



Curso 6

Versión no interactiva

Garantía de calidad y control de calidad en un inventario forestal nacional

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: Consideraciones generales sobre GC/CC.....	5
Introducción de la lección	5
¿Qué es la calidad y por qué es importante en los IFN?	5
GC/CC: Las personas implicadas.....	7
Riesgos para la calidad en los IFN.....	8
El protocolo de inventario como requisito previo para la GC	9
Resumen.....	10
Lección 2: GC/CC en la planificación y los análisis.....	12
Introducción de la lección	12
GC/CC en la preparación, planificación y diseño del IFN.....	12
GC/CC en el uso de datos y modelos disponibles.....	14
Resumen.....	20
Lección 3: GC/CC en las fuentes de datos inmediatas.....	22
Introducción de la lección	22
Observaciones generales.....	23
Errores típicos del trabajo de campo	25
Medidas típicas del CC en el trabajo de campo.....	31
Resumen.....	33

Este curso proporciona una visión general de los procedimientos de Garantía de Calidad (GC) y Control de Calidad (CC) en la recopilación y gestión de datos de los inventarios forestales.

¿A quién va dirigido este curso?

Este curso está dirigido principalmente a las personas que participan en la GC/CC de los datos de campo de los IFN, especialmente con interés en los principios y procedimientos de la garantía de calidad y la elaboración de informes. Específicamente, este curso está dirigido a:

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

Estructura del curso

Este curso consta de tres lecciones.

Lección 1: Consideraciones generales sobre GC/CC	Describe la importancia de la calidad en todas las fases de un IFN y expone las responsabilidades de todas las partes interesadas en su mantenimiento.
Lección 2: GC/CC en la planificación y los análisis	Esta lección se centra en la GC y el CC en las fases de planificación y análisis e identifica las medidas adecuadas de GC/CC en ellas.
Lección 3: GC/CC en las fuentes de datos inmediatas	Esta lección describe las cuestiones de calidad en la recopilación de datos de campo.

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	Consideraciones para el trabajo de campo, variables a nivel de parcela y mediciones a nivel de árbol.
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	(Este es el curso que está estudiando actualmente).
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: Consideraciones generales sobre GC/CC

Introducción de la lección

Los IFN están diseñados para producir datos significativos sobre los bosques y los árboles a escala nacional. Como en cualquier otro proceso de producción, la calidad es una de las principales preocupaciones. La calidad del producto debe ser lo más alta posible, pero siempre dentro de los límites de los recursos disponibles.

La viabilidad en términos de recursos es un criterio relevante. El otro es que la calidad del producto debe ser útil para el fin para el que se ha desarrollado. Establecer los requisitos mínimos de calidad de los datos de los IFN es difícil y no se ha investigado intensamente, por lo que sigue siendo uno de los principales vacíos de la investigación relativa a los IFN.

Objetivos

Al final de esta lección, usted podrá:

1. Describir la importancia de la calidad en todas las fases de un IFN.
2. Identificar de quién es la responsabilidad de supervisar la calidad.
3. Explicar por qué los errores son omnipresentes en empresas empíricas como los IFN.
4. Describir los objetivos de un proceso de GC/CC.
5. Explicar la importancia de establecer y documentar normas de calidad.

¿Qué es la calidad y por qué es importante en los IFN?

Los productos primarios y sin procesar de los IFN son los **datos** para un conjunto exhaustivo de diferentes variables, tal y como se definen en el protocolo del inventario. Tras el análisis y la interpretación, otro producto es la **información**, en la que los datos agregados y analizados se convierten en aportes significativos para los procesos de formulación de políticas y toma de decisiones. Esta información se suele presentar como resultados, en forma de tablas, gráficos, mapas, etc.

Sin embargo, a diferencia de algunos productos industriales sencillos, las características de calidad de los productos de los IFN no son visibles de inmediato, sino que se deben rastrear desde el proceso de producción, es decir, desde todos los pasos que conforman la recopilación y el análisis de datos.

Definición de estándares de calidad en un IFN

¿Cómo definimos la **calidad** en el contexto de los datos y los resultados? En una campaña de medición/observación ideal (pero poco realista), las mediciones/observaciones corresponderían a los valores verdaderos. Sin embargo, en los inventarios forestales, nunca se pueden conocer los valores verdaderos de ninguna de las variables registradas, y esto es válido para todos los proyectos empíricos que implican mediciones.

Esto es importante de entender: siempre habrá errores aleatorios y uno de los principios rectores de los IFN es mantener estos errores aleatorios lo más pequeños posible y dentro de unos límites definidos. Así pues, **cuando los recursos disponibles cumplen los estándares de calidad definidos**, se puede decir que los **datos son de calidad aceptable**. En este caso, por estándares de calidad definidos se entiende que las desviaciones aleatorias de los valores verdaderos supuestos están dentro de esos límites definidos.

No existe un estándar general de calidad de los datos para ninguna de las muchas variables registradas en un IFN. Corresponde a los organizadores del IFN definir los estándares, tanto en lo que respecta a la precisión objetivo de las mediciones como a los enfoques/técnicas de medición. Sin embargo, aunque la definición de la precisión objetivo es una tarea difícil, sin dicha definición no será posible el control de calidad. Con frecuencia, se utilizan estándares de antiguos IFN/IFN de países vecinos, donde el criterio principal es el costo marginal de generar estimaciones de mayor precisión.



Nota

La calidad es un problema en todos los pasos de los IFN, un tema general y transversal que encontramos prácticamente en todas partes. Por lo tanto, aunque dedicamos este curso específicamente al tema de la GC/CC, el tema es recurrente y se aborda también en cierta medida en todos los demás cursos de esta serie.

Definiciones de GC/CC

Antes de examinar los principales elementos de la GC/CC, veamos las definiciones de estos procesos.

Garantía de calidad (GC)	Control de calidad (CC)
<p>La garantía de calidad (GC) abarca todas las medidas de planificación y preparación dentro del proceso del IFN que contribuyen a mantener los estándares de calidad definidos.</p> <p>La garantía de calidad es una cuestión de planificación y de la ejecución correspondiente; tiene lugar antes de que se produzcan los datos, estableciendo los estándares de calidad y definiendo los procedimientos que nos permitan cumplirlos.</p>	<p>El control de calidad (CC) se refiere a todas aquellas medidas que se toman para comprobar la calidad de los productos, de modo que en caso de calidad insatisfactoria se puedan tomar contramedidas. El control de calidad se realiza durante o después del proceso de producción de datos, comprobando y asegurándose de que se han cumplido suficientemente los estándares de calidad.</p>

Esta distinción en la definición es la que define también la estructura de este curso: tras las observaciones generales de la primera lección, la Lección 2 trata de las medidas de control de calidad durante la planificación y los análisis. Esta distinción en la definición es la que define también la estructura de este curso: tras las observaciones generales de la primera lección, la Lección 2 trata de las medidas de control de calidad durante la planificación y los análisis.

GC/CC: Las personas implicadas

Un punto importante de distinción entre las medidas de GC y CC es el **número y el tipo de personas**: en la GC durante la planificación y los análisis del inventario participa un pequeño grupo de expertos. En el mejor de los casos, se trata de expertos altamente especializados, que trabajan de forma colaborativa, buscando la opinión de sus compañeros sobre los elementos de diseño y los detalles del análisis. Si estas tareas no son cubiertas por dichos expertos, todo el ejercicio del IFN puede quedar eventualmente comprometido.

Por el contrario, el control de calidad se refiere (en gran medida) a la recopilación de datos en la que participan muchas personas con formación diversa (equipos de campo, intérpretes de imágenes). En muchos casos, las personas que trabajan en un solo aspecto del IFN pueden no sentirse directamente

responsables del éxito de todo el proyecto. Para sentar las bases de su trabajo, las medidas de garantía de calidad son primordiales; pero al final es necesario un control de calidad sistemático para asegurarse de que las medidas de garantía de calidad surten realmente efecto.

