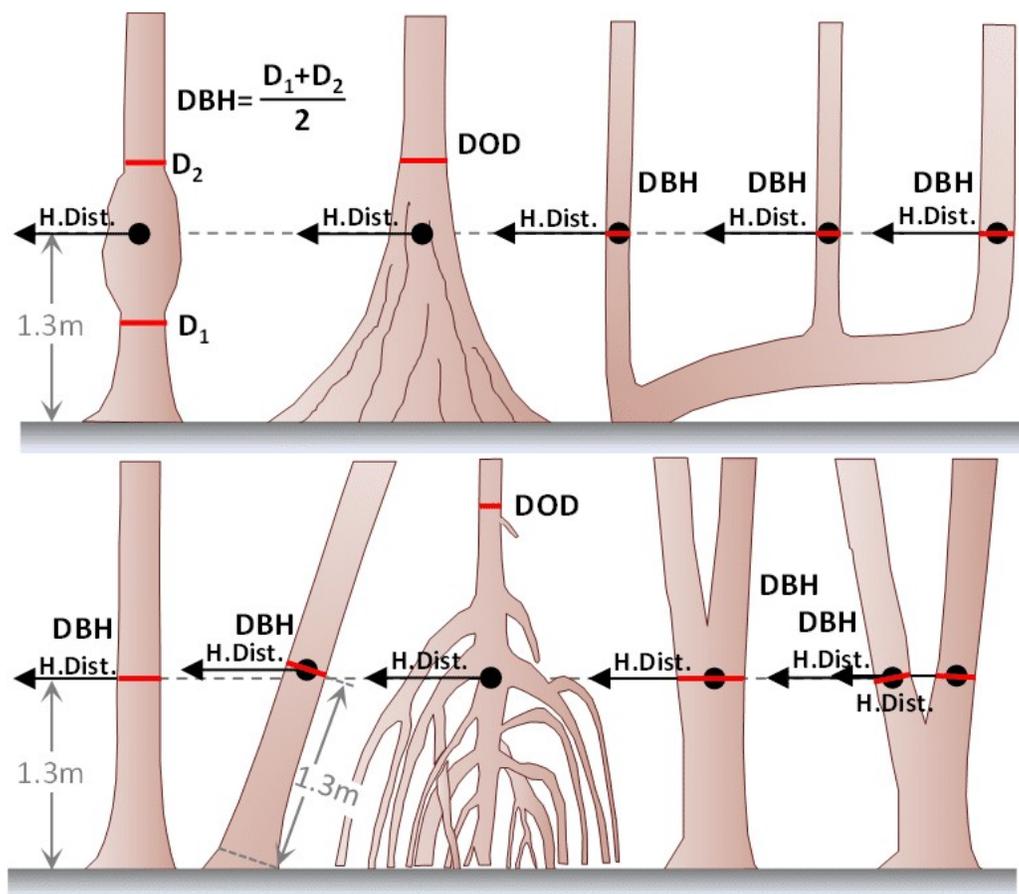
Por lo tanto, siempre es bueno ponerse de acuerdo sobre dónde se mide el dap antes de iniciar la recogida y el análisis de datos. Tenga en cuenta que las mediciones deben ser coherentes a lo largo del tiempo para evitar errores sistemáticos y cambios que no se deban a cambios reales, sino a diferentes enfoques de medición.



Videos

Ver en Youtube 1: [About the measurements of tree diameters and dbh with a caliper and a diameter tape.](https://www.youtube.com/watch?v=17NPkVXteil&t=3s) (<https://www.youtube.com/watch?v=17NPkVXteil&t=3s>)

En general, el diámetro se mide perpendicularmente al eje del tronco. Una definición más detallada de las posiciones de medición para casos especiales (véase la figura siguiente) debería formar parte del manual de campo. En terrenos inclinados, la altura de medición se toma desde la parte superior de la pendiente en la mayoría de los países, pero a veces también en la "pendiente media" se define la medición desde el lado.



Ejemplo de definición detallada de las posiciones de medición del diámetro sobre la deformación (DOD) y la distancia horizontal (H. dist) de un inventario en un bosque pantanoso de turba en Kalimantan, Indonesia



Nota

Casos especiales de medición de dbh

Existen casos más especiales, como el del brote de un tocón, en los que se registra 1,3 m por encima del "nivel del punto de siembra". El IFN de Papúa Nueva Guinea siguió esta regla en el caso de las raíces aéreas: el diámetro se midió a 30 cm por encima de la raíz superior. Dentro del género *Ficus*, hay algunas especies de árboles que a menudo contienen raíces fúlcreas por encima de 1,3 m del suelo. Algunas raíces superiores están bien establecidas en el suelo, mientras que otras acaban de empezar a formarse o se forman desde el interior de la copa. Por lo tanto, al señalar la "raíz superior" sólo se tienen en cuenta las raíces que se originan en el tronco central y tocan el suelo.

Por qué medir a la "altura del pecho"

La razón por la que la altura del pecho se ha convertido en una medida estándar tiene que ver probablemente con la facilidad y comodidad de la medición. Esta posición en el tronco puede alcanzarse fácilmente y suele estar por encima de las raíces abultadas más grandes en la sección inferior del tronco de la mayoría de los árboles.

Sin embargo, medir a una altura absoluta también significa que la altura del dap está en diferentes posiciones relativas para árboles de diferentes alturas: para un árbol enorme puede estar dentro de la sección donde las raíces y la base del tronco influyen en la forma del tronco, mientras que, para árboles pequeños, 1,3 m suele estar en una sección del tronco donde éste está formado de manera muy regular. Una posición de medición en altura relativa fija (por ejemplo, el 5 % de la altura total del árbol) sería más significativa y estaría mejor relacionada con otras características del árbol, pero es difícil para el trabajo de campo. Además, es importante disponer de una altura de medición común y definida, ya que el dap se utiliza en modelos (por ejemplo, volumen o biomasa) que sólo son válidos si nos ajustamos a una definición determinada.

