

CAPÍTULO 3

REPRESENTACIÓN COHERENTE DE LAS TIERRAS

Autores

Kathryn Bickel (Estados Unidos) y Gary Richards (Australia)

Michael Köhl (Alemania) y Ricardo Leonardo Vianna Rodrigues (Brasil)

Autores colaboradores

Goran Stahl (Suecia)

Índice

3	Representación coherente de las tierras	
3.1	Introducción	3.5
3.2	Categorías de uso de la tierra	3.6
3.3	Representación de las superficies de uso de la tierra.....	3.9
3.3.1	Tres métodos.....	3.2
	Método 1: Superficie total del uso de la tierra, no existen datos de las conversiones entre los usos de la tierra.....	3.12
	Método 2: Superficie de la tierra total incluyendo los cambios entre categorías	3.15
	Método 3: Datos de conversión del uso de la tierra explícitos en el espacio	3.15
3.3.2	Utilización de los datos	3.16
3.3.2.1	Estratificación de los datos de uso de la tierra.....	3.19
3.3.2.2	Preparación de los datos de superficie para la estimación de las emisiones y absorciones ...	3.21
3.4	Correspondencia de las superficies de tierra con los factores para estimar las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero	3.21
3.5	Incertidumbres asociadas con los métodos	3.22
Anexo 3A.1	Ejemplos de conjuntos de datos de la cubierta terrestre internacional.....	3.24
Anexo 3A.2	Desarrollo de las bases de datos de uso de la tierra	3.28
Anexo 3A.3	Muestreo	3.34
Anexo 3A.4	Perspectiva general de métodos potenciales para desarrollar los conjuntos de datos del Método 3	3.39
Figura 3A.5	Clasificación por defecto del clima y del suelo.....	3.41
Referencias	3.46

Figuras

Figura 3.1	Árbol de decisiones para la preparación de los datos de la superficie de uso de la tierra	3.20
Figura 3A.3.1	Principio de muestreo	3.34
Figura 3A.3.2	Plano aleatorio simple de parcelas (izquierda) y plano sistemático (derecha)	3.36
Figura 3A.3.3	Uso de diferentes configuraciones de unidades de muestreo permanentes y temporales para estimar los cambios	3.37
Figura 3A.5.1	Trazado de las principales zonas climáticas, actualizadas desde las Directrices del IPCC de 1996.	3.42
Figura 3A.5.2	Modelo de clasificación para las regiones climáticas por defecto. La clasificación se basa en la elevación, media anual de temperatura (MAT, del inglés <i>mean annual temperature</i>), media anual de precipitación (MAP, del inglés <i>mean annual precipitation</i>), relación entre la media anual de precipitación y el evapotransporte potencial (MAP:PET, del inglés <i>mean annual precipitation to potential evapotranspiration ratio</i>), y la incidencia de heladas.....	3.43
Figura 3A.5.3	Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la taxonomía del USDA... 3.44	
Figura 3A.5.4	Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la clasificación de la Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo (WRB, del inglés <i>World Reference Base for Soil Resources</i>).....	3.45

Cuadros

Cuadro 3.1	Estratificaciones de ejemplo con datos complementarios para los métodos de estimación de las emisiones de Nivel 1	3.9
Cuadro 3.2	Ejemplo del método 1: Datos disponibles del uso de la tierra con cobertura nacional total.....	3.13
Cuadro 3.3	Ejemplo ilustrativo de la estratificación de los datos para el Método 1.....	3.14
Cuadro 3.4	Ejemplo ilustrativo de tabulación de todas las conversiones del uso de la tierra para el Método 2, incluyendo los Estratos definidos a nivel nacional.....	3.17
Cuadro 3.5	Ejemplo ilustrativo de los datos del Método 2 en una matriz de conversión de uso de la tierra con estratificación de categorías	3.18
Cuadro 3.6	Matriz simplificada de conversión del uso de la tierra para el ejemplo del Método 2.....	3.19
Cuadro 3.7	Resumen de las incertidumbres de los Métodos 1 a 3	3.23
Cuadro 3A.1.1	Ejemplos de conjuntos de datos de la cubierta terrestre internacional.....	3.24
Cuadro 3A.3.1	Ejemplo de la estimación de superficies por medio de proporciones	3.38

3 REPRESENTACIÓN COHERENTE DE LAS TIERRAS

3.1 INTRODUCCIÓN

Para estimar las existencias carbono y la emisión y absorción de los gases de efecto invernadero asociadas con las actividades de la Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU), se necesita información, en cuanto a la clasificación, datos de la superficie y muestreo que represente a varias categorías de usos de la tierra. Este capítulo proporciona una orientación sobre la utilización de los diferentes tipos de datos empleados para representar las categorías de usos de la tierra y las conversiones entre ellas; de modo que sean empleados de la forma más adecuada y coherente posible en los cálculos de inventario.

Los países utilizan varios métodos para obtener los datos, que incluyen censos anuales, sondeos periódicos y detección remota. Cada uno de estos métodos de recopilación de datos proporciona diferentes tipos de información (p. ej. mapas o tabulaciones), con diferentes frecuencias de declaración y con distintos atributos. Se proporciona una orientación sobre el uso de tres métodos genéricos.

El método 1 identifica la superficie total de cada categoría individual de uso de la tierra dentro de un país, pero no proporciona información detallada sobre la naturaleza de las conversiones entre los usos de la tierra. El método 2 presenta el seguimiento de las conversiones entre las categorías de uso de la tierra. El método 3 amplía la información disponible en el método 2 al permitir que las conversiones del uso de la tierra sean seguidas en base al espacio explícito. Los países pueden utilizar una mezcla de métodos para diferentes regiones a través del tiempo.

La orientación que aquí se presenta tiene por objeto ayudar a los países a hacer el mejor uso de los datos disponibles y reducir lo máximo posible la superposición parcial y las omisiones en la generación de informes. La orientación permite que aquellos que hacen los inventarios de los gases de efecto invernadero tomen decisiones justificadas respecto del uso apropiado de los diferentes tipos de datos, pero no pretende ser preceptiva en cuanto a su recopilación. En general, todos los datos deben ser:

- adecuados, es decir, capaces de representar las categorías de uso de la tierra y las conversiones entre ellas, según se necesiten para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero;
- coherentes, ADE, capaces de representar las categorías de uso de la tierra de manera coherente a través del tiempo, sin que se vean demasiado afectados por discontinuidades artificiales en los datos de la serie temporal;
- completos, lo que significa que debe estar incluida toda la tierra de un país, estar compensados los incrementos en algunas zonas con los descensos en otras, reconocer la estratificación biofísica de la tierra si fuera necesario (y de forma que pudiera ser respaldada por los datos) para la estimación y declaración de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero; y
- transparentes, es decir, que las fuentes de datos, definiciones, metodologías e hipótesis deben estar claramente descritos.

Las descripciones del uso de la tierra siguen el esquema siguiente:

- categoría de uso de la tierra – es el uso general de la tierra (a continuación, se describe una de las seis categorías declaradas, bien como la tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra (es decir, que tiene la misma utilización a través de la serie temporal) o bien como tierra convertida en una nueva categoría de uso de la tierra (que representa un cambio en el uso de la tierra).
- subcategoría – se refiere a circunstancias especiales (por ejemplo, zonas de pastoreo en Tierras forestales) que se estiman y declaran por separado pero que no duplican la tierra en la categoría amplia de uso de la tierra.
- Las categorías y las subcategorías de uso de la tierra pueden *estratificarse* más en base a las prácticas de uso de la tierra y a las características biofísicas para crear unidades espaciales más homogéneas que puedan ser utilizadas para la estimación de las emisiones (véase el Cuadro 3.1 como ejemplo).

3.2 CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA

Las seis categorías generales de uso de la tierra descritas a continuación forman la base de la estimación y declaración de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero derivadas del uso de la tierra y de las conversiones del uso de la tierra. Los usos de la tierra pueden considerarse como categorías de primer nivel que representan todas las zonas de uso de la tierra, con subcategorías que describen circunstancias especiales significativas para la estimación de las emisiones, y de las que se dispone de datos. Las categorías son lo bastante generales como para clasificar todas las superficies de tierra en la mayoría de los países y para dar lugar a las diferencias en los sistemas nacionales de clasificación de uso de la tierra. Asimismo, pueden ser fácilmente estratificadas (por ejemplo, según el clima o la zona ecológica). Las categorías (y subcategorías) están pensadas para que puedan ser identificadas mediante el uso de **Métodos** para representar los datos del uso de la tierra descritos en las secciones subsiguientes.

Las definiciones de las categorías de uso de la tierra pueden incluir el tipo de cubierta terrestre, el uso de la tierra, o una combinación de ambos. Se debe tener cuidado de no mezclar el uso de la tierra con las características de la cubierta terrestre y viceversa. Por ejemplo, en algunos países, zonas bastante significativas de tierras forestales pueden ser de pastoreo, y puede recolectarse leña de árboles aislados en la categoría de pastizales. Estas zonas pueden ser lo bastante significativas en algunos países como para considerarlas por separado como subcategorías adicionales. Los países deben asegurarse de que la tierra no se contabiliza en más de una categoría o subcategoría, para evitar contabilizar dos veces las mismas superficies de tierra.

Por conveniencia, se hace referencia a las categorías como categorías de uso de la tierra. Se han seleccionado estas categorías en particular, porque son:

- sólidas, como base para la estimación de las emisiones y absorciones;
- aplicables, y
- completas, en el sentido en que todas las superficies de tierra de un país pueden clasificarse en estas categorías sin que se dupliquen.

Los países utilizarán sus propias definiciones de estas categorías, las cuales pueden o no referirse a definiciones internacionalmente aceptadas, tales como las de la FAO, Ramsar¹, etc. Sólo se proporcionan definiciones generales y no preceptivas para las categorías de uso de la tierra y para las tierras gestionadas y no gestionadas. Los países deben describir y aplicar las definiciones de las superficies de tierra nacionales de manera coherente a través del tiempo.

Los países deben describir los métodos y las definiciones utilizados para determinar las superficies de tierras gestionadas y no gestionadas. La tierra gestionada es aquella en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales. Todas las definiciones y clasificaciones de tierras deben especificarse al nivel nacional, describirse de manera transparente y aplicarse de forma coherente a través del tiempo. No es necesario declarar las emisiones / absorciones de gases de efecto invernadero en tierras no gestionadas. No obstante, es una *buena práctica* que los países cuantifiquen, y efectúen un seguimiento a través del tiempo, de la superficie de tierras no gestionadas, de manera que se pueda mantener la coherencia en la contabilidad de la superficie a medida que se producen cambios en el uso de la tierra.

Como resolución del uso de la tierra nacional, el mapeo puede ser menos preciso que las definiciones utilizadas para describir las categorías de uso de la tierra (por ejemplo, si la definición de bosque que aplica un país incluye una superficie mínima de, digamos, una hectárea y el tamaño mínimo de la unidad de mapeo del uso de la tierra es de cinco hectáreas), es posible que existan pequeñas superficies (sin identificar) de una categoría de uso de la tierra declaradas dentro de otra categoría. Estas pequeñas superficies pueden ser declaradas dentro del uso de la tierra mapeado cuando permanecen en la misma categoría. Si se convierten a otra categoría de uso de la tierra (por ejemplo, una pequeña superficie de tierras forestales que cambia de uso, se identifica dentro de la superficie mapeada anteriormente como tierras de cultivo) y esto se identifica (por ejemplo, para una aplicación con permiso para desarrollar una actividad) entonces, estas tierras deben declararse dentro de la conversión del uso de la tierra apropiado (por ejemplo, Tierras forestales que se convierte en tierra para otro uso específico) y restadas de la zona (que queda) del uso de la tierra original (previamente mal clasificado).

Las categorías del uso de la tierra para la declaración del inventario de gases de efecto invernadero son:

(i) Tierras forestales

¹ Se refiere a la Convención de Ramsar sobre Humedales. Dicha convención, firmada en Ramsar, Irán, en 1971, es un tratado intergubernamental que proporciona el marco para la cooperación entre la acción nacional e internacional, para el conservación y el uso correcto de los humedales y sus recursos.

Esta categoría incluye toda la tierra con vegetación boscosa coherente con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de gases de efecto invernadero. También incluye los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente se encuentra por debajo, pero que potencialmente podría alcanzar *in situ* los valores umbrales utilizados por un país para definir la categoría de tierras forestales.

(ii) Tierras de cultivo

Esta categoría incluye la tierra cultivada, incluidos los arrozales y los sistemas de agro-silvicultura donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales utilizados para la categoría de tierras forestales.

(iii) Pastizales

Esta categoría incluye las tierras de pastoreo y los pastizales que no se consideran tierras de cultivo. Incluye también los sistemas con vegetación boscosa y otra vegetación no herbórea, como las hierbas y la maleza que están por debajo de los valores umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. La categoría también incluye todos los pastizales, desde las tierras sin cultivar hasta las zonas de recreo, así como los sistemas silvo-pastoriles, coherentes con las definiciones nacionales.

(iv) Humedales

Esta categoría incluye las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de éste (por ejemplo, las turberas) y que no está dentro de las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizal o asentamientos. Incluye los reservorios como subdivisión gestionada y los ríos naturales y los lagos como subdivisiones no gestionadas.

(v) Asentamientos

Esta categoría incluye toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que ya estén incluidos en otras categorías. Esto debe ser coherente con las definiciones nacionales.

(vi) Otras tierras

Esta categoría incluye el suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías. Permite que el total de las superficies de tierra identificadas coincida con la superficie nacional de la que se tienen datos. Si hay datos disponibles, se aconseja que los países clasifiquen las tierras no gestionadas dentro de las categorías de uso de la tierra descritas anteriormente (por ejemplo, dentro de las Tierras forestales no gestionadas, los pastizales no gestionados, y los humedales no gestionados). Esto mejora tanto la transparencia como la capacidad para realizar el seguimiento de las conversiones del uso la tierra de determinados tipos específicos de tierras no gestionadas en otros tipos que se encuentren dentro de las categorías anteriores.

CONVERSIONES DEL USO DE LA TIERRA

La aplicación total de la orientación requiere estimar las conversiones del uso de la tierra que se producen entre los intervalos de recopilación de datos, particularmente cuando las diferentes estimaciones de las existencias de carbono y los diferentes factores de emisiones y absorciones están asociados con las tierras antes y después de la transición. A continuación, se indican los usos de la tierra y las conversiones del uso de la tierra aplicables:

FF = Tierras forestales que permanecen como tales (FF, del inglés <i>Forest Land remaining Forest Land</i>)	LF = Tierras convertidas en tierras forestales (LF, del inglés <i>Land converted to Forest Land</i>)
GG = Pastizales que permanecen como tales (GG, del inglés <i>Grassland remaining Grassland</i>)	LG = Tierras convertidas en pastizales (LG, del inglés <i>Land converted to Grassland</i>)
CC = Tierras de cultivo que permanecen como tales (CC, del inglés <i>Cropland remaining Cropland</i>)	LC = Tierras convertidas en Tierras de cultivo (LC, del inglés <i>Land converted to Cropland</i>)
WW = Humedales que permanecen como tales (WW, del inglés <i>Wetlands remaining Wetlands</i>)	LW = Tierras convertidas en humedales (LW, del inglés <i>Land converted to Wetlands</i>)
SS = Asentamientos que permanecen como tales (SS, del inglés <i>Settlements remaining Settlements</i>)	LS = Tierras convertidas en asentamientos (LS, del inglés <i>Land converted to Settlements</i>)
OO = Otras tierras que permanecen como tales (OO, del inglés <i>Other Land remaining Other Land</i>)	LO = Tierras convertidas en otras tierras (LO, del inglés <i>Land converted to Other Land</i>)

Los países pueden especificar la conversión del uso de la tierra, siempre que existan datos detallados sobre el origen de la tierra convertida a una categoría (los cuales dependen del método que tenga el país para representar las zonas de uso de la tierra). Por ejemplo, LC puede subdividirse en tierras forestales convertidas a tierras de cultivo (FC) y pastizal convertido a tierras de cultivo (GC). Aunque las dos superficies de tierra se incluyen en la categoría de Tierras de cultivo, deben representarse y declararse debido a su origen siempre que sea posible las

diferencias en las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero. Cuando se aplican estas conversiones de categorías de uso de la tierra, los países deben clasificar la tierra dentro de una sola categoría para evitar el cómputo doble. La categoría de declaración es, por tanto, la categoría de uso final, no la categoría original anterior a la conversión del uso de la tierra.

Si un sistema nacional de clasificación del uso de la tierra no coincide con las categorías (i) a (vi) descritas anteriormente, las clasificaciones del uso de la tierra deben combinarse o desagregarse, para representar las categorías que aquí se presentan. Los países deben declarar el procedimiento adoptado para la reasignación. Deben especificarse las definiciones nacionales de todas las categorías utilizadas en el inventario y en cualquier valor o parámetro umbral utilizado en las definiciones. Cuando se cambien o se desarrollen por primera vez los sistemas nacionales de clasificación de tierras, debe buscarse la compatibilidad con las clases de uso de la tierra (i) a (vi) anteriores.

Las categorías generales de uso de la tierra listadas anteriormente pueden estratificarse más (como se describe en la sección 3.3.2) según el clima o la zona ecológica, el suelo, el tipo de vegetación, etc., según sea necesario, para ajustar las superficies de tierra a los métodos para evaluar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero descritos en el Capítulo 2 y en los Capítulos 4 al 9 de este Volumen. Los modelos por defecto de clasificación del suelo y el clima se proporcionan en el Anexo 3A.5. Los ejemplos de estratificaciones utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de Nivel 1 se resumen en el Cuadro 3.1. Los sistemas de estratificación específicos varían según el uso de la tierra y los depósitos de carbono, y se utilizan en los métodos de estimación más adelante en este Volumen. La orientación sobre la estratificación de las zonas de uso de la tierra para que se ajusten a los datos necesarios para estimar las emisiones y absorciones se proporciona en la Sección 3.3.2. de este capítulo.

