

# **BASE PARA LA REPRESENTACIÓN COHERENTE DE ÁREAS DE TIERRA**

## **AUTORES Y EDITORES REVISORES**

### **Autores principales coordinadores**

Ronnie Milne (Reino Unido) y Bubu Pateh Jallow (Gambia)

### **Autores principales**

Dominique Arrouays (Francia), Peter Beets (Nueva Zelandia), Paul Drichi (Uganda), Ismail Bin Harun (Malasia), James Hrubovcak (Estados Unidos), Ted Huffman (Canadá), William Irving (Estados Unidos), Michael Koehl (Alemania), Erda Lin (China), Lennart Olsson (Suecia), Jim Penman (Reino Unido), Ryosuke Shibasaki (Japón), Brian Turner (Australia), Julio C.Vargas (Ecuador) y Ernesto F. Viglizzo (Argentina).

### **Autor colaborador**

Ralph Alig (Estados Unidos)

### **Editores revisores**

Mike Apps (Canadá) y Jose Domingo Miguez (Brasil)

# Índice

<b>2.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2.5</b>
<b>2.2</b>	<b>CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA</b>	<b>2.5</b>
<b>2.3</b>	<b>REPRESENTACIÓN DE ÁREAS DE TIERRA</b>	<b>2.7</b>
2.3.1	Introducción.....	2.7
2.3.2	Tres Procedimientos .....	2.8
2.3.2.1	Procedimiento 1: Datos básicos sobre el uso de la tierra .....	2.8
2.3.2.2	Procedimiento 2: Estudio de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra .....	2.10
2.3.2.3	Procedimiento 3: Datos sobre el uso de la tierra geográficamente explícitos .....	2.12
2.3.3	Utilización de los procedimientos.....	2.15
2.3.4	Incertidumbres asociadas con los procedimientos .....	2.18
<b>2.4</b>	<b>ELABORACIÓN DE BASES DE DATOS SOBRE USO DE LA TIERRA</b>	<b>2.19</b>
2.4.1	Utilización de datos preparados para otros fines.....	2.19
2.4.2	Recopilación de nuevos datos por métodos de muestreo.....	2.20
2.4.3	Recopilación de nuevos datos en inventarios completos .....	2.20
2.4.4	Instrumentos para la recopilación de datos .....	2.20
2.4.4.1	Técnicas de teledetección.....	2.20
2.4.4.2	Estudios de campo.....	2.23
<b>Anexo 2A.1</b>	<b>Ejemplos de procedimientos en distintos países</b>	<b>2.24</b>
<b>Anexo 2A.2</b>	<b>Ejemplos de conjuntos de datos internacionales sobre la cubierta terrestre</b>	<b>2.29</b>
	<b>Referencias</b>	<b>2.31</b>

## Figuras

Figura 2.3.1	Procedimiento 3: Evaluaciones directas y repetidas de uso de la tierra a partir de la cobertura espacial completa .....	2.13
Figura 2.3.2	Árbol de decisiones para la utilización de datos existentes en los procedimientos sobre área de tierra .....	2.16
Figura 2.3.3	Árbol de decisiones para elegir el procedimiento de área de tierra en los países en que no existen datos.....	2.17
Figura 2A.1.1	Etapas en la preparación de bases de datos sobre cobertura terrestre de Nueva Zelanda.....	2.27

## Cuadros

Cuadro 2.3.1	Ejemplo de procedimiento 1: Datos de uso de la tierra de que se dispone con cobertura territorial completa.....	2.9
Cuadro 2.3.2	Ejemplo de subdivisión de datos para el procedimiento 1 .....	2.10
Cuadro 2.3.3	Ejemplo de tabulación de todas las transiciones para el procedimiento 2 incluidas las subcategorías definidas nacionalmente.....	2.11
Cuadro 2.3.4	Ejemplo de datos del procedimiento 2 en una matriz de CUT con subdivisiones de categorías.....	2.12
Cuadro 2.3.5	Matriz de cambio de uso de la tierra simplificada como ejemplo de procedimiento 2.....	2.12
Cuadro 2.3.6	Resumen de incertidumbres con los procedimientos 1 a 3.....	2.18
Cuadro 2A.1.1	Matriz de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra para Estados Unidos .....	2.25
Cuadro 2A.1.2	Matriz de cambio de uso de la tierra para Escocia entre 1984 y 1990.....	2.26

## 2.1 INTRODUCCIÓN

Para estimar el carbono almacenado y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero asociadas con las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) se necesita información sobre el área de tierra. En este capítulo se trata de ofrecer orientaciones sobre la selección de métodos adecuados para identificar y representar áreas de tierra de la manera más coherente posible en los cálculos de los inventarios.

En la práctica, los países utilizan métodos que comprenden censos anuales, estudios periódicos y actividades de teledetección para obtener datos de superficie. A partir de esta posición, en el Capítulo 2 se ofrece una *orientación de buenas prácticas* sobre tres procedimientos para representar el área de tierra. Con estos procedimientos se trata de proporcionar los datos de área especificados en los Capítulos 3 y 4 para la estimación y presentación de informes sobre inventarios de gases de efecto invernadero relativos a diferentes categorías de tierra. Con los procedimientos se trata asimismo de utilizar en forma óptima los datos y los modelos disponibles, y de reducir, en la medida en que sea factible, las posibles duplicaciones y omisiones en las áreas de tierra sobre las que se informa. Los procedimientos descritos deben minimizar la posibilidad de que algunas áreas de tierra aparezcan en más de una actividad, en tanto que otras se descuidan. Los procedimientos y las orientaciones presentados aquí permiten tomar decisiones con conocimiento de causa sobre estas materias por quienes preparan inventarios de gases de efecto invernadero, pero no pretenden ser definitivos ni exhaustivos. Los procedimientos de *buena práctica* para representar las áreas deben tener las siguientes características generales:

- en primer lugar, los procedimientos deben ser *adecuados*, es decir, que representen las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero y las relaciones entre ellas y el uso de la tierra y los cambios en el uso de la tierra;
- en segundo lugar, deben ser *coherentes*, es decir, que representen la gestión y el cambio de uso de la tierra de manera coherente en el tiempo, sin resultar indebidamente afectados por discontinuidades artificiales en datos de series temporales o por efectos debidos a la interferencia de datos de muestreo con planes rotacionales o cíclicos de uso de la tierra (p. ej., el ciclo de cosecha-rebote en silvicultura, o ciclos gestionados de intensidad de trabajo del suelo en tierras agrícolas);
- en tercer término, los procedimientos deben ser *completos*, lo que quiere decir que han de incluirse todas las áreas de tierra de un país, con aumentos en algunas, compensados por disminuciones en otras cuando esto ocurra realmente, y se deben reconocer subconjuntos de tierra utilizada para la estimación y la presentación de informes con arreglo a las definiciones convenidas en los Acuerdos de Marrakech para las Partes en el Protocolo de Kyoto;
- por último, los procedimientos deben ser *transparentes*, es decir, han de describirse claramente las fuentes de datos, las definiciones, las metodologías y los supuestos.

## 2.2 CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA

En esta sección se describen seis amplias categorías<sup>1</sup> de tierra. Se puede considerar que son las categorías superiores para representar áreas de tierra en un país. Las categorías son coherentes con las *Directrices del IPCC* y los requisitos de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, y se pueden subdividir además según se describe en los Capítulos 3 y 4. Las categorías son suficientemente generales para clasificar todas las áreas de tierra en la mayoría de los países y conciliar diferencias en los sistemas de clasificación nacionales. Estos sistemas se deben utilizar en forma coherente en el tiempo. Se trata de utilizar las categorías junto con los procedimientos descritos en las secciones subsiguientes del presente capítulo, con el fin de facilitar la estimación coherente del uso de la tierra en el tiempo. Esto no quiere decir que las variaciones en el carbono almacenado o en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero han de estimarse o notificarse para superficies respecto a las cuales las *Directrices del IPCC* o, en el caso de algunos países, los Acuerdos de Marrakech, no lo exigen<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Las categorías básicas son generalmente coherentes con el trabajo en curso sobre armonización de definiciones relativas a los bosques por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el IPCC, la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) y el Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR) (FAO, 2002), con definiciones sobre silvicultura y otros tipos de uso de la tierra del United States Geological Survey (USGS (2001)), FAO (1986, 1995) descritas por el IPCC (2000), y con las definiciones adoptadas para el uso de la tierra conforme al Protocolo de Kyoto y a los Acuerdos de Marrakech (FCCC/CP/2001/13/Add. 1, pág. 61).

<sup>2</sup> Las variaciones del carbono almacenado y en las emisiones de gases de efecto invernadero en tierra no gestionada no se comunican en las *Directrices del IPCC*, si bien es necesario informar cuando la tierra no gestionada está sometida a conversión.

Se reconoce que las denominaciones de estas categorías de tierras son una combinación de clases de cubierta forestal (p. ej., tierras forestales, praderas, humedales) y uso de la tierra (p. ej., tierras agrícolas, asentamientos). A fines prácticos, se hace referencia a ellas como categorías de uso de la tierra. Estas categorías particulares se han elegido porque son:

- razonablemente coherentes con las *Directrices del IPCC*;
- sólidas como base para la estimación del carbono;
- razonablemente cartografiables por métodos de teledetección; y
- completas en el sentido de que todas las áreas de tierra se deben representar en una u otra categoría.

Habrán que actuar con cuidado al deducir el uso de la tierra de estas categorías. Por ejemplo, en algunos países se puede pastar en superficies considerables de la categoría de tierras forestales, y se puede recoger leña de árboles dispersos en las tierras de la categoría de praderas. Estas áreas con diferentes usos pueden ser suficientemente importantes para que los países las consideren por separado, en cuyo caso es una *buena práctica* hacer subcategorías de esas clases adicionales de las categorías principales sugeridas y tener la seguridad de que se tomarán en consideración todas las tierras.

Los países utilizarán sus propias definiciones de estas categorías, que, por supuesto, se refieren a definiciones aceptadas internacionalmente, como las de la FAO, la Ramsar, etc. Por esa razón no se dan aquí otras definiciones, salvo las descripciones generales. La tierra gestionada puede distinguirse de la no gestionada porque no se limita a la producción sino que cumple también funciones ecológicas y sociales. Las definiciones detalladas y el método nacional para distinguir entre tierra no gestionada y gestionada se deben describir en forma transparente.

Las principales categorías de tierra para informar sobre los inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) son las siguientes:

#### **i) Tierras forestales**

Esta categoría comprende toda la tierra con vegetación leñosa coherente con umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de GEI subdivididas a nivel nacional y cultivadas y no cultivadas, y también por tipo de ecosistema, según se especifica en las *Directrices del IPCC*.<sup>3</sup> También comprende sistemas con vegetación actualmente inferior al umbral de la categoría de tierras forestales, pero que se espera que lo rebase.

#### **ii) Tierras agrícolas**

Esta categoría comprende tierras de cultivo y labranza, y sistemas agroforestales donde la vegetación no llega al umbral utilizado para la categoría de tierra forestal, con arreglo a la selección de definiciones nacionales.

#### **iii) Praderas**

Esta categoría comprende los pastizales y la tierra de pastoreo que no se considera tierra agrícola. También comprende sistemas con vegetación inferior al umbral utilizado en la categoría de tierras forestales y no se espera que rebase, sin intervención humana, los umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. Esta categoría comprende asimismo todas las praderas, desde las tierras incultas hasta las zonas recreativas, así como los sistemas agrícolas y de silvopastoreo, subdivididos en gestionados y no gestionados, de acuerdo con las definiciones nacionales.

#### **iv) Humedales**

Esta categoría comprende la tierra cubierta o saturada por agua durante la totalidad o parte del año (p. ej., turbera) que no entra en las categorías de tierras forestales, tierras agrícolas, pastizales o asentamientos. Esta categoría puede subdividirse en gestionados y no gestionados, según las definiciones nacionales. Comprende embalses como subdivisión gestionada y ríos y lagos naturales como subdivisiones no gestionadas.

#### **v) Asentamientos**

Esta categoría comprende toda la tierra desarrollada, con inclusión de la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de todo tamaño, a menos que estén ya incluidos en otras categorías. Esto debe ser coherente con la selección de definiciones nacionales.

---

<sup>3</sup> La gestión de bosques tiene un significado particular en los acuerdos de Marrakech, por lo que tal vez haya que subdividir el bosque gestionado según se describe en el Capítulo 4.

## vi) Otras tierras<sup>4</sup>

Esta categoría comprende suelo desnudo, roca, hielo y todas las áreas de tierra no gestionadas que no entran en ninguna de las otras cinco categorías. Cuando se dispone de datos, permite equiparar el total de las áreas de tierra identificadas con el área nacional.

Al aplicar estas categorías, los organismos encargados de los inventarios deben clasificar la tierra en una sola categoría para impedir el doble cómputo. Si el sistema de clasificación de tierras de un país no corresponde a las categorías i) a vi) descritas anteriormente, es una *buena práctica* combinar o separar las clases de tierra existentes de este sistema de clasificación de uso de la tierra con el fin de utilizar las categorías aquí expuestas, e informar sobre el procedimiento adoptado. También es una *buena práctica* especificar las definiciones nacionales de todas las categorías utilizadas en el inventario e informar de cualesquiera valores umbral o de parámetros utilizados en las definiciones. Cuando se modifican o elaboran por primera vez sistemas nacionales de clasificación de la tierra es una *buena práctica* asegurar su compatibilidad con las clases de uso de la tierra i) a vi).

Las categorías generales enumeradas anteriormente ofrecen el marco para una nueva subdivisión por actividad, régimen de gestión, zona climática y tipo de ecosistema, según sea necesario para atender las necesidades de los métodos de evaluación de las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero descritas en el Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS) en el Capítulo 4 (Métodos complementarios y Orientación sobre las buenas prácticas que emanan del Protocolo de Kyoto) y permiten la comparación con las categorías 5A a 5E de las *Directrices del IPCC*. En la Sección 3.1.2 y en el Cuadro 3.1.1 (Correspondencias entre las secciones del Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC* de 1996 y las secciones del Capítulo 3 de la presente Orientación) se describe la manera de relacionar la estructura de los métodos descritos en este informe con los métodos de las *Directrices del IPCC*.

