

CUESTIONES MULTISECTORIALES

AUTORES Y EDITORES REVISORES

Autores principales coordinadores

Newton Paciornik (Brasil) y Kristin Rypdal (Noruega)

Autores principales

Rainer Baritz (Alemania), Simon Barry (Australia), Albertus Johannes Dolman (Países Bajos), Marlen Eve (Estados Unidos), Michael Gillenwater (Estados Unidos), Michael Kohl (Alemania), Dina Kruger (Estados Unidos), Bo Lim (Reino Unido/PNUD), Raisa Makipaa (Finlandia), Giorgio Matteucci (Comisión Europea), Toshinori Okuda (Japón), Keith Porter (Jamaica), María José Sanz-Sánchez (España), T.P. Singh (India), Göran Ståhl (Suecia), Riccardo Valentini (Italia), y Martina Van Der Merwe (Sudáfrica)

Autores colaboradores

Sandra Brown (Estados Unidos), Ketil Flugsrud (Noruega), Gen Inoue (Japón), Gerald Kaendler (Alemania), Anders Lindroth (Suecia), Kenlo Nishida (Japón), Steve Ogle (Estados Unidos), Mats Olsson (Suecia), Gareth Philips (Estados Unidos), Fran Sussman (Estados Unidos), Yoshiki Yamagata (Japón), Ed Vine (Estados Unidos), y Christian Wirth (Alemania)

Editores revisores

Jamidu Katima (Tanzania) y Tom Wirth (Estados Unidos)

Índice

5.1	INTRODUCCIÓN	5.7
5.2	IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES	5.8
5.2.1	Introducción	5.8
5.2.2	Métodos para combinar las incertidumbres	5.10
5.2.2.1	Nivel 1 – Propagación simple de errores	5.11
5.2.2.2	Estimación de las incertidumbres por categorías utilizando el análisis de Monte Carlo (Nivel 2)	5.12
5.2.3	Consideraciones prácticas para cuantificar las incertidumbres de los datos iniciales	5.16
5.2.4	Ejemplo de análisis de la incertidumbre	5.19
5.2.5	Presentación de informes y documentación	5.23
5.3	MUESTREO	5.24
5.3.1	Introducción	5.24
5.3.2	Panorama general sobre los principios de muestreo	5.24
5.3.3	Diseño de muestreo	5.25
5.3.3.1	Uso de datos complementarios y de la estratificación	5.25
5.3.3.2	Muestreo sistemático	5.26
5.3.3.3	Parcelas permanentes de muestreo y datos de las series temporales	5.27
5.3.4	Métodos de muestreo para la estimación de la superficie	5.28
5.3.4.1	Estimación de superficies mediante proporciones	5.28
5.3.4.2	Estimación directa de la superficie	5.29
5.3.5	Métodos de muestreo para estimar las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero	5.29
5.3.6	Incertidumbres en los estudios basados en muestras	5.30
5.3.6.1	Tipos de errores	5.30
5.3.6.2	Tamaño de las muestras y errores de muestreo	5.31
5.3.6.3	Cuantificación de los errores en los estudios basados en muestras	5.32
5.4	ELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA – IDENTIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS ESENCIALES	5.33
5.4.1	Introducción	5.33
5.4.2	Métodos cuantitativos para determinar las categorías esenciales	5.34
5.4.2.1	Método de Nivel 1 para identificar las categorías esenciales de fuentes y de sumideros	5.38
5.4.2.2	Método de Nivel 2 para identificar las categorías esenciales de fuentes y de sumideros	5.42
5.4.3	Consideraciones cualitativas	5.43
5.4.4	Identificación de las categorías esenciales con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto	5.44
5.4.5	Aplicación de los resultados	5.46
5.4.6	Presentación de informes y documentación	5.48
5.4.7	Determinación del umbral para el análisis de las categorías esenciales a partir del método de Nivel 1	5.48

5.4.7.1	Supuestos sobre las incertidumbres	5.49
5.4.7.2	Nivel de las emisiones	5.49
5.4.7.3	Tendencia	5.50
5.4.8	Ejemplo de análisis de las categorías esenciales a partir del método de Nivel 1	5.51
5.5	GARANTÍA DE LA CALIDAD Y CONTROL DE LA CALIDAD	5.55
5.5.1	Introducción	5.55
5.5.2	Plan de GC/CC	5.57
5.5.3	Procedimientos generales de CC (Nivel 1)	5.57
5.5.4	Procedimientos específicos de CC para cada categoría de fuentes o sumideros (Nivel 2)	5.59
5.5.5	Procedimientos de revisión de la GC	5.60
5.5.6	Documentación, archivado y presentación de informes	5.61
5.5.7	Cuestiones conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto	5.62
5.6	COHERENCIA DE LAS SERIES TEMPORALES Y REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS	5.63
5.6.1	Introducción	5.63
5.6.2	Coherencia de las series temporales y cambio metodológico	5.63
5.6.3	Nuevos cálculos y datos periódicos	5.66
5.6.4	Cuestiones conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto	5.67
5.6.5	Presentación de informes y documentación	5.68
5.7	VERIFICACIÓN	5.69
5.7.1	Introducción	5.69
5.7.2	Procedimientos de verificación	5.70
5.7.3	Orientación para la verificación de los inventarios de UTCUTS	5.79
5.7.4	Cuestiones específicas relacionadas con el Protocolo de Kyoto	5.81
5.7.5	Presentación de informes y documentación	5.83
5.7.6	Algunos detalles referentes a los procedimientos de verificación	5.83
	Referencias	5.88

Ecuaciones

Ecuación 5.2.1 Estimación de las incertidumbres de las categorías (Nivel 1)	5.11
Ecuación 5.2.2 Incertidumbre general de las emisiones nacionales (Nivel 1)	5.12
Ecuación 5.4.1 Evaluación del nivel (Nivel 1)	5.38
Ecuación 5.4.2 Evaluación de la tendencia (Nivel 1)	5.39
Ecuación 5.4.3 Evaluación de la tendencia con emisiones iguales a cero en el año en curso	5.40
Ecuación 5.4.4 Evaluación del nivel (Nivel 2)	5.42
Ecuación 5.4.5 Evaluación de la tendencia (Nivel 2)	5.43

Figuras

Figura 5.3.1 Principio de muestreo	5.24
Figura 5.3.2 Disposición aleatoria simple de las parcelas (izquierda) y disposición sistemática (derecha)	5.26
Figura 5.3.3 Uso de las distintas configuraciones de las unidades de muestreo permanentes y temporales para estimar los cambios	5.27
Figura 5.3.4 Relación entre el error estándar de las estimaciones de la superficie (S), la proporción de la clase de uso de la tierra p y el tamaño de la muestra n	5.31
Figura 5.4.1 Árbol de decisiones para identificar las categorías esenciales de fuentes y de sumideros	5.35
Figura 5.4.2 Árbol de decisiones para elegir un método basado en las <i>buenas prácticas</i>	5.47
Figura 5.4.3 Incertidumbre acumulada determinada en función de las emisiones acumuladas	5.49
Figura 5.4.4 Fracción de las emisiones necesarias para alcanzar el 90% de la suma de la contribución de las incertidumbres en distintos inventarios. Incluido y excluido el sector de UTCUTS	5.50
Figura 5.4.5 Fracción de las emisiones necesarias para alcanzar el 90% de la suma de la contribución de la incertidumbre relativa a la tendencia en distintos inventarios. Incluido y excluido el sector de UTCUTS	5.51
Figura 5.6.1 Estimación recalculada para 2003 basada en una extrapolación lineal	5.66