CUADRO 3.1 ESTRATIFICACIONES DE EJEMPLO CON DATOS COMPLEMENTARIOS PARA LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE NIVEL 1	
Factor	Estrato
CLIMA (véase el Anexo 3A.5)	Boreal Templado frío seco Templado frío lluvioso Templado cálido seco Templado cálido húmedo Tropical seco Tropical húmedo Tropical lluvioso
SUELO (véase el Anexo 3A.5)	Arcilla de alta actividad Arcilla de baja actividad Arenoso Espódico Volcánico Humedal Orgánico
BIOMASA (ZONA ECOLÓGICA) (véase la Figura 4.1, en el Capítulo 4 Tierras forestales)	Selva tropical Bosque deciduo húmedo tropical Bosque seco tropical Superficie tropical cubierta de arbustos Desierto tropical Sistemas montañosos tropicales Bosque húmedo subtropical Bosque seco subtropical Estepa subtropical Desierto subtropical Sistemas montañosos subtropicales Bosque oceánico templado Bosque continental templado Estepa templada Desierto templado Sistemas montañosos templados Bosque de coníferas boreal Tundra arbolada boreal Sistemas montañosos boreales Polar
PRÁCTICAS DE GESTIÓN (puede aplicarse más de una en la misma superficie de tierra)	Labores de cultivo intensivas/reducidas/sin labores de cultivo Cultivado a largo plazo Cultivo de árboles perennes Encalado Sistemas de cultivo de alta/baja/media entrada Pastizales mejorados Pastizales sin tratar

3.3 REPRESENTACIÓN DE LAS SUPERFICIES DE USO DE LA TIERRA

Esta sección describe tres Métodos que pueden utilizarse para representar superficies de uso de la tierra utilizando las categorías definidas en la sección anterior. Se representan a continuación, según el contenido de información creciente. El método 1 identifica el cambio total de superficie por cada categoría individual de uso de la tierra dentro de un país, pero no proporciona información sobre la naturaleza y la superficie de las conversiones entre los usos de la tierra. El Método 2 presenta el seguimiento de las conversiones entre las categorías de uso de la tierra (pero no es explícito en el espacio). El método 3 amplía la información disponible en el método 2 lo que permite que las conversiones del uso de la tierra sean seguidas sobre una base explícita en el espacio.

Los métodos no se presentan siguiendo un nivel jerárquico y no implican ningún incremento ni descenso en la exactitud, sino que reflejan diferentes métodos de recopilación y atributos y, por lo tanto, todos ellos son caminos adecuados para utilizar los datos. La exactitud depende mucho más de la calidad en la aplicación del Método que del Método en sí mismo. Los Métodos no son mutuamente excluyentes, y la mezcla de los métodos seleccionados por un país debe reflejar la estimación de las emisiones y sus circunstancias. Un método puede aplicarse de manera uniforme a todas las superficies y categorías de uso de la tierra de un país, o también pueden aplicarse métodos distintos a regiones o categorías diferentes o en distintos intervalos de tiempo. En todos los casos, los países deben caracterizar y contabilizar todas las superficies de tierra pertinentes de manera tan coherente y transparente como sea posible.

Los datos deben reflejar las tendencias históricas de la zona de uso de la tierra, según se necesite para los métodos de inventario descritos en los Capítulos 2 y 4 a 9 de este Volumen. El punto de partida de los datos históricos necesarios se basa en la cantidad de tiempo necesario para que la materia orgánica muerta y las existencias de carbono del suelo alcancen el equilibrio después de una conversión del uso de la tierra (por defecto, se recomienda que transcurran 20 años, pero pueden ser más; por ejemplo, para sistemas templados y boreales). Una vez transcurrido el periodo para alcanzar el equilibrio, es preciso que la tierra que se añadió a una categoría de conversión del uso de la tierra sea transferida a una de «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra». Los datos de la serie temporal de la conversión del uso de la tierra son, por tanto, utilizados también para determinar la transferencia anual de superficie de la categoría «tierra convertida a categoría» y la de «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra».

SERIE TEMPORAL

El inventario requiere que los datos de una zona de uso de la tierra sean de, al menos, dos momentos distintos pertinentes para el año del inventario. Para el Método 1 (identificación sólo del cambio neto de la superficie nacional de cada categoría de uso de la tierra, pero no entre ellas), el uso histórico de la tierra puede que no se conozca aún. En tales circunstancias, los países deben, bien deducir el uso anterior de la tierra (véase la Sección 3.3.2.2 más adelante) o bien suponer que la tierra ha permanecido en la categoría de uso todo el tiempo anterior a la conversión del uso de la tierra. Esta hipótesis puede subestimar las absorciones donde predominen las conversiones a usos de la tierra con mayores contenidos de carbono, o subestimar las emisiones en el caso contrario.

Es importante que haya una serie temporal coherente en la preparación de la categoría de uso de la tierra y en los datos de conversión, de forma que los efectos del cambio de método no se incluyan como conversión real del uso de la tierra. Debe tenerse cuidado asimismo de asegurar que las superficies de tierra gestionadas y no gestionadas estén definidas y que se han estimado de forma coherente. En la sección siguiente se describe cómo deben tratarse los cambios en las superficies de tierra gestionadas (y, como consecuencia de esto, los cambios en las existencias de carbono) cuando se utilizan métodos de cambio de existencias para la estimación de las emisiones.

USO COHERENTE DE LA SUPERFICIE DE TIERRA EN LAS ESTIMACIONES DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO

A lo largo de la serie temporal de un inventario nacional, es posible que la superficie total de tierras gestionadas aumente a medida que las tierras no gestionadas se conviertan en tierras gestionadas. En este caso, cuando la superficie de tierra se utilice para estimar las existencias de carbono (utilizando un método de diferencia de existencias para la estimación de emisiones), es posible que la incorporación de tierra adicional al inventario (al cambiar del estado no gestionado al gestionado) se traduzca, incorrectamente, en un aumento de las existencias de carbono. Podría interpretarse erróneamente como una absorción de la atmósfera, cuando en realidad es sólo un aumento debido a la ampliación de la zona de uso de la tierra sobre la serie temporal del inventario. Para separar los incrementos en las existencias de carbono, debido a los cambios de la zona, de aquellos otros cambios reales, deben recalcularse las estimaciones de las existencias de carbono para la toda la superficie de la serie temporal del inventario, cada vez que la superficie total de tierra gestionada cambie en un inventario anual.

La superficie máxima de tierra (y las existencias de carbono asociadas) en cualquier punto y a lo largo de la serie temporal del inventario, debe utilizarse como base para la estimación de las emisiones y absorciones. Puede suponerse que permanecen constantes las emisiones de carbono de las tierras no gestionadas (siendo por tanto nulos los cambios en las existencias de carbono) hasta el año en el que la tierra sea clasificada como de uso gestionado. El nuevo cálculo cambia, por tanto, la estimación inicial de las existencias de carbono del año en el que la tierra fue introducida en el inventario, pero no afectará la estimación del cambio de las existencias de carbono de la serie temporal del inventario hasta que la tierra pertinente llegue a estar gestionada.

DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS

Para muchos países, aplicar estas directrices de inventario puede requerir una nueva recopilación de datos. El Anexo 3A.3 proporciona una orientación general sobre las técnicas de muestreo y el Anexo 3A.4 sobre los conjuntos de datos explícitos en el espacio (Método 3). Si los datos necesarios para aplicar estas directrices sobre los usos de la tierra no están disponibles a nivel nacional, los datos de las categorías de la tierra pueden obtenerse de los conjuntos de datos globales (se proporcionan ejemplos en el Anexo 3A.1, pero generalmente sólo declaran en base a la cubierta terrestre y al uso de la tierra). Es preferible que los datos utilizados sean capaces de proporcionar información de entrada para los cálculos de incertidumbres.

Cuando se utilizan los datos de uso de la tierra, los compiladores del inventario deben:

- Armonizar las definiciones entre las bases de datos independientes existentes y también con las categorías de uso de la tierra, para minimizar los vacíos y la superposición parcial. Por ejemplo, puede haber superposición parcial si se incluyera el arbolado de las granjas en el conjunto de datos de la agricultura y silvicultura. Para armonizar los datos, el arbolado debe contabilizarse sólo una vez en el inventario de gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta la definición de bosque adoptada a nivel nacional. A fin de armonizar, los organismos encargados de realizar los sondeos deben tener a su disposición la información sobre la posible superposición parcial. La armonización de las definiciones no implica que los organismos deban abandonar sus propias definiciones de uso común, pero deben establecer la relación existente entre unas y otras, con objeto de eliminar el cómputo doble y las omisiones. Debe llevarse a cabo para todo el conjunto de datos, para mantener la coherencia de la serie temporal.
- Garantizar que las categorías de uso de la tierra empleadas identifiquen todas las actividades pertinentes. Por ejemplo, si un país necesita realizar el seguimiento de una categoría de uso de la tierra gestionada, tal como las tierras forestales, entonces el sistema de clasificación debe distinguir entre tierras forestales gestionadas y no gestionadas.
- Asegurarse de que los métodos de adquisición de datos sean fiables, estén metodológicamente bien documentados, sean oportunos, de la escala adecuada y provengan de fuentes fiables.
- Garantizar la aplicación coherente de las definiciones de las categorías entre los diferentes periodos. Por ejemplo, los países deben comprobar si ha cambiado la definición de bosque a través del tiempo, en lo que se refiere a la cubierta forestal de árboles u otros parámetros. Si se detectan cambios, utilizar los datos corregidos para volver a hacer los cálculos de manera coherente a lo largo de la serie temporal, y declare las acciones llevadas a cabo. El Capítulo 5 del Volumen 1 contiene orientaciones para volver a hacer los cálculos.
- Preparar las estimaciones de incertidumbre para aquellas superficies de uso de la tierra y conversiones de la superficie que serán utilizadas en la estimación de los cambios en las existencias de carbono y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero.
- Asegurar que la superficie de tierra nacional sea coherente a lo largo de la serie temporal del inventario; si no es así, al aplicar un método de estimación de emisiones basado en el cambio de existencias de carbono, los cambios en las existencias reflejarán aumentos o descensos falsos debido al cambio en la superficie de tierra total contabilizada.
- Evaluar si la suma de las superficies de las bases de datos de clasificación de la tierra es coherente con la superficie total nacional, dado el nivel de incertidumbre de los datos. Si la cobertura es total, la suma neta de los cambios en la superficie de tierra entre dos periodos debe ser cero dentro de la incertidumbre asociada. En los casos en los que la cobertura no es total, la diferencia entre la superficie cubierta y la superficie nacional debe ser, en general, estable o variar lentamente con el tiempo, de nuevo, dentro de las incertidumbres esperadas de los datos. Si el balance de términos varía rápidamente, o (en el caso de cobertura total) las sumas no son iguales, los compiladores del inventario deben investigarlo, explicarlo y realizar las correcciones necesarias. Estas comprobaciones de la superficie total deben tener en cuenta las incertidumbres de los sondeos o los censos anuales o periódicos asociados. La información sobre las incertidumbres deben obtenerse de las organizaciones encargadas de realizar los sondeos. Las diferencias entre la suma de las superficies contabilizadas según los datos disponibles y la superficie nacional debe estar dentro de la incertidumbre esperada en la estimación de la superficie.

Para algunas actividades declaradas, tales como la aplicación de fertilizante de nitrógeno, el encalado y los productos de madera recolectada, pueden estar disponibles sólo los datos acumulados a nivel nacional. Estos datos pueden utilizarse, sin la categorización según el uso de la tierra, cuando se aplican métodos a nivel nacional de estimación de las emisiones y absorciones.

3.3.1 Tres Métodos

MÉTODO 1: SUPERFICIE TOTAL DEL USO DE LA TIERRA, NO EXISTEN DATOS DE LAS CONVERSIONES ENTRE LOS USOS DE LA TIERRA

El Método 1 representa los totales de la superficie de uso de la tierra de una unidad espacial determinada, la cual a menudo se define por fronteras políticas, como un país, provincia o municipio. Otra característica de los datos del Método 1 es que sólo puede realizarse el seguimiento a través del tiempo de los cambios netos en la superficie de uso de la tierra. En consecuencia, no se conoce la ubicación exacta o el patrón de usos de la tierra dentro de la unidad espacial y, además, no pueden determinarse los cambios exactos en las categorías de uso de la tierra. Es probable que los conjuntos de datos hayan sido elaborados con otros fines, tales como las estadísticas agrícolas o de silvicultura. Con frecuencia, se combinan varios conjuntos de datos para cubrir todas las clasificaciones de la tierra a nivel nacional y todas las regiones de un país. En este caso, la ausencia de un sistema de datos unificado puede conducir al cómputo doble o a la omisión, ya que los organismos encargados pueden utilizar definiciones distintas del uso de la tierra concreto en la elaboración de sus bases de datos. A continuación, se sugieren algunas formas de abordar esta cuestión.

Los Cuadros 3.2 y 3.3 muestran un resumen de los datos de la superficie de uso de la tierra para un país hipotético (con una superficie de tierra nacional de 140 millones de hectáreas) que utiliza clasificaciones de tierra pertinentes a nivel local. El Cuadro 3.2 está elaborado al nivel de las categorías generales de uso de la tierra. El Cuadro 3.3 representa la misma información con ejemplo de las estratificaciones para estimar el efecto de varias actividades que utilizan los métodos de estimación de las emisiones descritos en otra sección de este Volumen.

La determinación de la superficie de la conversión del uso de la tierra en cada categoría se basa en la diferencia en la superficie en dos momentos diferentes, con cobertura total o parcial de la superficie de tierra. Es posible que bajo el Método 1 no se especifiquen las conversiones entre categorías (esto es, «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra» y «tierra convertida a una nueva categoría de uso de la tierra»), a menos que estén disponibles datos adicionales (que introducirían una mezcla con el Método 2).

Los datos de la superficie de uso de la tierra pueden provenir originalmente de los datos de un sondeo periódico de muestras, de mapas o censos (tales como los sondeos de los propietarios de la tierra), pero no serán probablemente explícitos en el espacio. La suma de todas las superficies de las categorías de uso de la tierra puede o no ser igual a la superficie total del país o región que se esté considerando, y el resultado neto de las conversiones del uso de la tierra puede o no ser igual a cero, según la coherencia en la recopilación de los datos y la aplicación de los inventarios en cada categoría de uso de la tierra. El resultado final de este Método es un cuadro del uso de la tierra en momentos determinados. Dado que la base de tierra total que se declara cada año para todas las categorías de uso de la tierra debe permanecer constante, debe generarse un cuadro parecido al Cuadro 3.3 como medida de garantía de calidad/control de calidad (GC/CC). Si se encuentran incoherencias, una *buena práctica* es identificar y corregir el(los) problema(s) para futuros inventarios. Esto puede requerir una coordinación más estrecha entre los equipos de inventario para separar las categorías de uso de la tierra (si se analizan por separado) o posiblemente realizar nuevos sondeos u otro tipo de recopilación de datos.

Otras partes de este Volumen requieren que la información de la superficie de tierra de cada categoría de uso de la tierra que aparece en el Cuadro 3.3 se desglose en las categorías de «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra» y de «tierra convertida a una nueva categoría de uso de la tierra». Ello depende de los requisitos metodológicos de otros capítulos de este Volumen. Si los datos de uso de la tierra no son suficientes para aplicar el Método 2 (véase más adelante), en el que es posible cuantificar las superficies totales (brutas) de conversión de la tierra, puede las emisiones y absorciones de la «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra» (según se especifica en el Cuadro 3.2). Esto se debe a que quizá sólo se dispone de datos que permitan identificar el cambio neto de la superficie de cada categoría de uso de la tierra, y no el efecto total de todas las conversiones del uso de la tierra. Sin embargo, en general, los métodos para la estimación de las emisiones relacionadas con el suelo y la biomasa requieren que los datos de la superficie de la tierra estén divididos en categorías de «tierras que permanecen» y en categorías de «tierras convertidas a»; de modo que es conveniente -si es posible- realizar esta clasificación, aunque esta se lleve a cabo utilizando un dictamen de expertos.

Obsérvese que declarando sólo la categoría de «tierras que permanecen», las emisiones y absorciones incluirán, pero no reflejarán explícitamente un cambio en la base de la tierra dentro de una categoría de uso de la tierra (superficies diferentes, por ejemplo, por la transición neta de las superficies hacia la categoría de Tierras forestales y desde ella) a través del tiempo. Esto puede sobreestimar o subestimar las emisiones para la categoría

de «tierra que permanece igual» en particular. Un inventario completo, sin embargo, tendería a contrarrestar esto con las emisiones y absorciones de otra categoría del inventario de «tierra que permanece igual».

Es aceptable declarar una emisión de no CO₂ por categoría de fuente sin atribuirla a los usos de la tierra, siempre que las emisiones se estimen basándose en estadísticas nacionales, sin referencia a usos individuales de la tierra (por ejemplo, las emisiones de N₂O del suelo). Con frecuencia, los métodos descritos en este Volumen estiman las emisiones de esta manera por medio de estadísticas nacionales.

CUADRO 3.2		
EJEMPLO DEL MÉTODO 1: DATOS DISPONIBLES DEL USO DE LA TIERRA CON COBERTURA NACIONAL TOTAL		
Momento 1	Momento 2	Conversión del uso de la tierra neto entre el Momento 1 y el Momento 2
F = 18	F = 19	Tierras forestales = +1
G = 84	G = 82	Pastizales = -2
C = 31	C = 29	Tierras de cultivo = -2
W = 0	W = 0	Humedales = 0
S = 5	S = 8	Asentamientos = +3
O = 2	O = 2	Otras tierras = 0
Suma = 140	Suma = 140	Suma = 0

Nota: F = Tierras forestales, G = Pastizales, C = Tierras de cultivo, W = Humedales, S = Asentamientos, O = Otras tierras. Los números están expresados en unidades de superficie (Mhá en este ejemplo).