## 2.3 REPRESENTACIÓN DE ÁREAS DE TIERRA

### 2.3.1 Introducción

En esta sección se describen tres procedimientos para representar áreas de tierra utilizando las categorías generales definidas en la sección anterior. Se presentan a continuación con el fin de proporcionar más información. En el procedimiento 1 se identifica la superficie total de cada categoría de uso de la tierra, pero no se proporciona en él información detallada sobre variaciones de superficie entre categorías y se limita únicamente al nivel nacional o regional. En el procedimiento 2 se presenta la manera de seguir los cambios de uso de la tierra entre categorías. En el procedimiento 3 se amplía el procedimiento 2, pues permite seguir los cambios de uso de la tierra sobre una base espacial.

Los procedimientos no se presentan como niveles jerárquicos; no se excluyen mutuamente, y en la combinación de procedimientos elegidos por un organismo encargado del inventario se deben reflejar las necesidades de cálculo y las circunstancias nacionales. Un procedimiento puede aplicarse de manera uniforme a todas las áreas y categorías de uso de la tierra en un país, o bien pueden aplicarse diferentes procedimientos a diferentes regiones o categorías y en diferentes intervalos de tiempo. En todos los casos, es una *buena práctica* caracterizar y tener en cuenta todas las áreas de tierra pertinentes de un país. Utilizando la *buena práctica* en la aplicación de cualquiera de los procedimientos se logrará mayor exactitud y precisión en la estimación de la superficie a fines de inventario. En la Sección 2.3.3 (Utilización de los procedimientos) figuran los árboles de decisiones para ayudar a elegir un procedimiento apropiado o una combinación de procedimientos.

En todos los procedimientos hay que reunir datos para estimar las tendencias históricas en el uso de la tierra, que son necesarios para los métodos de inventario descritos en las *Directrices del IPCC* y en los Capítulos 3 y 4 de la presente Orientación. La cantidad de datos históricos requeridos se basará en el tiempo necesario para que el carbono almacenado alcance el equilibrio (con frecuencia 20 años en los métodos por defecto del IPCC, pero más en el caso de sistemas templados y boreales). Cuando se dispone de datos independientes, es una *buena práctica* verificar las estimaciones basadas en interpolación o extrapolación utilizando los métodos establecidos en el Capítulo 5, Sección 5.7 de esta Orientación. Todos los procedimientos pueden hacer aportaciones a los cálculos de incertidumbre de que se trata en el Capítulo 5 (Cuestiones multisectoriales).

A continuación se ofrece un ejemplo hipotético de cada procedimiento, junto con la descripción, y en el Anexo 2A.1 se dan ejemplos del mundo real.

<sup>4</sup> No es necesario evaluar los depósitos de carbono para esta categoría, se incluye con el fin de comprobar la coherencia global del área de tierra.

## 2.3.2 Tres procedimientos

### 2.3.2.1 PROCEDIMIENTO 1: DATOS BÁSICOS SOBRE EL USO DE LA TIERRA

El procedimiento 1 probablemente sea el más común de los utilizados actualmente para preparar estimaciones de emisiones y absorciones en las categorías 5A-5E de las *Directrices del IPCC*. En él se utilizan conjuntos de datos probablemente preparados para otros fines, como estadísticas sobre silvicultura o agricultura. Con frecuencia se combinarán varios conjuntos de datos para abarcar todas las clasificaciones de la tierra y las regiones de un país. La falta de un sistema de datos unificado puede conducir al doble cómputo o a la omisión, pues los organismos que intervienen pueden utilizar definiciones distintas del uso de la tierra específico para reunir sus bases de datos. En la Orientación se sugiere la manera de abordar este aspecto. La cobertura ha de ser, evidentemente, suficientemente completa para incluir todas las áreas de tierra afectadas por las actividades que figuran en el Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC*, pero pueden no abarcar categorías como ecosistemas, humedales o asentamientos no gestionados.

Para aplicar el procedimiento 1, es una *buena práctica*:

- armonizar definiciones entre las bases de datos independientes existentes y también con las categorías generales de uso de la tierra de la Sección 2.2 (Categorías de uso de la tierra) con el fin de minimizar lagunas y superposiciones. Por ejemplo, si en los conjuntos de datos sobre silvicultura y agricultura se incluyera la superficie forestal en las explotaciones agrícolas podría haber superposiciones. Con el fin de armonizar los datos, la superficie forestal sólo debe contarse una vez con fines de inventarios de gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta las definiciones de bosque adoptadas nacionalmente. Se debe disponer de información de los organismos encargados de los estudios sobre posibles superposiciones con fines de armonización. La armonización de las definiciones no significa que los organismos deban abandonar las definiciones que les son útiles. Es coherente con la *buena práctica* establecer la relación entre definiciones utilizadas con objeto de eliminar el doble cómputo y las omisiones. Esto debe hacerse mediante el conjunto de datos para mantener series temporales en forma coherente;
- asegurarse de que en las categorías de uso de la tierra utilizadas se pueden identificar todas las actividades pertinentes. Por ejemplo, si un país tiene que seguir una actividad de uso de la tierra como la gestión de bosques, el sistema de clasificación debe poder distinguir entre tierras forestales gestionadas y no gestionadas;
- asegurarse de que los métodos de adquisición de datos son fiables, están debidamente documentados desde el punto de vista metodológico y del tiempo, corresponden a una escala apropiada, y proceden de buenas fuentes. Una manera de lograr la fiabilidad es utilizar estudios que puedan relacionarse con las definiciones armonizadas. Cuando se disponga de fuentes de datos independientes se podrán comparar estudios de campo, que serán necesarios para verificar la exactitud de los datos de teledetección, donde se utilicen (véase el Capítulo 5.7 – Verificación). También se dispone de conjuntos de datos internacionales con fines de comparación (véase el Anexo 2A.2);
- aplicar en forma coherente las definiciones de categorías entre períodos. Por ejemplo, los países deben verificar si la definición de bosque ha variado con el tiempo en cuanto a cubierta de dosel y otros umbrales. Si se observan cambios, es una *buena práctica* corregir los datos utilizando los métodos de predicción retrospectiva descritos en el Capítulo 5, a fin de garantizar la coherencia en todas las series temporales, e informar sobre las medidas adoptadas;
- elaborar estimaciones de incertidumbre para las superficies de categoría de tierra y cambios en el área que se utilizarán en la estimación de variaciones de carbono almacenado, emisiones y absorciones (véase el Capítulo 5, Sección 5.3.4.1);
- evaluar si la suma de las áreas en las bases de datos de clasificación de tierras corresponde al área territorial total, habida cuenta del nivel de incertidumbre de los datos. Si la cobertura es total, la suma neta de todos los cambios entre dos períodos debe ser cero en las incertidumbres que intervengan. Cuando la cobertura sea parcial, la diferencia entre la superficie abarcada y la superficie territorial debe ser, en general, estable o variar lentamente con el tiempo, también dentro de las incertidumbres previstas en los datos. Si el balance varía rápidamente o (en el caso de cobertura total) las sumas no son iguales, es una *buena práctica* investigar, explicar e introducir las correcciones necesarias. En esas comprobaciones del área total se deben tener en cuenta las incertidumbres previstas en los estudios o censos anuales o periódicos que se hagan. La información sobre las incertidumbres previstas debe obtenerse de los organismos encargados de los estudios. Normalmente, siempre habrá diferencias entre la suma de las superficies que se consideran en los datos

disponibles y la superficie nacional. Es una *buena práctica* seguir esas diferencias y ofrecer una explicación de las causas probables. Las variaciones en el carbono almacenado y las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero debidas a la alteración en el tiempo de esas diferencias pueden deberse al cambio de uso de la tierra y, por lo tanto, tal vez haya que tenerlo en cuenta en el inventario de GEI requerido por los métodos establecidos en los Capítulos 3 y 4.

En los Cuadros 2.3.1 y 2.3.2 se muestran datos resumidos del área de tierra de un país hipotético (superficie total 140 Mha), utilizando las clasificaciones de tierra pertinentes en la localidad. El Cuadro 2.3.1 se ha preparado a nivel de las categorías i) a vi) y en el Cuadro 2.3.2 describe la misma información con ejemplos de subdivisiones para estimar el efecto de diversas actividades en que se utilizan los métodos del Capítulo 3. En el Cuadro 2.3.2 se indica asimismo dónde pueden encontrarse los métodos de inventario del Capítulo 3. Es una *buena práctica* preparar cuadros similares al Cuadro 2.3.1 o al Cuadro 2.3.2 como parte de los procedimientos de garantía de la calidad y control de la calidad (GC/CC) que se establecen en el Capítulo 5.

<b>CUADRO 2.3.1</b>		
<b>EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO 1:</b>		
<b>DATOS DE USO DE LA TIERRA DE QUE SE DISPONE CON COBERTURA TERRITORIAL COMPLETA</b>		
<b>Momento 1</b>	<b>Momento 2</b>	<b>Cambio de uso de la tierra entre los Momentos 1 y 2</b>
TF = 18	TF = 19	Tierras Forestales = +1
P = 84	P = 82	Praderas = -2
TA = 31	TA = 29	Tierras agrícolas = -2
H = 0	H = 0	Humedales = 0
A = 5	A = 8	Asentamientos = +3
O = 2	O = 2	Otras tierras = 0
<i>Suma</i> = 140	<i>Suma</i> = 140	<i>Suma</i> = 0
Nota: TF = tierras forestales, P = praderas, TA = tierras agrícolas, H = humedales, A = asentamientos, O = otras tierras. Los números representan unidades de superficie (en este ejemplo, MHa).		

La determinación de la superficie de cambio de uso de la tierra en cada categoría se basa en la diferencia de superficie en dos momentos determinados, bien con cobertura parcial o total del área de tierra. En el procedimiento 1 no es posible hacer ninguna especificación de cambios entre categorías a menos que se disponga de datos adicionales (lo cual introduciría, naturalmente, una combinación con el procedimiento 2). Los datos sobre la distribución de uso de la tierra pueden proceder originalmente de los datos de la muestra analizada, de mapas o de censos (como encuestas de terratenientes), pero es probable que no sean explícitos espacialmente<sup>5</sup> en la forma utilizada. La suma de todas las categorías de uso de la tierra pueden no ser igual a la superficie total del país o región que se considere, y el resultado neto de los cambios en el uso de la tierra puede no ser igual a 0. El resultado final de este procedimiento es un cuadro de uso de la tierra en momentos determinados.

<sup>5</sup> Cuando se considera la posibilidad de adoptar el procedimiento 2 o el 3, conviene investigar con los organismos encargados de la recopilación de datos si las fuentes de datos originales contienen datos espacialmente explícitos. Por ejemplo, los inventarios sobre bosques se obtienen normalmente de fuentes de datos espacialmente explícitos.

<b>CUADRO 2.3.2</b>					
<b>EJEMPLO DE SUBDIVISIÓN DE DATOS PARA EL PROCEDIMIENTO 1</b>					
Categoría de uso de la tierra Subcategoría de uso de la tierra	Área de tierra inicial Mha	Área de tierra final Mha	Cambio neto en superficie Mha	Métodos de la <i>Orientación sobre las buenas prácticas</i> Número de la sección en el Capítulo 3	Comentario sobre la subdivisión por actividades (a título de ejemplo únicamente)
<b>Total de tierras forestales</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>1</b>		
Tierras forestales (no gestionadas)	5	5	0		No incluida en las estimaciones de inventario
Tierras forestales zona A (con deforestación)	7	4	-3	3.2.1/3.4.2/3.6	
Tierras forestales zona B	6	6	0	3.2.1	No CUT. Puede ser necesario subdividirla para diferentes regímenes de gestión etc.
Forestación	0	4	4	3.2.2	Puede ser necesario subdividirla; p. ej., por tipo de ecosistema
<b>Total de praderas</b>	<b>84</b>	<b>82</b>	<b>-2</b>		
Praderas no mejoradas	65	63	-2	3.4.1/3.2.2/3.6	La disminución del área indica CUT. Puede ser necesario subdividirla para diferentes regímenes de gestión, etc.
Praderas mejoradas	19	19	0	3.4.1	Sin CUT. La disminución del área indica CUT. Puede ser necesario subdividirla para diferentes regímenes de gestión, etc.
<b>Total de tierras agrícolas</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>-2</b>		
Todas las tierras agrícolas	31	29	-2	3.3.1/3.2.2/3.6	La disminución del área indica CUT. Puede ser necesario subdividirla para diferentes regímenes de gestión, etc.
<b>Total de humedales</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>Total de asentamientos</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>3</b>		
Asentamientos existentes	5	5	0	3.6	
Nuevos asentamientos	0	3	3	3.6	
<b>Total de otras tierras</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	3.7.1	No gestionada – no incluida en las estimaciones de inventario
<b>Balance</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>140</b>	<b>140</b>	<b>0</b>		

Nota: "Inicial" es la categoría es un momento anterior a la fecha en que se realiza la evaluación, y "final" es la categoría en la fecha de evaluación. Las actividades con respecto a las cuales no se dispone de datos de ubicación deben identificarse mediante una nueva subdivisión de una categoría de tierra apropiada.

### 2.3.2.2 PROCEDIMIENTO 2: ESTUDIO DE USO DE LA TIERRA Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA

La principal característica del procedimiento 2 es que ofrece una evaluación a escala nacional o regional no sólo de las pérdidas o ganancias en el área de categorías de tierra específicas, sino lo que representan esos cambios (es decir, cambios de una categoría a otra). Por lo tanto, el procedimiento 2 comprende más información sobre cambios entre categorías. Para seguir los cambios en el uso de la tierra en este modo explícito normalmente habrá que estimar las categorías de uso de la tierra iniciales y finales, así como la superficie total de tierra no modificada por categoría. El resultado final de este procedimiento puede presentarse como una matriz de cambio y uso de la tierra no espacialmente explícita. La forma de la matriz consiste en un formato compacto para representar las zonas que han entrado en diferentes transiciones entre todas las categorías de uso de la tierra posibles. Las bases de datos sobre uso de la tierra existentes pueden tener suficientes detalles para este procedimiento, o tal vez sea necesario obtener datos mediante muestreo. Los datos de entrada pueden o no haber sido originalmente espacialmente explícitos (es decir, cartografiados o referenciados geográficamente de otro modo). Los datos de la muestra se extrapolarán utilizando la relación con la superficie pertinente total o la población total pertinente. Habrá que estudiar de nuevo periódicamente los datos de una muestra válida

estadística y espacialmente de lugares elegidos con arreglo a los principios establecidos en la Sección 5.3 (Muestreo) del Capítulo 5.