Cómo medir el dap

Hay tres formas de medir el dap: con una cinta métrica, con una forcípula y de forma remota.

Consideremos las ventajas y desventajas de utilizar una cinta métrica y una forcípula.

CINTA: Con una cinta métrica medimos la "longitud del anillo convexo alrededor de la sección transversal irregular". A partir de esa longitud perimetral, obtenemos el diámetro de la sección transversal, suponiendo que ésta tiene una forma circular perfecta. Entonces el diámetro se puede derivar dividiendo la circunferencia por π (3,1416). Una cinta diamétrica tiene una escala " π " en la que la longitud se divide por π , de modo que el diámetro puede leerse directamente.

FORCÍPULA

Una forcípula mide la distancia desde el lado izquierdo al derecho del tronco. Las secciones transversales irregulares del tronco dan lugar a lecturas diferentes desde distintas direcciones de edición. Una regla típica podría ser que el brazo de la forcípula debe apuntar siempre al centro de una parcela de muestra circular. Por lo general, se realiza una segunda medición, perpendicular a la primera, para los árboles más grandes y el dap se deriva como promedio de ambas mediciones.



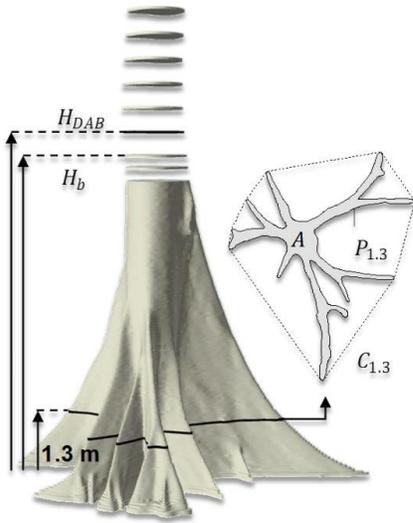
Consejos prácticos

Cinta vs. forcípula: ¿qué herramienta utilizar en un IFN?

Comparando ambos instrumentos, es evidente que una forcípula no es un instrumento práctico: si esperamos encontrar árboles más grandes, necesitaremos una forcípula muy grande. Los equipos de campo preferirán llevar una cinta diamétrica

Pero también hay otras razones por las que una cinta es la mejor opción: la lectura de una cinta es mucho más precisa (menor variación si se repite muchas veces), mientras que con una forcípula obtenemos una lectura diferente cada vez que medimos desde una dirección distinta (en el caso típico de una sección transversal del tronco no circular). Esto es especialmente crítico si el interés es estimar los cambios a partir de múltiples mediciones en diferentes puntos temporales.

Las excepciones son las mediciones del diámetro en madera muerta caída o en troncos espinosos, en cuyo caso una forcípula es más práctica que una cinta.



Sección transversal de un árbol con raíces de contrafuerte a 1,3 m de altura y posición para medir el diámetro por encima de los árboles con raíces de contrafuerte (dab))

El caso especial de los árboles con raíces de contrafuerte

Las raíces de contrafuerte se encuentran en muchas familias botánicas, pero entre las representadas en los bosques tropicales, algunos tienen una tendencia mucho mayor a producir estas raíces tabulares que otros. En muchos casos, se trata de los árboles más grandes de un bosque y aportan la mayor parte del volumen total o de la biomasa.

La sección transversal muy irregular del tronco, a 1,3 m de altura, hace imposible o carece de sentido cualquier medición de un diámetro. En su lugar, se suele utilizar un diámetro por encima del contrafuerte (dab en la figura). Esta posición (dependiendo de las dimensiones del árbol, puede estar a 7-9 m de altura) puede no estar al alcance, lo que requiere una medición indirecta de los diámetros superiores. Las raíces zancos de los mangles son ejemplos igualmente poco manejables.

Medición de los diámetros superiores

Existen diferentes situaciones en las que no es posible una medición directa del dap (por ejemplo, para un diámetro por encima de los contrafuertes o por encima de las raíces zancos en los mangles).

Existen diferentes técnicas para realizar mediciones indirectas a distancia.

Los dispositivos típicos para este tipo de mediciones son un Reloscopio de Espejos, o alternativas más modernas como el Criterion RD1000 (Laser Technology, Inc). Con estos instrumentos, se puede utilizar una relación fija entre el ancho y la distancia de un objeto para determinar visualmente diámetros en cualquier altura del tronco.

Mientras que el Relascopeo (o Telerelascopeo) proporciona escalas con relaciones fijas, los dispositivos más modernos permiten a los usuarios determinar visualmente el ancho de un tronco y medir la distancia hasta esta posición. El diámetro real se puede calcular a partir de ambas mediciones.



Videos

El siguiente vídeo (en inglés) explica cómo utilizar un Relascopeo de Espejos para medir diámetros de árboles en diferentes alturas.

Measuring upper tree diameters with a Mirror Relascope

[\[https://www.youtube.com/watch?v=W88BzIC715o&t=1s\]](https://www.youtube.com/watch?v=W88BzIC715o&t=1s)

Medición de la altura de los árboles

La altura de un árbol se define como la distancia vertical máxima entre el punto más bajo (pie del tronco) y la copa del árbol. Por lo tanto, la altura del árbol no es lo mismo que la longitud del tronco o del árbol: la altura y la longitud son idénticas para los árboles perfectamente erguidos, pero diferentes para los árboles inclinados.