CUADRO 3.3
EJEMPLO ILUSTRATIVO DE LA ESTRATIFICACIÓN DE LOS DATOS PARA EL MÉTODO 1

Categoría de uso de la tierra/ estratos	Superficie de tierra inicial (millones de ha)	Superficie de tierra final (millones de ha)	Cambio neto en la superficie (millones de ha)	Estado
Tierras forestales totales	18	19	1	
Tierras forestales (no gestionadas)	5	5	0	No incluidas en las estimaciones del inventario
Tierras forestales (bosque continental templado convertido a otra categoría de uso de la tierra)	7	8	1	Las estimaciones deben elaborarse sobre 8 millones de ha
Tierras forestales (bosque de coníferas boreal)	6	6	0	No hay conversión del uso de la tierra Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Pastizales totales	84	82	-2	
Pastizales (sin tratar)	65	63	-2	La disminución de la superficie indica conversión del uso de la tierra. Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Pastizales (tratados)	19	19	0	No hay conversión del uso de la tierra Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Tierras de cultivo totales	31	29	-2	La disminución de la superficie indica conversión del uso de la tierra. Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Humedales totales	0	0	0	
Asentamientos totales	5	8	3	
Total de Otras tierras	2	2	0	No gestionadas – no se estiman en el inventario
TOTAL	140	140	0	Nota: Las superficies deben coincidir
Nota: «Inicial» es la categoría en el momento anterior a la fecha en la que se ha realizado la evaluación, y «Final» es la categoría en la fecha de la evaluación. Las actividades para las cuales no existen datos disponibles de ubicación, deben identificarse mediante subcategorización posterior de la categoría de la tierra apropiada.				

MÉTODO 2: SUPERFICIE DE LA TIERRA TOTAL INCLUYENDO LOS CAMBIOS ENTRE CATEGORÍAS

La característica esencial del Método 2 es que proporciona la evaluación de las pérdidas netas o ganancias en la superficie de las categorías específicas de uso de la tierra, y los que representan estas conversiones (esto es, tanto desde una categoría como hacia una categoría). De modo que, el Método 2 se diferencia del Método 1 en que incluye información sobre las conversiones entre las categorías, aunque sólo realiza un seguimiento de estos cambios sin proporcionar datos explícitos de ubicación en el espacio, basados a menudo en fronteras políticas (es decir, no se conocen las ubicaciones del uso específico de la tierra ni de las conversiones del uso de la tierra). El seguimiento de esta forma de las conversiones del uso de la tierra requiere normalmente estimar las categorías iniciales y finales del uso de la tierra para todos los tipos de conversión, así como la superficie total de tierra que no ha cambiado en cada categoría. El resultado final de este Método puede representarse como una matriz de conversión no explícita en el espacio del uso de la tierra. La matriz tiene un formato compacto para representar las superficies que provienen de distintas conversiones de entre todas las categorías posibles de uso de la tierra. Puede que las bases de datos existentes contengan detalles suficientes para aplicar este método, o puede que sea necesario obtener datos a través de otros métodos o del muestreo. Los datos de entrada pueden o no haber sido explícitos en el espacio originalmente (es decir, haber sido mapeados o de otro modo referenciados geográficamente).

En el Método 2, pueden elegirse los factores de emisión y absorción para reflejar las diferencias en la tasa de cambios del carbono según las conversiones entre dos categorías cualesquiera, y pueden también tenerse en cuenta las diferencias en las existencias de carbono iniciales asociadas con los diferentes usos de la tierra. Por ejemplo, la tasa de pérdida de carbono orgánico del suelo será normalmente mucho más alta en las tierras de cultivo que en los pastizales.

El Método 2 se ilustra en el Cuadro 3.4 utilizando los datos del ejemplo del Método 1 (Cuadro 3.3) y añadiendo la información de todas las conversiones que se producen. Tales datos pueden escribirse en una matriz con una forma más compacta que se representa en el Cuadro 3.5. Para ilustrar el valor añadido del Método 2 y el formato de matriz de conversión del uso de la tierra, se muestran en el Cuadro 3.6 los datos del Cuadro 3.5, sin la estratificación de las categorías de uso de la tierra. Puede compararse esto con la información limitada del Método 1 que aparece en el Cuadro 3.2. En el Cuadro 3.6 puede realizarse el seguimiento de las conversiones hacia las categorías de la tierra y desde éstas, mientras que en el Cuadro 3.2 sólo se detectan los cambios netos de una categoría general de uso de la tierra.

En los Cuadros 3.5 y 3.6, la superficie que aparece en las celdas diagonales representa la superficie de cada categoría de uso de la tierra que no se veía afectada por la conversión del uso de la tierra en este año de inventario. Para elaborar posteriormente las estimaciones de las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero descritas en este Volumen, debe subdividirse a su vez esta superficie en la superficie que permaneció en la misma categoría de uso de la tierra, y en la superficie que se ha visto afectada por la conversión del uso de la tierra (es decir, la tierra convertida a una categoría de uso distinta) en los Y años anteriores (donde Y es el periodo de tiempo durante el cual se espera que los depósitos C hayan alcanzado el equilibrio (el periodo por defecto del IPCC es de 20 años, basado en el periodo típico para que los depósitos C del suelo alcancen el equilibrio después de la conversión del uso de la tierra).

Por lo tanto, bajo la hipótesis por defecto para cada año de inventario, la superficie convertida a una categoría de uso de la tierra debe añadirse a la categoría de «tierra convertida a», y eliminarse de la tierra que permanece en la categoría de uso de la tierra. La superficie de tierra que pasó a la categoría de «tierra convertida a» hace 21 años (si empleamos es periodo por defecto de 20 años) debe eliminarse y añadirse a la categoría de «tierra que permanece como tal». Por ejemplo, en el Cuadro 3.5, si los datos indican que cuatro de los 56 Mhá de la categoría Pastizales han sido convertidas de las Tierras forestales hace 21 años, entonces en este inventario anual deben trasladarse cuatro a.m. de la categoría *Tierras convertidas en pastizales* a la categoría *Pastizales que permanecen como tales*.

MÉTODO 3: DATOS DE CONVERSIÓN DEL USO DE LA TIERRA EXPLÍCITOS EN EL ESPACIO

El Método 3 se caracteriza por las observaciones explícitas en el espacio de las categorías de uso de la tierra y de las conversiones del uso de la tierra, a menudo realizando el seguimiento de patrones en ubicaciones en un punto específico y/o empleando mapas cuadrículados, como los que se obtienen de las imágenes por detección remota. Los datos pueden obtenerse mediante muestreos varios, técnicas de mapeo detallado o una combinación de los dos métodos. En el Anexo 3A.4 se proporciona una visión general de los posibles métodos para desarrollar conjuntos de datos para el Método 3.

Los datos del Método 3 pueden resumirse en cuadros similares a los Cuadros 3.5 y 3.6. La ventaja principal de los datos explícitos en el espacio es que pueden utilizarse las herramientas de análisis como los Sistemas Geográficos de Información para enlazar numerosos conjuntos de datos explícitos en el espacio (como los utilizados para la estratificación), y describir en detalle las condiciones de un terreno en particular antes y después de una conversión del uso de la tierra. Esta capacidad analítica puede mejorar las estimaciones de las emisiones al alinear mejor las categorías de uso de la tierra (y las conversiones) con los estratos mapeados para la clasificación de las existencias de carbono y los factores de emisión por tipo de suelo y tipo de vegetación. Esto puede ser particularmente aplicable a la metodología de estimación de las emisiones de Nivel 3. Deben considerarse, sin embargo, aspectos como la compatibilidad y que las resoluciones espaciales sean comparables con los problemas de lograr resoluciones espaciales compatibles y comparables.

3.3.2 Utilización de los datos

La Figura 3.1 es un árbol de decisiones para ayudar en la descripción y/o en la obtención de los datos de las superficies de uso de la tierra. Los tres Métodos pueden, si se implementan adecuada y coherentemente, emplearse para elaborar estimaciones sólidas de las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el Método 1 quizá no detecte cambios en la biomasa, como los debidos al verdadero alcance de la deforestación y reforestación de superficies de tierra diferentes, sino sólo los debidos a la conversión neta de la superficie de la tierra desde el uso forestal al uso no forestal. En general, sólo el Método 3 permite la representación espacial necesaria como entrada para los modelos de carbono basados en la ubicación espacial.

Métodos diferentes pueden ser más efectivos en periodos de tiempo diferentes, o pueden ser necesarios para la generación de diferentes informes. Deben aplicarse métodos para hacer coincidir la serie temporal entre los diferentes periodos o usos.

CUADRO 3.4			
EJEMPLO ILUSTRATIVO DE TABULACIÓN DE TODAS LAS CONVERSIONES DEL USO DE LA TIERRA PARA EL MÉTODO 2, INCLUYENDO LOS ESTRATOS DEFINIDOS A NIVEL NACIONAL			
Uso inicial de la tierra	Uso final de la tierra	Superficie de tierra, Mhá	Inclusiones / Exclusiones
Tierras forestales (no gestionadas)	Tierras forestales (no gestionadas)	5	Excluidas del inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	4	Incluidas en el inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Pastizales (sin tratar)	2	Incluidas en el inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Asentamientos	1	Incluidas en el inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)	Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)	6	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Pastizales (sin tratar)	61	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Pastizales (tratados)	2	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	1	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Asentamientos	1	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (tratados)	Pastizales (tratados)	17	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (tratados)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	2	Incluidas en el inventario GEI
Tierras de cultivo	Tierras de cultivo	29	Incluidas en el inventario GEI
Tierras de cultivo	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	1	Incluidas en el inventario GEI
Tierras de cultivo	Asentamientos	1	Incluidas en el inventario GEI
Humedales	Humedales	0	Incluidas en el inventario GEI
Asentamientos	Asentamientos	5	Incluidas en el inventario GEI
Otras tierras	Otras tierras	2	Excluidas del inventario GEI
TOTAL		140	
Nota: Los datos son la versión estratificada de los del Cuadro 3.3. Las subcategorías son definidas a nivel nacional y sólo se incluyen a efectos ilustrativos. "Inicial" es la categoría en el momento anterior a la fecha en la que se ha realizado la evaluación, y "Final" es la categoría en la fecha de la evaluación.			

CUADRO 3.5
EJEMPLO ILUSTRATIVO DE LOS DATOS DEL MÉTODO 2 EN UNA MATRIZ DE CONVERSIÓN DE USO DE LA TIERRA CON
ESTRATIFICACIÓN DE CATEGORÍAS

Final \ Inicial	Tierras forestales (no gestionadas)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)	Pastizales (sin tratar)	Pastizales (tratados)	Tierras de cultivo	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	Superficie final
Tierras forestales (no gestionadas)	5									5
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)		4		1	2	1				8
Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)			6							6
Pastizales (sin tratar)		2		61						63
Pastizales (tratados)				2	17					19
Tierras de cultivo						29				29
Humedales							0			0
Asentamientos		1		1		1		5		8
Otras tierras									2	2
Superficie inicial	5	7	6	65	19	31	0	5	2	140
Cambio neto	0	1	0	-2	0	-2	0	+3	0	0

Nota: Los totales de las filas y las columnas muestran la conversión neta del uso de la tierra según se presenta en el Cuadro 3.3.) «Inicial» es la categoría en el momento anterior a la fecha en que se ha realizado la evaluación, y «Final» es la categoría en la fecha de la evaluación. Los cambios netos (fila inferior) son la superficie final menos la superficie inicial para cada una de las categorías (de conversión) mostradas en el encabezado de la columna correspondiente. Una entrada en blanco indica que no hay conversión del uso de la tierra para esta transición.

CUADRO 3.6							
MATRIZ SIMPLIFICADA DE CONVERSIÓN DEL USO DE LA TIERRA PARA EL EJEMPLO DEL MÉTODO 2							
Matriz de conversión del uso neto de la tierra							
Final \ Inicial	F	G	C	W	S	O	Suma final
F	15	3	1				19
G	2	80					82
C			29				29
W				0			0
S	1	1	1		5		8
O						2	2
Suma inicial	18	84	31	0	5	2	140

Nota:
 F = Tierras forestales, G = Pastizales, C = Tierras de cultivo, W = Humedales, S = Asentamientos, O = Otras tierras.
 Los números representan las unidades de superficie (Mh  en este ejemplo).

3.3.2.1 ESTRATIFICACIÓN DE LOS DATOS DE USO DE LA TIERRA

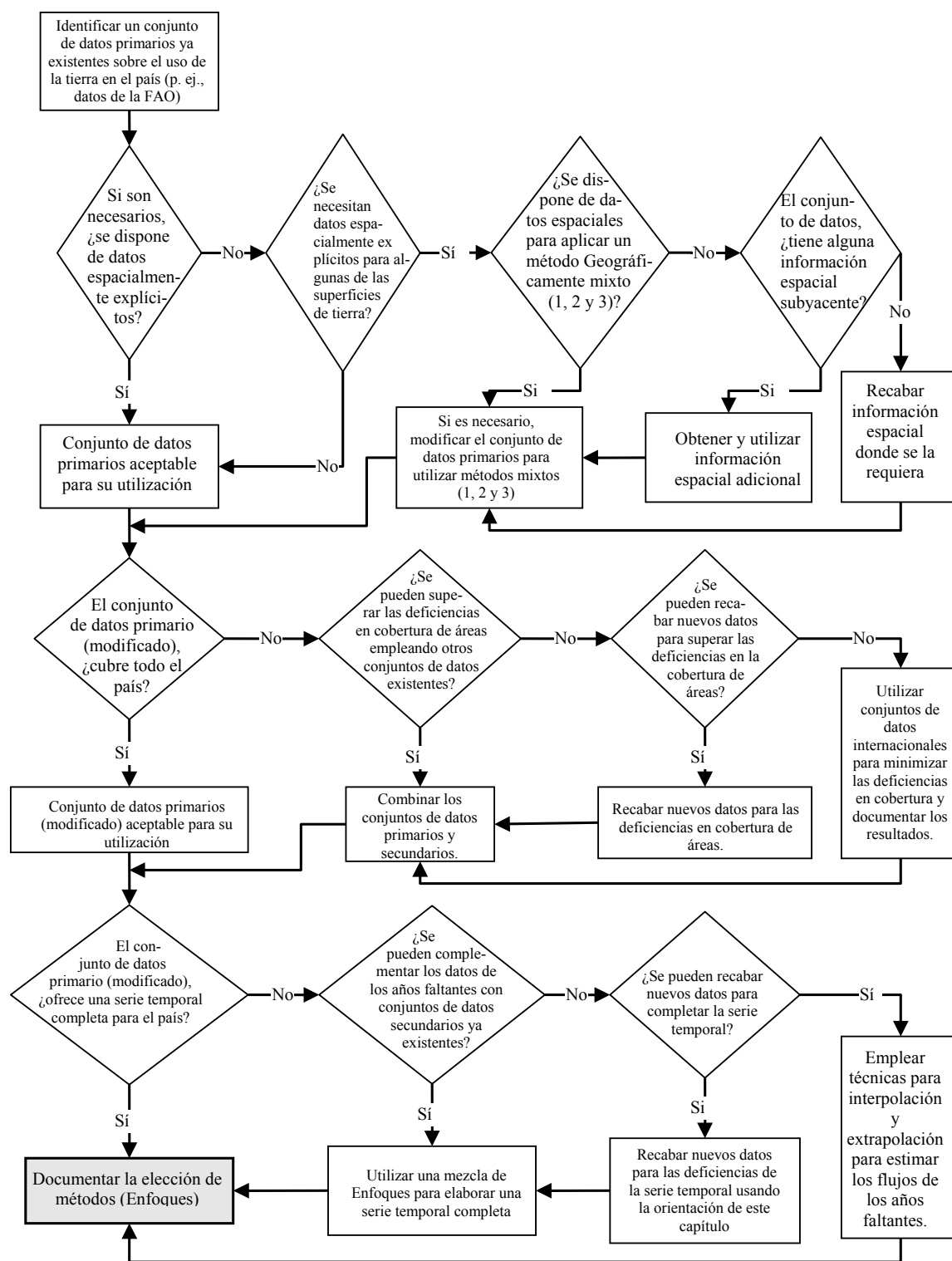
Una vez establecidos el uso de la tierra y la conversión del uso de la tierra, es necesario considerar la capacidad y la necesidad de una estratificación adicional. Puede ser necesaria para localizar datos pertinentes de capítulos posteriores, para factores de emisión, existencias de carbono, etc. El Cuadro 3.1 muestra las estratificaciones típicas para las que hay datos disponibles para la estimación de las emisiones y absorciones de Nivel 1. En los cuadros por defecto utilizadas para llenar las ecuaciones para calcular un inventario de Nivel 1, se han destacado las celdas de los datos específicos que representaban las estratificaciones predefinidas aplicadas a los inventarios de Nivel 1. Es decir, los datos por defecto de Nivel 1 (cuadros) se ajustan a una estratificación coherente, tanto que no hay cálculo posterior ni ambigüedad en la selección adecuada de los datos por defecto para completar las ecuaciones. Si los países elaboran inventarios de Nivel 2 y 3, donde es probable que los modelos de estratificación se diferencien según la información y selección específicas del país, puede ser necesario manipular o completar los datos por defecto.

A no ser que los datos de la superficie de uso de la tierra y de la estratificación sean explícitos en el espacio (Método 3), puede ser necesario el desarrollo de reglas para la asignación a los estratos. Por ejemplo, en el Método 1, para estimar los cambios en las existencias de carbono, se estratifican los datos según el clima y el tipo de suelo. En condiciones óptimas, se puede reducir la cantidad de datos de uso de la tierra para determinar la proporción de los usos de la tierra en cada clima o tipo de suelo, teniendo en cuenta la información auxiliar y el conocimiento de los expertos. Si esta reducción no es posible, todavía puede llevarse a cabo la estimación del inventario, pero las estimaciones de emisiones y absorciones deben reflejar las incertidumbres en la asignación de los factores de cambio de las emisiones/existencias (y los parámetros asociados) que varían según el clima y el suelo.