Aunque en el procedimiento 2 hay que utilizar más datos que en el procedimiento 1, se pueden tener en cuenta todas las transiciones en el uso de la tierra. Esto significa que los factores de emisión y absorción o los parámetros para la variación de la cantidad de carbono pueden elegirse de manera que reflejen diferencias en las variaciones de la cantidad de carbono en los sentidos opuestos de transiciones entre dos categorías cualesquiera, y se puedan tener en cuenta las diferencias en el carbono almacenado inicial asociadas con distintos usos de la tierra. Por ejemplo, la tasa de carbono orgánico en el suelo será normalmente muy superior mediante labores de labranza que la tasa de reacumulación si se abandona luego el cultivo, y el carbono almacenado inicial puede ser inferior para las transiciones de la tierra agrícola y a la de pasto.

Los puntos de *buena práctica* descritos para el procedimiento 1 se aplican también para el procedimiento 2, aunque con mayor grado de detalle, puesto que se dispone de la modalidad de cambio de uso de la tierra, y no sólo del cambio neto en cada categoría o subcategoría de tierra o fuera de ella.

En el Cuadro 2.3.3 se ilustra el procedimiento 2 utilizando los datos del ejemplo del procedimiento 1 (Cuadro 2.3.2), agregando información sobre todas las transiciones que tienen lugar. Esos datos pueden escribirse en la forma más compacta de una matriz, como se muestra en el Cuadro 2.3.4. Para ilustrar el valor añadido del procedimiento 2 y este formato de matriz de cambio de uso de la tierra, en el Cuadro 2.3.5 se repiten los datos del Cuadro 2.3.4 sin la subdivisión de las categorías de uso de la tierra, y esto puede compararse con la información más limitada del procedimiento 1 que figura en el Cuadro 2.3.1. En el Cuadro 2.3.5 pueden seguirse los cambios en las categorías de tierra y fuera de ellas, en tanto que en el Cuadro 2.3.1 sólo pueden detectarse los cambios netos en una categoría general. Cuando se utiliza el procedimiento 2, es una *buena práctica* preparar un cuadro similar al Cuadro 2.3.4 o al Cuadro 2.3.5, como parte de los procedimientos de GC/CC que se determinan en el Capítulo 5.

<b>CUADRO 2.3.3</b>			
<b>EJEMPLO DE TABULACIÓN DE TODAS LAS TRANSICIONES PARA EL PROCEDIMIENTO 2</b>			
<b>INCLUIDAS LAS SUBCATEGORÍAS DEFINIDAS NACIONALMENTE</b>			
<b>Uso de la tierra inicial</b>	<b>Uso de la tierra final</b>	<b>Área de tierra Mha</b>	<b>Métodos de la Orientación sobre las buenas prácticas Número de la sección en el Capítulo 3</b>
Tierras forestales (no gestionadas)	Tierras forestales (no gestionadas)	5	Excluido del inventario de GEI
Tierras forestales (gestionadas)	Tierras forestales (gestionadas)	10	3.2.1
	<i>(Zona forestal A Cuadro 2.3.2)</i>	4	
	<i>(Zona forestal B Cuadro 2.3.2)</i>	6	
Tierras forestales (gestionadas)	Praderas (pastoreo desigual)	2	3.4.2
Tierras forestales (gestionadas)	Asentamientos	1	3.6
Praderas (pastoreo desigual)	Praderas (pastoreo desigual)	56	3.4.1
Praderas (pastoreo desigual)	Praderas (mejoradas)	2	3.4.1
Praderas (pastoreo desigual)	Tierras forestales (gestionadas)	1	3.2.2
Praderas (pastoreo desigual)	Asentamientos	1	3.6
Praderas (mejoradas)	Praderas (mejoradas)	22	3.4.1
Praderas (mejoradas)	Tierras forestales (gestionadas)	2	3.2.2
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas	29	3.3.1
Tierras agrícolas	Tierras forestales (gestionadas)	1	3.2.2
Tierras agrícolas	Asentamientos	1	3.6
Humedales	Humedales	0	
Asentamientos	Asentamientos	5	3.6
Otras tierras	Otras tierras	2	Excluida del inventario de GEI
<b>TOTAL</b>		<b>140</b>	

Nota: Los datos son una versión subdividida de los del Cuadro 2.3.2. Las subcategorías se definen nacionalmente y se indican sólo a título de ejemplo. “Inicial” indica la categoría en un momento anterior a la fecha para la que se realiza la evaluación, y “final” la categoría en la fecha de evaluación.

<b>CUADRO 2.3.4</b>									
<b>EJEMPLO DE DATOS DEL PROCEDIMIENTO 2 EN UNA MATRIZ DE CUT CON SUBDIVISIONES DE CATEGORÍAS</b>									
Final \ Inicial	Tierras forestales (no gestionadas)	Tierras forestales (gestionadas)	Praderas (pastoreo desigual)	Praderas (mejoradas)	Tierras agrícolas	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	Superficie final
Tierras forestales (no gestionadas)	5								5
Tierras forestales (gestionadas)		10	1	2	1				14
Praderas (pastoreo desigual)		2	56						58
Praderas (mejoradas)			2	22					24
Tierras agrícolas					29				29
Humedales						0			0
Asentamientos		1	1		1		5		8
Otras tierras								2	2
<b>Superficie inicial</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>60</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>140</b>
<b>Cambio NETO</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>-2</b>	<b>0</b>	<b>-2</b>	<b>0</b>	<b>+3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Nota: Los totales de columnas y de líneas muestran los cambios netos en el uso de la tierra que se presentan en el Cuadro 2.3.2, pero subdivididos en subcategorías nacionales como en el Capítulo 2.3.3. “Inicial” indica la categoría en un momento anterior a la fecha para la que se realiza la evaluación, y “final” la categoría en la fecha de evaluación. Los cambios netos (última línea) son el área final menos el área inicial de cada una de las (sub) categorías que se muestran como encabezamiento de la columna correspondiente. Cuando no hay cifras es porque en esta transición no hay cambio de uso de la tierra.

<b>CUADRO 2.3.5</b>							
<b>MATRIZ DE CAMBIO DE USO DE LA TIERRA SIMPLIFICADA COMO EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO 2</b>							
<b>Matriz de cambio de uso de la tierra</b>							
Final \ Inicial	TF	P	TA	H	A	O	<i>Suma final</i>
<b>TF</b>	<b>15</b>	3	1				<b>19</b>
<b>P</b>	2	<b>80</b>					<b>82</b>
<b>TA</b>			<b>29</b>				<b>29</b>
<b>H</b>							
<b>A</b>	1	1	1		<b>5</b>		<b>8</b>
<b>OT</b>						<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Suma inicial</b>	<b>18</b>	<b>84</b>	<b>31</b>		<b>5</b>	<b>2</b>	<b>140</b>

Nota:  
 TF = tierras forestales, P = praderas, TA = tierras agrícolas, H = humedales,  
 A = asentamientos, O = otras tierras  
 Los números representan unidades de superficie (en este ejemplo, Mha).  
 En este ejemplo no hay humedales. Cuando no hay cifras es porque no hay cambio de uso de la tierra.

Probablemente muchos países tengan que proceder a otras subcategorías, por ejemplo para especies forestales o combinaciones de especies y tipo de suelo, cuando apliquen este procedimiento, a fin de proporcionar datos sobre las áreas de tierra necesarias para estimar cambios en el carbono almacenado, teniendo en cuenta la orientación del Capítulo 3. En el Cuadro 2.3.3 se ilustran posibles subdivisiones, y se indica donde hallar en Capítulo 3 orientaciones metodológicas sobre usos de la tierra o transiciones particulares.

### 2.3.2.3 PROCEDIMIENTO 3: DATOS SOBRE EL USO DE LA TIERRA GEOGRÁFICAMENTE EXPLÍCITOS

En el procedimiento 3 (que se resume en la Figura 2.3.1) se necesitan observaciones espacialmente explícitas del uso de la tierra y del cambio de uso de la tierra. Los datos pueden obtenerse por muestreo de puntos situados geográficamente, una compilación completa (cartografía total) o una combinación de ambos métodos.

El procedimiento 3 es muy amplio y relativamente sencillo, desde el punto de vista conceptual, pero para aplicarlo hacen falta muchos datos. La superficie elegida se subdivide en unidades espaciales como casillas o polígonos apropiados a la escala de variación de uso de la tierra y el tamaño unitario requerido para muestreo o enumeración completa. Las unidades espaciales han de utilizarse de manera coherente en el tiempo o se introducirán sesgos en el muestreo. Las unidades espaciales deben muestrearse utilizando mapas con datos preexistentes (normalmente en un Sistema de Información Geográfica (SIG)) y/o en el terreno, y los usos de la tierra se deben observar o deducir, registrándose en los intervalos de tiempo que se requieren en los métodos del Capítulo 3 ó 4. Si se utiliza la cartografía total puede emplearse un procedimiento basado en polígonos que equivalga a un procedimiento de retícula (véase la Figura 2.3.1). Las observaciones pueden obtenerse mediante teledetección, visitas *in situ*, entrevistas orales o cuestionarios. Las unidades de muestreo pueden ser puntos, o superficies de 0,1 ha a un kilómetro cuadrado o más, según la finalidad de la muestra. Las unidades se pueden muestrear estadísticamente en un intervalo más amplio que se utilizaría para la cobertura completa, elegido a intervalos regulares o irregulares, y se pueden concentrar en superficies donde se esperan cambios en el uso de la tierra. Los datos registrados pueden corresponder al uso de la tierra en un punto o en una unidad de muestreo a la vez, pero también pueden comprender datos sobre el cambio de uso de la tierra en una unidad de muestreo entre los años abarcados por el muestreo.

Para aplicar efectivamente el procedimiento 3 el muestreo ha de ser suficiente para poder realizar la interpolación espacial y producir así un mapa de uso de la tierra. Los métodos de muestreo y las incertidumbres conexas se tratan en la sección de muestreo del Capítulo 5 (Sección 5.3). Todas las actividades de UTCUTS en cada unidad espacial o colección de unidades se siguen luego en el tiempo (periódicamente, pero no necesariamente cada año) y se registran individualmente, en general en un SIG. Como el procedimiento 3 es similar al procedimiento 2, para este procedimiento, como parte de los utilizados para GC/CC establecidos en el Capítulo 5, se debe preparar un resumen del Cuadro 2.3.4 o del Cuadro 2.3.5, según se describe en el procedimiento 2.

**Figura 2.3.1 Procedimiento 3: Evaluaciones directas y repetidas de uso de la tierra a partir de la cobertura espacial completa**

### Descripción

En el procedimiento 3, el país se subdivide en unidades espaciales como casillas o pequeños polígonos. En este ejemplo se utilizan las casillas para la subdivisión de la superficie. Las casillas se muestrean por teledetección y estudios de campo, a fin de determinar las superficies del uso de la tierra cuya extensión estimada se muestra mediante las líneas grises debajo de la casilla. La teledetección permite la cobertura completa de todas las casillas (Figura 2.3.1A) en la interpretación de uso de la tierra. Se pueden realizar estudios de campo en una muestra de casillas, y utilizarlos para determinar directamente el uso de la tierra, así como para ayudar a interpretar datos obtenidos por teledetección. La muestra de casillas se puede distribuir regularmente (Figura 2.3.1B) o irregularmente (Figura 2.3.1C), por ejemplo, para ofrecer una mayor cobertura donde es más probable el CUT. Los mapas pueden prepararse utilizando las casillas, que también se pueden agrupar en polígonos (Figura 2.3.1D). El resultado final del procedimiento es una matriz de cambio y uso de la tierra espacialmente explícita.