Cuadros

Cuadro 5.3.1	Ejemplo de la estimación de una superficie mediante proporciones	5.29
Cuadro 5.4.1	Categorías de fuentes/sumideros del IPCC propuestas para el sector de UTCUTS y sectores distintos de UTCUTS	5.36
Cuadro 5.4.2	Hoja de cálculo para el análisis de Nivel 1 – Evaluación del nivel incluidas las categorías de UTCUTS	5.39
Cuadro 5.4.3	Hoja de cálculo para el análisis de Nivel 1 – Evaluación de la tendencia incluidas las categorías de UTCUTS	5.41
Cuadro 5.4.4	Relaciones entre las actividades identificadas en el Capítulo 3 y en el Capítulo 4 y las categorías de fuentes o de sumideros del IPCC para UTCUTS	5.45
Cuadro 5.4.5	Síntesis del análisis de las categorías esenciales	5.48
Cuadro 5.4.6	Incertidumbres supuestas para determinar un umbral de las categorías esenciales incluido UTCUTS	5.49
Cuadro 5.4.7	Ejemplo de una evaluación del nivel	5.51
Cuadro 5.4.8	Análisis de la tendencia incluido el sector de UTCUTS	5.53
Cuadro 5.5.1	Procedimientos generales de CC de Nivel 1 para los inventarios	5.57
Cuadro 5.6.1	Resumen de los métodos para obtener coherencia en las series temporales	5.65
Cuadro 5.7.1	Aplicabilidad de los procedimientos de verificación para la identificación de áreas de tierra, depósitos de carbono y gases de efecto invernadero distintos del CO ₂	5.71
Cuadro 5.7.2	Características de algunas de las principales plataformas de teledetección	5.87

Recuadros

Recuadro 5.2.1	Ejemplo de representación de la incertidumbre	5.10
Recuadro 5.2.2	Nivel de agregación del análisis con el método de Nivel 1	5.12
Recuadro 5.2.3	Evaluación de la incertidumbre en las variaciones de C en suelo agrícola en Estados Unidos con el método de Nivel 2	5.16
Recuadro 5.2.4	Incertidumbres de las estimaciones basadas en modelos	5.18
Recuadro 5.5.1	Definiciones de control de la calidad y garantía de la calidad	5.55
Recuadro 5.5.2	Examen especializado	5.61
Recuadro 5.6.1	Caso en que el inventario forestal nacional se realiza cada 5 años	5.66
Recuadro 5.6.2	Ejemplo de modelización de las emisiones de un lugar en el tiempo	5.67
Recuadro 5.7.1	Definición de verificación para los inventarios	5.69
Recuadro 5.7.2	Orientación para seleccionar componentes del inventario para la verificación y procedimientos de verificación	5.79
Recuadro 5.7.3	Verificación de un inventario del sector de UTCUTS en un inventario nacional	5.80
Recuadro 5.7.4	Orientación para la verificación de depósitos de carbono y actividades	5.81
Recuadro 5.7.5	Verificación de UTCUTS conforme al Protocolo de Kyoto	5.82
Recuadro 5.7.6	Programas y redes de interés para UTCUTS	5.84

5.1 INTRODUCCIÓN

Cuando se preparan los inventarios nacionales de las emisiones y de las absorciones de gases de efecto invernadero deben tenerse en cuenta varias cuestiones generales o multisectoriales. En el presente capítulo se ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* relacionadas con seis de dichas cuestiones, que son abordados en la *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios de gases de efecto invernadero (OPB2000, IPCC: 2000)*, en adelante denominada *OBP2000*, sobre la base de estudios anteriores para determinar las características específicas de las actividades relativas al uso de la tierra y al cambio en el uso de la tierra y la silvicultura (sector de UTCUTS). Estas cuestiones son las siguientes:

- **Evaluación de la incertidumbre:** Las estimaciones de la incertidumbre deben realizarse para todas las categorías de un inventario y para el inventario en su conjunto. En *OBP2000* se proporciona orientación práctica para estimar y combinar las incertidumbres, y se desarrollan los aspectos conceptuales de la incertidumbre del inventario. En la Sección 5.2, *Identificación y cuantificación de las incertidumbres*, del presente capítulo, se abordan los principales tipos de incertidumbre propios del sector de UTCUTS y se ofrece información específica para aplicar la *orientación sobre las buenas prácticas* de *OBP2000* en este sector de actividad.
- **Muestreo:** Los datos relativos al sector de UTCUTS se obtienen de los estudios realizados a partir de muestras. Por ejemplo, la información sobre las superficies de tierra, la acumulación de biomasa y el carbono del suelo u otros datos se utiliza generalmente para estimar los cambios que se producen en el uso de la tierra o en el carbono almacenado. En la Sección 5.3, *Muestreo*, se proporciona orientación *sobre las buenas prácticas* relativa a la planificación y al uso de los estudios disponibles para presentar la información sobre las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero en el ámbito nacional. En la misma sección se presenta también una visión general de la relación entre el diseño de las muestras y las estimaciones de la incertidumbre.
- **Análisis de las categorías esenciales:** En el Capítulo 7 de *OBP2000, Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos*, se introduce el concepto de análisis de las categorías esenciales. Originalmente, este concepto se elaboró para referirse solamente a las categorías de fuentes. En la Sección 5.4, *Elección de la metodología – Identificación de las categorías esenciales*, del presente capítulo, el concepto se amplía para permitir la identificación de las categorías esenciales relativas a las fuentes o a los sumideros. Se ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* que permiten determinar las categorías esenciales relativas al sector de UTCUTS para uso del inventario de acuerdo con la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC)*, y se proporcionan indicaciones para determinar las categorías esenciales asociadas a la información adicional proporcionada en virtud de los párrafos 3 y 4 del Artículo 3 del Protocolo de Kyoto.
- **Garantía de la Calidad (GC) y control de la Calidad (CC):** Un sistema de GC y de CC es un elemento importante para la realización del inventario, como se indica en el Capítulo 8 de *OBP2000*. En la Sección 5.5 del presente capítulo se desarrollan los aspectos del sistema de GC y de CC necesarios para examinar el sector de UTCUTS y se ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* para llevar a cabo las verificaciones del control de la calidad de Nivel 2 relativas al sector, basándose en los datos del Capítulo 2, *Base para la representación coherente de áreas de tierra*, y del Capítulo 3, *Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTC*. Asimismo, se abordan las consideraciones sobre GC y CC específicas del Protocolo de Kyoto.
- **Coherencia de las series temporales:** Es primordial asegurar la coherencia de las series temporales si se pretende obtener resultados fiables sobre las tendencias del inventario. En el Capítulo 7 de *OBP2000* se presentan varios métodos para garantizar series temporales coherentes en los casos en que no es posible utilizar los mismos métodos y/o datos durante todo el período considerado. En la Sección 5.6, *Coherencia de las series temporales y realización de nuevos cálculos*, del presente capítulo, estos métodos se abordan teniendo en cuenta situaciones particulares que pueden producirse al elaborar las estimaciones de las emisiones y de las absorciones relativas al sector de UTCUTS.
- **Verificación:** Las actividades de verificación pueden ayudar a mejorar la calidad del inventario y a lograr un mayor entendimiento científico. En la Sección 5.7 del presente capítulo se presentan distintos métodos de verificación y se proporciona orientación práctica para comprobar las estimaciones en el sector de UTCUTS.

En este capítulo se indican las pautas para aplicar la *orientación sobre las buenas prácticas* al sector de UTCUTS. Sin embargo, no se reproduce de nuevo toda la información contenida en *OBP2000*. Por tanto, se recomienda al lector remitirse a *OBP2000* para obtener información general. En las siguientes subsecciones se hace referencia a determinadas circunstancias en las que puede ser útil consultar *OBP2000*.

5.2 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES

5.2.1 Introducción

En el presente apartado se describen las *buenas prácticas* para estimar y presentar las incertidumbres asociadas a las estimaciones de las emisiones y de las absorciones en el sector de UTCUTS y se aborda la manera de incorporar las actividades del sector de UTCUTS en el procedimiento de análisis presentado en el Capítulo 6, *La cuantificación de las incertidumbres en la práctica*, de *OBP2000*, con el fin de evaluar las incertidumbres combinadas que se producen al realizar el inventario.