Aunque la calidad de los productos es una responsabilidad colectiva de todos los implicados en un IFN/SNMF, la responsabilidad tanto de la GC como del CC recae en manos del equipo de coordinación.

Para reiterar, la GC/CC con todas sus facetas es uno de los componentes por defecto que debe tenerse en cuenta en toda planificación del IFN y el SNMF. La falta de medidas explícitas de GC/CC puede considerarse una grave falla en la planificación de los IFN.

Es una buena práctica insistir en la calidad como principio rector muy a menudo en el proceso de planificación y ejecución de los IFN. Especialmente en aquellas fases del trabajo que son extensas y se convierten en rutinarias, es importante recordar repetidamente a todos los implicados que es necesario respetar los estándares de calidad. Esto se refiere principalmente al trabajo de campo de inventario y al trabajo visual/manual en la interpretación por teledetección.



Comprobación de la realidad

Los responsables de la GC/CC también son responsables de crear una cultura que permita hacer frente a los errores y confusiones. La falta de claridad en los métodos y los posibles errores se deben abordar y resolver inmediatamente, no ocultarlos y perpetuarlos. Es muy humano cometer errores, pero no es tan inteligente ocultarlos y/o repetirlos.

Riesgos para la calidad en los IFN

Las personas encargadas de planificar y supervisar el IFN deben ser siempre conscientes de que una calidad deficiente de los datos comprometerá inevitablemente la calidad de los resultados. En la ciencia de datos, esto también se conoce como el **principio GIGO** (Basura entra - Basura sale): el resultado sólo puede ser tan bueno como lo sea la entrada. Los principales riesgos para la calidad de los IFN son los siguientes:

- ↳ *Falta de atención suficiente a la calidad* - Se refiere a todas las fases y actividades del IFN, incluidos los métodos, los datos, el análisis y la elaboración de informes.

- ↪ *Contentarse con grandes cantidades de datos recopilados a un costo modesto* - Esto significa sacrificar la calidad o la solidez metodológica en favor de una generación de datos rápida y/o menos costosa. Por lo general, es mucho mejor tener menos datos, pero de calidad controlada, que masas de datos sin un control de calidad serio.
- ↪ *Subestimar la planificación del proyecto y los recursos humanos, incluido el papel de la motivación del equipo* - Diversas tareas en los IFN son agotadoras, extensas y requieren mucho tiempo, y pueden llegar a ser bastante monótonas al cabo de un tiempo. La rutina irreflexiva puede ser un enemigo de la calidad. Esto significa que, aunque la recopilación de datos de campo pueda considerarse menos exigente desde el punto de vista académico que la planificación o el análisis de un IFN, la calidad general de los resultados depende en gran medida de la calidad de lo que recopilan los equipos de campo.
- ↪ *Protocolos de inventario o manuales de campo incompletos* - Elementos incompletos que dejan margen para "ajustes individuales" durante la recopilación de datos, o lo que es peor, la falta de un manual de campo que documente los detalles del IFN. Los Protocolos Operativos Estándar (POE) para todos los pasos de la recopilación de datos se aplican hoy en día cada vez más en todos los países.
- ↪ *Considerar un IFN esencialmente como un ejercicio cartográfico centrado principal o exclusivamente en la teledetección y el SIG* - Aunque los datos de teledetección se están convirtiendo en una fuente de datos fundamental en los IFN y los SIG se están convirtiendo en una herramienta valiosa en la planificación y el análisis de los IFN, existen otras fuentes de datos y herramientas que también son pertinentes.

De ellos se desprende que los IFN poseen todas las características principales de los estudios empíricos típicos: los puntos sobre los riesgos para la calidad son igualmente válidos para cualquier otro estudio científico empírico.

El protocolo de inventario como requisito previo para la GC

Como repositorio de todos los detalles de diseño, definiciones, procedimientos de medición y enfoques de análisis de un IFN, el protocolo de inventario es un requisito previo básico para cualquier consideración de calidad. Por lo tanto, también es el punto de referencia para cualquier cuestión metodológica sobre el IFN y un elemento importante de la transparencia general.

El protocolo de inventario y su relevancia ya se han mencionado en otros cursos, sobre todo en el **Curso 4: Introducción al trabajo de campo**.

El protocolo de campo es vinculante para todas las acciones del inventario. No atenerse a la definición de los procedimientos en el protocolo de inventario puede comprometer la coherencia y la calidad de los datos. Dado este papel crucial, se recomienda invertir un esfuerzo sincero en la elaboración del protocolo de inventario y asegurarse de que sea exhaustivo, coherente y transparente.

Dado que no existe una guía de mejores prácticas para los IFN (simplemente porque no hay un único enfoque mejor o de aplicación general), es importante incluir detalles sobre todos los elementos de diseño definidos y las justificaciones de su uso.



Comprobación de la realidad

Muchas de las medidas de GC/CC descritas en este curso se pueden traducir en esfuerzos adicionales que conllevan un costo adicional. Si, por ejemplo, un equipo de control debe volver a visitar entre el 5 y el 15 % de todas las muestras de parcelas de campo (véase la Lección 3), habrá que planificar estos días adicionales sobre el terreno, al igual que el análisis adicional de los datos.

Al igual que la observación de los puntos muestrales de verificación sobre el terreno durante la evaluación de la exactitud de los productos de teledetección. Asimismo, cuando se establezca una junta consultiva (véase la Lección 2), deberán preverse los costos de las reuniones y los honorarios, así como los gastos de viaje a las reuniones de las redes regionales del IFN, si existen.

Resumen

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

- La calidad es un problema en todos los pasos de los IFN, un tema general y transversal que encontramos prácticamente en todas partes.
- La GC tiene lugar antes de que se produzcan los datos, estableciendo los estándares de calidad y definiendo los procedimientos que permiten cumplirlos.
- El CC se realiza durante o después del proceso de producción de datos y se refiere a todas las

medidas que se toman para comprobar la calidad de los productos, de modo que en caso de calidad insatisfactoria se puedan tomar contramedidas.

- Aunque la calidad de los productos es una responsabilidad colectiva de todos los implicados en un IFN/SNMF, la responsabilidad tanto de la GC como del CC recae en manos del equipo de coordinación.
- El protocolo del inventario documenta todos los detalles de diseño, definiciones, procedimientos de medición y enfoques de análisis del IFN, y es un punto de referencia para cualquier pregunta sobre la metodología del IFN

Lección 2: GC/CC en la planificación y los análisis

Introducción de la lección

Esta lección se centra en la GC/CC de la planificación y los análisis.

Recuerde que en la lección 3 trataremos por separado las cuestiones relativas a la calidad en la recopilación de datos de campo. La razón por la que separamos estos dos ámbitos de la GC/CC en lecciones diferentes radica en sus diferentes características.

La recopilación de datos de campo y la parte visual de la interpretación de imágenes de teledetección las realizan muchas personas -incluidas las que no son expertas- que necesitan recibir formación sobre la coherencia. Si bien muchos de los que trabajan durante un largo periodo de tiempo adquieren una cierta rutina, en la planificación y los análisis son pocos expertos en particular los que cubren el trabajo.

Por lo tanto, la GC/CC es bastante diferente para estos dos ámbitos.

Objetivos

Al final de esta lección, usted podrá:

- Apreciar la función de la GC/CC en la fase de planificación y análisis de un IFN.
- Identificar las medidas de GC/CC en la fase de planificación y análisis de un IFN.