### Momento 1

### Momento 2

Figura 2.3.1A

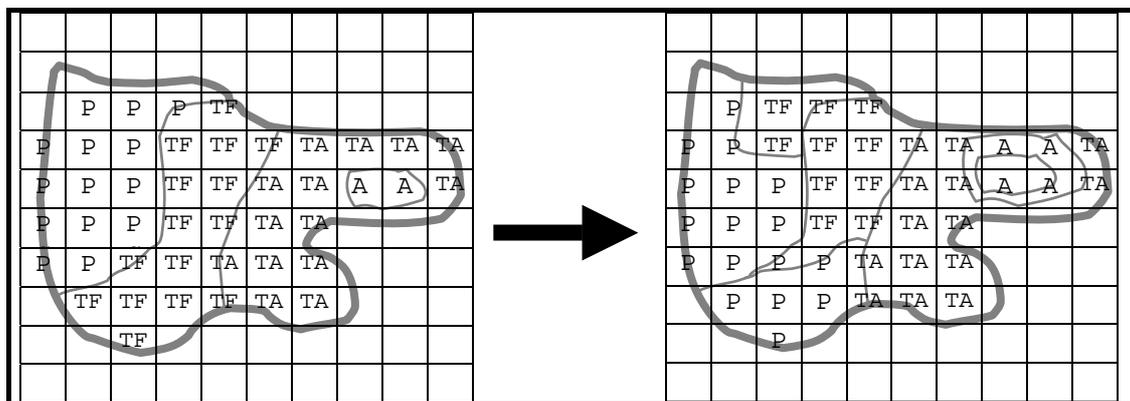


Figura 2.3.1.B

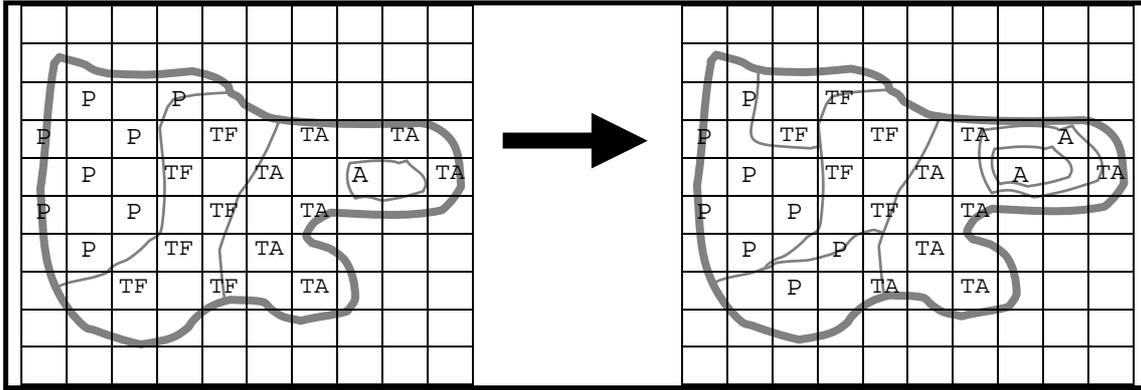


Figura 2.3.1C

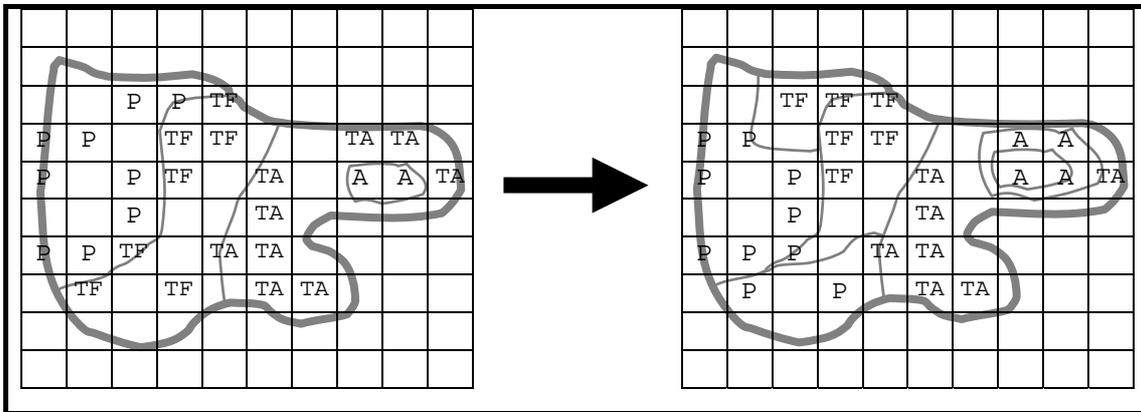
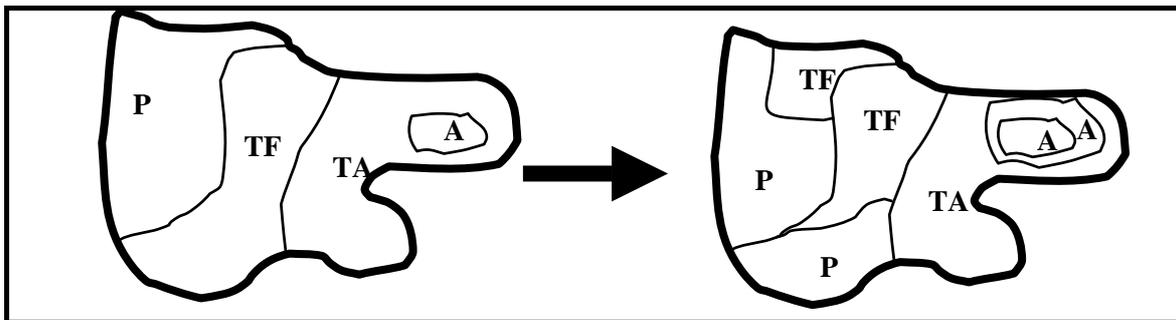


Figura 2.3.1D



Nota: TF = tierras forestales, P = praderas, TA = tierras agrícolas, A = asentamientos.

Utilizando una casilla o polígonos, los datos a escala fina pueden representar directamente unidades de tierra en que ha habido forestación, reforestación o deforestación según el párrafo 3 del artículo 3. Se puede disponer de datos reticulares obtenidos por teledetección, que normalmente se combinarán con mapas con datos auxiliares (como mapas de inventarios forestales o del suelo) para mejorar la exactitud de la clasificación de uso de la tierra. La elaboración de modelos para relacionar los datos obtenidos por teledetección con los datos verificados en tierra es un proceso sumamente especializado, por lo que se trata con más detalle en la Sección 2.4.4.1 (Técnicas de teledetección).

Al utilizar el procedimiento 3, es una *buena práctica*:

- utilizar una estrategia de muestreo coherente con los procedimientos y el asesoramiento que figuran en la Sección 2.4.2 y en la Sección 5.3 del Capítulo 5. Con esta estrategia se debe asegurar que los datos no están sesgados, y en caso necesario puede aumentarse la escala. Tal vez haya que modificar en el transcurso del tiempo el número y la ubicación de las unidades de muestreo para que sigan siendo representativas. En la Sección 5.3.3 (Diseño de muestreo) del Capítulo 5 se asesora sobre la evolución en el tiempo;
- cuando se utilizan datos de teledetección, elaborar un método para su interpretación en categorías de tierra utilizando datos terrestres de referencia según se establece en la Sección 2.4.4.1 (Técnicas de teledetección). Con tal fin, se pueden utilizar inventarios forestales convencionales o datos de otros estudios. Es preciso evitar la posible clasificación errónea de tipos de tierra: p. ej., puede ser difícil distinguir los humedales de las tierras forestales utilizando exclusivamente datos de teledetección, por lo que se requieren datos auxiliares como sobre tipo de suelo o topografía. Por consiguiente, se puede establecer la exactitud de los mapas mediante datos de referencia terrestres según se describe en la misma sección. La técnica convencional es establecer una matriz<sup>6</sup> en la que se muestre, para una clasificación de tierra dada, la probabilidad de clasificación errónea entre las demás clasificaciones posibles;
- establecer intervalos de confianza para las áreas de categoría de tierra y los cambios en las áreas que utilizarán en la estimación de las variaciones de carbono almacenado, emisiones y absorciones (véase el Capítulo 5, Sección 5.3.4.1);
- derivar cuadros resumidos de las áreas nacionales con diferentes cambios de uso de la tierra (similares a los descritos en el procedimiento 2 con fines de GC/CC).

### 2.3.3 Utilización de los procedimientos

Las figuras 2.3.2 y 2.3.3 son árboles de decisiones para ayudar a elegir un procedimiento o una combinación de ellos apropiados para identificar áreas de uso de la tierra. Si se aplican en forma coherente con los requisitos de los Capítulos 3 a 5, los tres procedimientos se pueden utilizar para producir estimaciones de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero coherentes con la *buena práctica*. En general, el procedimiento 3 permitirá la representación espacial necesaria como aportación a modelos de carbono basados en el espacio (descrito en el Capítulo 3).

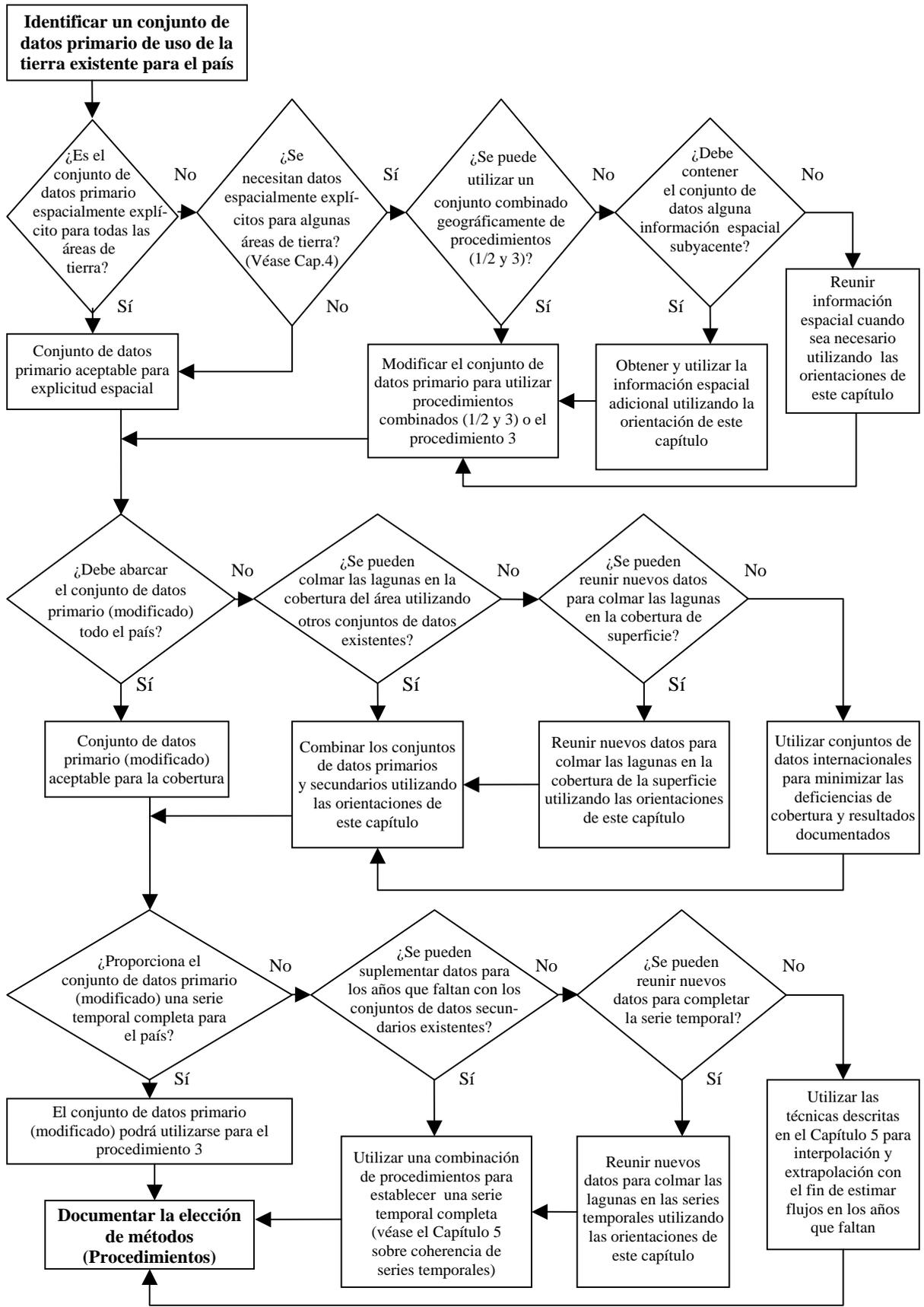
La utilización de uno o más procedimientos en un país dependerá, entre otros factores, de la variabilidad espacial, la magnitud de zonas remotas y sus posibilidades de acceso, la historia de la recopilación de datos biogeográficos, la disponibilidad de personal y recursos para la teledetección (en régimen de subcontratación, en caso necesario) y la disponibilidad de datos y/o modelos sobre carbono espacialmente explícitos. La mayoría de los países dispondrán de algunos datos existentes sobre uso de la tierra, y la finalidad del árbol de decisiones de la Figura 2.3.2 es ayudarles a utilizar esos datos de manera que satisfagan las orientaciones de este capítulo. Hay que adoptar tres decisiones esenciales: si los datos requeridos para los informes exigidos en el Protocolo de Kyoto son espacialmente explícitos, si los datos abarcan todo el país, y si proporcionan una serie temporal adecuada.

Para los pocos países que no disponen de datos se proporciona el árbol de decisiones de la Figura 2.3.3 con el fin de ayudarles a elegir un procedimiento o una combinación de procedimientos adecuados. En términos generales, las buenas posibilidades de acceso a todo el área de tierra y/o a recursos de teledetección limitados son indicadores de una mayor insistencia en métodos de estudios sobre el terreno para elaborar bases de datos acerca del uso de la tierra. Los países con más dificultades de acceso a algunos lugares, pero con acceso a buenos datos de teledetección deben considerar el procedimiento 3, insistiendo en la teledetección. El procedimiento 2 puede ser más apropiado en países donde el área de tierra es grande pero no se dispone de recursos para tratar los amplios datos de alta resolución que se requieren en el procedimiento 3. Los países con pocas posibilidades de acceso y recursos de teledetección limitados probablemente no puedan elaborar bases de datos apropiadas para el procedimiento 2 o el procedimiento 3, pero deben poder utilizar el procedimiento 1, bien a partir de datos de la FAO (base de datos sobre uso de la tierra y cubierta terrestre) u otras bases de datos disponibles internacionalmente (p. ej., véase el Anexo 2A.2).

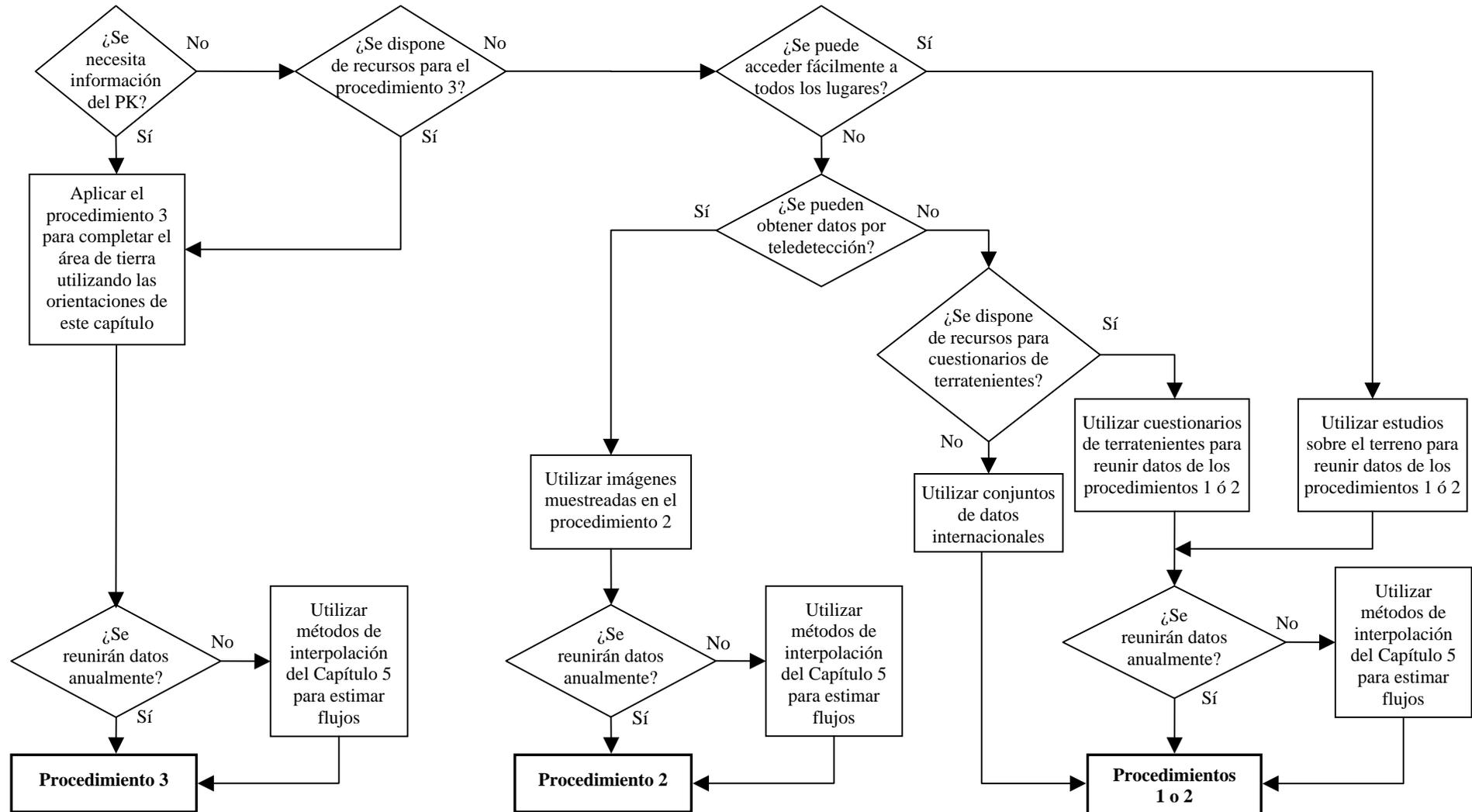
En diferentes períodos de tiempo pueden ser más eficaces otros procedimientos, o pueden ser necesarios para diversos fines de información. En el Capítulo 5 se ofrecen métodos para realizar equiparaciones de series temporales entre los diferentes períodos o usos que probablemente se requieran.