Es posible que sólo se disponga de datos de gestión empleando el formato del Método 1 (por ejemplo, si se considera el conocimiento de los expertos, los sondeos periódicos de diferentes grupos de terratenientes) incluso si hay datos disponibles para aplicar el Método 2 o 3 para las categorías disponibles de uso de la tierra. En este caso, puede reducirse la gestión en proporción a la práctica de gestión (por ejemplo, % no cultivado, cultivo intensivo y cultivo reducido) en cada categoría de uso de la «tierra que permanece igual» y de la «tierra convertida». Esto es una hipótesis limitante si las clases de gestión no están uniformemente distribuidas, puesto que el impacto de la gestión sobre las emisiones o absorciones depende de la categoría de uso de la tierra.

Los métodos de Nivel 2 y 3 pueden también evaluar las interacciones entre las prácticas de gestión que afectan los factores de cambio de las emisiones/existencias. La determinación de las combinaciones adecuadas de gestión es otra cuestión que necesita especial consideración. Habitualmente, los métodos de Nivel 1 no consideran las tendencias temporales de los factores de cambio de las emisiones/existencias (suponen que el cambio es lineal) ni tienen en cuenta las interacciones entre las prácticas de gestión de un uso específico de la tierra; sino que representan el efecto medio. En consecuencia, la asignación de los factores de cambio de existencias/emisiones puede ser más complicada con métodos de nivel superior y requiere una explicación más cuidadosa de los procesos de escalamiento que fueron empleados para delinear las combinaciones adecuadas de clima, suelo, zonas ecológicas y/o sistemas de gestión.

Figura 3.1 **Árbol de decisiones para la preparación de los datos de la superficie de uso de la tierra**



3.3.2.2 PREPARACIÓN DE LOS DATOS DE SUPERFICIE PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES

La preparación de un inventario de gases de efecto invernadero para AFOLU requiere la integración de los datos de la superficie de uso de la tierra con los datos de la gestión de la tierra y la biomasa, la materia orgánica muerta y los depósitos de las existencias de carbono del suelo, para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de CO₂ y de no CO₂ asociadas con el uso de la tierra. Según el tipo de datos disponibles (Método 1, 2 o 3), hay implicaciones para el uso posterior de los datos para la preparación de las estimaciones de las emisiones y absorciones, según el marco general de conversión del uso de la tierra representado en los cuadros de generación de informes.

Los países que tienen acceso sólo a los datos del Método 1 tienen dos opciones para declarar las conversiones de las categorías de uso de la tierra. Las superficies totales de las categorías de «tierra que permanece en un uso de la tierra» pueden incluir alguna porción de tierra que fue convertida a ese uso desde el último inventario. Los países deben, siempre que sea posible, repartir el cambio de las superficies de uso de la tierra a través del tiempo, en las categorías de conversión del uso de la tierra inferidas con el objeto de determinar las estimaciones adecuadas de las existencias de carbono y del factor de emisión. Por ejemplo, un país con 1 Mha de bosque, 1 000 ha de deforestación y 1 000 ha de forestación tiene un cambio neto de cero en la superficie de Tierras forestales (suponiendo que estos cambios se produjeron en tierra gestionada), pero tendrá una reducción en las existencias de C de la biomasa forestal, al menos hasta que vuelva a crecer lo suficiente. Será necesario que las decisiones posteriores contemplen estas supuestas conversiones de la superficie inferidas entre las categorías de uso de la tierra a la gestión de la tierra adecuada, la biomasa y las existencias de C del suelo y los factores de emisión. Luego, los países deben declarar la base para estas decisiones, y de cualquier método de verificación o verificación cruzada de las estimaciones que haya sido aplicado, y de los efectos en la incertidumbre del inventario. Si no se ha llevado a cabo este reparto, los países deben indicarlo, y declarar el efecto en las incertidumbres asociadas en caso de realizarlo.

Para los países que dispongan de datos del Método 2, si se tiene información de las superficies de cada conversión del uso de la tierra pero no es explícita en el espacio, aún es preciso vincular estas estimaciones de superficie con las existencias de carbono iniciales, factores de emisión apropiados, etc. En algunos casos, puede ser necesario asignar los datos de conversión del uso de la tierra al clima y/o al tipo de vegetación, suelo y de estratos de gestión. De nuevo, puede llevarse a cabo mediante alguna forma de muestreo, escalada o dictamen de expertos. Los países deben declarar la base para tomar estas decisiones, y cualquier método aplicado para verificación o verificación cruzada de estimaciones.

Para los países que utilicen los datos del Método 3, es posible distribuir las superficies de conversión del uso de la tierra en el espacio, cruzando los datos con otros conjuntos de datos espaciales, como el clima y/o el tipo de vegetación, el suelo y los estratos de gestión. No obstante, es probable que se necesite la deducción, por ejemplo, basada en los datos de sondeos y en los dictámenes de expertos, para distribuir la conversión del uso de la tierra y los datos biofísicos por prácticas de gestión, dado que los datos de estas prácticas raramente están disponibles en formatos explícitos en el espacio.

3.4 CORRESPONDENCIA DE LAS SUPERFICIES DE TIERRA CON LOS FACTORES PARA ESTIMAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

Esta sección proporciona una breve orientación sobre la correspondencia de los datos de la superficie de uso de la tierra con las existencias de carbono, los factores de emisión y otros datos pertinentes (por ejemplo, las existencias de biomasa forestal, el incremento neto anual medio) para estimar las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero. Un paso inicial en la elaboración de las estimaciones del inventario anual es la recopilación de los datos necesarios de la actividad (es decir, superficies de uso de la tierra) y hacerlas corresponder con las existencias apropiadas de carbono, los factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes.

Este Volumen proporciona los datos por defecto (marcados específicamente) necesarios para hacer las estimaciones de Nivel 1 para todas las categorías AFOLU según el clima indicado y las estratificaciones de la zona ecológica. Además, los países pueden desarrollar la existencia de carbono específica del país, los factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes (métodos de inventario de Niveles 2 y 3). Lo que viene a

continuación resume los principios a seguir cuando se quiere hacer corresponder los datos de la actividad con las existencias de carbono, los factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes:

- hacer corresponder las clasificaciones nacionales de la superficie de uso de la tierra con tantas categorías de uso de la tierra como sea posible;
- si las clasificaciones nacionales de uso de la tierra no se ajustan a las categorías de uso de la tierra de estas directrices, documentar la relación entre los sistemas de clasificación;
- usar las clasificaciones de manera coherente a través del tiempo y, cuando sea necesario, documentar cualquier modificación realizada a los sistemas de clasificación;
- documentar las definiciones de las categorías de la tierra, las estimaciones del uso de la tierra y cómo se corresponden con los factores de emisión y absorción; y,
- hacer corresponder cada categoría o subcategoría de uso de la tierra con las estimaciones de carbono , factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes más apropiados.

A continuación, se indican los pasos recomendados para hacer corresponder las superficies de tierra con los factores de emisión y absorción:

Comenzar con la estratificación de la superficie de uso de la tierra más desagregada, así como con los factores de emisión y absorción más detallados disponibles, necesarios para hacer una estimación. Por ejemplo, las metodologías de Tierras forestales, descritas en el Capítulo 4 de este Volumen, proporcionan un factor por defecto para las existencias de biomasa aérea en las plantaciones forestales que está desagregada en la estratificación más detallada, relativa a otros factores (como al tipo de bosque, la región, el grupo de especies, la clase de edad y el clima). Se utilizan estos estratos como base inicial de estratificación.

Incluir sólo aquellos estratos aplicables en su país y utilizarlos como base para la estratificación.

Haga corresponder las estimaciones del uso de la tierra con la estratificación base al nivel más desagregado posible. Puede que los países necesiten utilizar los dictámenes de los expertos para alinear las mejores estimaciones disponibles de la superficie de uso de la tierra con la estratificación base.

Trazar el mapa de los factores de emisión y absorción sobre la estratificación base haciéndolos corresponder lo máximo posible con las categorías de estratificación. Nótese que muchos de los cambios por defecto de las existencias y de los factores de emisión y otros parámetros de las ecuaciones de Nivel 1 (por defecto) fueron derivados estadísticamente para estratos definidos (por ejemplo, el tipo de clima, de suelo) de modo que los países que deseen utilizar los métodos de Nivel 1 para estas emisiones y absorciones deben estratificar las categorías de uso de la tierra utilizando definiciones como las especificadas para los factores de cambio de Nivel 1 y los parámetros.

Si una clasificación nacional de uso de la tierra encaja con las categorías de uso de la tierra (y subcategorías), facilita la correspondencia de los factores de emisión y absorción que siguen la misma clasificación. Por ejemplo, los factores de carbono del suelo para las tierras forestales, tierras de cultivo y pastizales están desagregados por las mismas regiones climáticas (véase el Anexo 3A.5). Por lo tanto, puede utilizarse la misma clasificación de la superficie de tierra para estimar los cambios de carbono en el suelo en cada categoría de uso de la tierra, lo que permite el seguimiento coherente de las tierras y flujos de carbono de las tierras resultante de las conversiones de categoría de uso de la tierra.

Los países pueden encontrar que las clasificaciones nacionales de la tierra cambian a través del tiempo a medida que cambian las circunstancias del país y que existen datos más detallados de la actividad y factores de emisión/absorción. En algunos casos, la estratificación se elabora con la incorporación de factores de emisión y absorción más detallados. En otros casos, se establecen nuevos sistemas de estratificación cuando los países instrumentan nuevos inventarios de bosques o nuevos sistemas de muestreo por detección remota. Si se producen cambios de la estratificación del sistema, los países deben recalcular la serie temporal completa de las estimaciones empleando una nueva estratificación si es posible.

3.5 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS CON LOS MÉTODOS

Las incertidumbres deben ser cuantificadas y reducidas tanto como sea posible. Es necesario estimar la incertidumbre del uso de la tierra, al ser éste uno de los factores necesarios para el análisis de la incertidumbre total. Aunque la incertidumbre asociada con los Métodos (1 a 3) depende obviamente de lo bien que se lleven a cabo, es posible dar una indicación de lo que en la práctica puede conseguirse. El cuadro 3.7 establece las *fuentes* de incertidumbre (no su importancia) para los diferentes Métodos. Proporciona una guía de las fuentes de

incertidumbre, niveles indicativos de incertidumbre en ciertas condiciones que se pueden encontrar, y una base para reducir las incertidumbres.

La cantidad de posibles fuentes de incertidumbre en las estimaciones de superficie tiende a incrementarse desde el Método 1 al 3, puesto que se incorporan sucesivamente más datos a la evaluación. Sin embargo, esto no implica que se incremente la incertidumbre, dadas las pruebas cruzadas adicionales que son posibles gracias a los datos nuevos y por la reducción general en las incertidumbres debida a la cancelación de errores. La diferencia principal existente entre el Método 1 y el Método 2 y 3 es que los porcentajes de incertidumbres de la conversión entre usos de la tierra son probablemente mayores en el Método 1 (si se conocen). Ello es porque en el Método 1, las conversiones del uso de la tierra se derivan de las diferencias (cambio neto) de las superficies totales. El efecto de la incertidumbre del Método 1 sobre las emisiones y absorciones de las conversiones depende de la cantidad relativa de conversión de tierra en el país, como fracción de la superficie de tierra total. El Método 3 proporciona información detallada explícita en el espacio, que puede ser necesaria, por ejemplo, para algunos métodos de modelización para la estimación de las emisiones.

CUADRO 3.7
RESUMEN DE LAS INCERTIDUMBRES DE LOS MÉTODOS 1 A 3

	Fuentes de incertidumbre	Formas de reducir la incertidumbre	Incertidumbre indicativa siguiendo las
Método 1:	Las fuentes de incertidumbre pueden incluir algunas o todas las siguientes, según la naturaleza de la fuente de los datos: Error en los resultados de los censos Diferencias en la definición entre los organismos Diseño del muestreo Error de muestreo Interpretación de las muestras Sólo se conoce el cambio neto de la superficie Además: Las verificaciones cruzadas de los cambios de la superficie entre las categorías no pueden llevarse a cabo en el Método 1, lo que tiende a incrementar las incertidumbres.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que la relación con la superficie nacional sea coherente • Corregir las diferencias en las definiciones • Consultar a los organismos de estadísticas sobre las incertidumbres a considerar • Comparar con los conjuntos de datos internacionales 	Desde algún punto porcentual hasta el 10 % del total de la superficie de tierra de cada categoría. El mayor porcentaje de incertidumbre es debido a los cambios en la superficie como resultado de los sucesivos sondeos. Los errores sistemáticos pueden ser significativos si los datos utilizados han sido elaborados para otros propósitos.
Método 2:	Igual que en el Método 1, salvo que se conocen los cambios en la superficie, con la posibilidad de realizar verificaciones cruzadas	Igual que para el método anterior, más la verificación de la coherencia entre los cambios entre categorías dentro de la matriz	Desde algún punto porcentual hasta el 10 % del total de la superficie de tierra de cada categoría, y mayor para los cambios de superficie, puesto que éstos se derivan directamente.
Método 3:	Igual que en el Método 2 más las incertidumbres relacionadas con la interpretación de los datos obtenidos por detección remota, y restando cualquier incertidumbre de muestreo	Igual que en el método 2 más el análisis formal de la incertidumbre utilizando los principios expuestos en el Capítulo 3 del Volumen 1	Igual que en el Método 2, salvo que las superficies consideradas pueden identificarse geográficamente. No obstante, en el Método 3, puede estimarse la incertidumbre más exactamente que en el Método 2 porque se mapean los errores y se puede comprobar con datos/verificación de campo.

Anexo 3A.1 ²Ejemplos de conjuntos de datos de la cubierta terrestre internacional

CUADRO 3A.1.1 EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL				
	(A)	(B)	(C)	(D)
Nombre del conjunto de datos	Cubierta terrestre a nivel mundial cada 4 minutos, por la Asociación Asiática para la Detección Remota (AARS, del inglés <i>Asian Association On Remote Sensing</i>)	Programa Internacional de la Geosfera–Biosfera – Datos y Servicios de Información (IGBP – DIS, del inglés <i>International Geosphere-Biosphere Program – Data & Information Services</i>). Conjunto de datos a nivel global cada 1 km de la cubierta terrestre	Conjunto de datos a nivel mundial de la cubierta terrestre	Conjunto de datos a nivel mundial de la cubierta terrestre
Autor	Centro para la Detección Remota Ambiental, Universidad de Chiba	IGBP/DIS	Sondeo Geológico de Estados Unidos (USGS, del inglés, <i>United States Geological Survey</i>), EE.UU.	Servicio de la Cubierta Terrestre a nivel Mundial (GLCF, del inglés <i>Global Land Cover Facility</i>)
Breve descripción de los contenidos	Las clases de cubierta terrestre se identifican a través de los datos mensuales del muestreo por conglomerados del Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (AVHRR, del inglés <i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, del inglés <i>National Oceanic & Atmospheric Administration</i>).	Esta clasificación se deriva de los datos tomados cada 1 km del AVHRR y de los datos auxiliares.	El conjunto de datos se deriva de una estructura de base de datos flexible y de los conceptos de regiones de cubierta terrestre estacional	La métrica que describe la dinámica temporal de la vegetación se aplicó a los datos PAL de 1984, con una resolución de 8 km, para obtener un producto de clasificación de la cubierta terrestre a nivel mundial empleando un clasificador de árbol de decisiones.
Modelo de clasificación	Se aplica el modelo de clasificación original. Compatible con el modelo de clasificación IGBP/DIS.	Está compuesto por 17 clases.	Se utiliza un método de convergencia de pruebas para determinar el tipo de cubierta terrestre de cada clase de cubierta terrestre estacional.	La clasificación se obtuvo ensayando varias métricas que describen la dinámica temporal de la vegetación en un ciclo anual.
Formato de los datos	Trama	Trama	Trama	Trama
Cobertura espacial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial
Año de adquisición de	1990	1992-1993	Abril de 1992 a marzo de 1993	1987

² Estas bases de datos son principalmente sobre la cubierta terrestre y/o el cambio de ésta. Poco se refiere al uso real de la tierra.

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL

	(A)	(B)	(C)	(D)
Resolución espacial o	4min x 4min.	1km x 1km	1km x 1km	8km x 8km
Intervalo de revisión (para los conjuntos de	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable
Descripción de la calidad	Los datos reales de la tierra se comparan con los conjuntos de datos.	Imágenes de alta resolución vía satélite utilizadas para validar estadísticamente el conjunto de datos.	Exactitud del punto de muestra: 59,4% . Exactitud ponderada de la superficie: 66,9% (Scepan, 1999).	No hay descripción
Dirección de contacto y URL de referencia	http://ceres.cr.chiba-u.ac.jp:8080/usr-dir/	http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/	http://edcdaac.usgs.gov/glcc/	http://glcf.umiacs.umd.edu/

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL

	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
Modelo de clasificación	Mapa de 13 clases	Está compuesto por el mapa digital de 13 clases	Utiliza una nomenclatura de 44 clases	8 aspectos de la Agricultura / Extracción y 7 aspectos de la cubierta superficial	Véase: http://www.iscgm.org/
Formato de los datos (vector/trama)	Trama y vector	Trama	Trama	Polígonos vectoriales	Trama y vector

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL

	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
Año de adquisición de los datos	Varios	1987	Depende del país (el lapso de tiempo total va de 1985 a 1995 aproximadamente)	Basado en los ONCs del Organismo Cartográfico de Defensa de los Estados Unidos. Periodo de 1970-80. Véase la capa de fechas de Compilación.	Depende de los países participantes.
Resolución espacial o tamaño de la cuadrícula	Cuadrícula de 30m x 30m	1 x 1 grado	Base de datos con cuadrícula de 250m x 250m que ha sido elaborada a partir de los datos del vector original a escala 1:100 000.	Escala 1:1 000 000	Cuadrículas de 1km x 1km
Intervalo de revisión (para los conjuntos de datos de series temporales)	No aplicable	No aplicable	Proyecto de actualización CLC de 2000 para actualizar los datos de 1990	No aplicable	Intervalos de aproximadamente cinco años
Descripción de la calidad	No hay descripción	No hay descripción	No se dispone de información específica. Véase http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/ ; para consultar la información del país.	La información de la calidad de los datos se encuentra en la base de datos en tres niveles: aspecto, capa y fuente.	Véase: http://www.iscgm.org/
Dirección de contacto y URL de referencia	http://www.mdafederal.com/geocover/project	http://www.geog.umd.edu/landcover/	dataservice@eea.eu.int http://www.terrestrial.eionet.eu.int/	http://www.esri.com/data/	sec@iscgm.org http://www.iscgm.org/

Anexo 3A.2 Desarrollo de las bases de datos de uso de la tierra

Hay tres fuentes generales de datos para elaborar las bases de datos de uso de la tierra necesarias para los inventarios de gases de efecto invernadero:

- bases de datos elaboradas para otros propósitos;
- recopilación por muestreo, e
- inventario completo de la tierra.