GC/CC en la preparación, planificación y diseño del IFN

La planificación y el diseño de un IFN/SNMF es una tarea especializada y lo primero en la garantía de calidad es encontrar expertos con la formación, la experiencia y las redes adecuadas. A menudo se subestima la importancia de la planificación en un IFN y no se reconoce su complejidad: este paso requiere muchos conocimientos y perspectivas en diversos campos, como la estadística de muestreo, la medición forestal, la modelación estadística, la teledetección, los SIG y la planificación y comunicación de proyectos. La planificación y el análisis suelen producirse en una de estas dos situaciones:

Ya existe un IFN

En este caso, es necesario volver a verificar el diseño actual del IFN, así como analizar las experiencias y sugerencias de mejoramiento de quienes participaron en la ejecución, con el fin de encontrar formas de integrar posibles nuevos temas emergentes en el sistema del IFN. Mantener la **coherencia** es una cuestión importante en este caso.

Es necesario diseñar un IFN

Esto podría ocurrir cuando un país se prepara para su primer IFN, o cuando el diseño de un IFN anterior era tan deficiente que resulta más fácil diseñar uno nuevo que intentar modificar el diseño anterior.

En este caso, es necesario desarrollar un **nuevo diseño** que cumpla con las expectativas de las partes interesadas en cuanto a cobertura (de temas), productos y precisión (de estimación) y con las opciones que el presupuesto permita eventualmente.

Como medio estándar de GC/CC en la fase de planificación, es una buena práctica presentar las condiciones generales y las expectativas del IFN a otros expertos de universidades locales, redes regionales de IFN u organizaciones internacionales como la FAO. La retroalimentación de los expertos independientes sirve al mismo tiempo como garantía y control de calidad del diseño del IFN.

También existe la posibilidad de formalizar dichas solicitudes de retroalimentación e invitar a expertos independientes externos a formar parte de una junta asesora del IFN. Por lo general, no es fácil invitar a estos expertos y también implica un factor de costo en lo que respecta a los gastos de viaje y los honorarios. Pero es probable que la mejor GC sea contar con una plataforma así de experta a la hora de evitar fallas en el diseño del inventario.

Una junta asesora del IFN puede estar formada por entre 3 y 5 expertos con experiencia en IFN, posiblemente también de países vecinos con condiciones generales similares.



Comprobación de la realidad

El reto no es sólo encontrar y constituir una junta de este tipo, sino también encontrar horarios para las reuniones. Evaluar un IFN requiere tiempo y dedicación por parte de los miembros de la junta asesora y suele implicar muchos debates.

Por supuesto, esto puede hacerse por correo electrónico, pero una reunión es la forma más eficaz y

productiva de debatir el diseño de una IFN y las condiciones y expectativas subyacentes. Las reuniones en línea son posibles, pero las reuniones presenciales ofrecen la posibilidad adicional de realizar visitas sobre el terreno, lo que en muchos casos resulta instructivo o a veces incluso sirve de revelación.

Integrar una junta asesora también requiere algunos esfuerzos organizacionales por parte de los planificadores del IFN: la junta debe establecerse y recibir información, y las reuniones se deben coordinar, preparar, celebrar y documentar. En la fase de planificación del diseño del IFN, puede haber al menos dos reuniones:

- una primera reunión en la que se elabore preliminarmente el diseño; y
- una segunda para presentar y debatir el diseño final tentativo.

En cualquier caso, se puede considerar un buen certificado de calidad del diseño del IFN contar con el "beneplácito" de dicha junta asesora. Por supuesto, la junta puede acompañar no sólo la planificación inicial, sino también las fases posteriores de análisis y elaboración de informes. Es responsabilidad de los directores del IFN mantener "viva" la junta consultiva. A veces ocurre que la junta se convoca una vez y luego prácticamente se olvida, lo que causa una considerable molestia a los miembros.

GC/CC en el uso de datos y modelos disponibles

El uso de los datos disponibles

Durante la planificación de un IFN, es habitual recopilar todo tipo de datos que puedan servir para facilitar la planificación o la ejecución del IFN. Esto incluye el uso de informes de inventarios forestales procedentes de inventarios subnacionales o locales, el uso de mapas topográficos o temáticos, y datos relativos a los costos del trabajo de campo y los análisis de imágenes de teledetección (por ejemplo, actualmente también se dispone de productos espaciales mundiales o regionales con una resolución relativamente buena que proporcionan datos disponibles que se pueden utilizar para orientar los pasos iniciales del diseño, aunque es necesario que los protocolos de validación adecuados garanticen que la información sea realmente fiable para el país en cuestión).

En este contexto, GC/CC implica las medidas estándar que se aplican cuando se utilizan datos disponibles en cualquier estudio científico: es necesario saber de dónde provienen los datos, tener acceso a las definiciones utilizadas y al protocolo de campo y, en el mejor de los casos, tener también la

posibilidad de ponerse en contacto con quienes recogieron los datos. Los datos disponibles sólo se deben utilizar cuando se comprendan completamente y se pueda estar seguro de que su calidad es suficiente para ser útiles para el proyecto del IFN.

En el caso de algunos productos (por ejemplo, los mapas topográficos publicados oficialmente), se puede asumir que su calidad ha sido doblemente verificada por las instituciones emisoras, por lo que no suele ser necesario un control adicional.

El uso de modelos estadísticos: utilización de los modelos disponibles

Los modelos utilizados en los IFN son modelos estadísticos que predicen una variable a partir de las observaciones de otras variables. Por lo general, estos modelos estadísticos no se construyen dentro del IFN, sino que se extraen de la literatura científica, con frecuencia de informes técnicos de institutos de investigación forestal o de tesis de universidades. Como tal, la identificación de estos modelos -y todas las consideraciones de calidad relacionadas- forman parte de la planificación del inventario. Muchos de los modelos publicados en la literatura científica están disponibles actualmente en la plataforma [GlobAllomeTree platform](#) (en inglés).

Al utilizar los modelos, hay que tener en cuenta que predicen valores medios y no el valor verdadero de la variable que se desea predecir. El hecho de trabajar con valores medios en lugar de con los valores verdaderos introduce, por supuesto, cierta variabilidad residual en comparación con la medición directa de una variable. Cuando nos referimos al uso de los modelos disponibles, las cuestiones de calidad se refieren únicamente a la selección del modelo que se va a utilizar y a la comprobación de la idoneidad que se está realizando.

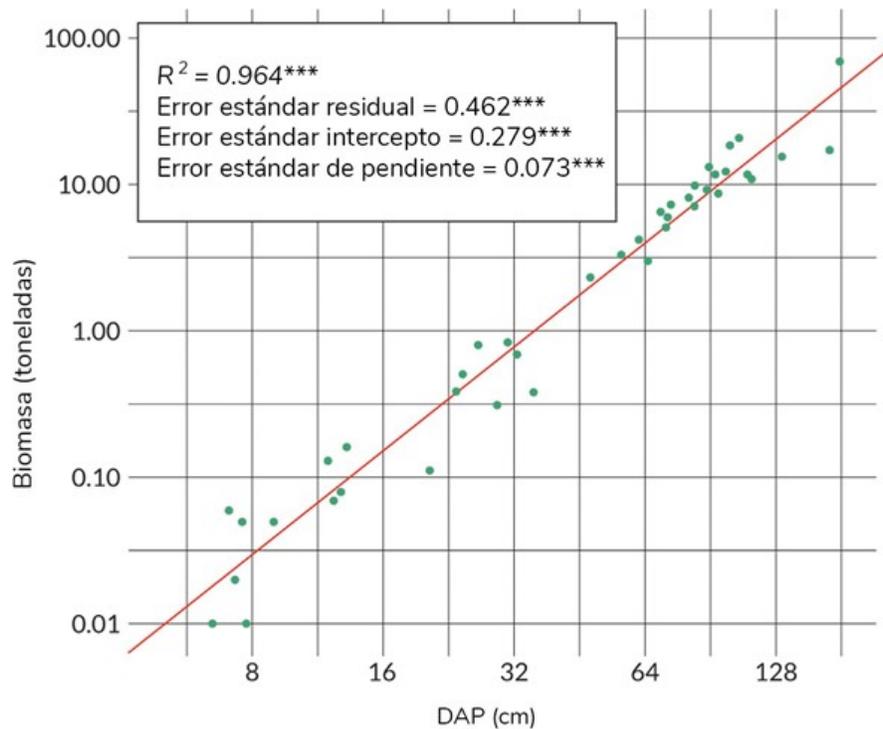
El uso de modelos estadísticos: construir sus propios modelos