<sup>6</sup> Denominada a veces *matriz de confusión*.

**Figura 2.3.2** **Árbol de decisiones para la utilización de datos existentes en los procedimientos sobre área de tierra**



**Figura 2.3.3** Árbol de decisiones para elegir el procedimiento de área de tierra en los países en que no existen datos



## 2.3.4 Incertidumbres asociadas con los procedimientos

La *buena práctica* exige reducir las incertidumbres lo más posible, y en el Capítulo 5.2 (Identificación y cuantificación de las incertidumbres) se establecen métodos para cuantificarlas. En esos métodos hay que disponer de estimaciones de la incertidumbre. Si bien la incertidumbre asociada con los procedimientos 1 a 3 depende, evidentemente, de la manera de aplicarlos y de la calidad de los datos disponibles, es posible dar una indicación de lo que puede lograrse en la práctica. En el Cuadro 2.3.6 se indican las fuentes de incertidumbre que intervienen, la base para reducir las incertidumbres y los niveles indicativos de incertidumbre en condiciones que pueden presentarse en la práctica.

Las fuentes de incertidumbre de la superficie tenderán a aumentar del procedimiento 1 al procedimiento 3 porque en la evaluación entran sucesivamente más datos. Sin embargo, esto no quiere decir que aumente la incertidumbre, en razón de las comparaciones adicionales que permiten los nuevos datos y de la reducción general de incertidumbres debido a la anulación de errores familiares en estadística. La principal diferencia entre el procedimiento 1 y los procedimientos 2 y 3 es que las incertidumbres porcentuales sobre los cambios en el área de tierra probablemente sean mayores en el procedimiento 1. Esto se debe a que los cambios en el uso de la tierra en el procedimiento 1 se derivan de diferencias en superficies totales. Con el procedimiento 1, la incertidumbre en la diferencia se situará entre 1 y 1,4 veces la incertidumbre en superficies comparadas, dependiendo del grado de correlación entre los estudios. Con el procedimiento 3 se produce información detallada espacialmente explícita, que puede necesitarse, por ejemplo, para algunos métodos de modelización o para información sobre actividades del Protocolo de Kyoto. En esos casos se necesitará información espacial adicional si se utilizan los procedimientos 1 ó 2 para la identificación de área de tierra. Los requisitos del Protocolo de Kyoto se indican en el Capítulo 4, Sección 4.2.2.

<b>CUADRO 2.3.6</b>			
<b>RESUMEN DE INCERTIDUMBRES CON LOS PROCEDIMIENTOS 1 A 3</b>			
	<b>Fuentes de incertidumbre</b>	<b>Medios para reducir la incertidumbre</b>	<b>Incertidumbre indicativa después de comparaciones</b>
Procedimiento 1	Las fuentes de incertidumbre pueden comprender algunos o todos los aspectos siguientes, dependiendo de la naturaleza de la fuente de datos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• error en los resultados de censos;</li> <li>• diferencias de definición entre organismos;</li> <li>• diseño de muestreo;</li> <li>• interpretación de muestras.</li> </ul> Además: En el procedimiento 1 no se pueden realizar comparaciones sobre cambios de superficie entre categorías, por lo que tenderán a aumentar las incertidumbres.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar la relación coherente con la superficie nacional;</li> <li>• corregir las diferencias en las definiciones;</li> <li>• consultar a organismos de estadísticas sobre las probables incertidumbres que intervengan;</li> <li>• comparar con conjuntos de datos internacionales.</li> </ul>	Entre un pequeño porcentaje y el 10% del área de tierra total en cada categoría.  Mayor porcentaje de incertidumbre para cambios en la superficie derivados de estudios sucesivos.  Cuando se utilizan datos preparados para otros fines, los errores sistemáticos pueden ser importantes.
Procedimiento 2	Como el procedimiento 1 con capacidad para realizar comparaciones.	Como anteriormente, mas comprobaciones de coherencia de cambios entre categorías en la matriz.	Entre un pequeño porcentaje y el 10% del área de tierra total en cada categoría, y más para cambios en la superficie, puesto que se derivan directamente.
Procedimiento 3	Como el procedimiento 2, mas incertidumbres vinculadas a la interpretación de datos de teledetección, cuando se utilizan.	Como en el procedimiento 2, mas análisis formal de incertidumbres utilizando principios establecidos en el Capítulo 5.	Como en el procedimiento 2, pero las superficies que intervienen se pueden identificar geográficamente. Sin embargo, utilizando el procedimiento 3 puede determinarse con más precisión la cantidad de incertidumbre que para el procedimiento 2.

## 2.4 ELABORACIÓN DE BASES DE DATOS SOBRE USO DE LA TIERRA

Las bases de datos sobre uso de la tierra necesarias para los inventarios de gases de efecto invernadero pueden elaborarse generalmente de tres maneras:

- utilizando las bases de datos existentes preparadas para otros fines;
- recurriendo al muestreo, y
- utilizando inventarios de tierra completos.

En las subsecciones siguientes se ofrece una opinión general de *buena práctica* sobre la utilización de estos tipos de datos para que la consideren los organismos encargados de los inventarios en consulta con otros organismos responsables de proporcionar datos estadísticos en los países. Quienes preparan los inventarios pueden no intervenir en la recopilación detallada de datos de teledetección o datos de estudios sobre el terreno, pero pueden utilizar las orientaciones que se dan aquí para ayudar a planificar mejoras de los inventarios y comunicarse con expertos en estas materias.

### 2.4.1 Utilización de datos preparados para otros fines

Para clasificar la tierra se pueden utilizar dos tipos de bases de datos disponibles. En muchos países se dispondrá de conjuntos de datos nacionales como los considerados seguidamente. También los organismos encargados de los inventarios pueden utilizar conjuntos de datos internacionales. A continuación se describen ambos tipos de bases de datos.

#### Bases de datos nacionales

Los procedimientos 1 y 2 se fundarán normalmente en datos existentes, actualizados anual o periódicamente. Las fuentes típicas de datos comprenden inventarios forestales, censos agrícolas y otros estudios, censos de tierra urbana y natural, datos sobre registro de la tierra y mapas. La utilización de esta información se ilustra mediante ejemplos en el Anexo 2A.1: Ejemplos de procedimientos en distintos países. En la Sección 2.3.2.1 se señala una *buena práctica* para la utilización de este tipo de datos.

#### Bases de datos internacionales

Se han realizado varios proyectos para elaborar conjuntos de datos internacionales sobre uso de la tierra y cubierta terrestre a escalas regional y a mundial (en el Anexo 2A.2 se enumeran algunos de esos conjuntos de datos). Casi todos esos conjuntos de datos se almacenan como datos en rejilla<sup>7</sup> generados utilizando diferentes clases de imágenes satelitales obtenidas por teledetección, complementadas por datos terrestres de referencia obtenidos mediante estudios sobre el terreno o la comparación con estadísticas y mapas existentes. Esos conjuntos de datos pueden utilizarse para:

- estimar la distribución espacial del uso de la tierra. Normalmente, en los inventarios convencionales figura sólo la suma total de la superficie de uso de la tierra por clases. La distribución espacial se puede reconstruir utilizando datos internacionales sobre uso de la tierra y cubierta terrestre como datos auxiliares cuando no se disponga de datos nacionales;
- evaluar la fiabilidad de los conjuntos de datos sobre uso de la tierra existentes. La comparación entre conjuntos de datos nacionales e internacionales independientes puede indicar discrepancias aparentes y su comprensión puede aumentar la confianza en los datos nacionales y/o mejorar la posibilidad de utilizar los datos internacionales si se necesitan para fines como extrapolación.

Al utilizar un conjunto de datos internacionales, es una *buena práctica* considerar lo siguiente:

- el plan de clasificación (p. ej., definición de clases de uso de la tierra y sus relaciones) puede diferir del plan del sistema nacional. La equivalencia entre los sistemas de clasificación utilizados por el país y los sistemas descritos en la Sección 2.2 (Categorías de uso de la tierra) ha de establecerse, pues, poniéndose en contacto con el organismo internacional y comparando sus definiciones con las utilizadas nacionalmente;
- la resolución espacial (normalmente 1 km nominal, pero a veces de un orden de magnitud más en la práctica) puede ser gruesa, por lo que para mejorar las posibilidades de comparación tal vez sea necesario agregar datos nacionales;

<sup>7</sup> Por datos en rejilla se entiende la información almacenada en una retícula regular de puntos, por oposición a datos poligonales, que es información almacenada como las coordenadas de una zona delimitadora que comparte un atributo común.

- puede haber exactitud en la clasificación y errores en la referencia geográfica, aunque en sitios de muestreo se realizan habitualmente varias pruebas de exactitud. Los organismos responsables deben disponer de detalles sobre cuestiones de clasificación y las pruebas realizadas;
- en lo que respecta a datos nacionales, interpolación o extrapolación probablemente sea necesario elaborar estimaciones para que los períodos correspondan a las fechas requeridas para la información a la CMCC o en virtud del Protocolo de Kyoto.

## 2.4.2 Recopilación de nuevos datos por métodos de muestreo

Las técnicas de muestreo para estimar áreas y cambios en superficies se aplican cuando las compilaciones totales por mediciones directas sobre el terreno o las evaluaciones por técnicas de teledetección no son factibles o darían resultados inexactos. Es una *buena práctica* aplicar conceptos de muestreo basados en el muestreo descrito en la Sección 3 del Capítulo 5, y disponer así de procedimientos de estimación coherentes y no sesgados y que den estimaciones precisas.

Según se dice en la Sección 3 del Capítulo 5, una *buena práctica* para el muestreo entraña normalmente una serie de unidades de muestreo situadas en una retícula regular en el área de inventario. Luego se asigna una clase de uso de la tierra a cada unidad de muestreo. Las unidades de muestreo pueden utilizarse para derivar las proporciones de categorías de uso de la tierra en la superficie de inventario. Multiplicando las proporciones por el área total se obtienen estimaciones de la superficie de cada categoría de uso de la tierra. Cuando no se conoce la superficie total, se supone que cada unidad de muestreo representa una superficie específica. Luego se puede estimar el área de la categoría de uso de la tierra mediante el número de unidades de muestreo que entran en esta categoría.

Cuando en ocasiones sucesivas se repite el muestreo de superficies se pueden derivar cambios de área en el tiempo para construir matrices de cambio de uso de la tierra.

Si se aplica un método basado en muestras para evaluar las áreas se pueden calcular los errores de muestreo y los intervalos de confianza que sirven para cuantificar la fiabilidad de las estimaciones de superficie en cada categoría. Es una *buena práctica* utilizar el intervalo de confianza para verificar si los cambios observados en el área de las categorías son estadísticamente importantes y reflejan cambios significativos.

## 2.4.3 Recopilación de nuevos datos en inventarios completos

Para disponer de un inventario completo de uso de la tierra de todas las áreas en un país habrá que obtener mapas de uso de la tierra en la totalidad de su territorio a intervalos regulares.

Esto puede lograrse mediante técnicas de teledetección. Según se describe en el procedimiento 3 (Sección 2.3.2.3), los datos se utilizarán más fácilmente en un SIG basado en una serie de casillas o polígonos apoyados por datos verificados en tierra necesarios para lograr una interpretación no sesgada. Si la resolución de esos datos es suficientemente fina se puede utilizar directamente la información del Protocolo de Kyoto sobre las actividades pertinentes. Con el fin de elaborar datos del procedimiento 1 o del procedimiento 2 para todo el país o regiones apropiadas se pueden utilizar datos a escala gruesa.

También se puede realizar un inventario completo haciendo una encuesta entre todos los terratenientes, cada uno de los cuales habría de proporcionar datos adecuados cuando posean parcelas de tierra muy distintas. Entre los problemas propios del método figuran la obtención de datos a escalas más pequeñas que el tamaño de la parcela del propietario, y las dificultades para lograr una cobertura total sin superposiciones.

## 2.4.4 Instrumentos para la recopilación de datos

### 2.4.4.1 TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN

Como ya se ha dicho, los datos de teledetección son los adquiridos por sensores (ópticos o de radar) a bordo de satélites, o por cámaras provistas de películas ópticas o infrarrojas instaladas en la aeronave. Esos datos se clasifican normalmente para proporcionar estimaciones de la cubierta terrestre y su superficie correspondiente, y

en general se necesitan datos de trabajos de campo para disponer de una estimación de la exactitud de la clasificación. La clasificación puede hacerse mediante análisis visual de las imágenes o fotografías, o por métodos digitales (basados en computador). Las ventajas de la teledetección se deben a su capacidad para proporcionar información espacialmente explícita y una cobertura reiterada, incluida la posibilidad de abarcar grandes superficies, así como superficies alejadas a las que es difícil acceder de otro modo. Los archivos de datos de teledetección pasados abarcan también varios decenios, por lo que pueden utilizarse para reconstruir series temporales pasadas de cubierta terrestre y uso de la tierra. La dificultad de la teledetección está relacionada con el problema de la interpretación: las imágenes han de convertirse en información útil sobre uso de la tierra y ordenación de las tierras. Según el sensor del satélite, la adquisición de datos puede resultar degradada por la presencia de nubes atmosféricas y de calima. Otro motivo de preocupación, particularmente cuando se comparan datos sobre largos períodos, es que pueden cambiar los sistemas de teledetección. La teledetección es particularmente útil para obtener estimaciones de superficie de categorías de cubierta terrestre/uso de la tierra con el fin de ayudar a conocer áreas relativamente homogéneas que pueden servir de guía para seleccionar sistemas de muestreo y el número de muestras que han de recogerse. Para más información sobre teledetección y estadísticas espaciales véase Cressie (1993) y Lillesand *et al* (1999).