La definición del término *buen práctica* exige que los inventarios sean precisos, es decir, no han de sobreestimar ni subestimar los resultados, ni reducir las incertidumbres en la medida de lo posible. No existe un nivel de precisión predeterminado. La incertidumbre se evalúa para ayudar a priorizar los esfuerzos que se dedican a aumentar la precisión de los inventarios en el futuro y orientar las decisiones sobre la elección de la metodología. Las incertidumbres son también importantes para examinar el grado de coincidencia entre los inventarios nacionales y las estimaciones que han elaborado distintos organismos sobre las emisiones y las absorciones o que se han calculado aplicando un método determinado.

Las estimaciones del inventario pueden utilizarse para varios propósitos. En algunos casos, solamente sirven los valores totales nacionales, mientras que, en otros, interesa disponer de los detalles por gases de efecto invernadero y por categorías de fuentes o de sumideros. Para recopilar los datos necesarios para el objetivo pretendido, debe tenerse en cuenta la fiabilidad real, tanto de las estimaciones totales como de sus componentes. De ahí que los métodos que se utilicen para comunicar los datos sobre la incertidumbre deban ser prácticos, científicamente justificables, suficientemente amplios para poder aplicarlos a un conjunto de categorías de fuentes o de sumideros, de métodos y de circunstancias específicas de un país determinado, y claros para quienes consulten el inventario.

El valor real de las emisiones y de las absorciones difiere del valor calculado en un inventario nacional por muchas razones. Algunas fuentes de incertidumbre (por ejemplo, los errores de muestreo o las limitaciones en la precisión de los instrumentos) pueden llevar a realizar estimaciones bien definidas y fáciles de caracterizar sobre el alcance del error potencial. Otras fuentes de incertidumbre, como los errores sistemáticos, son mucho más difíciles de identificar y de cuantificar (Rypdal y Winiwarter : 2001). En la presente sección se indica cómo representar las incertidumbres estadísticas bien definidas e información menos específica que caracteriza a otras formas de incertidumbre en el sector de UTCUTS y se abordan las consecuencias de las incertidumbres en el inventario total y en sus componentes.

En teoría, las estimaciones de las emisiones y de las absorciones y los rangos de incertidumbre deberían obtenerse de los datos calculados sobre la base de una fuente concreta. Como es complejo medir de esta manera las emisiones procedentes de cada categoría de fuente o de sumidero, algunas de las estimaciones se basan en las características conocidas de los lugares que se consideran más típicos y representativos de la población de todos los tipos de suelo. Este método introduce incertidumbres adicionales, pues se parte de la base de que toda la población se comporta, en general, como los lugares que se han estudiado. Al realizar un muestreo aleatorio de una población determinada, es posible obtener una estimación cuantitativa de las incertidumbres. Los mayores errores sistemáticos (que implican estimaciones sesgadas) pueden producirse cuando se realizan estimaciones con una precisión determinada basadas en una población que difiere de la población a la que vayan a aplicarse las estimaciones. En la práctica, será necesario el dictamen de los expertos para definir los tipos de incertidumbre.

El enfoque pragmático que permite obtener estimaciones cuantitativas de la incertidumbre consiste en utilizar las mejores estimaciones de que se dispone, como la combinación de los datos disponibles ya calculados, los resultados de los modelos y el dictamen de los expertos. Por tanto, los métodos que se proponen en la presente sección pueden combinarse con los rangos de incertidumbre aplicados por defecto a una categoría determinada que se presentan en los Capítulos 2 y 4. Asimismo, permite la incorporación de nuevos datos empíricos cuando se disponga de ellos.

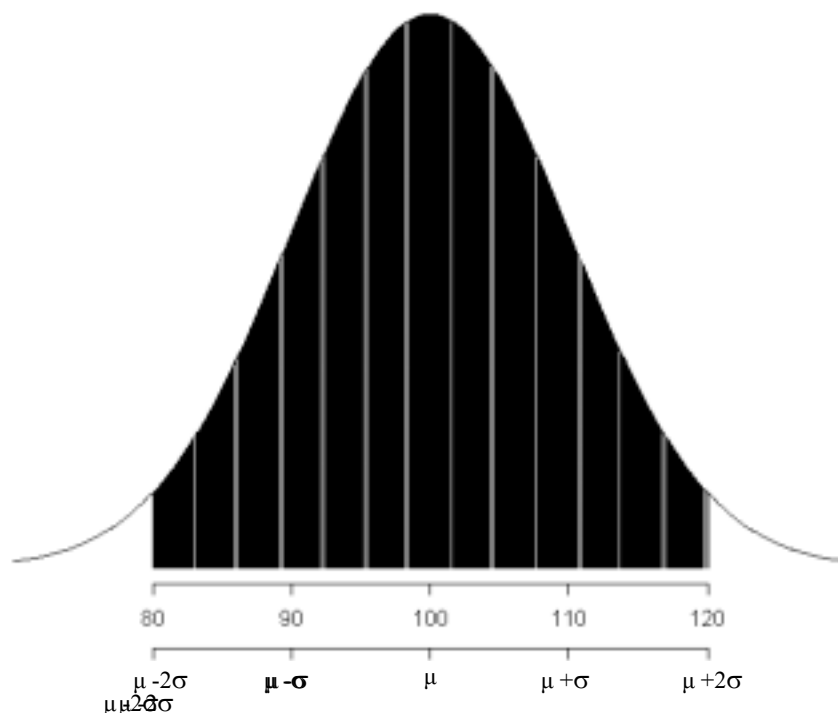
De acuerdo con el Capítulo 6 de *OBP2000*. *La cuantificación de las incertidumbres en la práctica*, las incertidumbres deberían presentarse como un intervalo de confianza teniendo en cuenta el rango en el que se considera que el valor real de una cantidad incierta representa una probabilidad determinada. En las *Directrices del IPCC* se recomienda utilizar un intervalo de confianza del 95%, ya que así existe un 95% de probabilidades de que se obtenga el valor real que se desconoce. Asimismo, puede expresarse en porcentaje de incertidumbre, que equivale a la mitad de la magnitud del intervalo de confianza dividido por el valor de la cantidad estimada

(véase el Recuadro 5.2.1). El porcentaje de incertidumbre se utiliza cuando se conoce la función de densidad de probabilidad subyacente o cuando se recurre a un esquema de muestreo o al dictamen de expertos. Además este concepto puede utilizarse para identificar las categorías respecto de las cuales se deberían concentrar todos los esfuerzos para reducir la incertidumbre.

La presente sección es coherente con el Capítulo 6 y con el Anexo 1, *Base conceptual del análisis de incertidumbre*, de *OBP2000*, ya que ofrece información complementaria sobre la manera de evaluar las incertidumbres relativas al sector de UTCUTS. En la mayor parte del presente documento se abordan cuestiones relacionadas con las emisiones y las absorciones de CO₂ que no se trataron en la Orientación anterior. Las estimaciones de la incertidumbre calculadas para las emisiones de los gases distintos de CO₂ pueden también realizarse siguiendo la orientación que se ofrece en el Capítulo 6 de *OBP2000*. En la Sección 5.2.2 se describen los métodos que permiten combinar las incertidumbres. En la Sección 5.2.3 se indican las consideraciones prácticas que deben tenerse en cuenta al cuantificar las incertidumbres de los datos iniciales. En la Sección 5.2.4 se propone un ejemplo sobre el análisis de la incertidumbre en el sector de UTCUTS. En la Sección 5.2.5 se abordan cuestiones relativas a la presentación de la información y a la documentación. Dada la importancia que tiene para muchos países realizar un buen diseño de los sistemas de muestreo para reducir las incertidumbres al preparar los inventarios del sector de UTCUTS, en la Sección 5.3 se ofrece orientación específica para la elaboración de los programas de muestreo en el contexto de las superficies de tierra y de las reservas de biomasa, y se proporcionan igualmente indicaciones sobre la evaluación de las incertidumbres asociadas.