Aunque no es muy común -después de todo, hay tantos IFN e inventarios forestales de grandes superficies, cada uno con sus propios modelos- puede ocurrir que no se encuentre un modelo adecuado para un IFN específico. Si esto ocurre, se puede considerar la posibilidad de invertir tiempo y recursos para construir modelos propios. Esto puede hacerse eficazmente en colaboración con estaciones de investigación forestal o universidades. Entonces, todas las consideraciones relacionadas con la calidad estarán en manos del creador del modelo:

- número de árboles de muestra;
- selección de los árboles de muestra (especies, geografía y cobertura del rango de las variables independientes); y
- ejecución de las mediciones (incluido el procesamiento de las muestras de madera en el caso de los modelos de biomasa o carbono).

La calidad interna de un modelo de regresión suele describirse mediante el error estándar de la estimación, el coeficiente de determinación y el nivel de significación de los coeficientes de regresión estimados. Estas medidas cuantifican lo bien que se ajusta el modelo a los datos de muestra que se utilizaron para crear el modelo.

La segunda interrogante del control de calidad es en qué medida la predicción del modelo se ajusta a los árboles de muestra seleccionados de forma independiente. Para comprobarlo, es necesario disponer de datos de árboles de muestra que no se hayan utilizado en la creación del modelo, de modo que se pueda realizar una validación independiente del modelo. Esta validación independiente tiene el mismo carácter y función que las verificaciones de idoneidad de los modelos disponibles; también tendrían que ser evaluados por un conjunto independiente de árboles de muestra. Los modelos más comunes desarrollados para su uso en los IFN son los modelos de biomasa, altura y volumen de los árboles.



GC/CC en el análisis de datos

El análisis de datos en los IFN es también un paso especializado en el que sólo participan algunas personas. El control de calidad se extiende entonces a los siguientes puntos:

1. La calidad de los datos procedentes del muestreo de campo se puede comprobar en parte en tiempo real directamente durante el trabajo de campo a través del software instalado en los registradores de datos móviles. Las comprobaciones de plausibilidad y los controles cruzados están integrados en el software y el alcance de los controles de calidad viene determinado por el desempeño de estas aplicaciones. Por lo general, los errores graves se pueden evitar y, en el caso de las entradas de datos poco probables, se puede activar una advertencia.
2. Sin embargo, algunos problemas de calidad de los datos o los modelos sólo se hacen evidentes cuando se están llevando a cabo los análisis. Esto puede referirse a valores de biomasa de la parcela inverosímilmente altos o a funciones de biomasa que se han aplicado fuera del rango de validez. Esto no se puede controlar durante la adquisición de datos sobre el terreno, sino que requiere algunos análisis y procesamientos de los datos. Esto significa que no sólo hay que comprobar la plausibilidad de los datos de entrada, sino también de los resultados. Sin embargo, como ocurre con muchos otros errores, sólo pueden identificarse los que tienen carácter atípico. Las pequeñas desviaciones seguirán sin detectarse. Por ejemplo, existen algoritmos para la detección de datos improbables (valores atípicos) que guían al analista hacia decisiones sobre cómo enfocar su inclusión en el análisis.



Ejemplo

Ejemplo: Inventario subnacional en América Central

Un ejemplo interesante es el de un inventario subnacional en América Central. Se habían publicado resultados para diferentes estratos y clases de diámetro. Lo que puede llamar la atención aquí es el número relativamente elevado de existencias en formación (volumen) estimado, por ejemplo, en el estrato I de 76,872 m³ en la clase de *dap* pequeño 5-10 cm, mientras que el número de árboles se había estimado en 643,420 árboles por hectárea.

Es decir: el volumen medio por árbol sería de $76,872/643,420 = 0,12 \text{ m}^3$, lo que parece elevado. En

silvicultura, un factor de forma es un factor de corrección que se aplica para estimar el volumen de un árbol, tomando como referencia un cilindro perfecto. Esta corrección se debe a lo que se denomina conicidad: la característica de la mayoría de los árboles por la que el diámetro de la sección del tronco a una altura determinada disminuye con la altura del tronco. Suponiendo un diámetro medio de estos 643 árboles de 7,5 cm y un factor de forma de 0,5, se calcularía (siguiendo la fórmula $v = \text{área basal} * \text{altura} * \text{factor de forma}$) una altura media de $h = 49,2$ m, lo que es imposible para esos diámetros. Algo falló aquí y todos los resultados no son fiables una vez identificado este misterio.

Volumen neto por hectárea por clase de desarrollo y por estrato

Tipo de desarrollo	Definición (dap en cm)	Árboles por ha. por clase de desarroll por estrato. TODAS LAS ESPECIES				
		I	II	III	IV	V
Regeneración	5 - 9.9 cm	643	553	385	602	645
Rodal joven	10 - 49.9cm	645	568	413	609	754
Árboles maduros	≥ 50 cm	17	14	18	8	6
Total		1305	1135	816	1219	1405

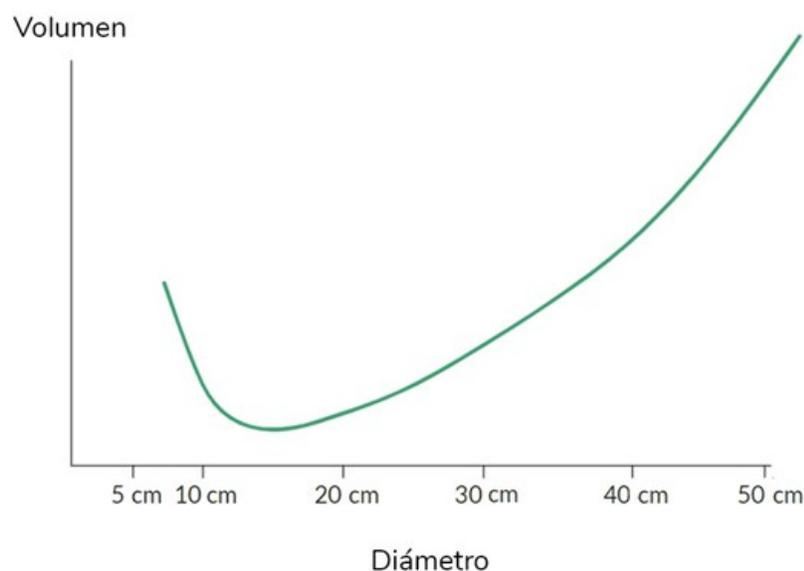
Árboles por hectárea según la fase de desarrollo y por estrato (todas las especies)

Tipo de desarrollo	Definición (dap en cm)	m ³ /ha Estratos				
		I	II	III	IV	V
Regeneración	5 - 9.9 cm	76	66	47	74	80
Rodal joven	10 - 49.9 cm	227	273	198	271	318
Árboles maduros	≥ 50 cm	45	28	51	19	17

Total	348	367	296	364	415
--------------	------------	------------	------------	------------	------------

Aunque seguimos sin saber cuál fue la razón exacta en este caso concreto, una posible explicación es la aplicación de un modelo de volumen a árboles pequeños que se había construido para árboles más grandes -y en el que el curso de la función de volumen es atípico para los diámetros más pequeños (fuera del rango de validez de este modelo); como se representa a continuación en un gráfico esquemático: aquí, la función de volumen se había construido para árboles con valores de dap entre 20 y 50 cm - y en ese rango, la función de volumen tiene exactamente la forma que cabría esperar.