### **Tipos de datos de teledetección**

Los tipos de datos de teledetección más importantes son los de 1) fotografías aéreas, 2) imágenes de satélites utilizando bandas en el espectro visible y/o cerca del infrarrojo, y 3) imágenes de satélite o de radar a bordo (para las características de las principales plataformas de teledetección, véase el Cuadro 5.7.2). Para evaluar las diferentes categorías o regiones de uso de la tierra se pueden utilizar perfectamente combinaciones de diferentes tipos de datos de teledetección (p. ej., espectro visible/infrarrojo y radar; diferentes resoluciones espaciales o espectrales). Un sistema completo de teledetección para seguir el cambio de uso de la tierra puede comprender numerosas combinaciones de tipos de sensores y de datos con diversas resoluciones.

Los criterios importantes para seleccionar datos y productos de teledetección son:

- un sistema de clasificación de uso de la tierra adecuado;
- una resolución espacial apropiada (la unidad espacial más pequeña para evaluar los cambios en el uso de la tierra según el Protocolo de Kyoto es 0,05 ha);
- una resolución temporal apropiada para estimar los cambios en el uso de la tierra y en el carbono almacenado;
- la disponibilidad de una evaluación exacta;
- métodos transparentes aplicados en la adquisición y el tratamiento de datos; y
- la coherencia y la disponibilidad en el tiempo.

#### **1. Fotografías aéreas**

El análisis de fotografías aéreas puede revelar especies de árboles forestales y una estructura forestal de la que puede deducirse la distribución por edades relativa y la salud de los árboles (p. ej., pérdida de agujas en los bosques coníferos, pérdida de hojas y estrés en bosques caducifolios). En el análisis de la agricultura, la teledetección puede mostrar especies de cultivos, estrés de cultivos y cubierta forestal en sistemas agroforestales. La unidad espacial más pequeña que es posible evaluar depende del tipo de fotografías aéreas utilizadas, pero para productos normales es con frecuencia tan sólo de un metro cuadrado.

#### **2. Imágenes satelitales en longitudes de onda del espectro visible y cerca del infrarrojo**

A falta de otros medios, el uso de la tierra o la cubierta terrestre completos de grandes zonas (nacionales o regionales) puede facilitarse utilizando imágenes satelitales. Existe la posibilidad de obtener series de datos durante largos períodos de la zona deseada, puesto que el satélite pasa continua y regularmente sobre ella. En general, las imágenes generan un mosaico detallado de categorías bien definidas, pero para clasificarlas en categorías de cobertura terrestre/uso de la tierra adecuadas normalmente se necesitan datos terrestres de referencia procedentes de mapas o estudios sobre el terreno. La unidad más pequeña que ha de identificarse depende de la resolución espacial del sensor y de la escala de trabajo. Los sistemas de sensores más comunes tienen una resolución espacial de 20-30 metros. Con una resolución espacial de 30 metros, por ejemplo, se pueden identificar unidades de tan sólo 1 ha. También se dispone de datos procedentes de satélites con mayor resolución.

#### **3. Imágenes de radar**

Los tipos más comunes de datos de radar son los procedentes de los denominados sistemas de radar de apertura sintética que operan en frecuencias de microondas. Una importante ventaja de esos sistemas es que pueden penetrar las nubes y la calima y adquirir datos durante la noche. Por lo tanto, pueden ser la única fuente fiable de

datos de teledetección en muchas zonas del mundo con nubosidad casi permanente. Utilizando diferentes partes del espectro y distintas polarizaciones, esos sistemas pueden también distinguir categorías de cobertura terrestre (p. ej., forestales/no forestales) o el contenido en biomasa de la vegetación, si bien actualmente tienen algunas limitaciones en caso de mucha biomasa debido a la saturación de la señal.

### **Datos terrestres de referencia**

Para utilizar los datos de teledetección con fines de inventarios, y en particular relacionar la cubierta terrestre con el uso de la tierra es una *buena práctica* para complementar los datos de teledetección con datos terrestres de referencia (denominados a menudo datos de verificación en tierra). Los datos terrestres de referencia se pueden recopilar independientemente, u obtenerse de inventarios forestales o agrícolas. Los usos de la tierra que cambian rápidamente en el período de estimación o que en razón de la cubierta vegetal natural es sabido que pueden clasificarse fácilmente de manera errónea deben verificarse en tierra más a fondo que otras áreas. Eso sólo puede hacerse utilizando datos terrestres de referencia, preferentemente a partir de estudios de campo reales, reunidos independientemente, pero también pueden ser útiles las fotografías de alta resolución.

### **Integración de la teledetección y del Sistema de Información Geográfica**

La interpretación visual de imágenes se utiliza con frecuencia en la identificación de lugares de muestreo para inventarios forestales. El método es sencillo y fiable. Sin embargo, requiere mucho personal por lo que sólo se utiliza en zonas limitadas, y puede resultar afectado por interpretaciones subjetivas de los distintos operadores.

Para utilizar plenamente la teledetección en general hay que integrar la amplia cobertura que puede proporcionar la teledetección con mediciones puntuales en tierra o datos de mapas para representar áreas asociadas con particulares usos de la tierra en el espacio y en el tiempo. Esto se logra generalmente de la manera más rentable utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG).

### **Clasificación de cubierta terrestre utilizando datos de teledetección**

La clasificación de la cubierta terrestre utilizando datos de teledetección puede hacerse mediante análisis visuales o digitales (basados en computador). Ambos presentan ventajas e inconvenientes. El análisis visual de las imágenes permite hacer deducciones mediante la evaluación de las características generales de la escena (análisis de los aspectos contextuales en la imagen). Por otra parte, la clasificación digital permite varias manipulaciones realizadas con los datos, como la combinación de diferentes datos espectrales, lo que puede ayudar a mejorar la modelización de los datos terrestres biofísicos (como diámetro del árbol, altura, área basimétrica, biomasa) utilizando los datos de teledetección. Además, el análisis digital permite calcular inmediatamente áreas asociadas con las diferentes categorías de tierra. Se ha desarrollado rápidamente en el último decenio, coincidiendo con los avances informáticos técnicos asociados, por lo que se puede disponer fácilmente de equipo y programas informáticos y también de los datos obtenidos por satélite a bajo costo en la mayoría de los países, si bien la capacidad para utilizar esos datos y medios puede tener que contratarse en el exterior, sobre todo para la cartografía a nivel nacional.

### **Detección del cambio de uso de la tierra utilizando la teledetección**

La teledetección se puede utilizar para conocer lugares de cambio relacionados con UTCUTS. Los métodos para detectar el cambio de uso de la tierra se pueden dividir en dos categorías (Singh (1989)):

**Detección del cambio después de la clasificación:** se trata de técnicas en que existen dos o más clasificaciones de cubierta terrestre/uso de la tierra definidas previamente de momentos distintos, y en que los cambios se detectan, normalmente mediante sustracción de los conjuntos de datos. Son técnicas sencillas, pero también muy sensibles a incoherencias en la interpretación y clasificación de las categorías de tierra;

**Detección del cambio antes de la clasificación:** se trata de métodos más sofisticados y biofísicos para detectar el cambio. Las diferencias entre datos de respuesta espectral de dos o más momentos se comparan mediante métodos estadísticos, y esas diferencias se utilizan para proporcionar información sobre los cambios en la cubierta terrestre/uso de la tierra. Este método es menos sensible a las incoherencias de interpretación y permite detectar cambios mucho más sutiles que los métodos empleados después de la clasificación, pero es menos sencillo y requiere el acceso a datos de teledetección originales.

### **Evaluación de la exactitud de los mapas**

Cuando se utiliza un mapa de cubierta terrestre/uso de la tierra, es una *buena práctica* obtener información sobre la fiabilidad del mapa. Cuando esos mapas se producen a partir de la clasificación de datos de teledetección, debe reconocerse que su fiabilidad probablemente varíe entre las diferentes categorías de tierra. Algunas categorías se pueden distinguir con claridad, en tanto que otras puedan confundirse fácilmente con otras. Por ejemplo, el bosque conífero se clasifica con frecuencia con mayor exactitud que el bosque caducifolio porque sus características de reflectancia son más claras, en tanto que el bosque caducifolio puede confundirse fácilmente,

por ejemplo, con praderas o tierras agrícolas. Del mismo modo, muchas veces es difícil comprobar cambios en las prácticas de gestión de la tierra mediante teledetección. Por ejemplo, puede ser difícil detectar un cambio de la labranza convencional a la labranza de conservación en un área de tierra específica.

Por consiguiente, es una *buena práctica* estimar la exactitud de los mapas de uso de la tierra/cubierta terrestre categoría por categoría. Para crear una matriz de confusión se emplean varios puntos de muestra en el mapa y sus correspondientes categorías en el mundo real (véase el procedimiento 3; nota 6) en los que la diagonal indica la probabilidad de identificación correcta, y los elementos fuera de la diagonal, la probabilidad relativa de clasificación errónea de una categoría de tierra en una de las otras categorías posibles. La matriz de confusión no sólo expresa la exactitud del mapa sino que permite determinar qué categorías pueden confundirse fácilmente entre sí. A partir de la matriz de confusión se pueden derivar índices de exactitud (Congalton, 1991). Es una *buena práctica* presentar una estimación de la exactitud del mapa de uso de la tierra/cobertura terrestre categoría por categoría, y para ello se puede utilizar una matriz de confusión cuando se recurra a la teledetección. También se puede utilizar el análisis multitemporal (análisis de imágenes tomadas en diferentes momentos para determinar la estabilidad de la clasificación de uso de la tierra) con el fin de mejorar la exactitud de la clasificación, sobre todo cuando se dispone de pocos datos verificados en tierra.

#### 2.4.4.2 ESTUDIOS DE CAMPO

Se pueden utilizar estudios sobre el terreno para reunir y registrar información sobre uso de la tierra, y utilizarla como datos de verificación en tierra independientes para la clasificación mediante detección. Antes de disponer de técnicas de teledetección, como la fotografía aérea y la toma de imágenes por satélite, los estudios de campo eran el único medio de producir mapas. El proceso consiste esencialmente en visitar el área estudiada y registrar atributos físicos visibles y/o de otra índole del paisaje con fines cartográficos. Para las notas impresas sobre el terreno y los mapas históricos de utilidad en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se recurre a la digitalización de límites y simbolización de atributos. Esto se hace mediante protocolos en una delimitación mínima del área de tierra, y la categorización de los atributos vinculados a la escala del mapa resultante y el uso a que esté destinado.

Merced a una combinación de equipo de estudio como teodolitos, mediciones de cinta, dispositivos de medición de ruedas de distancia y de distancia electrónicos se pueden efectuar mediciones de gran precisión de la superficie y el lugar. Con la evolución de los sistemas mundiales de determinación de la posición se puede registrar información *in situ* directamente en formato electrónico utilizando dispositivos informáticos portátiles. Los datos se pasan a un computador de oficina para el registro y la coordinación con otras capas de información con fines de análisis espacial.

Para reunir información socioeconómica y sobre ordenación de las tierras se recurre a entrevistas de terratenientes y cuestionarios, que también proporcionan datos sobre uso de la tierra y cambio de uso de la tierra. Con este método de censo, el organismo encargado de la recopilación de datos depende del conocimiento y de los registros de terratenientes (o usuarios) para proporcionar datos fiables. Normalmente, un representante del organismo de recopilación de datos visita al residente y lo entrevista, y los datos se registran en un formato determinado previamente, o bien se expide un cuestionario para que lo cumplimente el usuario de la tierra, a quien se alienta normalmente a utilizar todos los registros o mapas pertinentes que pueda tener, pero las preguntas pueden utilizarse también para obtener información directamente (Swanson *et al.*, 1997).

Los estudios de los censos probablemente sea la forma más antigua de los métodos de recopilación de datos (Darby, 1970). Se pueden realizar estudios sobre los usuarios de la tierra entre toda la población o una muestra de tamaño apropiado. En las aplicaciones modernas se emplea una gama completa de técnicas de validación y evaluación de la exactitud. El estudio puede realizarse mediante visitas personales, entrevistas telefónicas (a menudo con recordatorios por computador) o cuestionarios enviados por correo. Los estudios de los usuarios de la tierra comienzan con la formulación de necesidades de datos y de información en una serie de preguntas claras y sencillas y respuestas concisas e inequívocas. Las preguntas se someten a prueba en una muestra de la población, con el fin de asegurarse de que son comprensibles y de detectar cualquier variación local de terminología técnica. Para las aplicaciones de la muestra se estratifica espacialmente toda la superficie objeto de estudio con unidades terrestres ecológicas y/o administrativas apropiadas, y por diferencias categóricas significativas en la población (p. ej., privado o institucional, grande o pequeño, pulpa o madera, etc.). Para las respuestas sobre áreas de tierra y prácticas de gestión, la persona consultada debe contestar acerca de algún lugar geográfico, si hay coordenadas precisas, descripción catastral o, al menos, unidades ecológicas o administrativas. La validación de los resultados después del estudio se realiza mediante la búsqueda de anomalías estadísticas, comparaciones con fuentes de datos independientes, haciendo una muestra de cuestionarios de verificación complementaria o realizando una muestra de los estudios de verificación *in situ*. Por último, los parámetros de estratificación iniciales han de ir seguidos de la presentación de resultados.

## **Anexo 2A.1 Ejemplos de procedimientos en distintos países**

### **2A.1.1 Utilización de inventarios de recursos existentes por Estados Unidos (procedimientos 1, 2 y 3)**

En Estados Unidos, la finalidad del Inventario Nacional de Recursos (INR) es evaluar el suelo, el agua y los recursos ambientales conexos en tierras no federales (Nusser y Goebel, 1997; Fuller 1999)<sup>8</sup>. En el INR se recurre a datos de diversas fuentes para verificar las estimaciones. Se utiliza un Sistema de Información Geográfica (SIG) para los Estados Unidos con el fin de realizar el inventario, que comprende el área de tierra total, la superficie de agua y la tierra federal. Se pueden vincular al INR datos de otras fuentes; p.ej., bases de datos sobre suelos y otros inventarios, como el Inventario y Análisis Forestal (IAF)<sup>9</sup>. Si bien las técnicas de muestreo para el INR y el IAF son similares, se requieren distintas retículas de muestreo para objetivos diferentes, y es preciso hacer estimaciones de los dos sistemas de inventario, estadísticamente independientes. Sin embargo, los datos muestreados sin tratar pueden utilizarse como base para el procedimiento 3.