RECUADRO 5.2.1
EJEMPLO DE REPRESENTACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

INTERVALO DE CONFIANZA DE 95%



En *OBP2000* el porcentaje de incertidumbre se expresa como sigue:

$$\% \text{ de incertidumbre} = \frac{\frac{1}{2} (\text{Magnitud del intervalo de confianza 95\%})}{\mu} \times 100$$

En este ejemplo:

$$\% \text{ de incertidumbre} = \frac{\frac{1}{2} (4\sigma)}{\mu} \times 100 = \frac{2\sigma}{\mu} \times 100 = \frac{20}{100} \times 100 = 20\%$$

Donde:

σ = desviación estándar

$\sigma = \sqrt{\text{varianza}} = 10$

μ = media de la distribución

Obsérvese que en este caso el valor de la incertidumbre es el doble del valor del error estándar relativo (en %) y generalmente se utiliza esta estimación estadística de la incertidumbre relativa.

5.2.2 Métodos para combinar las incertidumbres

Las estimaciones sobre las variaciones en el carbono almacenado y sobre las emisiones y las absorciones procedentes de las actividades del sector de UTCUTS presentan incertidumbres asociadas a los datos del área o de otra actividad, a los niveles de crecimiento de la biomasa, a los factores de expansión y a otros coeficientes. En la presente sección, se indica cómo combinar dichas incertidumbres relativas a las categorías y cómo estimar al mismo tiempo la incertidumbre del nivel y de la tendencia en el inventario. Se considera que se dispone de las incertidumbres de las estimaciones de los distintos datos, ya se trate de los valores aplicados por defecto, como se indica en los Capítulos 2, 3 y 4, del dictamen de expertos o de las estimaciones basadas en los resultados reales del muestreo estadístico (Sección 5.3).

En *OBP2000* se presentan dos métodos para estimar las incertidumbres combinadas: en primer lugar, un método de Nivel 1 que requiere ecuaciones simples de propagación del error y, en segundo, un método de Nivel 2 basado en el análisis de Monte Carlo o en técnicas similares. Ambos métodos se adoptan cuando se examina el sector de UTCUTS. No obstante, cabe destacar algunas consideraciones específicas, ya que las emisiones netas pueden resultar negativas si se tienen en cuenta las emisiones y las absorciones. Los organismos encargados de los inventarios pueden también recurrir a métodos de un país determinado para estimar la incertidumbre general, como los métodos de propagación del error con los que se evitan las aproximaciones simplificadas generadas por el método de Nivel 1. Por tanto, es una *buen práctica* documentar claramente este tipo de métodos.

El uso de los Niveles 1 y 2 ayudará a entender mejor cómo cada categoría y cada uno de los gases de efecto invernadero contribuyen a la incertidumbre de las emisiones totales durante un año determinado y a la tendencia de las emisiones totales en el tiempo. El método de Nivel 1 es fácil utilizarlo, ya que se basa en hojas de cálculo, y es una *buen práctica* que todos los países lleven a cabo un análisis de la incertidumbre según el Nivel 1. Los organismos encargados de los inventarios también pueden realizar el análisis de la incertidumbre basándose en el Nivel 2 o en otros métodos propios de cada país. Las estimaciones de la incertidumbre relativa al sector de UTCUTS pueden combinarse con las estimaciones de la incertidumbre de las actividades que no corresponden al sector de UTCUTS (obtenidas con los métodos basados en *buenas prácticas* que figuran en *OBP2000*) para calcular la incertidumbre total de un inventario.

5.2.2.1 NIVEL 1 – PROPAGACIÓN SIMPLE DE ERRORES

El método de Nivel 1 que permite combinar las incertidumbres se basa en la ecuación de la propagación de errores que se muestra en la Sección A1.4.3.1 (*Ecuación de la propagación de errores*) del Anexo 1, *Base conceptual del análisis de incertidumbre*, de *OBP2000*. En la Sección 6.3.2, *Nivel 1 – Estimación de las incertidumbres por categoría de fuentes con supuestos simplificadores*, de *OBP2000* se ofrece orientación práctica sobre la aplicación del método de Nivel 1 para el análisis de la incertidumbre de las estimaciones de las emisiones.

En la Sección 6.3.2 de *OBP2000* se presenta un método para estimar las incertidumbres de la tendencia que puede aplicarse igualmente cuando se suman las emisiones y las absorciones. El Cuadro 6.1, *Cálculo y presentación de la incertidumbre en el Nivel 1*, de *OBP2000* puede utilizarse para calcular la incertidumbre con el método de Nivel 1 en que se incluye el sector de UTCUTS.

La Ecuación 5.2.1 permite estimar la incertidumbre de un producto de varias cantidades; por ejemplo, puede aplicarse cuando una estimación de las emisiones se presenta como el producto de un factor de emisión y de datos de actividad. Se utiliza cuando no existe una correlación significativa entre los datos y cuando las incertidumbres son relativamente reducidas (la desviación estándar es menor al 30% de la media). Asimismo, la ecuación permite obtener resultados aproximados cuando se dispone de incertidumbres más elevadas. Si existe una correlación significativa, la Ecuación 5.2.1 pueden modificarse a partir de la ecuación que figura en la Sección A1.4.3.1 de *OBP2000*, o los datos pueden incorporarse siguiendo la orientación que se ofrece en el Cuadro 5.2.2 de esta sección y en los párrafos que tratan de la dependencia y de la correlación de la Sección 5.2.2.2.

ECUACIÓN 5.2.1
ESTIMACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES DE LAS CATEGORÍAS (NIVEL 1)

$$I_{\text{total}} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

Donde:

I_{total} = porcentaje de la incertidumbre con respecto al producto de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza de 95% dividido por el total y expresado en porcentaje)

I_i = porcentaje de las incertidumbres asociadas a cada una de las cantidades, $i = 1, \dots, n$

RECUADRO 5.2.2**NIVEL DE AGREGACIÓN DEL ANÁLISIS CON EL MÉTODO DE NIVEL 1**

Con frecuencia, existe una correlación entre los datos iniciales y el análisis de la incertidumbre. Esto ocurre cuando se utilizan los mismos datos de actividad o los mismos factores de emisión para varias estimaciones que deben agregarse en una etapa posterior del proceso. Las correlaciones no suelen identificarse estadísticamente, especialmente si se aplican valores por defecto o estadísticas del área aproximada. No obstante, puede realizarse una evaluación cualitativa de la posible correlación examinando, por ejemplo, si las estimaciones provienen o no de la misma fuente o si existen otras dependencias lógicas que pudieran desviar los errores de unas estimaciones en la misma dirección (cuando el valor de la correlación es positivo). Para evitar la correlación originada por estas dependencias cabe agregar las categorías de fuentes o de sumideros hasta alcanzar un nivel en el que desaparecen. Por ejemplo, los factores de emisión relativos a todos los depósitos de carbono de un tipo determinado de uso de la tierra pueden sumarse antes de multiplicarse con los datos de actividad. Esta agregación permite obtener resultados generalmente más fiables, si bien genera la pérdida de algunos detalles para la presentación de la información sobre las incertidumbres. En el Cuadro 5.4.2 de la Sección 5.4 se ofrece orientación sobre el nivel de agregación recomendado para el análisis de las categorías esenciales y que puede utilizarse igualmente para el análisis de la incertidumbre de Nivel 1.

Cuando las cantidades inciertas deben combinarse sumándolas o restándolas, por ejemplo cuando se calcula la incertidumbre general en las estimaciones de un país determinado, puede aplicarse la Ecuación 5.2.2. Dicha ecuación se basa en la Ecuación 6.3 de *OBP2000*. No obstante, cuando se incluye el sector de UTCUTS en el análisis, el resultado puede ser la suma de las emisiones y las absorciones; si es así, estas últimas se consideran con signo negativo y, por ello, el valor absoluto de la suma de todas las estimaciones de las categorías deberá utilizarse como denominador.