Las subsecciones siguientes proporcionan recomendaciones generales sobre el uso de estos tipos de datos. Los elaboradores del inventario de gases de efecto invernadero pueden no dedicarse a la recopilación detallada de los datos obtenidos por detección remota o en los datos del sondeo del suelo, pero pueden utilizar la orientación que aquí se proporciona para ayudar a mejorar el plan de inventario y comunicarse con los expertos en estas áreas.

3A.2.1 USO DE LOS DATOS ELABORADOS PARA OTROS PROPÓSITOS

Pueden emplearse dos tipos de bases de datos disponibles para clasificar la tierra. En muchos países, se dispone de conjuntos de datos nacionales del tipo que se analiza a continuación. En caso contrario, quienes compilan el inventario pueden utilizar los conjuntos de datos internacionales. A continuación, se describen ambos tipos de bases de datos.

BASES DE DATOS NACIONALES

Habitualmente, están basadas en datos existentes y actualizadas en forma anual o periódica. Las fuentes típicas de datos incluyen los inventarios forestales, el censo agrícola y otros sondeos; los censos de la tierra urbana y natural, los datos del registro de la tierra y los mapas.

BASES DE DATOS INTERNACIONALES

Han sido acometidos varios proyectos para desarrollar conjuntos de datos a nivel internacional del uso de la tierra y de la cubierta terrestre a escala desde regional hasta mundial (en el Anexo 3A.1 se enumeran algunos de estos conjuntos de datos). Casi todos se almacenan como datos de trama, generados empleando varios tipos de imágenes de detección remota vía satélite, completados con datos de referencia del suelo obtenidos con sondeos de campo o por comparación con los mapas o las estadísticas existentes. Estos conjuntos de datos se pueden usar para:

- Estimar la distribución espacial de las categorías de uso de la tierra. Los inventarios convencionales suelen proporcionar sólo la suma total de la superficie de uso de la tierra por clases. La distribución espacial puede reconstruirse utilizando datos internacionales del uso de la tierra y de la cubierta terrestre como datos auxiliares si no se dispone de datos nacionales.
- Evaluación de la fiabilidad de los conjuntos de datos del uso de la tierra existente. La comparación entre conjuntos independientes de datos nacionales e internacionales puede indicar discrepancias aparentes. Comprenderlo puede incrementar la confianza en los datos nacionales y/o mejorar la utilización de los datos internacionales, si se necesitan para propósitos como la extrapolación.
- Cuando se usen conjuntos de datos internacionales, los compiladores del inventario deben considerar lo siguiente:
 - (i) El modelo de clasificación (por ejemplo, la definición de las clases de uso de la tierra y sus relaciones) puede diferir de aquél que tiene el sistema nacional. Se necesita establecer la equivalencia entre los sistemas de clasificación utilizados por el país y los sistemas descritos en la Sección 3.2 (categorías de uso de la tierra), contactando con el organismo internacional y comparando sus definiciones con las utilizadas a nivel nacional.
 - (ii) La resolución espacial (típicamente de 1 km nominal, pero algunas veces de un orden más de magnitud en la práctica) puede ser gruesa, de modo que puede ser necesaria la agrupación de los datos para mejorar la comparabilidad.
 - (iii) Puede que la clasificación sea exacta y que se cometan errores en la georreferencia, aunque se realizan normalmente pruebas de exactitud en sitios de muestra. Los organismos responsables deben tener los detalles sobre los aspectos de la clasificación y las pruebas realizadas.

- (iv) Como ocurre con los datos nacionales, quizá sea necesario interpolar o extrapolar para desarrollar estimaciones para los lapsos de tiempo que se correspondan con las fechas requeridas para la declaración.

3A.2.2 RECOPIACIÓN DE NUEVOS DATOS MEDIANTE MÉTODOS DE MUESTREO

Las técnicas de muestreo para estimar las superficies y los cambios en las superficies se aplican en situaciones en las que los datos obtenidos por medición directa de campo o evaluaciones utilizando técnicas de detección remota no son verosímiles ni proporcionan resultados inexactos. Deben utilizarse conceptos de muestreo que tengan en cuenta los procedimientos de estimación, que sean coherentes e insesgados y que den como resultado estimaciones precisas.

El muestreo normalmente incluye un conjunto de unidades de muestreo que se sitúan sobre una cuadrícula dentro de la superficie del inventario. A cada unidad de muestreo, se le asigna después una clase de uso de la tierra. Las unidades de muestreo pueden utilizarse para obtener las proporciones de las categorías de uso de la tierra dentro de la superficie del inventario. Al multiplicar las proporciones por la superficie total se obtienen las estimaciones de la superficie de cada categoría de uso de la tierra. Si no se conoce la superficie total, se supone que cada unidad de muestreo representa una superficie específica. La superficie de la categoría de uso de la tierra puede, entonces, estimarse a través del número de unidades de muestreo que se encuentran dentro de esta categoría.

Si se repite consecutivamente el muestreo de las superficies, pueden obtenerse los cambios a través del tiempo y construirse matrices de conversión del uso de la tierra.

Aplicar un tipo de evaluación de la superficie basado en el muestreo permite calcular los errores de muestreo y los intervalos de confianza que cuantifican la fiabilidad de las estimaciones de la superficie en cada categoría. Los intervalos de confianza se utilizan para comprobar si los cambios de la superficie de la categoría observados son estadísticamente significativos y reflejan cambios significativos.

El Anexo 3A.3 proporciona más información sobre el muestreo.

3A.2.3 RECOPIACIÓN DE NUEVOS DATOS EN INVENTARIOS COMPLETOS

El inventario completo del uso de la tierra de toda la superficie de un país implica la obtención de mapas del uso de la tierra a lo largo de todo el país y a intervalos de tiempo regulares. Esto puede conseguirse empleando técnicas de detección remota. Como se describió en el Método 3, los datos podrán utilizarse más fácilmente si están basados en Sistemas de Información Geográfica (GIS), sobre un conjunto de celdas cuadrículas o polígonos y apoyados por los datos reales del suelo necesarios para conseguir una interpretación insesgada. Los datos de escala más gruesa, pueden utilizarse para elaborar los datos del país en su conjunto o de las regiones apropiadas.

El inventario completo también puede obtenerse mediante los sondeos de todos los propietarios de las tierras; cada uno de ellos debe proporcionar los datos adecuados en el caso de que posean muchos terrenos diferentes. Los problemas inherentes de este método son la obtención de los datos a escalas inferiores al tamaño de la tierra del propietario y las dificultades de garantizar la cobertura completa sin superposición parcial.

3A.2.4 HERRAMIENTAS PARA LA RECOPIACIÓN DE LOS DATOS

TÉCNICAS DE DETECCIÓN REMOTA (RS, DEL INGLÉS *REMOTE SENSING*)

Los datos obtenidos por detección remota que se analizan aquí son los que adquieren los sensores (ópticos, radar o lidar) a bordo de los satélites, o los que se obtienen mediante las cámaras equipadas con películas ópticas o infrarrojas instaladas en los aviones. Estos datos suelen clasificarse para proporcionar estimaciones de la cubierta terrestre y su superficie correspondiente, y habitualmente necesitan datos de sondeos para que pueda estimarse la exactitud de la clasificación. La clasificación puede realizarse bien mediante el análisis visual de las imágenes o fotografías o bien mediante métodos digitales (informatizados). El punto fuerte de la detección remota reside en su capacidad para proporcionar información explícita en el espacio y cobertura repetitiva, incluyendo la posibilidad de cubrir grandes y/o remotas superficies a las que sería difícil acceder de otro modo. Los archivos

de datos antiguos obtenidos por detección remota abarcan también varias décadas y pueden, por tanto, utilizarse para reconstruir series temporales pasadas de la cubierta terrestre y del uso de la tierra. El desafío de la detección remota está relacionado con el problema de la interpretación: las imágenes han de traducirse en información significativa de la cubierta terrestre y del uso de la tierra. Según el sensor del satélite, la adquisición de datos puede verse afectada por la presencia de nubes y neblina. Otro aspecto a tener en cuenta, especialmente cuando se comparan los datos en largos periodos de tiempo, es que los sistemas de detección remota pueden cambiar. La detección remota es especialmente útil para obtener estimaciones de superficie de la cubierta terrestre y de las categorías de uso de la tierra, y para ayudar en la identificación de superficies relativamente homogéneas que pueda orientar sobre la selección de los modelos de muestreo y el número de muestras a recopilar.

Tipos de datos de detección remota (RS)

Los tipos de datos RS más usados son: 1) fotografías aéreas, 2) imágenes de un satélite que utiliza el espectro visible y/o el cercano al infrarrojo, 3) imágenes de un satélite o de un radar aerotransportado y, 4) un lidar (LIDAR, del inglés *Light Detection and Ranging*, detección y medición a través de la luz). Las combinaciones de los diferentes tipos de datos de detección remota (por ejemplo, visible/infrarrojo y radar, diferentes resoluciones espaciales o espectrales) pueden ser utilizados muy bien para determinar las diferentes categorías de uso de la tierra o regiones. Un sistema completo de detección remota, para llevar a cabo el seguimiento de las conversiones en el uso de la tierra puede incluir muchos sensores y combinaciones de tipos de datos con una amplia gama de resoluciones.

Algunos criterios importantes para seleccionar los datos y productos de la detección remota son:

- Modelo adecuado de categorización del uso de la tierra;
- Resolución espacial apropiada;
- Resolución temporal apropiada para estimar la conversión del uso de la tierra;
- Disponibilidad de la evaluación de la exactitud;
- Aplicación de métodos transparentes en la adquisición de datos y el procesamiento; y
- Coherencia y disponibilidad a través del tiempo.

1. Fotografías aéreas

El análisis de las fotografías aéreas puede revelar especies de árboles forestales y estructura forestal de la que puede deducirse la distribución de edades relativa y la salud de los árboles (por ejemplo, la pérdida de las agujas en los bosques de coníferas, la pérdida de hojas y los esfuerzos en los bosques deciduos). En la agricultura, el análisis puede mostrar las especies de cultivo, los esfuerzos de las tierras de cultivo, y la cubierta de árboles en los sistemas de agro-silvicultura. La unidad espacial más pequeña posible para la evaluación depende del tipo de foto aérea utilizada, pero para los productos normalizados es, a menudo, de 1 metro cuadrado.

2. Imágenes de satélite en longitudes de onda visibles y cercanas al infrarrojo

El uso de imágenes satélite facilita determinación tanto del uso completo de la tierra como de la cubierta terrestre en grandes superficies (a nivel nacional o regional). Es posible obtener grandes series temporales de datos del área deseada, puesto que el satélite pasa regular y continuamente sobre ella. Con frecuencia, las imágenes generan un mosaico detallado de las diversas categorías, pero la identificación de la cubierta terrestre apropiada y de las categorías de uso de la tierra requiere los datos de referencia del suelo de los mapas o de los sondeos en campo. La unidad más pequeña que puede identificarse depende de la resolución espacial del sensor y de la escala del trabajo. Los sistemas de sensores más comunes tienen una resolución espacial de 20 – 30 metros. Con una resolución espacial de 30 metros, por ejemplo, pueden identificarse unidades de 1 ha. También hay disponibles datos de satélites con más alta resolución.

3. Imágenes de radar

Los tipos de datos de radar más comunes son los que provienen de los denominados sistemas Radar de Apertura Sintética (SAR, del inglés *Synthetic Aperture Radar*) que funcionan con frecuencias de microondas. La ventaja principal de estos sistemas es que pueden atravesar las nubes y la neblina, y adquirir datos por la noche. Pueden ser, por tanto, la única fuente fiable de datos obtenidos por detección remota en muchas zonas del mundo con cobertura de nubes casi permanente. Utilizando diferentes longitudes de onda y distintas polarizaciones, los sistemas SAR son capaces de distinguir las categorías de la cubierta terrestre (por ejemplo, bosque/no bosque), o el contenido de biomasa o de vegetación, aunque hay en este momento algunas limitaciones con biomásas altas debido a la saturación de la señal.

4. Lidar

Datos de referencia del suelo

Para que puedan utilizarse los datos de la detección remota en los inventarios, y en particular, para esbozar desde la cubierta terrestre hasta el uso de la tierra es una *buena práctica* complementar los datos obtenidos por detección remota con los datos de referencia del suelo (a menudo denominados datos de la realidad del suelo). Los datos de referencia del suelo pueden recopilarse de forma independiente u obtenerse de los inventarios forestales o agrícolas. Los usos de la tierra que cambian rápidamente dentro del periodo de estimación o que tienen una cubierta de vegetación que se sabe puede ser mal clasificada con facilidad deben ser verificados de forma más intensiva que otras superficies. Esto sólo puede llevarse a cabo utilizando los datos de referencia del suelo, preferentemente de los sondeos del suelo real obtenidos de manera independiente. También pueden ser útiles las fotografías de alta resolución.

Integración de la detección remota con el GIS

La interpretación visual de imágenes se utiliza a menudo para identificar los sitios de muestreo para los inventarios de silvicultura. El método es simple y fiable. Sin embargo, es una labor intensiva y, por lo tanto, restringida a superficies limitadas, y puede estar afectada por las interpretaciones subjetivas de diferentes operadores.

El uso pleno de la detección remota requiere muchas veces la integración de la extensa cobertura que puede proporcionar con medidas puntuales terrestres, o con datos de mapeo para representar las superficies asociadas con usos particulares de la tierra en el espacio y en el tiempo. Suele conseguirse con un costo más eficiente utilizando un sistema de geográfico de información (GIS).

Clasificación de la cubierta terrestre utilizando los datos de detección remota

La clasificación de la cubierta terrestre utilizando los datos de detección remota puede realizarse mediante análisis visual o digital (informatizado). Cada uno tiene ventajas y desventajas. El análisis visual de las imágenes permite la deducción humana a través de la evaluación de las características globales de la escena (análisis de los aspectos del contexto en la imagen). La clasificación digital, por otra parte, permite realizar algunas manipulaciones con los datos, tales como la fusión de diferentes datos espectrales, que pueden ayudar a mejorar la modelización de los datos biofísicos del suelo (como el diámetro del árbol, la altura, la superficie de la base, la biomasa) utilizando datos de detección remota. Además, el análisis digital permite la computación inmediata de las superficies asociadas con las diferentes categorías de la tierra. Se desarrolló con rapidez durante la década pasada, junto con el desarrollo técnico informático asociado, la fabricación del hardware, el software y también los datos del satélite, disponibles fácilmente con un bajo coste en muchos países, aunque la capacidad para usar estos datos y las instalaciones puedan haber sido tercerizadas, particularmente el mapeo a nivel nacional.

Detección de la conversión del uso de la tierra utilizando RS

La detección remota puede utilizarse para detectar ubicaciones de cambio. Los métodos de detección de cambio pueden dividirse en dos categorías (Singh, 1989):

Detección del cambio en la post-clasificación: se trata de técnicas que se aplican donde existen dos o más clasificaciones predefinidas de la cubierta terrestre/uso de la tierra en diferentes momentos, y en las que se detectan los cambios, normalmente, restando los conjuntos de datos. Las técnicas son bastantes simples pero también sensibles a las incoherencias en la interpretación y clasificación de las categorías de uso de la tierra.

Detección del cambio en la preclasificación: se trata de métodos más sofisticados y biofísicos para cambiar la detección. Las diferencias entre los datos de respuesta espectral obtenidos en dos o más momentos se comparan por métodos estadísticos, y se usan estas diferencias para proporcionar información sobre los cambios en la cubierta terrestre/uso de la tierra. Este tipo es menos sensible a las incoherencias en la interpretación, y puede detectar cambios mucho más sutiles que los métodos de post-clasificación, aunque es menos simple y requiere tener acceso a los datos originales de detección remota.

Existen también otros métodos viables. Por ejemplo, uno de ellos puede introducir mejoras en el cambio y la interpretación visual. Las superficies de cambio se resaltan mostrándose diferentes combinaciones de bandas, diferencias de bandas o índices derivados (por ejemplo, índices de vegetación). Esto centra la atención en los posibles lugares de conversión del uso de la tierra, que pueden ser delimitados y atribuidos a técnicas manuales o automatizadas. Estos métodos están sujetos a las incoherencias de la interpretación humana, pero son capaces de detectar cambios sutiles y de detectar mejor y mapear la conversión del uso de la tierra, para cuya determinación se necesita la información sobre la cubierta terrestre, el contexto y cualquier otra información auxiliar.

Evaluación de la exactitud del mapeo

Siempre que se utilice un mapa de la cubierta terrestre o del uso de la tierra, los compiladores del inventario deben recabar información acerca de la fiabilidad del mapa. Cuando tales mapas se generan a partir de la clasificación de los datos obtenidos por detección remota, debe tenerse en cuenta que es probable que la fiabilidad del mapa varíe para las distintas categorías de tierras. Algunas categorías pueden distinguirse excepcionalmente, mientras que otras pueden confundirse con las demás. Por ejemplo, los bosques de coníferas se clasifican a menudo con más exactitud que los bosques deciduos porque sus características de reflectancia son más distintivas, mientras que los bosques deciduos pueden confundirse fácilmente con, por ejemplo, los pastizales o las tierras de cultivo. De forma similar, a menudo es difícil determinar los cambios en las prácticas de la gestión de la tierra mediante detección remota. Por ejemplo, puede ser difícil detectar un cambio de cultivo de intensivo a reducido en una superficie específica.