Los datos (véase el Cuadro 2A.1.1) son suficientes para proporcionar una matriz de cambio y uso de la tierra (procedimiento 2) que ilustre varias características importantes de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra en los Estados Unidos. En primer lugar, comparando el total de 1997 con el total de 1992 para cada categoría general de uso de la tierra se describe el cambio neto de uso de la tierra. Por ejemplo, la cantidad de tierra agrícola disminuyó en 2,1 millones de hectáreas entre 1992 y 1997, pasando de 154,7 millones de hectáreas a 152,6 millones de hectáreas, en tanto que la cantidad de praderas y bosques de propiedad no federal permaneció relativamente estable. Estos aspectos de uso de la tierra se pueden observar también en la base de datos del procedimiento 1. Además, el área total de los Estados Unidos se mantenía fijo entre 1992 y 1997 en cerca de 800 millones de hectáreas, por lo que todo aumento del área en una categoría de uso de la tierra puede compensarse por una disminución de la superficie en otras categorías según podía haber figurado en una estructura del procedimiento 2.

Sin embargo, los datos pueden describir también la dinámica del cambio de uso de la tierra utilizando la estructura del procedimiento 2. Los elementos de la diagonal y de fuera de la diagonal del Cuadro 2A.1.1 muestran cuánta tierra ha permanecido en una categoría de tierra y cuánta ha cambiado de uso, respectivamente. Las medidas globales de los cambios en el uso de la tierra (los elementos fuera de la diagonal) pueden ser muy importantes para estimación del carbono y su información. Por ejemplo, la cantidad total de tierra forestal no federal permaneció relativamente estable entre 1992 y 1997, aumentando en unas 400.000 hectáreas. Sin embargo, los elementos del cambio de uso de la tierra muestran que 1,9 millones de hectáreas de tierra forestal no federal se convirtieron en asentamientos, en tanto que 2,5 millones de hectáreas de tierra para pastos se convirtieron en tierra forestal. Por lo tanto, la reducción de pequeños cambios en el carbono almacenado sobre la base de pequeños cambios en el uso de la tierra global podría ser incorrecta si la dinámica de uso de la tierra individual (p. ej., tierra forestal en asentamientos y tierra de pastos en bosques) es relativamente grande.

---

<sup>8</sup> El INR lo realiza el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en cooperación con el Laboratorio de Estadística de la Universidad del Estado de Iowa. Puede obtenerse más información sobre el INR en <http://www.nhq.nrcs.usda.gov/technical/NRI/1997/>.

<sup>9</sup> El IAF está gestionado por la Organización de Investigación y Desarrollo del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura, en cooperación con el Sistema Forestal Estatal y Privado y el Sistema Forestal Nacional. Puede obtenerse más información sobre el IAF en: <http://fia.fs.fed.us/>.

CUADRO 2A.1.1										
MATRIZ DE USO DE LA TIERRA Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA PARA ESTADOS UNIDOS										
Final \ Inicial	Cultivos	CRP	Pasto	Praderas (NF)	Bosque (NF)	Otra rural	Asentamientos	Agua y tierra federal	Total 1997	
Cultivos	146,8	0,9	3,5	0,8	0,3	0,3	--	--	152,6	
CRP	0,8	12,3	--	--	--	--	--	--	13,2	
Pasto	3,7	0,3	43,2	0,3	0,8	0,3	--	--	48,6	
Praderas (NF)	0,6	0,1	0,6	162,3	0,5	0,2	--	--	164,4	
Bosque (NF)	0,8	--	2,5	0,6	160,1	0,6	--	--	164,5	
Otra rural	0,7	--	0,4	0,3	0,4	18,9	--	--	20,7	
Asentamientos	1,2	--	0,8	0,5	1,9	0,2	35,2	--	39,8	
Agua y tierra federal	0,1	--	--	0,1	0,2	--	--	182,6	183,1	
<b>1992 Total</b>	<b>154,7</b>	<b>13,8</b>	<b>51,0</b>	<b>165</b>	<b>164,1</b>	<b>20,5</b>	<b>35,2</b>	<b>182,8</b>	<b>787,4</b>	

Nota: i) Los datos corresponden a INR de 1997 y excluyen Alaska. ii) NF significa no federal. Las superficies se expresan en millones de hectáreas. iii) CRP representa la tierra que figura en el Programa de Reserva de Tierras para Conservación. iv) Los totales de algunas líneas y columnas no son exactos debido a errores de redondeo.

## 2A.1.2 Utilización de datos sobre censos agrícolas para las pampas argentinas (procedimientos 1 y 2)

Desde 1881, se realizan varios censos nacionales agrícolas sobre la totalidad de las granjas de las pampas argentinas. Los datos sobre uso de la tierra se organizan a nivel de distritos políticos en cada una de las 24 provincias. Recientemente se ha publicado un estudio particular sobre cambio de uso de la tierra en las pampas en un siglo de transformación agrícola (Viglizzo *et al.*, 2001). Los últimos resultados muestran que las pampas de Argentina se comportan como una fuente neta de emisión de gases de efecto invernadero en gran parte del período como consecuencia de la conversión de praderas naturales en tierras de pastoreo y agrícolas. Sin embargo, las emisiones tienden a disminuir desde 1960 debido a la adopción de técnicas de gestión del suelo con fines de conservación, en particular métodos sin labranza o menos labranza (Bernardos *et al.*, 2001). Estos datos se pueden utilizar en la aplicación del procedimiento 1 o del procedimiento 2.

## 2A.1.3 Utilización de datos de registro de la tierra en China (procedimiento 1)

China utiliza los procedimientos 1 y 2 para datos sobre el cambio de uso de la tierra, incluidos los inventarios forestales cada cinco años, los censos agrícolas y otros estudios. En particular, China está aplicando un sistema de contratos familiares para convertir tierra cultivada en tierra forestal. Se está introduciendo un sistema de contratos individuales por el que se asignan tareas a los hogares, que reciben subvenciones y poseen los árboles y otra vegetación que plantan. La finalidad del programa es plantar árboles en unos cinco millones de hectáreas entre 2000 y 2010. Los contratos para este plan se han utilizado con objeto de establecer una base de datos de cambio de uso de la tierra específicos.

## 2A.1.4 Matrices de uso de la tierra en el Reino Unido (procedimientos 1, 2 y 3)

En el Reino Unido se han creado matrices de cambio de uso de la tierra a partir de datos de estudios sobre el terreno (Barr *et al.*, 1993, Haines-Young, 2000). En 1984, 1990 y 1998 quedaron terminados tres estudios. Cada muestra constaba de una superficie de 1 km<sup>2</sup>, y en 1984 se utilizaron 384 de ellas para proporcionar un muestreo estratificado de 32 zonas ecoclimáticas. Esas muestras se analizaron de nuevo en 1990 y 1998, y se agregaron otras 140 para la campaña de 1990, y otras 50 para la de 1998, con el fin de mejorar la cobertura de las zonas ecoclimáticas. En un primer momento se establecieron clases de uso de la tierra/cubierta terrestre expresamente para el estudio, pero en 1998 se utilizaron tipos alternativos comunes a otros organismos del Reino Unido. Los datos conservados para 1984 y 1990 se han reclasificado ahora en las nuevas clases. Cada muestra de 1 km fue visitada por investigadores que, a partir de los mapas existentes de 1:10.560, delimitaron diferentes parcelas de cubierta forestal/uso de la tierra, las numeraron y registraron una serie de informaciones respecto a cada parcela. Después se digitalizaron los mapas y se calculó el área de cada parcela a partir de los datos

digitales. Cuando volvió a visitarse una parcela, años más tarde, los mapas digitalizados, con los límites de la parcela anterior, se convirtieron en el punto de partida para registrar los cambios en las parcelas. Por lo tanto, no sólo se establecieron los datos de las áreas de las clases de cubierta terrestre/uso de la tierra en cada año de muestreo, sino de las transiciones que tuvieron lugar entre cada clase. Luego se hicieron estimaciones regionales y nacionales de la cubierta terrestre/uso y cambio de la tierra comparando la media ponderada de las muestras con el uso y el cambio en las diferentes zonas ecológicas.

Se elaboraron matrices de CUT para Inglaterra, Escocia y Gales entre 1984 y 1990 para una serie simplificada de categorías de uso de la tierra (agrícola, natural, urbana, madera, otras) que se han utilizado en la estimación de emisiones y absorciones para la categoría 5D (emisiones de CO<sub>2</sub> y absorciones por los suelos de CUT y gestión) del inventario de gases de efecto invernadero del Reino Unido. En el Cuadro 2A.1.2 figura un ejemplo.

CUADRO 2A.1.2 MATRIZ DE CAMBIO DE USO DE LA TIERRA PARA ESCOCIA ENTRE 1984 Y 1990						
1984 \ 1990	Agrícola	Natural	Urbana	Madera	Otras	Total 1990
Agrícola	1 967	81	6	6	0	2 060
Natural	113	4 779	5	32	0	4 929
Urbana	14	4	276	1	0	2 95
Madera	9	77	1	981	0	1 068
Otras	0	0	0	0	141	141
Total 1984	2 103	4 941	288	1 020	141	8 493

Nota: las superficies están expresadas en miles de hectáreas.

Barr *et al.* (1993) han descrito la incertidumbre en la estimación del uso de la tierra y del cambio de uso de la tierra para regiones en que se utiliza este método de muestreo. Cuando se conoce la variación en el uso o cambio de uso de la tierra en una región, o puede estimarse mediante un valor aproximado, también se puede estimar a partir de la teoría estadística el número de muestras necesarias para determinado nivel de confianza en el área regional total para ese uso o cambio de uso de la tierra (Cochran, 1977).

### 2A.1.5 Ejemplo de Nueva Zelanda de aplicación de la base de datos de teledetección sobre uso de la tierra/cubierta terrestre (procedimiento 3)

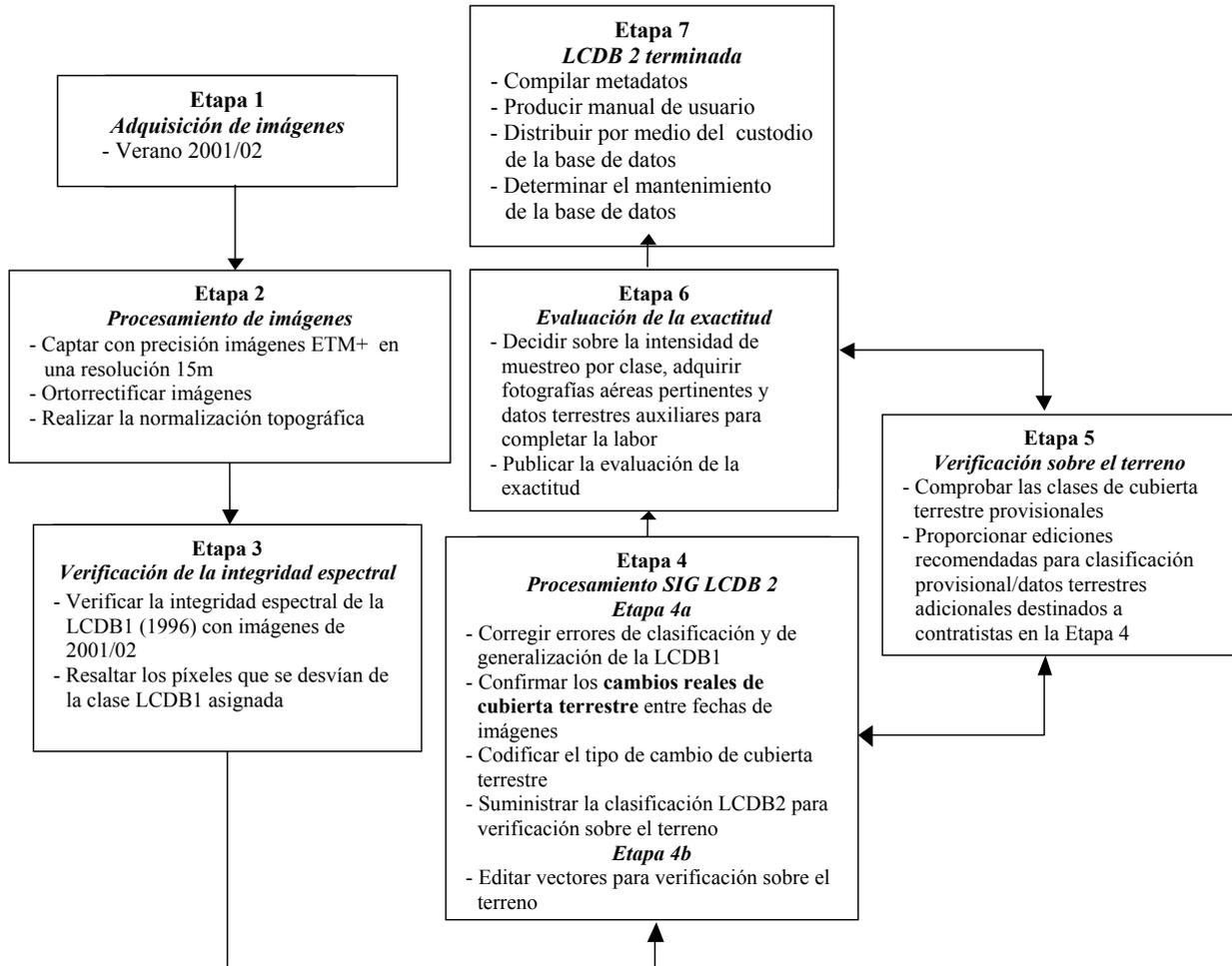
La primera base de datos de Nueva Zelanda sobre uso de la tierra/cubierta terrestre (NZLCDB) quedó terminada en junio de 2000 con imágenes obtenidas por satélite, principalmente durante el verano de 1996/97. Para Nueva Zelanda se considera que un período de tiempo apropiado para detectar cambios importantes en la cobertura terrestre es de cinco años. El trazador temático mejorado más de Landsat (7 ETM+) es el sensor preferido con los elementos necesarios del *Système Probatoire d'Observation de la Terre* (SPOT). Los trabajos iniciados en 2001/02 sobre la adquisición y análisis de imágenes continuarán hasta 2003/04 para producir la NZLCDB2, siguiendo las etapas descritas a continuación.