Sin embargo, si se hubiera elegido un modelo polinómico de orden superior, **puede** ocurrir -como en el caso representado- que la forma del modelo sea errónea; aquí, conduciría a una tremenda sobreestimación del volumen de los árboles pequeños, donde un árbol de unos 7,5 cm de dap tendría un volumen predicho como uno con un dap de unos 30 cm. Se trata sin duda de un caso extremo, pero sirve aquí sólo como ilustración esquemática.



No basta con obtener los resultados, sino que también hay que examinar detenidamente los resultados intermedios. Por ejemplo, cuando se determina la biomasa media por hectárea, se pueden obtener las estimaciones puntuales y de intervalo y, si parecen aceptables, se puede estar satisfecho.

Sin embargo, puede que en estos resultados se oculten todavía algunos errores, que podrían detectarse con pasos intermedios del análisis. Una buena opción es representar gráficamente las distribuciones de

los valores de entrada, por ejemplo, las estimaciones de la biomasa por hectárea por parcela.

Si, dentro de esas distribuciones, se detectan valores atípicos (valores muy altos o bajos), merece la pena volver a los datos del gráfico para averiguar si el valor es correcto o se basa en errores. Sin embargo, no todos los valores atípicos son errores. Y no sólo los valores atípicos son sospechosos, sino que los errores también pueden estar ocultos en valores que parecen totalmente plausibles; pero estos últimos no pueden identificarse individualmente en la fase de análisis.



Consejos prácticos

Probablemente, la mejor medida de GC/CC sea encargar a dos expertos diferentes que analicen los principales resultados. La comparación de los dos resultados revelará una coincidencia total, parcial o nula, e independientemente del resultado, el proceso será instructivo.

Si se realiza este análisis por duplicado, hay que asegurarse de que ambos trabajan con los mismos datos. Los errores o incoherencias detectables en los datos deben eliminarse antes de realizar estos análisis duplicados, ya que sirven para comprobar la coherencia/calidad del análisis y ya no para comprobar la calidad de los datos.

En este contexto, filtrar los datos correctamente (por ejemplo, excluyendo los árboles muertos en algunos casos o excluyendo árboles específicos de la creación de modelos, como las curvas de altura) es de suma importancia. Si se trata de modelos, también es importante la elección de estos. Por lo tanto, es necesario documentar adecuadamente todos los pasos de depuración y filtrado de datos y compartirlos entre los expertos, si se quieren realizar comparaciones y validaciones exactas también en el futuro, sobre todo cuando posiblemente nuevos expertos tengan que volver a realizar los análisis.

Resumen

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

- Un medio estándar de GC/CC en la fase de planificación es presentar las condiciones generales y las expectativas del IFN a otros expertos, redes regionales de IFN u organizaciones internacionales.

- La planificación de un IFN captura todos los tipos de datos que puedan facilitar la planificación o la ejecución del IFN, incluyendo los informes de inventarios forestales, los datos procedentes de inventarios subnacionales o locales, el uso de mapas topográficos o temáticos, y datos del análisis de imágenes de teledetección.
- Cuando nos referimos al uso de los modelos disponibles, las cuestiones de calidad se refieren únicamente a la selección del modelo que se va a utilizar y a la comprobación de la idoneidad que se está realizando.
- El análisis de datos en los IFN es trabajo de un especialista en el que sólo participan algunas personas. El CC en el análisis de datos está determinado por las comprobaciones de plausibilidad y los controles cruzados que están integrados en el software y el alcance de los controles de calidad viene determinado por el desempeño de estas aplicaciones.
- La mejor medida de GC/CC es encargar a dos expertos diferentes que analicen los principales resultados – entonces la comparación revelará una coincidencia total, parcial o nula, e independientemente del resultado, el proceso será instructivo.

Lección 3: GC/CC en las fuentes de datos inmediatas

Introducción de la lección

En los IFN, toda la información *a priori* disponible y útil se utiliza para la planificación del diseño y las cuestiones de calidad correspondientes ya se han tratado en la Lección 2 de este curso. Lo habitual es que participen pocas personas, que suelen ser expertos experimentados en IFN a los que se confía la planificación general y sobre los que recae la responsabilidad del ejercicio.

A continuación, para evaluar la situación actual en detalle, durante la ejecución del IFN se recopilan muchos de los datos originales, con frecuencia de cientos de muestras de parcelas de campo y conjuntos más amplios de imágenes de teledetección. Estos datos son fundamentales para cualquier IFN, ya que proporcionan información sobre el estado actual de los bosques del país y, en el caso de la repetición de IFN dentro de un Sistema nacional de monitoreo forestal, cuantifican los cambios reales que han tenido lugar entre el IFN actual y el anterior.

A diferencia de la fase de planificación y análisis de un IFN (en la que se confía a expertos experimentados en IFN la planificación general y la responsabilidad del ejercicio), en la ejecución sobre el terreno/recopilación de datos suelen participar muchas personas, organizadas en equipos de campo que trabajan en gran medida de forma independiente (aunque comunicándose de forma regular) sobre el terreno.

Además, si hay que hacer una interpretación visual de las imágenes de teledetección, intervienen varios intérpretes. Por lo tanto, tanto las campañas de muestreo de campo como las de interpretación visual por teledetección requieren una formación exhaustiva de todos los implicados, y el control de calidad adquiere una dimensión diferente a la de la planificación del diseño.

En esta lección, abordamos los puntos principales de la GC y el CC tanto en el muestreo de campo como en los análisis visuales por teledetección.

Objetivos

Al final de esta lección, usted podrá:

1. Identificar la complejidad de garantizar la calidad en las mediciones de campo.
2. Explicar cómo puede verse afectada la calidad de los datos durante el trabajo de campo: las fuentes de errores.
3. Reconocer las medidas frecuentes de control de calidad en el trabajo de campo y las medidas

que deben tomarse en caso de calidad inferior.

Observaciones generales

En los IFN, los datos de muchas variables se recopilan sobre el terreno, generalmente por muchos equipos de campo diferentes. Esto abarca todo tipo de variables: variables métricas, variables categóricas, variables nominales, etcétera.

Incluso cuando estas variables están muy claramente definidas en el protocolo del inventario y en los procedimientos de medición, persisten diversas fuentes de incertidumbre que pueden afectar a la calidad de los datos recopilados. Esto es cierto tanto en términos de exactitud absoluta como de coherencia entre los equipos de campo.

Estos problemas de calidad (errores e incertidumbres) pueden derivarse de:

1. la variabilidad residual inherente que acompaña a todas las mediciones empíricas;
2. una interpretación errónea del protocolo de inventario; y
3. negligencia deliberada del protocolo de inventario, por ejemplo, por parte de equipos de campo cansados o que creen que pueden hacer su trabajo de campo más eficiente desviándose del protocolo de inventario.

Queremos abordar aquí el primero de estos tres puntos. El segundo apunta a un protocolo de inventario redactado de forma imperfecta, y eso se puede evitar elaborándolo y probándolo cuidadosamente y solicitando retroalimentación crítica a colegas con experiencia en IFN. Del mismo modo, el tercer punto no debería ocurrir en absoluto: los equipos de campo deben saber lo que se espera de ellos y la ignorancia respecto al protocolo de inventario debe entenderse como algo prohibido: esto puede -una vez detectado y considerado significativo- conducir al despido inmediato de dicho equipo de campo.