La medición directa de la altura de los árboles sólo es posible en árboles muy pequeños, como en el caso de la regeneración de árboles pequeños (las respectivas pértigas telescópicas pueden extenderse hasta 7-10 m). Por lo general, la altura del árbol se calcula a partir de mediciones de ángulos (hasta la copa y hasta la base) y de una distancia horizontal al árbol. Dependiendo de la situación real del bosque, existen diferentes técnicas de medición. Los equipos de campo deben recibir formación para utilizarlas todas y poder decidir cuál es el enfoque más adecuado.



Videos

El siguiente video (en inglés) explica los principios básicos de la medición de la altura de los árboles basándose en principios geométricos y trigonométricos.

Basic principles of tree height measurement



¿Sabía que?

¿Debemos medir siempre las alturas sólo porque es la norma?

Las mediciones de altura requieren mucho tiempo y, por tanto, son caras. En muchos países, la información sobre la altura de los árboles es necesaria para la elaboración de modelos (por ejemplo, modelos de biomasa o de volumen). Sin embargo, la necesidad de información sobre la altura puede ser diferente según las condiciones de cada país.

Por ejemplo, en los casos en los que todos los árboles tienen alturas similares, como en un bosque de miombo africano, no tiene sentido medir muchas alturas de árboles. Esto también aplica para casos de estructuras de dosel forestal muy complejas, como en los bosques tropicales mixtos, donde las mediciones de altura suponen un enorme esfuerzo y son bastante propensas a errores, y los modelos de volumen y biomasa se basan a veces únicamente en el dap. En este caso puede resultar difícil encontrar una justificación suficiente para las mediciones de altura, que requieren mucho tiempo. Las palmeras se consideran árboles en la fase de recogida de datos, pero se distinguen en la fase de análisis. Dado que las palmeras no suelen tener una relación clara entre el dap y la altura, se recomienda registrar todas las alturas de las palmeras en la parcela. A menudo, la altura de la palmera se mide desde la base hasta la parte superior del tronco.

Medición de la altura de los árboles basada en principios trigonométricos

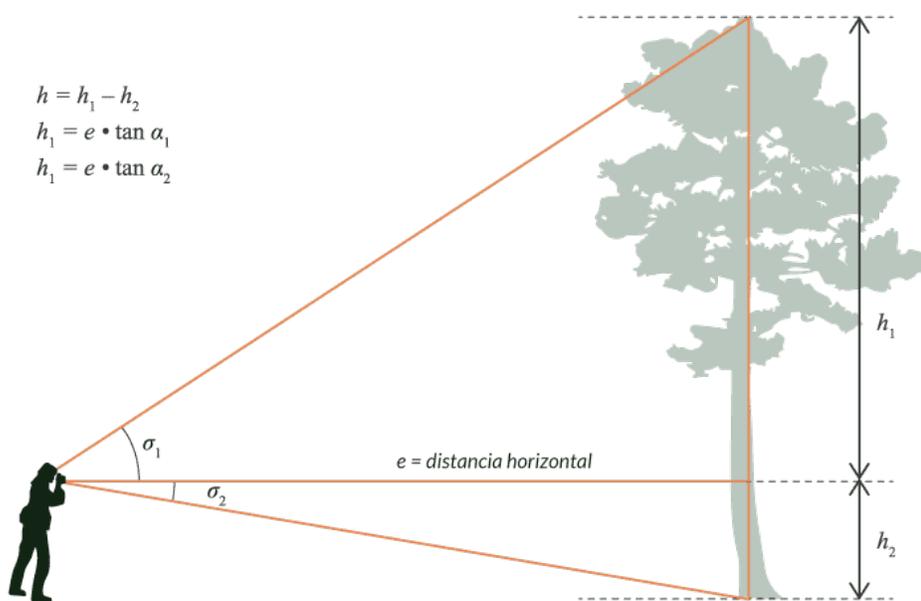
La trigonometría es la base común para determinar la altura de los árboles con aparatos modernos, así como con aparatos más bien antiguos. El cálculo de la altura total de un árbol se basa en la medición de una distancia horizontal y de ángulos verticales a la copa del árbol y a la base del tronco.

Dado que el cálculo de la altura del árbol requiere varias mediciones, los errores de medición en cada variable se propagan al error total en las estimaciones de la altura, el volumen o la biomasa del árbol. Como consecuencia, el error relativo en la altura suele ser considerablemente mayor que el error relativo en la medición del dap.

El método de la Tangente

El principio subyacente de casi todos los dispositivos de medición -desde un moderno instrumento láser hasta los antiguos hipsómetros mecánicos-, el método de la tangente parte de la base de que pueden construirse dos triángulos rectángulos (que comparten un lado adyacente común), cuyos lados opuestos se calculan a partir de la distancia horizontal y los ángulos medidos.

La altura total del árbol se puede calcular mediante la altura a la copa y la altura a la base. Al medir en terreno llano, la altura a la base del tronco suele ser negativa, pero puede haber casos en los que el observador se sitúe ligeramente por debajo del nivel de la base del tronco.



Cálculo de la altura del árbol mediante el método de la Tangente en terreno llano. Tenga en cuenta que h_2 suele ser negativo si el observador se sitúa por encima del pie del tronco.



Videos

El siguiente vídeo (en inglés) describe cómo medir la altura de los árboles con dispositivos simples siguiendo el método de la tangente.

Measuring tree height with Blume-Leiss and Suunto clinometer

[<https://www.youtube.com/watch?v=EahhIAazK1Y>]

Alternativamente, el método de la tangente también se puede ampliar para trabajar sin una medición de distancia, utilizando un poste de referencia de altura conocida en el árbol. Una medición adicional del ángulo puede sustituir a la medición de distancia.