El coste de la base de datos de cobertura terrestre 2 (NZLCDB2) es del orden de 1.500.000 dólares EE.UU. para 270.000 km<sup>2</sup>, es decir, 5,60 dólares por km<sup>2</sup>, y proporcionará:

- un conjunto completo de imágenes de satélite multispectrales y ortocorregidas que abarcan Nueva Zelanda con una resolución espacial de 15 m;
- un mapa de SIG digital NZLCDB1 revisado de clases de cubierta terrestre con errores identificados de clasificación y generalización corregidos;
- un nuevo mapa de SIG digital NZLCDB2 compatible con clases similares de cubierta terrestre con clases similares de NZLCDB1;
- un mapa de SIG digital en el que se registran cambios detectados en la cubierta terrestre de Nueva Zelanda en la unidad cartográfica mínima de 1 ha, y
- una evaluación de precisión de NZLCDB2, que comprende una matriz de errores para estimar la calidad de los datos, espacialmente y por clases.

Se puede obtener una descripción más completa del proyecto de base de datos sobre cubierta terrestre de Nueva Zelanda que se actualizará a medida que avance el proyecto, en <http://www.mfe.govt.nz/issues/land-cover-dbase/index.html>. En la figura 2A.1.1 se muestran las etapas de terminación de la base de datos.

**Figura 2A.1.1 Etapas en la preparación de bases de datos sobre cobertura terrestre de Nueva Zelanda**



### 2A.1.6 Base de datos Landsat multitemporal australiana para la contabilización de carbono (procedimiento 3)

La Oficina de Gases de Efecto Invernadero de Australia, mediante su sistema nacional de contabilización del carbono, ha elaborado un programa nacional de teledetección multitemporal que es un ejemplo de procedimiento 3, aunque su principal finalidad sea identificar áreas de tierra que han sufrido los efectos del cambio de la cubierta forestal en lugar de una cartografía completa de uso de la tierra. Mediante datos del satélite Landsat correspondientes a 12 pasadas nacionales entre 1972 y 2002, se comprueba de vez en cuando el estado de la cubierta forestal de unidades terrestres, con una resolución mejor que una hectárea. Inicialmente se construyó un mosaico de escenas del año 2000 para todo el continente (369 escenas), como conjunto de datos de referencia al que se agregaron otras series temporales.

La resolución geográfica coherente y la calibración espectral de datos satelitales permite los análisis estadísticos objetivos en una sola unidad de tierra (píxel) a lo largo del tiempo. Los expertos en teledetección especializados en la interpretación de la vegetación australiana elaboraron los métodos estadísticos (Furby, 2002), que se perfeccionaron en otras dos series de pruebas experimentales (Furby y Woodgate, 2002). Las pruebas experimentales se utilizaron también para formar a proveedores del sector privado, que presentaron luego licitaciones para realizar el trabajo.

Además de las normas de metodología y rendimiento, sumamente prescriptivas, se ha aplicado un programa independiente de garantía de la calidad para garantizar una norma coherente del producto. Mediante un programa de mejoramiento y verificación continuos se vigila también la calidad de los resultados y se ofrecen orientaciones para futuras mejoras. Como en la metodología se utiliza un método de probabilidad condicional, en las series temporales completas se puede incorporar fácilmente cualquier mejora que se conozca.

La eficiencia en los métodos de procesamiento desarrollados para el programa ha permitido agregar nuevas pasadas nacionales a las series temporales con un costo aproximado de medio millón de dólares EE.UU..

Los datos del cambio de la cubierta forestal se incorporan en un modelo de proceso del ciclo de carbono/nitrógeno operado desde el espacio mediante un Sistema de Información Geográfica. De esta forma se realiza fácilmente la contabilización de carbono de este sector.

Puede obtenerse más información en los diversos informes técnicos del sistema nacional de contabilización del carbono disponible en el sitio web de la Oficina de Gases de Efecto Invernadero de Australia: <http://www.greenhouse.gov.au/ncas>.

## ANEXO 2A.2 Ejemplos de conjuntos de datos internacionales sobre la cubierta terrestre

EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS INTERNACIONALES SOBRE LA CUBIERTA TERRESTRE				
<b>Nombre del conjunto de datos</b>	AARS Global 4-Minute Land Cover	IGBP-DIS Global 1km Land Cover Data Set	Global Land Cover Dataset	Global Land Cover Dataset
<b>Autor</b>	Center for Environmental Remote Sensing, Universidad de Chiba	PIGB/SID	USGS, Estados Unidos	GLCF (Global Land Cover Facility)
<b>Breve descripción de contenidos</b>	Las clases de cubierta terrestre se identifican agrupando datos mensuales del AVHRR de la NOAA.	Esta clasificación se deriva de los datos de 1km y datos auxiliares del radiómetro perfeccionado de muy alta resolución (AVHRR).	El conjunto de datos se deriva de una estructura de base de datos flexible y conceptos estacionales de regiones de cubierta terrestre.	Se aplicaron normas en que se describe la dinámica temporal de la vegetación a los datos PAL de 1984 con una resolución de 8 km para obtener un producto de clasificación de cubierta terrestre mundial utilizando un clasificador de árbol de decisiones.
<b>Sistema de clasificación</b>	Se aplica el sistema de clasificación original. Compatible con el sistema de clasificación PIGB/SID.	Consta de 17 clases.	Se utiliza un procedimiento de convergencia de prueba a fin de determinar el tipo de cubierta terrestre para cada clase de cubierta terrestre estacional.	La clasificación se obtuvo mediante la prueba de varias normas que describen la dinámica temporal de la vegetación en un ciclo anual.
<b>Formato de datos (vector/rejilla)</b>	Rejilla	Rejilla	Rejilla	Rejilla
<b>Cobertura espacial</b>	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial
<b>Años de adquisición de los datos</b>	1990	1992-1993	Abril de 1992-Marzo 1993	1987
<b>Resolución espacial o tamaño de la retícula</b>	4min x 4min.	1km x 1km	1km x 1km	8km x 8km
<b>Intervalo de revisión (para conjunto de datos de series temporales)</b>	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica
<b>Descripción de calidad</b>	Los datos verificados en tierra se comparan con el conjunto de datos.	Se utilizan imágenes de satélite de gran resolución para validar estadísticamente el conjunto de datos.	Exactitud del punto muestral: 59,4% Exactitud ponderada del área: 66,9% (Sepan, 1999).	Sin descripción
<b>Dirección de contacto y URL de referencia</b>	tateishi@rsirc.cr.chiba-u.ac.jp <a href="http://ceres.cr.chibau.ac.jp:8080/usr_dir/you/ICHP/index.html">http://ceres.cr.chibau.ac.jp:8080/usr_dir/you/ICHP/index.html</a>	alan.belward@jrc.it <a href="http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/igbp-dis/frame/coreprojects/index.html">http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/igbp-dis/frame/coreprojects/index.html</a>	icac@usgs.gov <a href="http://edcdaac.usgs.gov/glc/c/globe_int.html">http://edcdaac.usgs.gov/glc/c/globe_int.html</a>	<a href="http://glcf.umiacs.umd.edu/data.html">http://glcf.umiacs.umd.edu/data.html</a>

<b>Ejemplos de conjuntos de datos internacionales de cubierta terrestre (continuación)</b>				
<b>Nombre del conjunto de datos</b>	1° Land Cover Map from AVHRR	CORINE land cover (CLC) database	Digital Chart of the World	Global Map
<b>Autor</b>	Dr. Ruth DeFries, Universidad de Maryland, en College Park, (Estados Unidos)	Agencia Europea del Medio Ambiente	Productos del ESRI	Producido por organizaciones nacionales de cartografía y compilado por el ISCGM.
<b>Breve descripción del contenido</b>	El conjunto de datos describe las distribuciones geográficas de 11 principales tipos de cubierta basados en variaciones interanuales en el NDVI.	Proporciona un inventario paneuropeo de cubierta terrestre biofísica. La cubierta terrestre CORINE es una base de datos esencial para la evaluación integrada del medio ambiente.	Es un mapa básico mundial de litorales, fronteras, cubierta terrestre, etc. Contiene más de 200 atributos dispuestos en 17 capas temáticas con anotaciones de texto de las características.	Información geográfica digital con una resolución de 1 km que abarca toda la tierra, con especificaciones normalizadas y a disposición de todos a un costo marginal.
<b>Sistema de clasificación</b>	Consta del mapa digital de clase 13	Utiliza una nomenclatura de clase 44.	8 características de agricultura/extracción y 7 características de cubierta de superficie.	Véase <a href="http://www.iscgm.org/gm-specifications11.pdf">http://www.iscgm.org/gm-specifications11.pdf</a>
<b>Formato de datos (vector/rejilla)</b>	Rejilla	Rejilla	Vector Polígonos	Rejilla y vector
<b>Cobertura espacial</b>	Mundial	Austria, Bélgica, Bulgaria, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumania, Eslovaquia, España, Reino Unido, partes de Marruecos y Túnez.	Cobertura mundial	Países participantes (90)
<b>Año de adquisición de los datos</b>	1987	Depende del país (el período global es aproximadamente de 1985 a 1995).	Basada en CNO de la Defense Mapping Agency de Estados Unidos. Período 1970-80. Véase la capa de fecha de compilación.	Depende de las naciones participantes.
<b>Resolución espacial o tamaño de la retícula</b>	1 x 1 grados	Base de datos de la retícula 250m por 250m, agregada de los datos del vector original a la escala de 1:100.000.	1:1.000.000	Retícula de 1km x 1km
<b>Intervalo de revisión (para conjuntos de datos de series temporales)</b>	No se aplica	Proyecto de actualización del CTC de 2000 a partir de los datos del decenio de 1990.	No se aplica	Aproximadamente intervalos de cinco años
<b>Descripción de la calidad</b>	Ninguna	No se dispone de información concreta. Véase <a href="http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/other/land_cover/lcsource.asp">http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/other/land_cover/lcsource.asp</a> para la información.	Existe información sobre la calidad de los datos a tres niveles en la base de datos: característica, capa y fuente.	Véase <a href="http://www.iscgm.org/gm-specifications11.pdf">http://www.iscgm.org/gm-specifications11.pdf</a> .
<b>Dirección de contacto y URL de referencia</b>	landcov@geog.umd.edu <a href="http://www.geog.umd.edu/landcover/1d-map.html">http://www.geog.umd.edu/landcover/1d-map.html</a>	dataservice@eea.eu.int <a href="http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/metadataails.asp?table=landcover">http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/metadataails.asp?table=landcover</a> and i=1	<a href="http://www.esri.com/data/index.html">http://www.esri.com/data/index.html</a>	sec@iscgm.org <a href="http://www.iscgm.org/">http://www.iscgm.org/</a>

## Referencias

- Barr C.J., Bunce R.G.H., Clarke R.T., Furse M.T., Gillespie M.K., Groom G.G., Hallam C.J., Hornung M., Howard D.C. y Ness M.J. (1993). Countryside Survey 1990, Main Report. Department of the Environment, Londres.
- Bernardos J.N., Viglizzo E.F., Jouvet V., Lértora F.A., Pordomingo S.J., y Aid F.D. (2001). The use of EPIC model to study the agroecological change during 93 years of farming transformation in the Argentine pampas. *Agricultural Systems*, 69: págs. 215-234.
- Cochran W.G. (1977). Sampling Techniques. J. Wiley and Sons, Nueva York, 428 págs.
- Congalton R.G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 37: N° 1, págs. 35-46.
- Cressie N.A.C. (1993). Statistics for Spatial Data. John Wiley and Sons, Nueva York.
- Darby H.C. (1970). Doomsday Book – The first land utilization survey. *The Geographical Magazine*, Vol. 42: N° 6, págs. 416-423.
- FAO (1986). Programa del Censo agropecuario mundial de 1990. Colección FAO: Desarrollo estadístico, N° 2, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Italia, 90 págs.
- FAO (1995). Planning for Sustainable use of Land Resources: Towards a New Approach. Land and Water Bulletin 2, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Italia, 60 págs.
- FAO (2002) Proceedings of Expert Meeting on Harmonizing forest-related definitions for use by various stakeholders. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Italia. Disponible en <http://www.fao.org/forestry/fop/fopw/Climate/doc/Y3431E.pdf>.
- Fuller W.A. (1999). Estimation procedures for the United States National Resources Inventory, 1999. Proceedings of the Survey Methods Section, Statistical Society of Canada. Disponible en [http://www.nhq.nrcs.usda.gov/NRI/1997/stat\\_estimate.htm](http://www.nhq.nrcs.usda.gov/NRI/1997/stat_estimate.htm).
- Furby S. (2002). Land Cover Change: Specification for Remote Sensing Analysis. National Carbon Accounting System Technical Report N° 9, Australian Greenhouse Office, Canberra, Australia (402 págs.).
- Furby S. y Woodgate P. (2002). Remote Sensing Analysis of Land Cover Change – Pilot Testing of Techniques (Furby and Woodgate ed.) National Carbon Accounting System Technical Report N° 16, Australian Greenhouse Office, Canberra, Australia (354 págs.).
- Haines-Young R.H. y 23 más (2000). Accounting for nature: assessing habitats in the UK countryside. Department of the Environment, Transport and the Regions, Londres. ISBN 1 85112 460 8.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2000). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath N.H., Verardo D.J. y Dokken D.J. (Eds) Land use, Land-use Change, and Forestry: A Special Report. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Lillesand T.M. y Kiefer R. W., (1999). Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley and Sons, Nueva York.
- Nusser S. M., y Goebel J.J. (1997). The National Resources Inventory: A Long-Term Multi-Resource Monitoring Programme. Environmental and Ecological Statistics. Vol. 4, págs. 181-204.
- Singh A., (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data. *Int. J. Remote Sensing*, 10 N° 6: 989 – 1003.
- Swanson B.E., R.P. Bentz y A.J., Sofranco (Eds.). (1997). *Improving agricultural extension. A reference manual*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- USGS (2001) [http://edcdaac.usgs.gov/glcc/globe\\_int.html](http://edcdaac.usgs.gov/glcc/globe_int.html)
- Viglizzo E.F., Lértora F., Pordomingo S.J., Bernardos J.N., Roberto Z.E. y Del Valle H. (2001). Ecological lessons and applications from one century of low external-input farming in the pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83: págs. 65-81.