Las incertidumbres en la recopilación de datos de campo de los IFN se refieren a:

- el establecimiento de la parcela;
- la medición/elaboración de las variables; y
- el registro de los datos.

Un buen protocolo de inventario, por supuesto, define y aborda todas las cuestiones críticas para los tres puntos.

El manual de campo como referencia básica para la GC

El manual de campo (protocolo de campo) es un documento central en todo trabajo de campo del inventario forestal. En él se describen todos los detalles del trabajo de campo, idealmente de forma tan completa que no queden dudas; lo ideal es que se cubran todas las situaciones sobre el terreno, con un enfoque definido sobre cómo abordarlas. Esto facilita el trabajo a los equipos de campo, que no tienen que tomar sus propias decisiones individuales (y quizás conflictivas).

El estricto cumplimiento del protocolo de campo debe garantizar una alta calidad en la recogida de datos, lo que incluye una gran precisión, es decir, pequeños errores de medición/observación. Esto requiere estar plenamente familiarizado con las definiciones y los procedimientos para que los pasos predeterminados se apliquen correctamente sin tener que consultar constantemente el protocolo de campo. En ese caso, el manual de campo sólo deberá consultarse principalmente en casos especiales y menos frecuentes. Del mismo modo, es igualmente pertinente elaborar un manual de campo para el equipo de control de la GC/CC.

La formación de los equipos de campo también es GC

La formación exhaustiva es otra medida por defecto de la GC. La fase de trabajo de campo de cada IFN comienza con la formación de los equipos de campo. Algunos de los equipos pueden tener una larga experiencia en el trabajo de campo para inventarios forestales, otros no. Es importante que todos los miembros del equipo de campo alcancen un nivel de destreza tal que puedan desempeñar las funciones asignadas de acuerdo con lo estipulado en el protocolo de campo.

Toda formación del IFN para el trabajo de campo debe ir paso a paso a través del protocolo de campo y presentar y practicar cada paso, desde el trabajo preparatorio antes de salir al terreno, la búsqueda y llegada a la parcela, la observación de las medidas de seguridad, realizar mediciones y registrar los datos.

Aunque los miembros de los equipos de campo suelen tener sueldos bajos, desempeñan una de las tareas más relevantes, porque de ellos depende la calidad de los datos. Por lo tanto, como se enfatiza repetidamente en estos cursos, la formación también debe servir para que los miembros del equipo de campo se sientan orgullosos de formar parte de este relevante ejercicio y para motivarlos. No tiene sentido presionar de forma agresiva, aunque el calendario del inventario sea apretado.



¿Sabías que?

He aquí una interesante observación de la revista **CHANCE**, Vol. 17 No. 4/Otoño de 2004

"El gobierno es extremadamente aficionado a acumular grandes cantidades de estadísticas. Éstas se elevan a la enésima potencia, se extraen las raíces cúbicas y los resultados se disponen en elaboradas e impresionantes exhibiciones. Lo que hay que tener en cuenta, sin embargo, es que, en todos los casos, las cifras las anota primero un vigilante del pueblo, y éste anota lo que le da la gana".

Sir Josiah Charles Stamp (1880-1941).

Errores típicos del trabajo de campo

Para ambos ámbitos, es decir, el **establecimiento de la parcela** y la **realización de observaciones** de la parcela, consideremos ahora algunos puntos típicos que es preciso observar cuando la calidad general es un problema.

Establecimiento de la parcela

Las ubicaciones de las parcelas se suelen determinar mediante un punto adimensional a partir del cual se incluyen los árboles de muestra siguiendo una regla específica (diseño de la parcela), y donde se observan otras variables como las relacionadas con la topografía, la estructura del rodal y la biodiversidad.

Las ubicaciones de las parcelas se suelen encontrar mediante receptores del Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS) y la calidad del receptor determina la exactitud para encontrar la coordenada predefinida. Cuando sólo se trata de la recopilación de datos de campo (sin integrar modelos basados en teledetección), la exactitud absoluta de la determinación de la posición correcta de la muestra es de menor importancia, al menos cuando hablamos de precisiones de unos 5-20 m de posición absoluta.

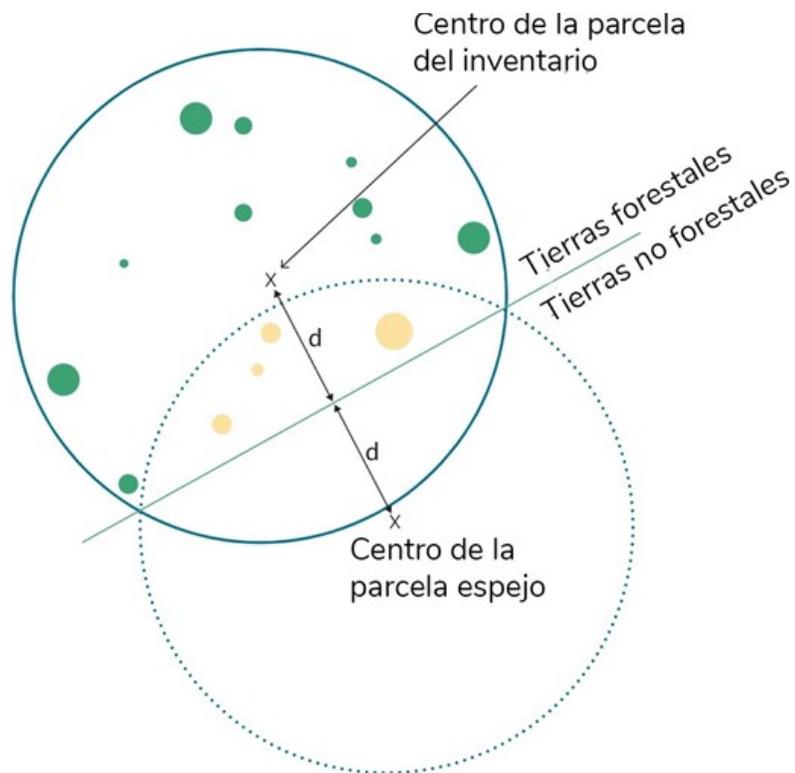
Lo importante, sin embargo, es que la localización del punto la realice exclusivamente el dispositivo GNSS y que se excluyan todas las preferencias subjetivas a favor o en contra de una determinada ubicación de la parcela; eso podría dar lugar a un sesgo de selección.

Sin embargo, esto cambia por completo cuando las observaciones de campo se van a utilizar para alimentar modelos basados en la teledetección: entonces, una correspondencia lo más exacta posible (co-registro) de las parcelas de campo con las parcelas de teledetección es esencial para que estos modelos sean de alta calidad; cuanto más valiosa sea la integración de los datos terrestres y los datos de teledetección, mayor será su utilidad para el monitoreo y la evaluación de los recursos forestales a gran escala. Para ello, se utilizarán dispositivos GNSS de alta precisión. En caso de que la modelación basada en la teledetección tenga por objeto las características individuales de los árboles, por ejemplo, mediante escaneado láser aerotransportado, se requiere una precisión muy alta del co-registro para que los árboles individuales sobre el terreno puedan atribuirse con fiabilidad a las copas tal como se identifican en la imagen de teledetección.

A partir del punto muestral, los árboles de muestra se incluyen en la parcela de acuerdo con una regla específica que define el diseño de la parcela. Es muy importante asegurarse de que se incluyen como árboles de muestra exactamente aquellos que cumplen las normas de diseño de la parcela. Omitir árboles dentro de la parcela o incluir árboles fuera de la parcela puede afectar a la estimación más que algunos errores de medición. Hay que tener cuidado sobre el terreno con los árboles que están cerca de los límites de la parcela y en los que no es obvio si están dentro o fuera. En definitiva, se trata de medir con exactitud las distancias horizontales desde el centro de la parcela hasta el punto que define la posición del árbol según el protocolo del inventario.