Los compiladores deben estimar la exactitud de los mapas de la cubierta terrestre/uso de la tierra categoría por categoría. Mediante una serie de puntos de muestra del mapa y su correspondiente categoría en la realidad se construye una matriz de confusión (véase la nota al pie 5 del Anexo 3A.4) en la que la diagonal muestra la proporción de identificación correcta, y los elementos que están fuera de la diagonal muestran la proporción relativa de clasificación errónea de una categoría de la tierra con respecto a las otras categorías. La matriz de confusión expresa no sólo la exactitud del mapa sino que también es posible evaluar qué categorías se confunden fácilmente con otras. Basados en la matriz de confusión, pueden obtenerse un cierto número de índices de exactitud (Congalton, 1991). El análisis multitemporal (análisis de las imágenes tomadas en momentos distintos para determinar la estabilidad de la clasificación del uso de la tierra) puede también utilizarse para mejorar la exactitud de la clasificación, particularmente en los casos en los que los datos de la realidad del suelo son limitados.

SONDEOS TERRESTRES

Los sondeos terrestres pueden utilizarse para recoger y almacenar información del uso de la tierra, y para utilizarlos como datos de la realidad del suelo para la clasificación mediante detección remota. Antes de la llegada de las técnicas de detección remota, como la fotografía aérea y las imágenes por satélite, los sondeos terrestres eran los únicos métodos de elaboración de mapas. El proceso consiste fundamentalmente en visitar el área de estudio y registrar los atributos visibles y/o físicos del paisaje para fines cartográficos. La digitalización de las fronteras y los atributos de simbolización se utilizan para tomar notas de campo impresas, así como los mapas históricos de los Sistemas Geográficos de Información (GIS). Se realiza mediante protocolos de trazado de la superficie de tierra mínima y categorización de atributos que están relacionados con la escala del mapa resultante y el uso al que va destinado.

Pueden realizarse medidas muy exactas de la ubicación y la superficie utilizando una combinación de los equipos de sondeo como teodolitos, cintas métricas, ruedas de medición de distancias y dispositivos electrónicos de medición de distancias. El desarrollo de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, del inglés *Global Positioning Systems*) posibilitan el registro de la información de la ubicación en campo, directamente en formato electrónico utilizando dispositivos informáticos portátiles. Los datos se descargan en el ordenador de la oficina para registrarlos y coordinarlos con otras capas de información para el análisis espacial.

Las entrevistas con los propietarios de la tierra y los cuestionarios se utilizan para recopilar información socio-económica y de la gestión de la tierra, pero pueden también proporcionar datos del uso de la tierra y la conversión del uso de la tierra. Con este tipo de censos, los organismos de recopilación de datos dependen de los conocimientos y los registros de los propietarios de la tierra (o los usuarios) para brindar datos fiables. Típicamente, un representante del organismo de recopilación de datos visita al residente, lo entrevista, y los datos se registran en un formato predeterminado o un cuestionario que se le entrega al usuario de la tierra para que lo rellene. Se anima normalmente al encuestado a que utilice cualquier registro pertinente que pueda tener, pero a través de preguntas también se puede solicitar información directamente (Swanson *et al.*, 1997).

Los sondeos censales son probablemente el método más antiguo de recopilación de datos (Darby, 1970). Los sondeos de los usuarios de la tierra pueden realizarse en toda la población o en una muestra de un tamaño adecuado. Las aplicaciones modernas emplean una amplia gama de técnicas de validación y evaluación de la exactitud. El sondeo puede llevarse a cabo mediante visitas personales, entrevistas telefónicas (a menudo asistidas por ordenador) o mediante el buzoneo. Los sondeos de los usuarios comienzan con la formulación de los datos y las necesidades de información en una serie de preguntas simples y claras que exigen respuestas claras e inequívocas. Las cuestiones han sido probadas en una muestra de población para asegurar que son comprensibles y para identificar cualquier variación terminología técnica local. Cuando se hace un muestreo, se estratifica la superficie total de estudio mediante las unidades ecológicas o administrativas apropiadas, y por las diferencias categóricas significativas dentro de la población (por ejemplo, privado frente a empresarial, grande frente a pequeño, pulpa frente a madera, etc.). Para las respuestas que traten sobre las superficies de la tierra y las prácticas de gestión, se requiere del encuestado alguna ubicación geográfica, si dispone de coordenadas precisas,

la descripción catastral o al menos unidades ecológicas o administrativas. Después del sondeo se realiza una validación de los resultados para detectar anomalías estadísticas, comparar con fuentes de datos independientes, realizar una muestra de cuestionarios de verificación de seguimiento o realizar una muestra de sondeos de verificación in situ. Finalmente, la presentación de los resultados debe seguir los parámetros de estratificación iniciales.

Anexo 3A.3 Muestreo

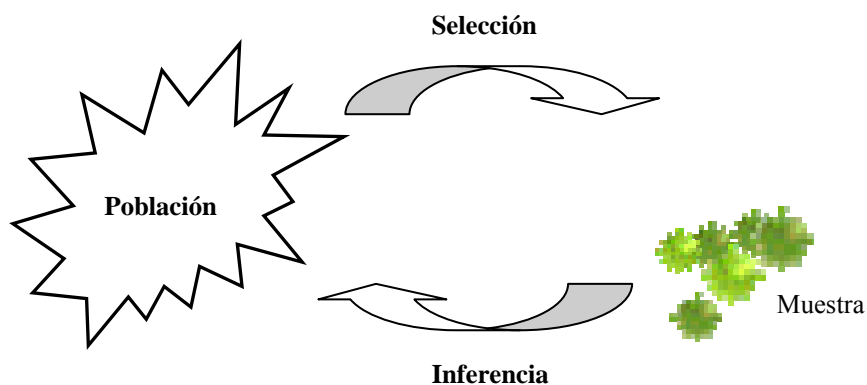
3A.3.1 INTRODUCCIÓN

Los datos del uso de la tierra se obtienen a menudo mediante sondeos de muestras, y se los suele utilizar para estimar los cambios en el uso de la tierra o en las existencias de carbono. Los inventarios nacionales de bosques son ejemplos importantes del tipo de sondeo utilizado. Esta sección proporciona una orientación sobre el uso de los datos de los sondeos de muestras para la declaración de las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero, y para la planificación de sondeos de muestras con el objeto de adquirir datos para este propósito.

3A.3.2 PERSPECTIVA GENERAL DE LOS PRINCIPIOS DE MUESTREO

El muestreo deduce información acerca de una población entera observando una fracción de ésta: la muestra (véase la Figura 3A.3.1). Por ejemplo, los cambios del carbono en la biomasa de árboles a niveles regionales o nacionales pueden estimarse a partir del crecimiento, la mortalidad y los cortes de los árboles en un número limitado de parcelas de muestreo. La teoría del muestreo proporciona entonces los medios para proyectar la información desde las parcelas de muestreo hasta el nivel geográfico seleccionado. Un muestreo diseñado adecuadamente puede incrementar en gran medida la eficiencia en el uso de los recursos del inventario. Más aun, el muestreo de campo suele ser necesario en el desarrollo de los inventarios porque, aunque los datos obtenidos por detección remota proporcionan una cobertura territorial completa, en los sitios de muestras hay que interpretar y verificar los datos terrestres.

Figura 3A.3.1 Principio de muestreo



La teoría normal de muestreo se basa en una selección aleatoria de una muestra de la población. Cada unidad de la población tiene una probabilidad específica de ser incluida en la muestra. Se da este caso cuando las parcelas de muestreo han sido distribuidas de forma totalmente aleatoria en una superficie, o cuando han sido distribuidas en un sistema de cuadrículas sistemático mientras que el posicionamiento de la cuadrícula es aleatorio. El muestreo aleatorio reduce el riesgo del sesgo y permite una evaluación objetiva de las estimaciones de incertidumbre. Por lo tanto, como norma general, deben tomarse los datos muestreados aleatoriamente cuando sea posible, o cuando se realicen nuevos sondeos.

Las muestras pueden tomarse también en ubicaciones elegidas subjetivamente que se supone son representativas de la población. Esto se denomina muestreo subjetivo (o dirigido), y los datos de tales sondeos se utilizan a menudo en los inventarios de gases de efecto invernadero (es decir, cuando las observaciones de los sitios de sondeo que no fueron seleccionados aleatoriamente se usan para representar una categoría de tierra completa o estrato). En estas condiciones, las observaciones acerca de, por ejemplo, el tipo de bosque pueden verse extrapoladas a superficies para las que no son representativas. Sin embargo, debido a los limitados recursos, es posible que los inventarios de gases de efecto invernadero necesiten utilizar también datos de sitios seleccionados subjetivamente o parcelas de investigación. En este caso, es una *buena práctica* identificar, con el asesoramiento del organismo responsable de estos sitios o parcelas, las superficies de tierra para las cuales pueden considerarse representativas las muestras subjetivas.

3A.3.3 DISEÑO DEL MUESTREO

El diseño del muestro determina cómo se seleccionan las unidades de muestreo (los sitios o parcelas) a partir de la población y, por tanto, qué procedimientos de estimación estadística deben aplicarse para poder hacer deducciones a partir de la muestra. Los diseños de muestreo aleatorio pueden dividirse en dos grupos principales, utilizando información auxiliar, según si la población está o no *estratificada* (es decir, subdividida antes del muestreo). Los sondeos estratificados suelen ser más eficientes en términos de la exactitud que puede conseguirse con un determinado coste. Por otra parte, tienden a ser ligeramente más complejos, lo que incrementa el riesgo de los errores de no-muestreo, debido al uso incorrecto de los datos recopilados. Los diseños de muestreo deben buscar un buen compromiso entre la simplicidad y la eficiencia, lo que puede favorecerse siguiendo los tres aspectos que se indican a continuación:

- Empleo de la estratificación y los datos auxiliares;
- Muestreo sistemático;
- Parcelas de muestreo permanente y datos de la serie temporal.

Empleo de la estratificación y los datos auxiliares

Uno de los diseños de muestreo más importantes que incorpora información auxiliar es la *estratificación*, por la cual la población se divide en dos subpoblaciones en base a *datos auxiliares*. Estos datos auxiliares pueden ser el conocimiento de las fronteras legales, administrativas o de administraciones forestales que resulta eficaz muestrear por separado; o pueden ser mapas o datos de detección remota que distinguen entre superficies de tierras altas y bajas o entre tipos de ecosistemas diferentes. Dado que la estratificación está destinada a aumentar la eficiencia, es una *buena práctica* utilizar datos auxiliares cuando estén disponibles, o procurar contar con ellos, si no lo están, con un bajo coste adicional.

La estratificación aumenta la eficiencia de dos maneras principales: (i) al mejorar la exactitud de la estimación de la población entera, y (ii) al asegurar que se obtienen los resultados adecuados para ciertas subpoblaciones, por ejemplo, para ciertas regiones administrativas.

En la primera cuestión, la estratificación aumenta la eficiencia del muestreo si se hace una subdivisión de la población, de manera que se reduce la variabilidad entre las unidades de un estrato, comparada con la variabilidad de la población entera. Por ejemplo, un país puede dividirse en una región de tierras bajas (con ciertas características de las categorías de uso de la tierra que sean de interés) y una región de tierras altas (con diferentes características de las categorías correspondientes). Si cada estrato es homogéneo, puede obtenerse una estimación general precisa utilizando sólo una muestra limitada de cada estrato. La segunda cuestión es importante a fin de proporcionar resultados con un grado de exactitud específico para todas las regiones administrativas de interés; pero también en el caso de que los datos muestreados vayan a ser utilizados conjuntamente con otros conjuntos de datos existentes, los cuales han sido recopilados utilizando diferentes protocolos pero con las mismas fronteras administrativas o legales.

La utilización de mapas o datos obtenidos por detección remota para identificar las fronteras de los estratos (las subdivisiones de la clase de uso de la tierra que se incluyen en un sondeo de muestra), pueden introducir errores si existen superficies incorrectamente clasificadas como pertenecientes a un estrato, mientras que otras superficies que pertenecen a ese estrato no se han considerado. Los errores de este tipo pueden conducir a sesgos importantes en las estimaciones finales, debido a que la superficie identificada para el muestreo no corresponderá a la población objeto de estudio. Siempre que exista un riesgo evidente de que puedan producirse errores de este tipo, es una *buena práctica* hacer una evaluación del posible impacto de tales errores utilizando datos de la realidad del suelo.

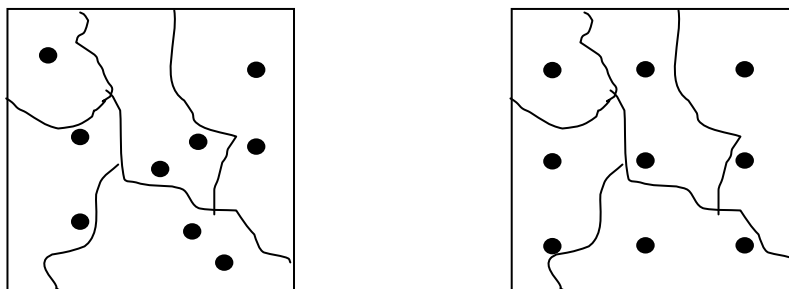
Cuando se toman datos de inventarios existentes a gran escala para la declaración de emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero, como inventarios de bosques a nivel nacional, es conveniente aplicar los procedimientos de estimación estándar de ese inventario, mientras estén basados en principios estadísticos sólidos. Además, la *post-estratificación* (esto es, la definición de los estratos basada en la detección remota o el mapa de los datos auxiliares después de realizado el sondeo) quiere decir que es posible utilizar nuevos datos auxiliares para aumentar la eficiencia sin cambiar el diseño básico del campo (Dees *et al.*, 1998). Utilizando este principio de estimación, puede reducirse el riesgo de introducir el sesgo del párrafo anterior.

Muestreo sistemático

Los sondeos sobre el uso de la tierra o los sondeos forestales basados en el muestreo utilizan generalmente puntos de muestra o parcelas de muestras en las que se registran las características de interés. Una cuestión importante aquí concierne al plano de estos puntos o parcelas. A menudo, es apropiado colocar las parcelas en

pequeños grupos, para minimizar los costes de transporte, cuando se cubren grandes superficies con un sondeo basado en el muestreo. Con el muestreo en grupo, la distancia entre las parcelas debe ser lo bastante grande como para evitar una gran correlación entre ellas, teniendo en cuenta el tamaño de la arboleda (para muestreo forestal). Una cuestión importante es si las parcelas (o grupos de parcelas) deben organizarse de manera completamente aleatoria o sistemática, utilizando una cuadrícula regular que se ubica aleatoriamente sobre la superficie de interés (véase la Figura 3A.3.2). En general, es más eficaz utilizar el muestreo sistemático, debido a que en la mayoría de los casos, aumenta la precisión de las estimaciones. El muestreo sistemático también simplifica el trabajo de campo.

Figura 3A.3.2 Plano aleatorio simple de parcelas (izquierda) y plano sistemático (derecha)



De manera algo simplificada, la razón por la que el muestreo aleatorio sistemático generalmente es superior al muestreo aleatorio simple es que las parcelas se distribuyen uniformemente por todas partes en la superficie meta. Con el muestreo aleatorio simple, algunas partes de la superficie pueden tener muchas parcelas, mientras que otras no tendrán ninguna.

Parcelas de muestras permanentes y datos de la serie temporal

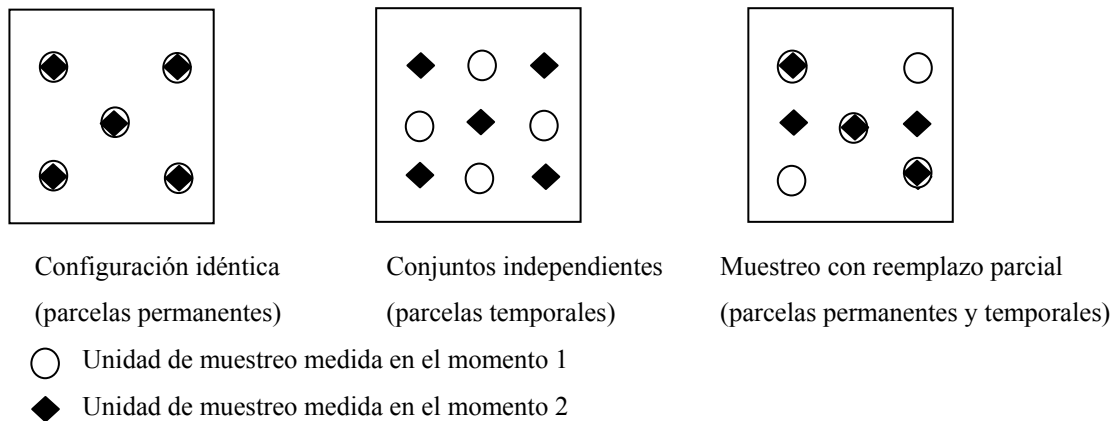
Los inventarios de gases de efecto invernadero deben evaluar tanto el estado actual como los cambios a través del tiempo (es decir, en las superficies de las categorías de usos de la tierra y en las existencias de carbono). La evaluación de los cambios es la más importante y supone repetidos muestreos a través del tiempo. El intervalo temporal entre las mediciones debe determinarse basado en la secuencia de los eventos que provocan los cambios, y también en los requisitos de declaración. Generalmente, se consideran adecuados los intervalos de muestreo de entre 5 y 10 años, y en muchos países los datos de los sondeos bien diseñados están disponibles durante muchas décadas, en especial en el sector forestal. No obstante, debido a que se requiere que las estimaciones para la declaración tengan una periodicidad anual, será necesario aplicar métodos de interpolación y extrapolación. Si no hay disponible una serie temporal lo suficientemente extensa, puede ser necesario extrapolar hacia atrás en el tiempo para capturar la dinámica de los cambios en las existencias de carbono.