Posibles fuentes de error

Una posible interpretación errónea de la copa real del árbol puede producirse fácilmente si la distancia al árbol no es suficiente o la visibilidad es difícil. Se recomienda una distancia de al menos 1-1,5 veces la longitud del árbol para que la visibilidad sea cómoda, especialmente en el caso de copas grandes y anchas. Además, una distancia más corta también significa que tenemos que medir un ángulo más pronunciado hasta la copa. Incluso pequeños errores en la medición de este ángulo tendrán un gran efecto en la altura del árbol.

En el caso de árboles en pendiente, una posición en la parte superior de la pendiente, por encima de la posición del árbol, es más adecuada para medir la altura que desde abajo. Aquí se presupondrá una calibración correcta del dispositivo (sensor de inclinación de un instrumento láser o transpondedor de distancia para el vértice).

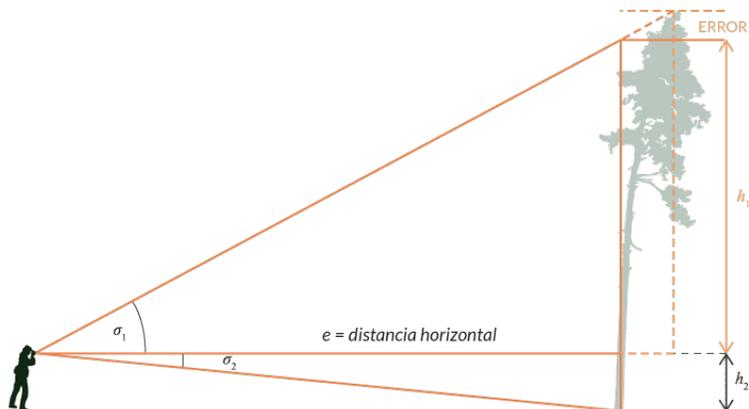
Veamos ahora algunos errores típicos del método de la tangente para medir la altura de los árboles.

➡ Distancia de base incorrect

Si el árbol está inclinado hacia el observador o hacia otro lado, la distancia horizontal medida no es el lado correcto del triángulo. Ignorarlo puede introducir errores.

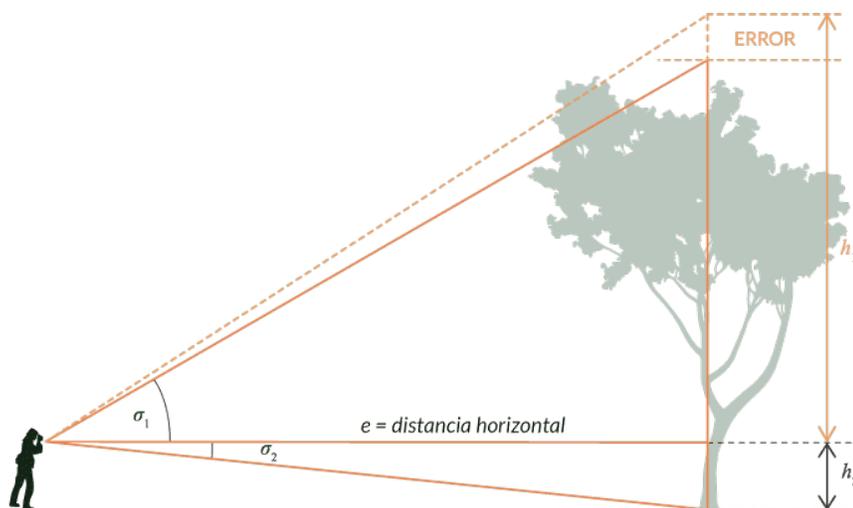
Existen dos soluciones para abordar esto:

1. encontrar una posición perpendicular a la dirección en la que se inclina el árbol (más fácil), o
2. localizar el punto de proyección vertical de la copa del árbol sobre el suelo (más difícil) y medir la distancia y el ángulo hasta este punto.



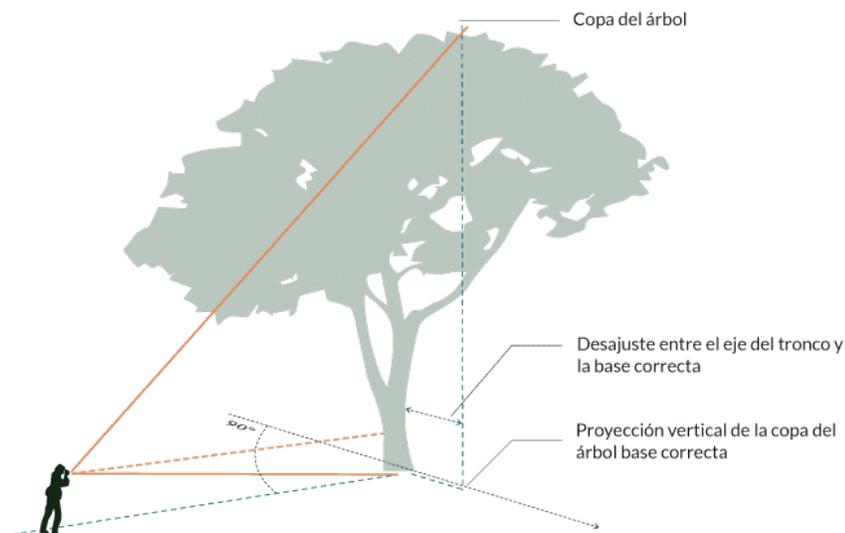
➤ Interpretación errónea de la c opa del árbol

La identificación correcta del punto más alto de la copa de un árbol es difícil, especialmente en el caso de árboles frondosos de gran tamaño y con copas de grandes dimensiones. Incluso desde una gran distancia seguimos mirando sólo desde abajo y necesitamos imaginar un punto directamente vertical por encima del tronco (hasta el que se mide la distancia).



➤ Desajuste respecto a la posición del tronco

Al igual que los árboles inclinados, los árboles de sabana con copas anchas pueden tener un enorme desajuste entre la posición del tronco y la proyección horizontal del punto más alto. Para evitar errores, aplique las mismas soluciones que para los árboles inclinados.