La corrección por pendiente es relevante, en cualquier diseño de parcela, también en los llamados diseños "sin parcela". Cuando en un terreno con pendiente no se aplica una corrección por pendiente, se producirá un gran error sistemático cuando muchas parcelas forestales se encuentren en pendientes relativamente pronunciadas. Esto significa que es importante medir cuidadosamente el ángulo de la pendiente.

Las parcelas que se extienden más allá del límite del bosque deben manejarse correctamente. Es decir: no omitir ni desplazar estas parcelas que sólo están parcialmente dentro del bosque o de la masa forestal concreta. La mejor opción en este caso es aplicar la técnica del espejo (en inglés) (véase, por ejemplo, Ducey et al., 2004).



1. Mida la distancia d desde el centro de la parcela del inventario hasta el límite del bosque.
2. Continúe con la distancia d al otro lado del límite del bosque para localizar el centro de la parcela espejo.
3. Desde el centro de la parcela espejo dibuje la parcela.
4. Los árboles de la región que se superpone tanto a la parcela de inventario como a su espejo (en naranja) se enumeran dos veces, mientras que los árboles fuera del área de superposición (en verde) sólo se enumeran una vez.

Aunque la falta de respuesta es un problema común en los IFN, en particular cuando llegar a la parcela es demasiado peligroso, arriesgado o requiere demasiado tiempo, o cuando se deniega el acceso, los equipos de campo no deberían decidir fácilmente no llegar a una parcela difícil, sino hacer todo lo posible por acceder a ella, dentro de los procedimientos de trabajo seguros, por supuesto.

El trabajo de campo es físicamente exigente y, en algunos casos, los equipos de campo han tenido la mala idea de inventar datos para parcelas difíciles, aquellas que sabían que los equipos de supervisión no visitarían. Los equipos de campo experimentados pueden ser capaces de producir esos datos falsos que serán difíciles de identificar. Este tipo de fraude también se conoce en las encuestas de población, donde se ha denominado "curbstoning", es decir, sentarse en el bordillo de la acera y rellenar

falsamente los cuestionarios por parte del entrevistador. La mejor manera de evitar la tentación de actuar de ese modo es mediante una comunicación buena y frecuente con los equipos de campo y una relación entre supervisores y equipos de campo basada en la confianza y el respeto mutuos. También se puede considerar la posibilidad de registrar por defecto las marcas de tiempo y las coordenadas de las mediciones de las parcelas.

“Respondí a un anuncio y asistí a un curso. En un tiempo sorprendentemente corto me convertí en encuestador oficial. Mi trabajo consistía en visitar los apartamentos que no habían devuelto por correo sus formularios del censo. Como identificación, me dieron un maletín de plástico negro con una gran pegatina roja, blanca y azul que decía US CENSUS. Soy un caucásico larguirucho de 1,80 m; el gobierno me envió a Chinatown.

Por extraño que parezca, fui un fracaso. Algunas personas echaron un vistazo y se fueron dando un portazo. Una anciana rompió a llorar al verme. Me ofrecieron dinero dos veces para que me fuera. Pocos residentes tenían tiempo para rellenar un largo formulario. Al final me encontré con un viejo encuestador. "Me preguntó: "¿Por qué no lo rellenas los formularios en la acera? "Curbstoning", aprendí, era la jerga del encuestador para sentarse en el bordillo de la acera y rellenar formularios con información inventada. - Mann, 1993

Llevar a cabo mediciones

Los problemas de calidad se refieren a todas las mediciones y observaciones, como ya se subrayó en nuestra lección sobre errores de medición:

En el caso de las variables métricas, puede tratarse de una desviación de la medición real por defecto con respecto a las mediciones repetidas más cuidadosas de un equipo de campo de supervisión.

- En el caso de las variables nominales, puede tratarse de una confusión de nombres, por ejemplo, en la identificación de especies arbóreas. Cuando se espera explícitamente que los IFN produzcan también datos fiables sobre la diversidad arbórea, se debe tener especial cuidado con la identificación de las especies. Esto se puede hacer contratando botánicos que acompañen a los equipos de campo (lo que suele ser una inversión costosa) o recogiendo especímenes para su posterior identificación en un herbario (lo que supone un reto logístico para conseguir las muestras, conservarlas sobre el terreno y llevarlas a tiempo al herbario).
- En el caso de las variables categóricas, puede tratarse de una confusión de clases/categorías.
- Es una buena práctica que el miembro del equipo de campo que realiza la medición/observación

grite el valor para que los demás puedan oírlo y comprobarlo. También es una buena práctica, cuando se realizan mediciones de alturas, distancias y diámetros, hacer primero una estimación visual y, a continuación, efectuar la medición. Ayuda a identificar si la medición realizada presenta incoherencias con la estimación inicial y, en ese caso, hay que revisarla en el lugar.

Problemas de calidad relacionados con las fuentes de datos utilizadas en los IFN: datos obtenidos por teledetección

Los datos de teledetección se integran cada vez más en los proyectos de inventarios forestales. En particular, en las áreas más pequeñas y en los inventarios de gestión forestal, los análisis de árboles individuales resultantes de imágenes de resolución cada vez más alta y del escaneado láser aerotransportado están adquiriendo mayor relevancia.

Además, en muchos IFN, la teledetección desempeña un papel importante, aunque sigue habiendo muchos IFN que se basan completamente en evaluaciones sobre el terreno.

Antes de poder utilizar las imágenes de teledetección para cualquier propósito de análisis e interpretación, es necesario haber realizado el correspondiente preprocesamiento de las imágenes, es decir, todas las correcciones geométricas y radiométricas. Se trata de una tarea para expertos en análisis de imágenes de teledetección y no se profundizará en ella aquí.

La integración de la teledetección se refiere principalmente a la teledetección satelital sobre superficies más extensas (por ejemplo, de Landsat, Sentinel), incluyendo:

- Estimación de la superficie forestal y de los cambios en la superficie forestal, esta última a partir del análisis de series temporales.
- Pre-estratificación en tipos de bosque para preparar el muestreo estratificado.
- Producción de mapas temáticos, por ejemplo, sobre biomasa o carbono, que se elaboran utilizando datos de teledetección como datos portadores para la regionalización.

Los enfoques comunes de garantía y control de calidad se aplican tal y como se utilizan en los análisis de imágenes de teledetección.

Para la estimación de la superficie (bosque, tipos de bosque, estratificación) se aplica la evaluación común de la exactitud (*Evaluación de la Exactitud del Mapa y Estimación de la Superficie*) (en inglés), en la que el resultado de la interpretación se compara con las observaciones reales sobre el terreno. El

resultado de esta comparación se recoge en la denominada matriz de confusión. El porcentaje de puntos clasificados correctamente es la "exactitud total". La exactitud se puede desglosar a partir de la matriz de confusión también en exactitudes de las clases de interpretación individuales.

Cabe destacar aquí que esta exactitud total no es una medida de la precisión de la estimación tal y como la conocemos de los estudios estadísticos de muestreo, sino que es más bien una cuantificación del **error de medición**. Por lo tanto, se denomina correctamente **exactitud** y no **precisión**

Si los datos de verificación sobre el terreno se hubieran recogido siguiendo un esquema de muestreo estadístico, se podrían utilizar los resultados de la matriz de confusión para obtener estimaciones corregidas de las superficies de las clases individuales y, para estas clases corregidas, se podrían estimar los errores estándar. Se trata de un enfoque interesante introducido por Olofsson (2014). Una vez más: esta corrección de la superficie solo es válida estrictamente cuando la selección de los puntos de verificación sobre el terreno se ha realizado mediante muestreo estadístico.