Cuando se llevan a cabo muestreos repetidos, se evalúan cada vez los datos necesarios en relación con el estado actual de las superficies o las existencias de carbono. Entonces, se estiman los cambios calculando la diferencia entre el estado en el tiempo ($t+1$) y el estado en el tiempo t .

- En ambas ocasiones, se emplean las mismas unidades de muestreo (unidades de muestreo permanente);
- En ambas ocasiones, se emplean conjuntos distintos e independientes de unidades de muestreo (unidades de muestreo temporales);
- Pueden reemplazarse algunas unidades de muestreo entre unas ocasiones y otras, mientras que otras permanecen sin cambios (muestreo con reemplazo parcial).

En la Figura 3A.3.3 se muestran estos tres métodos.

Figura 3A.3.3 Uso de diferentes configuraciones de unidades de muestreo permanentes y temporales para estimar los cambios



Generalmente, las parcelas de muestras permanentes son más eficaces en la estimación de los cambios que las temporales, porque es más fácil distinguir las tendencias reales de las diferencias que sólo se deben a la selección de la parcela que ha cambiado. Sin embargo, hay algunos riesgos en el uso de parcelas permanentes temporales. Si los administradores de la tierra llegan a conocer la ubicación de las parcelas de muestras permanentes (por ejemplo, marcándolas visiblemente), hay riesgo de que la gestión de las parcelas permanentes sea diferente de la gestión de otras superficies. Si esto sucede, las parcelas no serán representativas y existe el riesgo obvio de que los resultados estén sesgados. Si se percibiera que pudiera haber un riesgo del tipo anterior, es una *buena práctica* evaluar algunas parcelas temporales, como muestra de control, para determinar si las condiciones de estas parcelas se desvían de las condiciones de las parcelas permanentes.

El uso de muestreo con reemplazo parcial, puede solucionar alguno de los problemas potenciales con respecto a las parcelas permanentes, porque es posible sustituir los sitios que se cree han sido tratados de modo diferente. Puede utilizarse el muestreo con reemplazo parcial, aunque todos los procedimientos de estimación son complicados (Scott y Köhl, 1994; Köhl *et al.*, 1995).

Cuando sólo se utilizan parcelas temporales, aun pueden estimarse los cambios generales, pero ya no será posible estudiar las conversiones del uso de la tierra entre las diferentes categorías, a menos que pueda introducirse en la muestra una dimensión temporal. Esto puede llevarse a cabo haciendo uso de datos auxiliares, como ser mapas, registros de detección remota o administrativos sobre el estado de la tierra en el pasado. Esto introduce una incertidumbre adicional en la evaluación que puede ser difícil de cuantificar por otros medios que no sean el dictamen de expertos.

3A.3.4 MÉTODOS DE MUESTREO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE

Muchos métodos de evaluación de las superficies de uso de la tierra o de las conversiones en superficies de uso de la tierra confían en el muestreo. Mediante el muestreo, pueden estimarse las superficies y los cambios en ellas de dos maneras distintas:

- Estimación por medio de las proporciones;
- Estimación directa de la superficie.

El primer método requiere conocer la superficie total de la región del sondeo, y que el sondeo de muestras brinde sólo las proporciones de diferentes categorías de uso de la tierra. En el segundo método no necesita conocer la superficie total.

Ambos métodos requieren la evaluación de una cantidad determinada de unidades de muestreo ubicadas en la superficie del inventario. La selección de las unidades de muestreo puede llevarse a cabo empleando un muestreo aleatorio simple o uno sistemático (véase la Figura 3A.3.2). El muestreo sistemático normalmente mejora la precisión de las estimaciones de la superficie, en especial cuando coexisten diferentes clases de uso de la tierra en grandes áreas. También puede aplicarse la estratificación para mejorar la eficacia de las estimaciones de la superficie; en este caso, es una *buena práctica*, llevar a cabo los procedimientos descritos a continuación, independientemente de cada estrato.

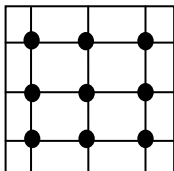
Para estimar las proporciones, se supone que las unidades de muestreo son puntos sin dimensiones, aunque debe considerarse una pequeña superficie alrededor de cada punto cuando se determine la categoría de uso de la tierra.

Pueden utilizarse también las parcelas de muestras para la estimación de la superficie, aunque este principio no está recogido aquí posteriormente.

3A.3.5 ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES MEDIANTE PROPORCIONES

Generalmente, se conoce la superficie total de una región del inventario. En este caso, la estimación de las superficies de las diferentes categorías de uso de la tierra puede basarse en las evaluaciones de las proporciones de superficie. Cuando se aplica este método, se cubre la superficie del inventario por un determinado número de puntos de muestra y se determina el uso de la tierra para cada punto. Entonces, se calcula la proporción de cada categoría de uso de la tierra dividiendo la cantidad de puntos localizados en la categoría específica por el número total de puntos. Las estimaciones de superficie para cada categoría de uso de la tierra se obtienen multiplicando la proporción de cada categoría por la superficie total

El cuadro 3A.3.1 proporciona un ejemplo de este procedimiento. El error estándar de una estimación de superficie se obtiene como $A\sqrt{(p_i \cdot (1-p_i))/(n-1)}$, donde p_i es la proporción de puntos de la categoría de uso de la tierra en cuestión i ; A la superficie total conocida, y n el número total de puntos de muestra.³ Para A_i el intervalo de confianza del 95% para la categoría de uso de la tierra estimada i , viene dado aproximadamente por ± 2 veces el error estándar.

CUADRO 3A.3.1 EJEMPLO DE LA ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES POR MEDIO DE PROPORCIONES			
Procedimiento de muestreo	Estimación de proporciones	Superficies estimadas de categorías de uso de la tierra	Error estándar
	$p_i = n_i / n$	$A_i = p_i \cdot A$	$s(A_i)$
	$p_1 = 3/9 \cong 0,333$	$A_1 = 300$ ha	$s(A_1) = 150,0$ ha
	$p_2 = 2/9 \cong 0,222$	$A_2 = 200$ ha	$s(A_2) = 132,2$ ha
	$p_3 = 4/9 \cong 0,444$	$A_3 = 400$ ha	$s(A_3) = 158,1$ ha
	Suma = 1,0	Total = 900 ha	

Donde:

A = superficie total (= 900 ha en el ejemplo)

A_i = superficie estimada de la categoría de uso de la tierra i

n_i = cantidad de puntos ubicados en la categoría de uso de la tierra i

n = cantidad total de puntos

Las estimaciones de las superficies de conversión de uso de la tierra pueden llevarse a cabo introduciendo categorías del tipo A_{ij} , donde el uso de la tierra se convierte de la categoría i a la categoría j entre sondeos sucesivos.

3A.3.6 ESTIMACIÓN DIRECTA DE LA SUPERFICIE

Siempre que se conozca la superficie total del inventario, es eficaz estimar las superficies y los cambios en las superficies, mediante la evaluación de las proporciones, puesto que este procedimiento proporciona la mayor exactitud. En los casos en los que no se conozca la superficie total del inventario o esté sujeta a una incertidumbre inaceptable, se puede aplicar un procedimiento alternativo que conlleve una evaluación directa de las superficies de las diferentes clases de uso de la tierra. Este método sólo puede utilizarse cuando se aplica un muestreo sistemático. Cada punto de muestra representa una superficie correspondiente al tamaño de la celda de la cuadrícula de la plantilla de muestra.

Por ejemplo, cuando se seleccionan puntos de muestra de una cuadrícula cuadrada sistemática con 1 000 m de distancia entre los puntos, cada punto de muestra representa una superficie de 1 km • 1 km = 100 ha. Así que, si 15 puntos caen dentro de una clase de uso de la tierra específica de interés, la superficie estimada será de 15 • 100 ha = 1500 ha.

³ Nótese que esta fórmula es sólo aproximada cuando se aplica el muestro sistemático.

Anexo 3A.4 Perspectiva general de métodos potenciales para desarrollar los conjuntos de datos del Método 3

Figura 3A.4.1 Perspectiva general del método 3: Evaluaciones directas y repetidas del uso de la tierra, con cobertura espacial completa

Descripción

En el método 3, el país se subdivide en unidades espaciales, como celdas de cuadrícula o pequeños polígonos. En este ejemplo, las celdas de la cuadrícula se usan para subdividir la superficie. Las celdas de la cuadrícula pueden muestrearse mediante detección remota y/o sondeos del suelo, con el objeto de establecer las superficies de uso de la tierra cuyo alcance estimado se muestra por las líneas grises debajo de la cuadrícula. La detección remota también proporciona una cobertura completa para todas las celdas de la cuadrícula (Figura 3A.4.1A) en la interpretación del uso de la tierra. Los sondeos del suelo pueden realizarse en una muestra de las celdas de la cuadrícula y pueden ser utilizados para establecer directamente el uso de la tierra, así como para ayudar en la interpretación de los datos obtenidos por detección remota. La muestra de celdas de la cuadrícula puede distribuirse regularmente (Figura 3A.4.1B) o irregularmente (Figura 3A.4.1C) para proporcionar, por ejemplo, una mayor cobertura si es más probable la conversión del uso de la tierra. Pueden elaborarse mapas generales utilizando las celdas de la cuadrícula, las cuales pueden ser también agrupadas en polígonos (Figura 3A.4.1D). El resultado final de este Método puede representarse como una matriz tabular o de conversión, explícita en el espacio, del uso de la tierra.

Momento 1

Momento 2

Figura 3A.4.1A La detección remota puede también habilitar la cobertura completa de todas las celdas de la cuadrícula

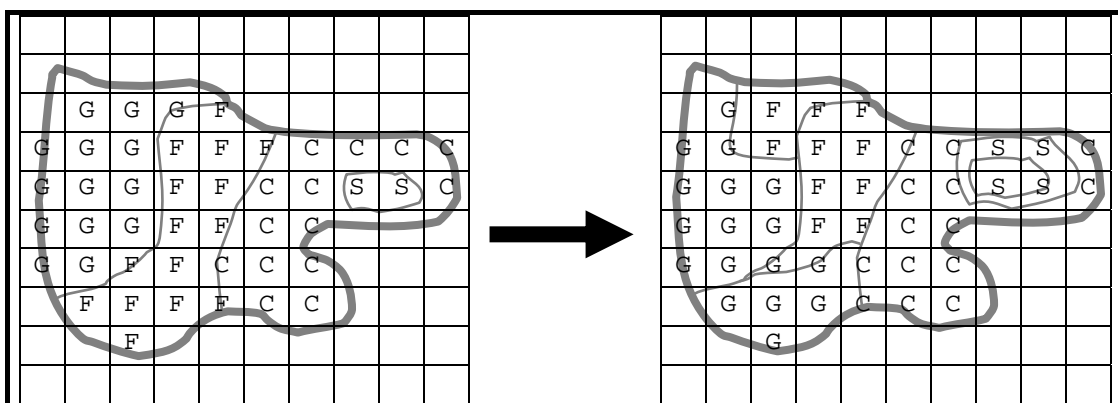
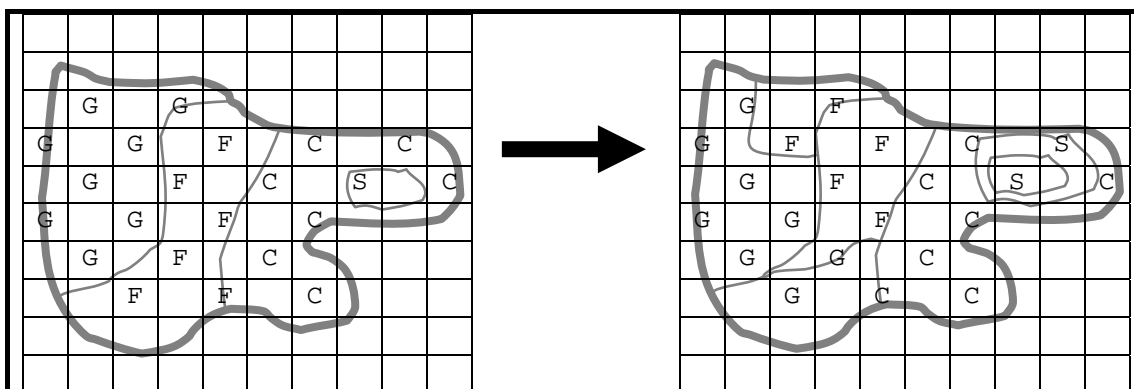


Figura 3A.4.1B La muestra de celdas de la cuadrícula puede distribuirse regularmente



Momento 1

Momento 2

Figura 3A.4.1C La muestra de celdas de la cuadrícula puede distribuirse irregularmente

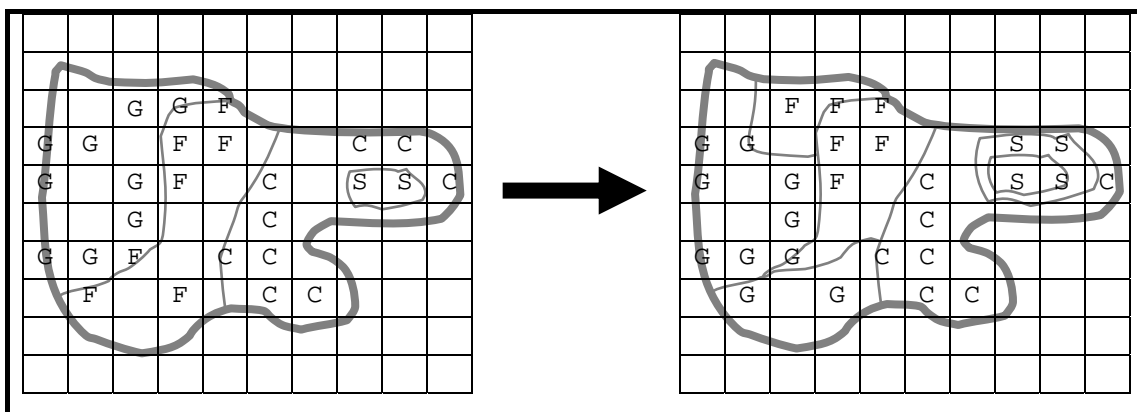


Figura 3A.4.1D. Pueden elaborarse mapas generales utilizando las celdas de la cuadrícula, las cuales pueden ser también agrupadas en polígonos.

Nota: F = Tierras forestales, G = Pastizales, C = Tierras de cultivo, W = Humedales, S = Asentamientos, O = Otras tierras.

Cuando se aplica el Método 3, los compiladores del inventario deben:

- Utilizar una estrategia de muestreo coherente con la recomendación proporcionada en este capítulo. Esta estrategia debe garantizar que los datos no están sesgados y que pueden proyectarse en caso necesario. Puede ser necesario cambiar la cantidad y ubicación de las unidades de muestreo a través del tiempo para que sigan siendo representativas.
- Si se utilizan datos obtenidos por detección remota, desarrollar un método para su interpretación en categorías de tierras utilizando los datos de referencia del suelo como se establece en este capítulo (Técnicas de detección remota). Debe ponerse atención en asignar correctamente la información de la cubierta terrestre obtenida mediante las imágenes, a la categoría del uso de la tierra que corresponda. Para ello, pueden utilizarse los inventarios forestales convencionales u otros datos de sondeos. Es necesario evitar la clasificación errónea de los tipos de tierra y la falta de exactitud del mapa establecido, mediante la referencia terrestre o los datos de alta resolución obtenidos por detección remota. La técnica convencional es establecer una matriz⁴ que muestra, para una clasificación de la tierra dada, la proporción de clasificación errónea como una de las otras clasificaciones posibles.
- Construir intervalos de confianza para aquellas superficies de categorías de uso de la tierra y cambios de la superficie que serán utilizadas en la estimación de los cambios en las existencias de carbono y en las emisiones y absorciones.
- Obtener cuadros resumen de las superficies nacionales bajo diferentes conversiones del uso de la tierra.

⁴ A veces llamada *matriz de confusión*.

Anexo 3A.5 Clasificación por defecto del clima y del suelo

Las regiones climáticas se clasifican para aplicar las emisiones y los factores de cambio para estimar la biomasa, la materia orgánica muerta y los cambios en las existencias del carbono del suelo. En la Figura 3A.5.1 se presenta la clasificación del clima por defecto, y puede determinarse utilizando el modelo de clasificación de la Figura 3A.5.2. Esta clasificación debe utilizarse en los métodos de Nivel 1 porque los factores por defecto de cambio en las emisiones y existencias se obtuvieron utilizando este modelo. Nótese que las regiones climáticas se subdividen, a la vez, en zonas ecológicas para aplicar el método de Nivel 1 y estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa (véase el Cuadro 4.1 del Capítulo 4). Los compiladores del inventario tienen la opción de elaborar una clasificación climática específica del país si utilizan los métodos de Nivel 2 y 3 junto con los factores de cambio de las emisiones y existencias específicos del país. Es una *buena práctica* aplicar la clasificación, por defecto o específica del país específico, a todos los tipos de uso de la tierra. Así, los factores de emisión y cambio de existencias se asignan a cada depósito de un inventario nacional utilizando una clasificación uniforme del clima.

Los suelos se clasifican para poder aplicarles los factores de referencia y de cambio de las existencias de C, y estimar con ello los cambios en las existencias de C del suelo; así como las emisiones de NO₂ (esto es, los suelos orgánicos deben clasificarse para estimar las emisiones de NO₂ después de un drenaje). Los suelos orgánicos se encuentran en los humedales, o han sido drenados y convertidos en otros tipos de usos de la tierra (por ejemplo, tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, asentamientos). Los suelos orgánicos se identifican en base a los criterios 1 y 2, o en base a los criterios 1 y 3, que aparecen a continuación (FAO 1998):

Grosor del horizonte orgánico igual o superior a 10 cm. Un horizonte de menos de 20 cm debe tener al menos el 12 por ciento de carbón orgánico cuando se mezcla a una profundidad de 20 cm.

Los suelos que no se saturan con agua durante algunos días deben contener más del 20 por ciento de carbón orgánico en peso (es decir, aproximadamente el 35 por ciento de materia orgánica).