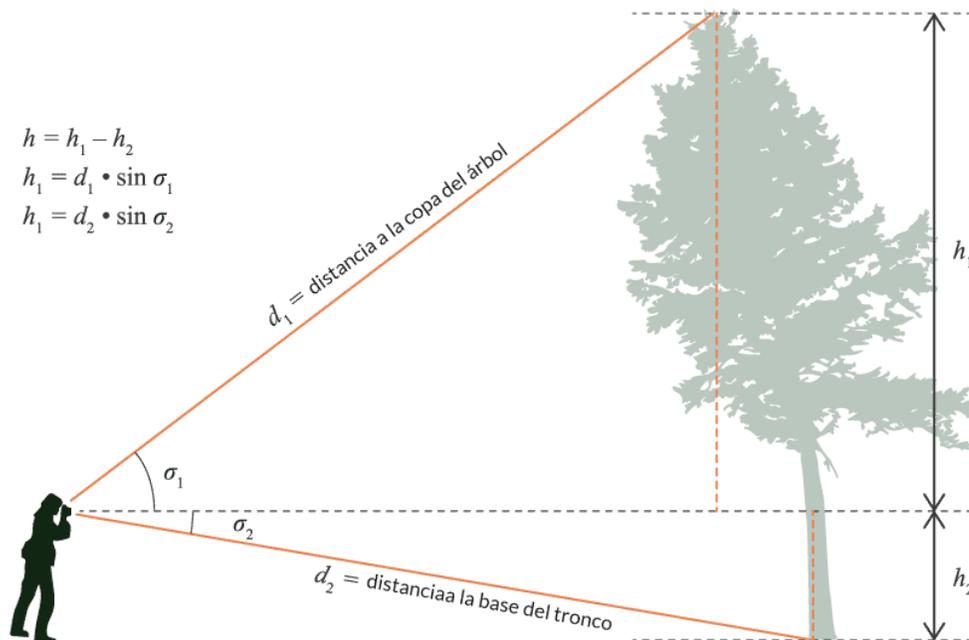


El método del Seno

Otro método trigonométrico se puede aplicar exclusivamente cuando se utiliza un telémetro láser. Con un aparato de este tipo, es posible medir la distancia oblicua a la copa del árbol (desde una posición con suficiente distancia al árbol). Que una medición tan distante hasta la rama superior sea posible depende casi por completo de la forma de la copa.

Si, al mismo tiempo, se mide el ángulo de inclinación, y es posible realizar una segunda medición similar hasta la base del tronco (distancia + ángulo de inclinación), estas alturas parciales únicas pueden calcularse multiplicando la distancia oblicua, por el seno de los respectivos ángulos de inclinación. Los aparatos modernos incluyen ambas funciones y pueden realizar ambas mediciones al mismo tiempo.

A veces, para árboles inclinados, o casos de un desajuste entre la posición de la copa del árbol y el tronco, el método del seno puede ayudar a evitar errores del método de la tangente, como una distancia de base errónea. Sin embargo, también presenta una clara desventaja.



Mientras que el método de la Tangente se basa en mediciones de ángulos a ambos puntos, que también son posibles sin una vista completamente despejada, este método de medición requiere una vista despejada a la base del tronco y a la copa del árbol porque se requiere una medición correcta de la distancia empleando un láser y para el láser de luz, se requiere una vista despejada al objeto de interés. En bosques con un sotobosque denso, la segunda medición de la altura hasta la base suele resultar muy difícil, si no imposible.

Casos especiales: medición directa de distancias verticales

La mayoría de los libros de texto sobre medición forestal se escribieron hace mucho tiempo, y en aquella época no se disponía de dispositivos modernos como los telémetros láser. Ésta es quizá la razón por la que a veces no se discuten alternativas obvias y sencillas para medir la altura de los árboles. A continuación, veremos dos casos especiales de medición de distancias verticales.

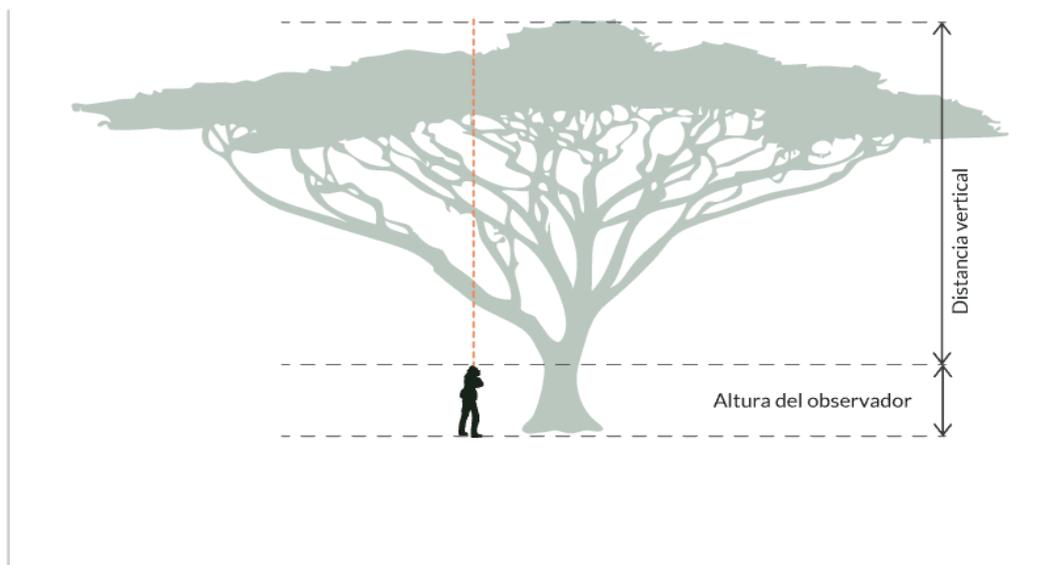
Árboles emergentes

En el caso de coníferas o grandes árboles con copas dispersas, como suele ocurrir en los bosques tropicales, podemos medir una distancia vertical directamente con un instrumento láser. Las mediciones

de ángulos son obsoletas en este caso.