ECUACIÓN 5.2.2**INCERTIDUMBRE GENERAL DE LAS EMISIONES NACIONALES (NIVEL 1)**

$$I_E = \frac{\sqrt{(I_1 \cdot E_1)^2 + (I_2 \cdot E_2)^2 + \dots + (I_n \cdot E_n)^2}}{|E_1 + E_2 + \dots + E_n|}$$

Donde:

- I_E = incertidumbre porcentual de la suma
- I_i = incertidumbre porcentual asociada a la fuente/al sumidero i
- E_i = estimación de la emisión/la absorción relativa a la fuente/al sumidero i

Al igual que en la Ecuación 5.2.1, en la Ecuación 5.2.2 se supone que no existe ninguna correlación significativa entre las estimaciones de las emisiones y de las absorciones y que las incertidumbres son relativamente reducidas. No obstante, puede utilizarse para obtener resultados aproximados cuando las incertidumbres son grandes. Si existe una correlación significativa y si se dispone del nivel de correlación, la Ecuación 5.2.1 puede modificarse a partir de la ecuación que figura en la Sección A1.4.3.1 del Anexo 1 de *OBP2000*. En cambio, cuando sea posible, las categorías deberían agregarse (véase el Cuadro 5.2.2), o podrá utilizarse el análisis de Monte Carlo (Nivel 2).

5.2.2.2 ESTIMACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES POR CATEGORÍAS UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE MONTE CARLO (NIVEL 2)

El análisis de Monte Carlo permite evaluar detalladamente la incertidumbre categoría por categoría, basándose en el método de Nivel 2. En esta sección se desarrolla la orientación sobre el análisis de Monte Carlo que se ofrece en el Capítulo 6 de *OBP2000* y se proporcionan indicaciones específicas al sector de UTCUTS. Si bien parte del material del Capítulo 6 se reproduce en la presente publicación, es conveniente remitirse a *OBP2000* como material de información general.

El análisis de Monte Carlo es especialmente útil cuando se dispone de una gran cantidad de datos sobre el uso de la tierra específicos de un país determinado. Con este método pueden tratarse grados de correlación variables

(en el tiempo y entre las categorías) y puede evaluarse la incertidumbre de los modelos complejos y del simple cálculo del “factor de gestión (o del factor de las emisiones) por los datos de actividad”. La descripción general del método de Monte Carlo puede encontrarse en Fishman (1996) y los programas informáticos estadísticos pueden adquirirse fácilmente – algunos de ellos incluyen algoritmos del análisis de Monte Carlo cuya utilización es sencilla. En Winiwarter y Rypdal (2000) y Eggleston *et al.* (1998), se ofrecen ejemplos de la aplicación del análisis de Monte Carlo en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero para estimar las incertidumbres relativas a las emisiones generales y a las tendencias de las emisiones generales. Ogle *et al.* (2003) recogen un ejemplo del análisis de Monte Carlo de la incertidumbre aplicado a una porción de suelo agrícola del inventario sobre el carbono del sector de UTCUTS realizado por los Estados Unidos. En el Recuadro 5.2.3, que se inspira en Ogle *et al.* (2003), se describe brevemente la aplicación del análisis de Monte Carlo.

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ANÁLISIS DE MONTE CARLO

El análisis de Monte Carlo permite seleccionar valores aleatorios de los parámetros de las estimaciones y de los datos de actividad a partir de las funciones de distribución de probabilidad (FDP) y calcular la variación correspondiente en el carbono almacenado (o equivalente de carbono). El procedimiento debe repetirse muchas veces para lograr obtener el valor medio y el rango de incertidumbre (por ejemplo, las FDP para las emisiones y las absorciones) resultante de la varianza de las variables del modelo inicial que representan las FDP. El análisis de Monte Carlo puede realizarse para cada categoría, para la agregación de categorías o para el inventario en general.

La varianza de las variables iniciales se cuantifica mediante las funciones de distribución de probabilidad que indican los valores que pueden adquirir las variables. Puede que las FDP deban truncarse si se sabe que algunos umbrales intervienen en las variables iniciales. Por ejemplo, las estimaciones relativas al carbono del suelo de base podrían ser reducidas pero nunca llegar a tener un valor negativo (los suelos no pueden tener menos del 0% de carbono). Por tanto, una distribución en que se utilizan valores negativos debe ser truncada a 0, si bien los valores positivos y negativos son muy representativos cuando un procedimiento puede llevar a un término de fuente o de sumidero.

Las FDP pueden basarse en datos de actividad, en el dictamen de expertos o en una combinación de ambos y relacionarse para indicar las interdependencias, especialmente las correlaciones que se producen en el tiempo o entre los gases respecto de los datos de actividad y las correlaciones entre los factores de gestión. Si no se tienen en cuenta esas interdependencias, la incertidumbre estimada puede ser demasiado grande o demasiado pequeña, dependiendo de las correlaciones, y los resultados pueden ser poco indicativos.

Una vez elaboradas las FDP, el análisis de Monte Carlo se realiza mediante un proceso iterativo. Se selecciona de manera aleatoria un conjunto de valores de cada FDP, y luego se aplica el modelo utilizando los valores con que se obtiene una estimación para el resultado que interesa. Por último, el proceso se repite una y otra vez y se logra una FDP para la estimación del inventario en su conjunto.

ESTIMACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES EN LOS NIVELES Y LAS TENDENCIAS

Como cualquier método, el análisis de Monte Carlo proporciona únicamente resultados óptimos si se aplica adecuadamente, y los resultados sólo serán válidos si los datos iniciales, incluidas las FDP, las correlaciones y los dictámenes de expertos, son representativos. El enfoque de Monte Carlo consta de cinco etapas bien diferenciadas. Solamente las dos primeras etapas requieren un esfuerzo del analista, puesto que para el resto se utilizan programas informáticos.

Etapas 1: Evaluar las incertidumbres específicas de las variables iniciales. Esto comprende la estimación de parámetros y de los datos de actividad de UTCUTS, las medias correspondientes, las funciones de distribución de probabilidad (FDP) y cualquier correlación. Las incertidumbres pueden evaluarse siguiendo la orientación que se ofrece en la Sección 5.2.3, *Consideraciones prácticas para cuantificar las incertidumbres de los datos iniciales*, y en la Sección 5.2.4, *Ejemplo de análisis de la incertidumbre*, del presente capítulo. Para obtener indicaciones sobre la evaluación de las correlaciones véase a continuación.

Etapas 2: Configurar el programa informático. La fórmula para calcular el inventario de las emisiones, las FDP y los valores de correlación deberían configurarse en el programa de Monte Carlo. El programa informático ejecuta las etapas siguientes. En algunos casos el organismo encargado del inventario puede decidir crear sus propios sistemas para simular el método de Monte Carlo, basándose en programas estadísticos.

- Etapa 3: Seleccionar los valores iniciales. Normalmente, los valores iniciales equivalen a las estimaciones que, siguiendo las *buenas prácticas*, se utilizan para los cálculos. Aquí empiezan las iteraciones. Para cada dato inicial se selecciona, de manera aleatoria, un número de la FDP de la variable considerada.
- Etapa 4: Estimar el carbono almacenado. Las variables que se seleccionaron en la Etapa 3 sirven para estimar el carbono almacenado para el año de base y para el año en curso (por ejemplo, el principio y el final del período que se haya elegido para el inventario; año $t-20$ y año t) basándose en los valores iniciales.
- Etapa 5: Repetir y comprobar los resultados. El total calculado en la Etapa 4 se almacena, y luego se repite el proceso desde la Etapa 3. La media de los totales almacenados da una estimación del carbono almacenado, y la variabilidad equivale a la incertidumbre. En este tipo de análisis son necesarias varias repeticiones. El número de iteraciones puede fijarse de dos maneras: se determina a priori el número de veces que se va a aplicar el modelo, por ejemplo 10.000, y se activa la simulación hasta alcanzar el número de iteraciones establecido, o se espera a que el promedio se sitúe en un valor relativamente estable antes de finalizar la simulación.