Los suelos que están sujetos a episodios de saturación y tienen:

- a. Al menos el 12 por ciento de carbón orgánico en peso (es decir, alrededor del 20 por ciento de materia orgánica) si el suelo no tiene arcilla;
- b. Al menos el 18 por ciento de carbono orgánico en peso (es decir, aproximadamente el 30 por ciento de materia orgánica) si el suelo tiene un 60 % de arcilla o más; o
- c. Una cantidad intermedia proporcional de carbono orgánico para cantidades intermedias de arcilla.

Todos los demás tipos de suelos se clasifican como minerales. En la Figura 3A.5.3 se presenta una clasificación del suelo mineral por defecto para categorizar los tipos de suelos basada en la taxonomía del USDA (USDA, 1999) y en la Figura 3A.5.4 por la clasificación de la Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo (FAO, 1998) (Nota: Ambas clasificaciones producen los mismos tipos de suelos por defecto del IPCC). Con los métodos de Nivel 1 debe usarse la clasificación mineral del suelo por defecto porque las existencias de C de referencia por defecto y los factores de cambio de las existencias fueron obtenidos de acuerdo con estos tipos de suelos. Los compiladores del inventario tienen la opción de desarrollar una clasificación específica del país para suelos minerales y/o orgánicos, si se aplican los métodos de Nivel 2 y 3, en combinación con el desarrollo de factores de cambio en las existencias de C y factores de referencia específicos del país (o factores de emisión en el caso de suelos orgánicos). Es una *buena práctica* utilizar la misma clasificación de suelos en todos los tipos de uso de la tierra.

Figura 3A.5.1 Trazado de las principales zonas climáticas, actualizadas desde las Directrices del IPCC de 1996.

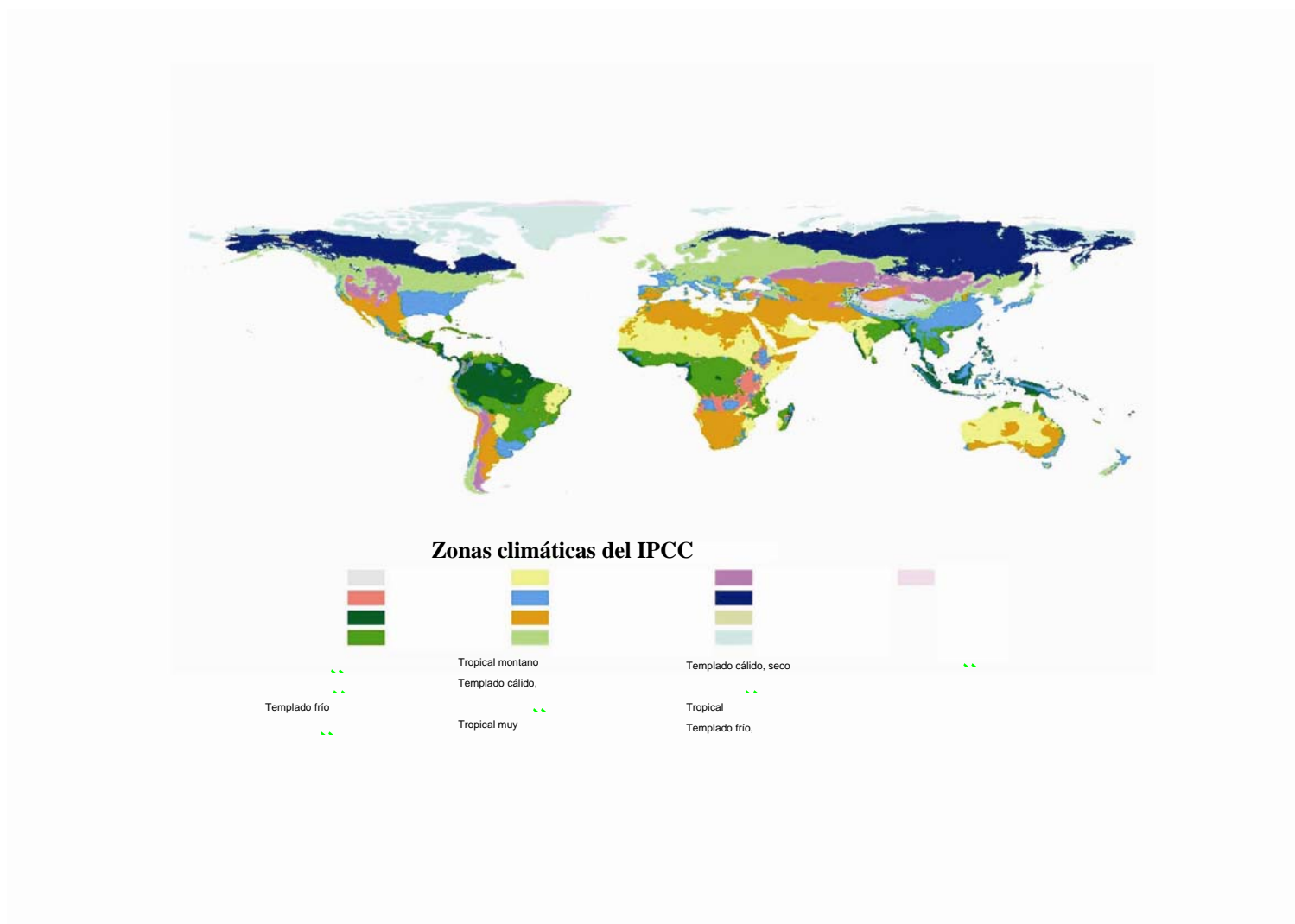


Figura 3A.5.2 Modelo de clasificación para las regiones climáticas por defecto. La clasificación se basa en la elevación, media anual de temperatura (MAT, del inglés *mean annual temperature*), media anual de precipitación (MAP, del inglés *mean annual precipitation*), relación entre la media anual de precipitación y el evapotransporte potencial (MAP:PET, del inglés *mean annual precipitation to potential evapotranspiration ratio*), y la incidencia de heladas.

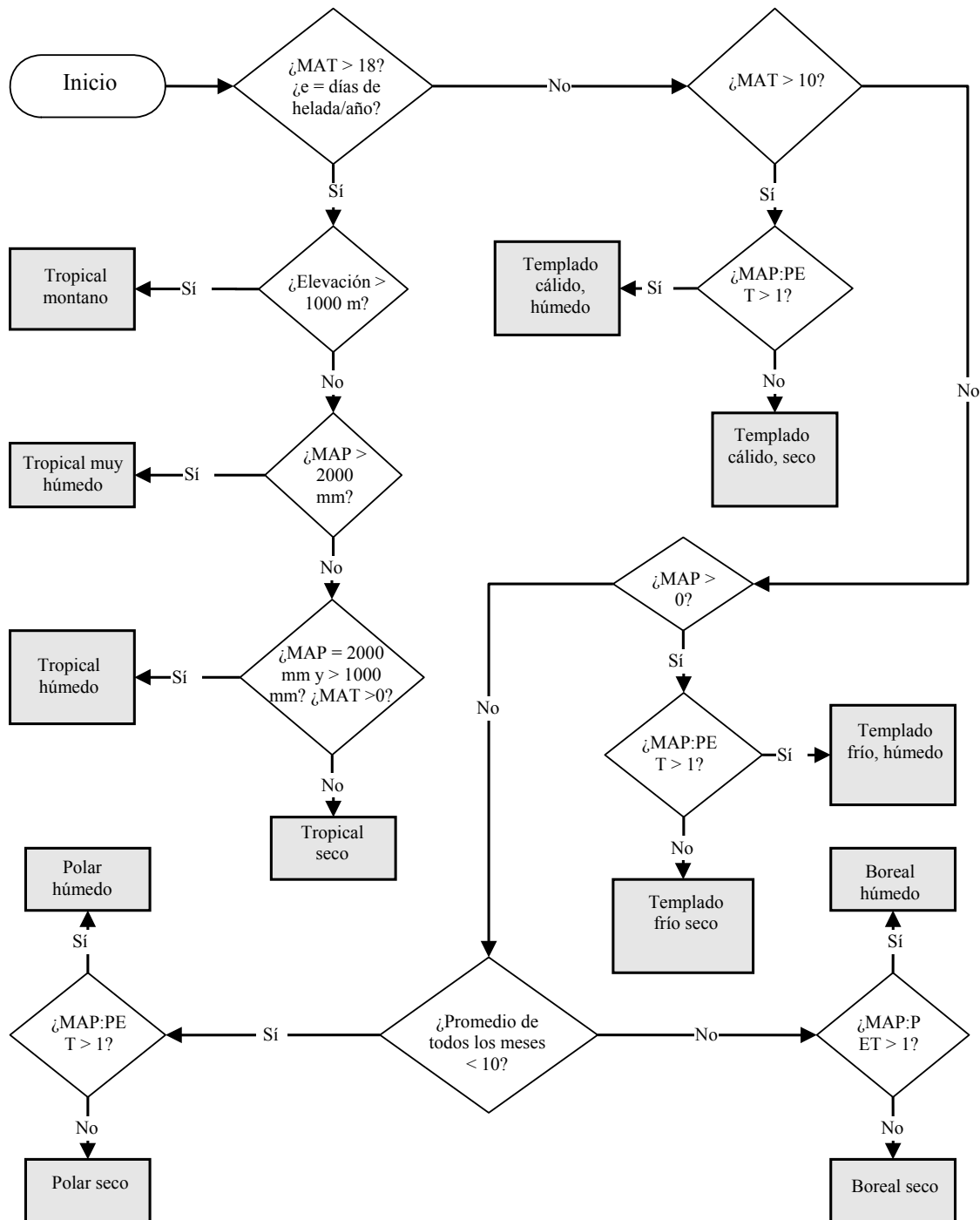


Figura 3A.5.3 Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la taxonomía del USDA

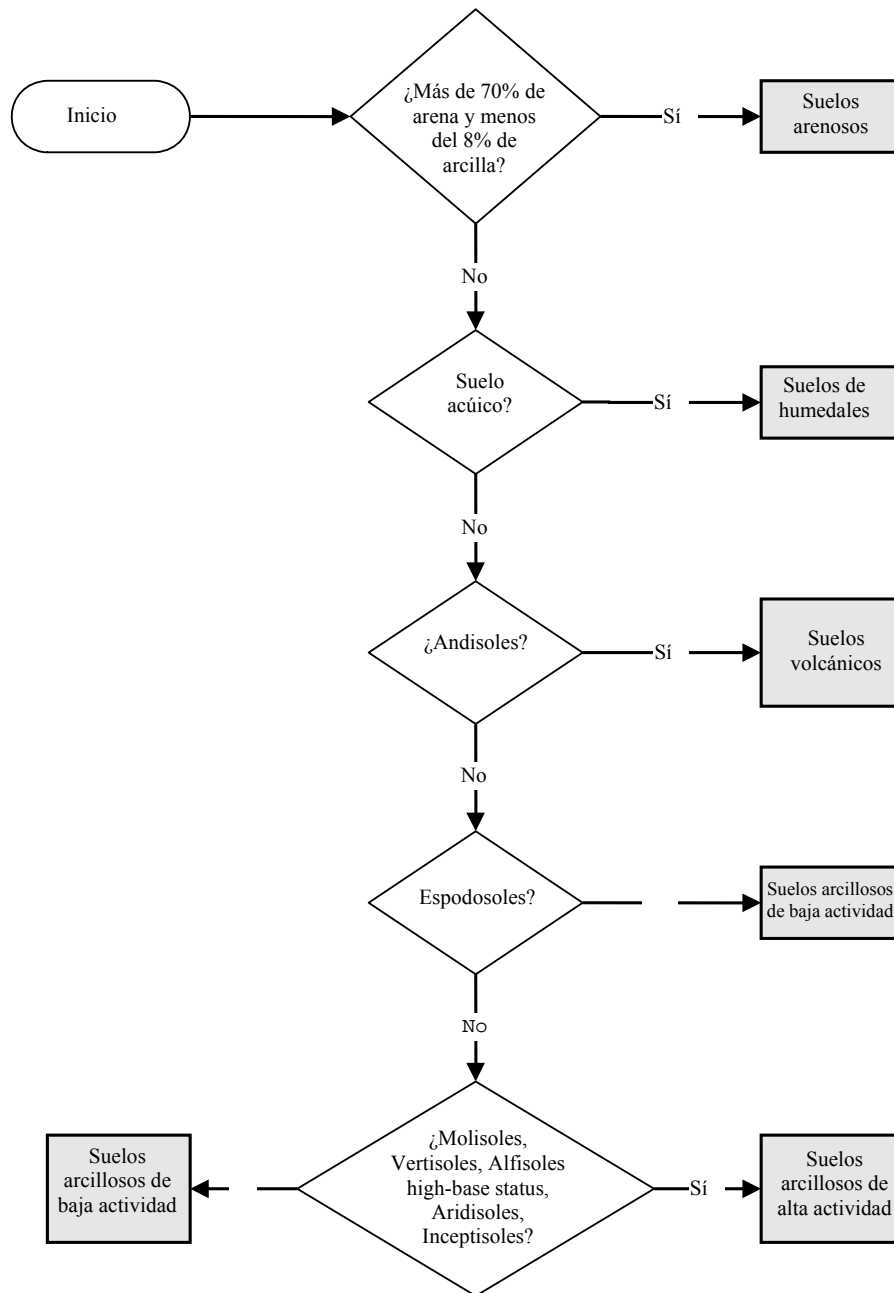
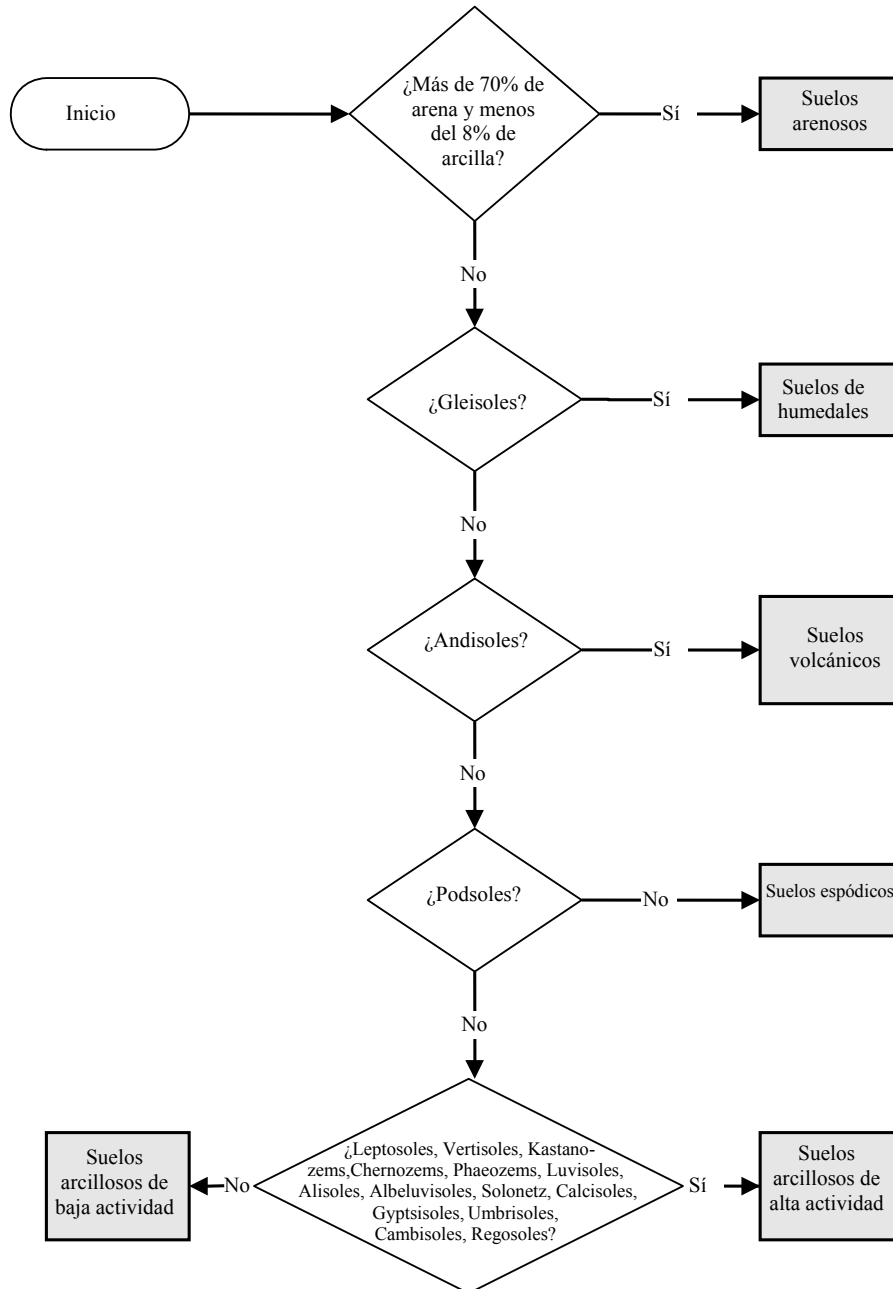


Figura 3A.5.4 Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la clasificación de la Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo (WRB, del inglés *World Reference Base for Soil Resources*)



Referencias

- Congalton, R.G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* **37**(1), pp. 35-46.
- Darby, H.C. (1970). Doomsday Book – The first land utilization survey. *The Geographical Magazine* **42**(6), pp. 416 – 423.
- FAO (1995). Planning for Sustainable use of Land Resources: Towards a New Type. Land and Water Bulletin 2, Food and Agriculture Organisation, Rome Italy, 60 pp.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- Scott, C.T. and Kohl, M. (1994). Sampling with partial replacement and stratification. *Forest Science* **40** (1):30-46.
- Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data. *Int. J. Remote Sensing* **10**(6), pp. 989 – 1003.
- Swanson, B.E., Bentz, R.P. and Sofranco, A.J. (Eds.). (1997). Improving agricultural extension. A reference manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- USGS (2001). <http://edcdaac.usgs.gov/glcc/>