Para este tipo de medición, los telémetros láser modernos permiten cambiar a un modo de "prioridad al último pulso", que mide la distancia al objeto más lejano en lugar del objeto más cercano que fue alcanzado.

Esta técnica, sin embargo, sólo debe utilizarse en casos especiales en los que no se puede encontrar otra posición de medición adecuada. También funciona sólo para árboles en la copa superior sin otras copas en el fondo vertical. No olvide agregar a esta medición la altura del observador (es decir: del dispositivo de medición en la mano del observador).



Copas dispersas

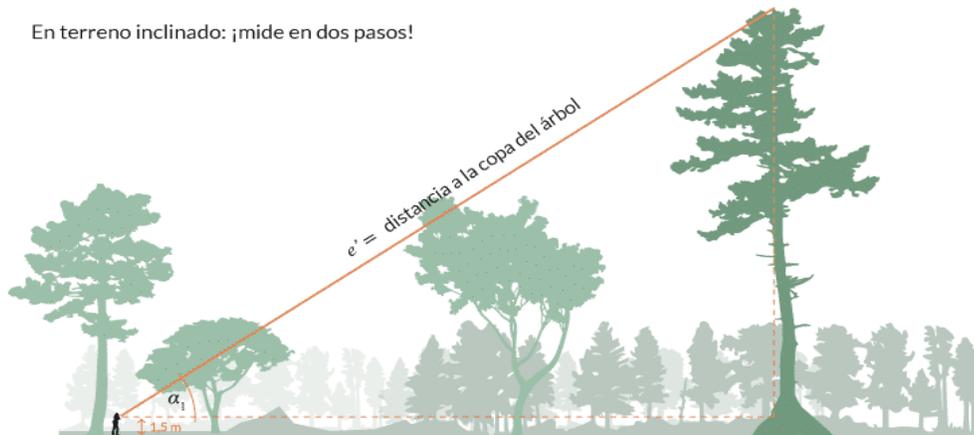
En los bosques tropicales con árboles emergentes y alturas que a veces superan los 60 m, a menudo es imposible encontrar una posición (y medir su distancia) desde la que se pueda ver completamente el árbol. Sin embargo, puede ser posible encontrar espacios en la capa de copas que abran una línea de visión hasta la copa.

En este caso, y si no se dispone de otra opción, es posible utilizar el método del seno para obtener una altura entre la copa y la línea de visión horizontal midiendo la distancia y el ángulo hasta la copa. Luego hay que agregar la altura del observador. Esto, sin embargo, sólo es correcto en un terreno completamente llano.

Ejemplo para terreno

$$e' = 112 \text{ m}, \alpha = 35^\circ = 112 \cdot \sin(35) = 64 \text{ m} + 1,5 \text{ m} = 65,5 \text{ m}$$

En terreno inclinado: ¡mide en dos pasos!



¿Sabía que?

¿Qué ocurre con las mediciones LiDAR aéreas de la altura de los árboles?

Los diseños modernos del IFN incluyen a veces el escaneo aerotransportado LiDAR de muestras desde un avión. En caso de que la estructura del bosque permita obtener un número suficiente de retornos terrestres en los espacios entre copas, y si se puede derivar un modelo del terreno (DTM) de buena calidad a partir de estos últimos retornos de pulsos, se puede derivar un modelo de altura de copas (CHM) de alta resolución restando la altura del terreno de la altura absoluta de la superficie (MDS = Modelo Digital de Superficie). En estructuras forestales complejas como los bosques tropicales, pero también en estructuras simples, estas mediciones de altura empleando LiDAR suelen ser considerablemente más precisas que las alturas de árboles medidas sobre el terreno! Sin embargo, el uso de estos datos para construir modelos de altura de los árboles requeriría:

1. una segmentación de las copas de cada árbol;
2. hacer coincidir las mediciones del dap desde el suelo con las respectivas copas de los árboles,

lo que no es fácil de hacer y es propenso a errores de co-registro;

3. se dispone de imágenes LiDAR con una densidad de puntos adecuada y un número suficiente de retornos terrestres; y
4. expertos capaces de analizar las nubes de puntos LiDAR (y las correspondientes licencias del software).

Además, esta técnica sólo funcionará para los árboles de la copa superior.

Dispositivos típicos para medir la altura de los árboles

Las decisiones sobre el equipamiento para un IFN forman parte de la fase de planificación. Aunque los precios del equipamiento varían y hay que tener en cuenta una amplia gama de precios, presentamos a continuación un resumen no exhaustivo de algunos dispositivos (o categorías de herramientas) típicos, clasificados en dispositivos mecánicos y electrónicos.

Aclaración: los precios aquí indicados son clases de precios promedio en el mercado europeo (para 2021).

Dispositivos mecánicos

Los dispositivos mecánicos no necesitan baterías y suelen ser muy resistentes. Por lo general, los dispositivos de este grupo sólo pueden medir ángulos de inclinación. Una desventaja es que la lectura directa de la altura de un árbol requiere una distancia horizontal fija, lo que limita la elección de posiciones. Además, es necesario corregir por pendiente cuando se trabaja en una pendiente. Suelen contener escalas, en las que se puede leer la altura del árbol si el observador se sitúa a la distancia horizontal correcta del árbol.