Si bien existen enfoques estándar para la evaluación de la exactitud en la interpretación de imágenes, no parece haber un enfoque estándar cuando se trata de cuantificar la exactitud (o incluso la precisión) de la estimación de los cambios a partir del análisis de una serie de imágenes. Todavía queda bastante potencial de investigación en ese ámbito. Aunque es demasiado amplio para tratarlo aquí, Olofsson (2013, 2014) ofrece una buena introducción al tema.

Cuando se pretende producir mapas a partir de imágenes de teledetección, es necesario vincular las observaciones de campo con los datos de las imágenes a fin de establecer los modelos necesarios que puedan utilizarse para "expandir" los datos de las parcelas de campo a todas las demás partes de la imagen. En este caso, el co-registro entre las parcelas de campo y las imágenes de teledetección es importante para la exactitud del mapa resultante. Es decir: la medición GNSS de la ubicación de las parcelas tiene una relevancia mucho mayor que en los inventarios basados exclusivamente en el terreno. En este último caso, la posición GNSS sirve principalmente para la documentación y para volver a encontrar la parcela en inventarios repetidos, pero cuando se comparan los píxeles de teledetección con el área de la parcela de campo, la exactitud de la posición tiene obviamente una importancia mucho mayor. Cabe suponer que, a medida que mejoran los modelos, más exacta es la correspondencia (el co-registro). Apenas existen mapas de teledetección en los que el mapa se valide de forma independiente mediante nuevos datos de campo, pero la exactitud del modelo (basada en las estadísticas del modelo) se utiliza como medida de la calidad general del mapa.

Medidas típicas del CC en el trabajo de campo

Principios generales del control de calidad en el muestreo de campo de los IFN

El control de calidad del trabajo de campo de los IFN se lleva a cabo verificando las mediciones de los equipos de campo. Un equipo de supervisores que debe realizar las mejores mediciones posibles acompaña a un equipo de campo (**verificación en caliente**) o busca parcelas ya medidas (**verificación en frío**).

Por lo general, entre el 5 y el 15 % de las parcelas de campo se someten a un control de calidad en cualquier inventario forestal bien ejecutado. Por supuesto, la estrategia de verificación de la calidad debe darse a conocer a los equipos de campo, lo que puede ser un incentivo para que trabajen con mucho cuidado. También es necesario que los equipos de campo conozcan los objetivos concretos de calidad, así como las consecuencias de no cumplirlos.

El número y el modo de selección de las parcelas que se van a controlar lo realiza el equipo de coordinación del IFN. Es significativo realizar la selección de tal manera que todos los equipos de campo estén controlados. Además, si se pueden distinguir las parcelas difíciles de las que no lo son tanto, se deberían cubrir ambas. El número exacto de parcelas que se deben controlar es una decisión de gestión (y basada en los costos). Se recomienda empezar pronto con las mediciones de control, es decir, no sólo en el momento en que se hayan medido todas las parcelas y los equipos de campo ya no tengan un contrato formal.

Se pueden organizar los esfuerzos de control en varias campañas, la primera de las cuales puede tener lugar tras unas semanas de trabajo de campo: entonces, hay muchas más posibilidades de identificar problemas y, posiblemente, organizar otra sesión de formación para algunos o todos los equipos de campo.

Las verificaciones en frío como medida de CC

Por **verificación en frío** se entiende la visita de parcelas ya completamente medidas por parte de un equipo de control supervisor, una actividad también denominada "**verificación de crucero**". El equipo de control independiente va al terreno y mide una parcela que ya había sido completada por un equipo de campo regular. Las verificaciones en frío tienen exclusivamente un carácter de control. Esto significa que, en principio, sus mediciones **no** van a formar parte de todo el inventario, aunque se pueden utilizar para ayudar a detectar sesgos y valores atípicos en los datos del equipo de campo regular.

El equipo de control (supervisor) verifica todas las mediciones de la parcela y las compara con los

requisitos de exactitud. Además, el equipo de control tiene la oportunidad de verificar lo bien que se ha documentado la ubicación de la parcela y lo fácil que es encontrar las parcelas marcadas permanentemente. En realidad, se trata de un punto crítico en la medición de campo, ya que una parcela es esencialmente un fracaso si no se puede encontrar en momentos posteriores.

Por lo tanto, es una buena práctica ofrecer retroalimentación a todos los equipos de campo controlados. Si es necesario, se puede hacer en una sesión "plenaria" con todos los equipos de campo. Los equipos de campo con un desempeño claramente insatisfactorio deben ser convocados a una conversación para identificar las causas del desempeño deficiente y sobre las formas de mejorar de forma fiable.

Las verificaciones en caliente como medida combinada de GC y CC

Por "**verificación en caliente**" nos referimos a la visita de una parcela que se va a medir, en la que el equipo de control sale junto con los equipos de campo regulares. Las verificaciones en caliente tienen un carácter mixto de control de calidad y garantía de calidad, y también pueden tener el carácter de una formación avanzada.

Las verificaciones en caliente suelen percibirse como un medio de control menos estricto, ya que los equipos regulares saben que están siendo observados y controlados. Esto puede sesgar el resultado hacia una mejor calidad, pero también puede aumentar la motivación de los equipos de campo regulares cuando reciben retroalimentación inmediata y constructiva.

Las verificaciones en caliente permiten controlar el proceso de búsqueda de la posición y el marcado permanente de una parcela, pero no permiten comprobar lo fácil que se pueden encontrar estas parcelas al realizar mediciones repetidas, a diferencia de las verificaciones en frío.

Medidas que se deben tomar

En realidad, no hay muchas medidas que se puedan tomar cuando los equipos de campo no cumplen los requisitos de exactitud. Puede ocurrir que el incumplimiento tenga que ver con un manual de campo o una formación defectuosos. En tales casos, puede estar indicada la actualización del manual de campo o es necesario impartir otra formación. Esta sería una consecuencia típica de las mediciones de control muy tempranas. Si el control sólo se realiza después de haber completado todas las parcelas, estos hallazgos beneficiarán principalmente a los futuros IFN.

1. Si los objetivos de exactitud no se cumplen de manera seria, los equipos de campo tendrían que volver a medir todas sus parcelas desde la última campaña de control. Los criterios para una medición tan dura se deben conocer con antelación. Un motivo podría ser cuando de forma sistemática no se registran algunos árboles, aunque formen parte de la parcela.
2. Si hay problemas de desempeño aún peores, como datos inventados de las parcelas, se puede considerar el despido de los equipos de campo. Esto también debe quedar claro desde el principio y este aviso debe formar parte de la formación.
3. También es muy importante que los equipos de campo envíen copias de seguridad frecuentes (preferiblemente a diario) a un servidor central para evitar la pérdida de información, y que un funcionario se encargue de verificar estas copias de seguridad como parte del proceso de control de calidad, de modo que haya tiempo para enviar a los equipos de vuelta a la parcela si la información se ha perdido o es claramente errónea antes de que se hayan alejado demasiado de ella.

Resumen

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

- Incluso cuando las variables de un IFN están muy claramente definidas en el protocolo del inventario y en los procedimientos de medición, siempre queda un margen de incertidumbre en la exactitud de los datos procedentes de la muestra de las parcelas de campo.
- El manual de campo es un documento central en todos los IFN, y todos los equipos de campo deben cumplir estrictamente los protocolos documentados.
- Toda formación sobre IFN para el trabajo de campo debe incluir una explicación exhaustiva del manual de campo.
- El control de calidad del trabajo de campo de los IFN se lleva a cabo verificando las mediciones de los equipos de campo, acompañando a un equipo de campo ("verificaciones en caliente") o buscando parcelas ya medidas ("verificaciones en frío").
- Por lo general, entre el 5 y el 15 % de las parcelas de campo se someten a una verificación de calidad en cualquier inventario forestal bien ejecutado.