El método de Monte Carlo permite además estimar las incertidumbres en la tendencia (a saber, los cambios que se producen cada dos años) originadas por las actividades de UTCUTS. El procedimiento es sencillamente una extensión del que se acaba de exponer. Debe prepararse el análisis de Monte Carlo para estimar el carbono almacenado para los dos años al mismo tiempo. Las etapas son las mismas que las descritas previamente, salvo algunas modificaciones en las Etapas 1 y 2:

- Etapa 1: El procedimiento es el mismo que el descrito anteriormente, salvo que se realiza para el año de base y para el año en curso. Por tanto, han de tenerse en cuenta otras interdependencias. Para muchas categorías del sector de UTCUTS se utilizará el mismo factor de emisión para cada año considerado (es decir, que los factores de emisión para ambos años presentan una correlación del 100%). Los datos de actividad relativos al uso de la tierra y las emisiones están correlacionados en el tiempo, lo que deberá representarse igualmente en el modelo.
- Etapa 2: El programa informático deberá prepararse como se ha descrito anteriormente, excepto que las FDP deberán tener en cuenta la relación entre el carbono almacenado durante el año de base y el año en curso. Si se considera que los datos iniciales presentan una correlación del 100% entre los años considerados (como ocurre con muchos de los parámetros para las estimaciones relativas al sector de UTCUTS), se utilizará el mismo valor aleatorio para obtener los valores de los factores de emisión a partir de las FDP de ambos años.

ESPECIFICACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PARA LAS ENTRADAS DEL INVENTARIO

Los datos utilizados para realizar un análisis de la incertidumbre pueden obtenerse de ensayos prácticos o de dictámenes de expertos. Deben sintetizarse para que sea posible producir las funciones de distribución de probabilidad. Cabe plantearse algunas cuestiones esenciales sobre los datos de que se dispone, a saber:

- ¿Son los datos representativos de las prácticas de gestión y otras circunstancias nacionales?
- ¿Qué promedio de tiempo se ha dedicado a la recopilación de los datos? ¿Se corresponde con el promedio de tiempo dedicado a la evaluación?

Con frecuencia, los datos de que se dispone representan un promedio anual para los parámetros de las estimaciones o un total anual para los datos de actividad.

La simulación del modelo de Monte Carlo requiere que el analista especifique las distribuciones de probabilidad (véase Fishman, 1996) que representan mejor cada modelo inicial cuya incertidumbre ha de cuantificarse. Las distribuciones de probabilidad pueden basarse en las indicaciones que figuran en el Capítulo 3, o pueden obtenerse aplicando distintos métodos, como el análisis estadístico de los datos o la solicitud de dictámenes de expertos, como se describe en el Capítulo 6 de *OBP2000*. Una consideración importante es determinar las distribuciones de las variables iniciales en el modelo que permite calcular las emisiones/absorciones para que se basen en los mismos supuestos fundamentales con respecto al tiempo de promediación, la ubicación y otros factores condicionantes y pertinentes para una evaluación determinada (p. ej., las condiciones climáticas que influyen en las emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura). En la Sección 5.2.3 (Consideraciones prácticas para cuantificar las incertidumbres de los datos iniciales) figura más información al respecto.

EVALUACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE CADA UNO DE LOS DATOS DEL INVENTARIO A LA INCERTIDUMBRE GENERAL

Lo ideal es que los esfuerzos para caracterizar la incertidumbre de los datos de un inventario deberían ser proporcionales a su importancia en la evaluación de la incertidumbre general. Se desperdiciarían los escasos recursos si se dedicara mucho tiempo a recopilar datos y dictámenes de expertos sobre una categoría de fuentes o de sumideros que contribuye muy poco a la incertidumbre general. Por ello, se insta a los países a que identifiquen para una categoría determinada qué tipo de información inicial influye especialmente en la incertidumbre general del inventario a fin de priorizar las mejoras. Asimismo, se limitaría la evaluación si no se destinaran los recursos necesarios para cuantificar las incertidumbres asociadas a los datos iniciales especialmente sensibles respecto de la incertidumbre general del inventario. Muchos analistas abogan por un enfoque en el que la primera iteración del análisis de la incertidumbre consiste en evaluar las principales fuentes de incertidumbre. La información que se obtenga contribuirá a mejorar la evaluación de la incertidumbre general y será de gran utilidad para la documentación. Los métodos que permiten evaluar la importancia de los datos iniciales se describen en manuales de referencia como Morgan y Henrion (1990), Cullen y Frey (1999), y otros. Véase también la Sección 5.4 (Elección de la metodología – Identificación de las categorías esenciales).

ESPECIFICACIÓN DE LAS DEPENDENCIAS Y DE LAS CORRELACIONES ENTRE LOS DATOS INICIALES DE UN INVENTARIO

Una cuestión esencial que los analistas deben tener en cuenta al elaborar un análisis probabilístico es determinar si existen dependencias o correlaciones entre los datos iniciales del modelo. Teóricamente es preferible definir el modelo para que los datos iniciales sean lo más independientes posibles desde el punto de vista estadístico. Por tanto, en lugar de estimar las incertidumbres por separado para cada subcategoría de las actividades de UTCUTS, parece más adecuado estimar la incertidumbre de las categorías agregadas para las que pueda disponerse de buenas estimaciones y verificaciones. Las dependencias, si existen, tal vez no sean siempre pertinentes para la evaluación de las incertidumbres. Las dependencias entre los datos iniciales solamente deberán considerarse cuando se producen entre dos datos iniciales sobre los que repercute especialmente la incertidumbre y cuando las dependencias son suficientemente grandes. Por el contrario, las dependencias poco significativas entre los datos iniciales, o las dependencias relevantes entre datos iniciales que no resulten afectados por la incertidumbre del inventario, serán relativamente irrelevantes para el análisis. Ahora bien, algunas interdependencias son importantes, y si no se tienen en cuenta estas relaciones pueden obtenerse resultados inciertos.

Las dependencias pueden evaluarse analizando la correlación entre las variables de los datos iniciales a partir de análisis estadísticos. Por ejemplo, en Ogle *et al.* (2003) se describen las dependencias entre los factores de gestión de las tierras de cultivo, que se estimaron a partir de una simple serie de datos de un solo modelo de regresión, determinando la covarianza entre los factores relativos a la gestión de la reducción de cultivo y de la ausencia de cultivo y, a su vez, utilizando la información para obtener los valores de los factores de las tierras de cultivo con una correlación adecuada durante la simulación del modelo de Monte Carlo. En el Recuadro 5.2.3 se presenta este análisis con más detalle. Debería considerarse la probabilidad de que existan correlaciones entre las variables de los datos iniciales y concentrarse en las correlaciones que pudieran presentar las mayores dependencias (p. ej., la aplicación de los factores de gestión a una misma actividad durante varios años de un inventario, o las correlaciones entre las actividades de gestión de un año para otro). Se tratan otras cuestiones y se describen otros ejemplos en Cullen y Frey (1999) y en Morgan y Henrion (1990). Dichos documentos contienen además listas de referencias en las que se citan obras pertinentes.