La determinación de esta distancia se puede hacer con una cinta métrica, sujetándola horizontalmente. Algunos instrumentos (como clinómetros Blume-Leiss, Haga, Clinómetro Silva, Relascope de Espejos y algunos clinómetros Suunto) están equipados con una escala o prisma adicional para determinar visualmente una distancia específica. Esto, sin embargo, requiere una línea de visión despejada y sólo funciona en estructuras forestales relativamente abiertas. Los precios (a partir de 2021) varían entre ~170 EUR (clinómetro Suunto) y ~600 EUR (Blume-Leiss) o ~2 200 EUR (Relascope).



Nota

Corrección por pendiente

Los principios trigonométricos se basan en la medición de una distancia horizontal. Trabajar en una pendiente con dispositivos mecánicos requiere, por tanto, una corrección de la altura medida en función del ángulo de la pendiente. Si la distancia se midió como distancia en pendiente, la distancia horizontal correspondiente es más corta por el factor coseno (ángulo de inclinación).

Ejemplo: en una pendiente con un ángulo de inclinación de 16° , se utilizó una distancia de medición de 20 m con uno de los dispositivos mecánicos mencionados. Se leyó que la altura del árbol (a partir de la escala de 20 m) era de 18 m. No obstante, la distancia horizontal real es inferior a la distancia en pendiente de 20 m ($20 \cdot \cos(16^\circ) = 19,2$ m). Esto significa que en realidad estamos más cerca del árbol de lo esperado y que tenemos que corregir la altura medida por este factor coseno, de modo que la altura real es ahora ($18 \cdot \cos(16^\circ) = 17,3$ m).

Dispositivos electrónicos

El grupo de dispositivos electrónicos modernos incluye diferentes telémetros láser y clinómetros, así como el instrumento Vertex (Haglöf), que es una herramienta común en los inventarios forestales. Todas estas herramientas pueden medir ángulos de inclinación (mediante un sensor electrónico de inclinación) y distancias.

Mientras que los dispositivos láser utilizan un rayo láser para medir distancias, el Vertex mide la distancia basándose en una señal sonora ultrasónica que puede penetrar fácilmente incluso la vegetación densa. El inconveniente es su alcance limitado (30-50 m de distancia máxima) y su sensibilidad a otros sonidos que interfieren (como el sonido de las cigarras, la lluvia, el tráfico de automóviles, etc.).



Videos

El siguiente vídeo (en inglés) explica cómo medir la altura de los árboles con el Vertex IV de Haglöf + Transponder.

Measuring tree height with Vertex IV [<https://www.youtube.com/watch?v=OrGh-4Giyq0&t=2s>]

La desventaja de un instrumento láser es que se requiere una línea de visión despejada hacia el objeto, lo cual es difícil de encontrar en bosques tropicales muy densos. Los precios (a fecha de 2021) oscilan entre ~500 EUR (Nikon Forestry Pro) y ~1 800 EUR (Vertex IV) y ~2 000 EUR (TruPulse 360).



Videos

Antes de finalizar esta sección, veamos el siguiente video (en inglés) que explica los aspectos básicos sobre la medición de la altura de los árboles con un telémetro láser y un clinómetro.

Measuring tree height with a laser rangefinder and clinometer

[<https://www.youtube.com/watch?v=eXdl94HclyE&t=1s>]

Medición de otras variables a nivel de árbol

Además del dap y la altura de los árboles, hay muchas otras variables de interés que podemos medir u observar en árboles individuales. La mayoría de ellas son variables categóricas que clasifican los árboles en diferentes categorías, lo que posteriormente permite obtener los resultados deseados.

Qué variables se deben observar y cómo se definen depende en gran medida de las partes interesadas y los grupos de usuarios que se espera que utilicen los resultados de un IFN. En cualquier caso, el protocolo de inventario debe contener una definición y una descripción completas y viables del enfoque de evaluación.

Las ONG o las instituciones gubernamentales que trabajan en la conservación de la naturaleza tendrán necesidades de información diferentes a las de, por ejemplo, la industria maderera o las empresas que

se dedican al ecoturismo. En la siguiente sección, abordamos algunos grupos de variables que suelen evaluarse en el contexto de los IFN.

Especies arbóreas

La identificación de las especies arbóreas es una de las variables más importantes que se evalúan en árboles individuales; se trata de una variable nominal, ya que se define mediante nombres (nomen es una palabra latina que significa nombre). La identificación de especies es pertinente para la evaluación de la diversidad de especies y también para la elección de modelos de biomasa. El reto de la identificación de especies arbóreas varía en función del tipo de bosque y Si bien no es un problema en áreas con baja diversidad de especies, es crítico en bosques tropicales ricos en especies o en algunos ecosistemas de bosque seco, donde a veces pueden encontrarse 1 000 o más especies arbóreas en una región de inventario e incluso más de 100 por hectárea.

Apenas es posible encontrar botánicos experimentados, capaces de determinar el nombre científico correcto de las especies y dispuestos a unirse al equipo de campo durante meses, y sería muy costoso, ya que estos expertos son escasos y caros

Los silvicultores con formación académica pueden ser capaces de distinguir un número relativamente elevado de especies, pero a menudo, sobre todo cuando se contrata a población local para acompañar a los equipos de campo, la mayoría de los nombres locales de las especies comerciales son bien conocidos.

Además, los nombres locales pueden no traducirse uno a uno en un nombre científico, y al revés: un mismo nombre local puede incluir más de un nombre científico. Y puede haber más de un nombre local para un mismo nombre científico.

Los retos son aún mayores si los silvicultores regionales o locales están acostumbrados a nombres locales que incluso pueden variar entre las distintas regiones de un país



Consejos prácticos

Preparar una red troncal taxonómica útil y completa (lista de especies) con traducciones entre los

nombres locales y las especies botánicas supone un enorme esfuerzo a largo plazo y debería iniciarse en una fase temprana de la planificación de un inventario.

En la medida de lo posible, cada equipo de campo debería estar compuesto por silvicultores de campo expertos en la identificación de especies. Además, hay que buscar y compensar a guías locales con conocimientos botánicos para garantizar una identificación precisa de las especies. Es probable que en el futuro existan aplicaciones para la identificación de especies arbóreas en las que se tomen fotografías de la corteza, las hojas, los frutos, etc. para facilitar la identificación de especies arbóreas. La FAO está trabajando en una herramienta para verificar la calidad y validar las listas de especies.

El problema de las especies desconocidas en las evaluaciones de la biodiversidad

En los bosques tropicales ricos en especies, pero también en los bosques secos con una gran diversidad, una cierta proporción de árboles no puede ser identificada durante el trabajo de campo, ni siquiera por botánicos expertos. Si esos árboles se clasifican como desconocidos sin más información, se producirán problemas durante la estimación de la riqueza de especies como indicador de la biodiversidad.

El problema es que no está claro si todos los árboles desconocidos pertenecen a una sola especie o si hay varias o incluso muchas especies diferentes. Por lo general, hay pocas especies con una abundancia relativamente alta y muchas especies con una abundancia baja. Las especies desconocidas suelen ser las menos comunes y predominantemente las que no son comerciales (al menos cuando recurrimos a ayudantes de campo con experiencia en operaciones forestales).

Por lo tanto, aunque la identificación a nivel de especie no sea posible con un esfuerzo razonable, sería importante al menos averiguar cuántas especies desconocidas diferentes se encontraron en un inventario. El subconjunto de árboles desconocidos puede clasificarse posteriormente en "desconocido_1, 2, 3". Para ello es necesario tomar muestras o fotos útiles que permitan una distinción clara a posteriori. Sólo entonces es posible calcular índices de diversidad basados en la abundancia de especies o aplicar estimadores de riqueza de especies que predigan el número total de especies a partir del número de especies observadas en una región del inventario.

Variables sobre aspectos comerciales

Un IFN no proporciona datos útiles para la planificación de la gestión forestal en áreas más pequeñas, pero puede proporcionar datos relevantes sobre aspectos comerciales a mayor escala. Dicha

información es a veces necesaria para evaluar el potencial de mercado y el uso sostenible de los productos forestales o para justificar inversiones de mayor envergadura en la industria de producción de madera. Las variables típicas relacionadas con las características comerciales que pueden evaluarse en árboles individuales son:

- caltura del tronco comercial;
- forma del tronco;
- calidad de la madera; y
- daños.

La definición de estas variables dependerá de los estándares comunes de la madera comercial de un país; no pueden definirse en general ni a escala mundial. Ya que muchas de estas variables se evalúan mediante una interpretación visual, es muy importante formar a los equipos de campo en el uso de un estándar común. Los elementos de las diferentes categorías necesitan una definición y una descripción muy claras. Los ejemplos y las imágenes ayudan a mantener una alta calidad de los datos y una coherencia comparable entre los distintos equipos de campo.

Ejemplos de definición de otras variables categóricas

Para examinar más de cerca la definición de una variable de árbol categórica, tomemos como ejemplo la calidad del tronco. Por lo general, una evaluación de la calidad sólo tiene sentido para árboles de mayor tamaño, y la variable sólo es relevante si se supera un determinado dap mínimo (por ejemplo, >30 cm), que se aplica a la madera comercial.

La forma del tronco se puede describir de múltiples maneras. Un tronco puede ser recto, curvado en una dirección o curvado en varias direcciones. Estas serían las diferentes expresiones posibles de la variable "curvatura del tronco". Además, un tronco puede ser retorcido, o mostrar una bifurcación a baja altura, o una bifurcación a gran altura. Todas ellas son expresiones de la variable "forma del tronco".

Además, los "daños en el tronco" influyen en la calidad de la madera y pueden ir desde daños por tala, daños por arrastre, hongos, rotura de la copa y muchas otras clases. Por último, es posible clasificar las secciones del tronco en diferentes clases o variedades de calidad específicas de cada país. Basándose en

estas clasificaciones, es posible derivar estimaciones del volumen medio de madera, por ejemplo, en estas diferentes clases.

Las definiciones de variables que sólo distinguen entre distintos niveles, como bajo, medio y alto (por ejemplo, aplicadas a la degradación o a la complejidad de la estructura forestal) son difíciles y pueden llevar a que los equipos de campo tiendan a interpretarlo todo como "medio". Por lo tanto, es mejor evitar el uso de este tipo de categorías.

Resumen

Antes de finalizar, aquí están los puntos clave de aprendizaje de esta lección:

- Una vez localizada la posición de la parcela en el terreno, el diseño de la parcela determina qué árboles se incluyen en la muestra y deben medirse.
- En un inventario forestal sólo hay dos tipos de mediciones directas: longitudes y ángulos.
- El Dap es una variable central en el inventario y el análisis forestal porque, en la mayoría de los casos, se puede medir de forma fácil y directa. De ella se deriva directamente el área basal, que está estrechamente relacionada con el volumen, la biomasa o el carbono. Además, la distribución del diámetro en un bosque da una buena idea de la estructura del bosque y de sus fases de desarrollo.
- La posición estándar para medir el diámetro de los árboles en pie es a la altura del pecho, definida a la altura de 1,3 m en la mayoría de los países.
- Independientemente de que se utilicen dispositivos modernos o antiguos, la base de la medición de la altura de los árboles es siempre la trigonometría.
- Además del dap y la altura de los árboles, hay muchas otras variables de interés que podemos medir u observar en árboles individuales, como la especie arbórea, la altura del tronco, los daños en el tronco, la forma del tronco, etc.