RECUADRO 5.2.3**EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS VARIACIONES DE C EN SUELO AGRÍCOLA EN ESTADOS UNIDOS CON EL MÉTODO DE NIVEL 2**

Ogle *et al.* (2003) han realizado el análisis de Monte Carlo para evaluar las variaciones de carbono en el suelo agrícola en Estados Unidos. El método que se describe en las *Directrices del IPCC* requiere que se disponga de datos iniciales relativos a los factores de gestión (por ejemplo, los coeficientes cuantitativos que representan la variación de carbono orgánico del suelo teniendo en cuenta el uso de la tierra o el cambio de gestión), al carbono almacenado de referencia (es decir, la cantidad de carbono orgánico en los suelos que cumplen las condiciones básicas), y los datos de actividad relativos al uso de la tierra y a la gestión. Los factores de gestión se estimaron a partir de unos 75 estudios publicados basados en modelos lineales de efectos mixtos. Las FDP se utilizaron para conocer el efecto de la gestión a una profundidad de 30cm, 20 años después de su aplicación. Las reservas de referencia se evaluaron utilizando la National Soil Survey Characterization Database del Departamento de Agricultura de Estados Unidos – el servicio de conservación de los recursos nacionales (USDA-NRCS) cuyas estimaciones relativas al carbono almacenado se calcularon a partir de unas 3.700 muestras de suelo nacional. Las FDP se basaban en el promedio y en la varianza de las muestras, teniendo en cuenta la autocorrelación espacial causada por los modelos de distribución del bosque. Los datos de actividad referentes al uso de la tierra y a la gestión se registraron en el Inventario de los recursos nacionales; USDA-NRCS, donde se recopila información relativa a la gestión de las tierras agrícolas en más de 400.000 puntos de Estados Unidos, y se sumaron los datos de las actividades del Centro de Información de la Tecnología de Conservación (CTIC). El análisis de Monte Carlo fue aplicado mediante un código y un paquete de programas informáticos sobre estadística disponibles en el mercado y que fueron elaborados por analistas estadounidenses. En dichos análisis se representaban las interdependencias entre la estimación de los parámetros que se habían obtenido de conjuntos de datos comunes. Por ejemplo, los factores para las tierras abandonadas o el cambio en el uso de la tierra entre las condiciones de cultivo y de no cultivo se obtuvieron mediante un único análisis de regresión con un indicador variable para las tierras abandonadas y, por tanto, eran interdependientes. El análisis también reveló la existencia de interdependencias entre los datos de actividad sobre el uso de la tierra y las prácticas de gestión. Cuando se simularon los valores de los datos iniciales, se partió de la base de que los factores eran completamente interdependientes del año de base y del año en que se realizaba el inventario, porque se suponía que el efecto de la gestión no iba a cambiar durante el período considerado para el inventario. Así, los factores se simularon aplicando los mismos valores aleatorios. En cambio, el carbono almacenado de referencia para los distintos tipos de clima en las superficies que se aplicó en el análisis del IPCC se simuló de manera independiente, utilizando distintas semillas seleccionadas al azar ya que las reservas para cada zona considerada provenían de conjuntos de datos independientes. Los analistas estadounidenses decidieron utilizar 50.000 iteraciones del análisis de Monte Carlo. Ogle *et al.* (2003) observaron que los suelos minerales experimentaron un aumento medio de $10,7 \text{ Tg C/ año}^{-1}$ entre 1982 y 1997, con un intervalo de confianza del 95% que oscilaba entre $6,5$ y $15,2 \text{ Tg C/ año}^{-1}$. En cambio, los suelos orgánicos registraron una disminución media de $9,4 \text{ Tg C/ año}^{-1}$, cantidad que se situaba entre $6,4$ y $13,3 \text{ Tg C/ año}^{-1}$. Además, Ogle *et al.* (2003) concluyeron que la variabilidad de los factores de gestión contribuía en un 90% a la incertidumbre general de las estimaciones relativas a las variaciones de carbono en el suelo analizado para el inventario final.

5.2.3 Consideraciones prácticas para cuantificar las incertidumbres de los datos iniciales

Antes de evaluar las incertidumbres de las categorías de un inventario se requiere información sobre las incertidumbres de los datos iniciales. En el Capítulo 3 se ofrece orientación sobre las incertidumbres relacionadas con la elección de los métodos (niveles) y sobre las incertidumbres relativas a los parámetros por defecto. En cuanto a las categorías esenciales, es una *buena práctica* realizar una evaluación independiente de la incertidumbre asociada a los datos iniciales utilizados con el fin de preparar las estimaciones de un país. En las siguientes secciones se dan indicaciones sobre algunos de los aspectos que deberían tenerse en cuenta cuando se aplican los tres niveles metodológicos descritos en el Capítulo 3 y otras cuestiones relacionadas con el Protocolo de Kyoto, que se abordan en el Capítulo 4.

En el Capítulo 2 se indican las fuentes de incertidumbre que pueden intervenir cuando se determinan las superficies de tierra asociadas al uso de la tierra y a las actividades de cambio de uso de la tierra. Dichas fuentes dependen de las circunstancias nacionales y de cómo los países aplican concretamente los tres enfoques o cómo

los combinan para caracterizar la superficie de tierra. Dadas las diferencias en la aplicación de la metodología en cada país, es difícil hacer recomendaciones cuantitativas generales. No obstante, en el Cuadro 2.3.6 del Capítulo 2 se proporcionan rangos orientativos y recomendaciones sobre la manera de reducir las incertidumbres en la clasificación de la tierra. Las indicaciones del Capítulo 2 revisten interés para todos los niveles que se presentan en las tres subsecciones siguientes.

CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES CUANDO LAS ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES Y DE LAS ABSORCIONES SE BASAN EN MÉTODOS DE NIVEL 1

Los métodos de Nivel 1 para estimar las emisiones y las absorciones del sector de UTCUTS se basan en las estimaciones de las áreas específicas de un país (superficie de tierra y cambios en la superficie de tierra por categorías) y en los valores por defecto de las estimaciones de los parámetros que se requieren para calcular la magnitud de la fuente o del sumidero de una categoría determinada. La incertidumbre asociada a los métodos de Nivel 1 será probablemente grande, ya que se desconoce si los parámetros por defecto disponibles se adecuan a las circunstancias del país considerado. Si se aplican los datos por defecto a un país o a una región con unas características muy distintas de las que presentan los datos de las fuentes disponibles, pueden cometerse errores sistemáticos considerables (a saber, estimaciones de las emisiones o de las absorciones con un alto grado de sesgo). Una estimación de la incertidumbre cualitativa de los valores por defecto utilizados en el análisis de Nivel 1 o los métodos de verificación que se describen en la Sección 5.7 puede ayudar a identificar el sesgo de las estimaciones.

En el Capítulo 3 se indican las estimaciones de los niveles de incertidumbre relativas a los parámetros de estimación por defecto. Las estimaciones de la incertidumbre relativa a otros parámetros (p. ej., los datos referentes a las cosechas) deben basarse en las fuentes nacionales o en el dictamen de expertos que reflejen las circunstancias nacionales. Las incertidumbres en las estimaciones de las áreas en que se llevan a cabo actividades asociadas al uso de la tierra y a los cambios en el uso de la tierra se obtienen como se ha descrito anteriormente. Las estimaciones sobre la incertidumbre general para el sector de UTCUTS se calculan combinando las incertidumbres, como se indica en la Sección 5.2.2, Métodos para combinar las incertidumbres.

CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES CUANDO LAS ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES Y DE LAS ABSORCIONES SE BASAN EN MÉTODOS DE NIVEL 2

Los métodos de Nivel 2 que se muestran en el Capítulo 3 se basan en los datos específicos de un país que se han determinado en el Nivel 1. En este caso, es una *buena práctica* evaluar la incertidumbre de los datos dadas las circunstancias nacionales. Los datos se definen a menudo de manera general, y probablemente no estén muy estratificados según las categorías del clima, de la gestión y de las alteraciones. La mayoría de las veces se evaluarán utilizando enfoques descendentes y basándose en valores iniciales tomados de referencias cruzadas o en estimaciones combinadas obtenidas a partir de fuentes de información no representativas, incluido el dictamen de expertos. Es una *buena práctica* evaluar las estimaciones de la incertidumbre para dichos valores por defecto remitiéndose a la documentación existente sobre la evaluación, al dictamen de expertos o a las comparaciones con países en que las condiciones sean similares. Si se examinan los datos iniciales, es posible mejorar la evaluación sobre la incertidumbre. En la introducción de la Sección 5.2.3 se indica cómo se obtienen las incertidumbres en las estimaciones de las áreas asociadas con actividades de uso de la tierra o cambios en el uso de la tierra. En cuanto a los factores de emisión (por ejemplo, relativos a los humedales o a oligogases distintos de CO₂ procedentes de la quema de biomasa), los países pueden disponer de mediciones directas a partir de algunas muestras para ciertas categorías de información. Por tanto, las estimaciones de la incertidumbre general se obtienen mediante la combinación de las incertidumbres, como se indica en la Sección 5.2.2.

CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES CUANDO LAS ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES O DE LAS ABSORCIONES SE BASAN EN MÉTODOS DE NIVEL 3

Para estimar las emisiones y las absorciones en el Nivel 3 se utiliza información amplia y representativa de cada país sobre las variaciones del carbono almacenado (por ejemplo, en la silvicultura se producen aumentos originados por el crecimiento y pérdidas provocadas por las cosechas, por la mortalidad natural o por alteraciones). Por tanto, debería examinarse la incertidumbre de todos los parámetros de estimación que intervienen en las mediciones, incluidos los posibles errores sistemáticos. Las incertidumbres en las estimaciones de las áreas asociadas a las actividades relativas al uso de la tierra y a los cambios en el uso de la tierra se obtienen como ya se ha indicado. Mientras que el componente de error aleatorio puede cuantificarse utilizando enfoques ascendentes que se basan en información sobre el terreno relativa al inventario (véase la Sección 5.3 sobre muestreo), el error sistemático requiere otro tipo de datos. Hay que tomar en consideración los

errores específicos que resultan, por ejemplo, del muestreo y de las conversiones de los modelos (Lehtonen *et al.*: 2004). Es una *buena práctica* combinar todos los componentes del error (tanto aleatorio como sistemático) para cada parámetro (incluidos los factores de expansión y de conversión) y combinar las estimaciones de la incertidumbre correspondientes con el fin de calcular las estimaciones de las emisiones y de las absorciones para cada categoría (véase también la Sección 5.3 en la que se hacen recomendaciones específicas sobre la evaluación de la incertidumbre de estimaciones de los estudios basados en muestras).

Según el enfoque de Nivel 3 que adopte cada país, los factores determinantes en el ciclo del carbono pueden identificarse y parametrizarse como se muestra en las subsecciones de la Sección 3.2.1. Esto permite aplicar modelos dinámicos para la extrapolación y la verificación (véase la Sección 5.7 sobre verificación). Por tanto, debe prestarse especial atención a las incertidumbres de las estimaciones que se basan en modelos (véase el Recuadro 5.2.4).

RECUADRO 5.2.4

INCERTIDUMBRES DE LAS ESTIMACIONES BASADAS EN MODELOS

Los modelos que se utilizan para la elaboración de inventarios pueden abarcar desde relaciones estrictamente empíricas/estadísticas hasta modelos minuciosos basados en muestras. En la práctica, muchos modelos incluyen elementos de ambos enfoques. Cuando se cuantifican las incertidumbres de las estimaciones resultantes de esos enfoques deben considerarse varias cuestiones. Si bien en el presente documento no se pretende tratar exhaustivamente todos los modelos pertinentes, pueden comentarse algunos aspectos generales. La incertidumbre en los modelos puede extraerse de dos elementos principales: la incertidumbre relativa a la estructura del modelo y la incertidumbre de los valores de los parámetros. Es difícil cuantificar la primera fuente de incertidumbre. Si se contrastan dichos elementos con los datos basados en observaciones sobre el terreno, puede ocurrir que la estructura del modelo o los valores de los parámetros, o ambos, sean incorrectos (Oreskes *et al.*: 1984). Por tanto, es importante comprobar la validez de los modelos y utilizar únicamente los modelos que se consideren válidos para el objetivo perseguido. Si se juzga que un modelo no es del todo adecuado, debe complementarse con un programa de validación. La incertidumbre asociada a los valores de los parámetros puede cuantificarse más fácilmente combinando las estimaciones estadísticas o el dictamen de expertos de la incertidumbre de los parámetros mediante el análisis de sensibilidad o el método de Monte Carlo. El análisis de sensibilidad deberá realizarse antes de utilizar el modelo, con el fin de determinar su utilidad para las predicciones. Para realizar el inventario no conviene elegir un modelo con un alto grado de sensibilidad respecto de un parámetro con un nivel de incertidumbre elevado. Si la estructura del modelo es adecuada, el último aspecto que cabe considerar es la incertidumbre de las estimaciones que producen los modelos. Para ello, deben tenerse en cuenta generalmente dos componentes del error: a saber, la incertidumbre que procede de la incertidumbre de los parámetros y la incertidumbre debida a la variación inherente a la población no representada en el modelo. Cuando se realizan las estimaciones, deben considerarse ambas fuentes de incertidumbre para cualquier cálculo.

CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES CUANDO LAS ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES Y DE LAS ABSORCIONES SE BASAN EN OTROS REQUISITOS DEL PROTOCOLO DE KYOTO

Los métodos generales para combinar las incertidumbres, como se indica en la Sección 5.2.2 (Métodos para combinar las incertidumbres) pueden también aplicarse para informar sobre las estimaciones con arreglo al Protocolo de Kyoto. No obstante, algunos de los principales factores que repercuten en las incertidumbres pueden variar. Por ejemplo, la incertidumbre general del inventario del sector de UTCUTS puede presentar un grado mayor de sensibilidad a las incertidumbres cuando se identifican las categorías relacionadas con el uso del suelo y los cambios que se producen entre ellas para las categorías de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto. Además, la contabilización neto-neto que se requiere para la información de las actividades relacionadas con la agricultura plantea algunas cuestiones específicas que se abordan de manera más detallada en las Secciones 4.2.4.2 y 4.2.8.1. Por ejemplo, la incertidumbre que se obtiene de las estimaciones durante el año de base puede diferir de la incertidumbre a lo largo del período de compromiso. Por otra parte, existen requisitos especiales para elegir la metodología elegida para presentar la información con arreglo al Protocolo de Kyoto (como se indica en el Capítulo 4). A efectos de la información, es necesario hacer evaluaciones de la incertidumbre asociada a las actividades recogidas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto. En la Sección 4.2.4.3 del Capítulo 4 figuran los requisitos y el nivel de detalle de los análisis.

5.2.4 Ejemplo de análisis de la incertidumbre

En el Apéndice 6A.2 del Capítulo 6, Cuantificación de las incertidumbres en la práctica, se da un ejemplo general que ilustra la manera en que pueden combinarse las incertidumbres. Este enfoque puede aplicarse también al sector de UTCUTS, siempre y cuando los cálculos se expresen en productos de superficie (u otros datos de actividad) y en factores de emisión y de absorción. Dado que las estimaciones de las actividades de UTCUTS son, por lo general, más o menos proporcionales a la superficie considerada, pueden aplicarse otros procedimientos más complejos que la multiplicación de los datos de actividad relativos a un solo factor de emisión a las estimaciones y expresarse de la misma manera, sobre la base de las incertidumbres asociadas a las emisiones equivalentes, del factor que se haya estimado a partir del dictamen de expertos o de las relaciones estándar que intervienen en la propagación del error.

En esta sección se ofrece un ejemplo en el que se indican las etapas que deben seguirse para la evaluación de Nivel 1 de la incertidumbre basándose en el enfoque de Nivel 1, utilizando dos actividades típicas del sector de UTCUTS. Se parte de una situación simple en la que se estiman las variaciones del carbono almacenado, las emisiones y las absorciones para dos subcategorías de la categoría tierras forestales: i) tierras forestales que siguen siendo tierras forestales y ii) tierras forestales que se convierten en praderas. Los gases y las emisiones de gases distintos de CO₂ que provienen de los suelos no se toman en consideración en este caso concreto. En el ejemplo se presta especial atención a simples estimaciones numéricas de la incertidumbre y no se consideran las correlaciones entre los parámetros iniciales.

La evaluación de las estimaciones se divide en cuatro etapas.

Etapas 1: Estimación de las emisiones o las absorciones relativas a cada actividad: tierras forestales que siguen siendo tierras forestales y tierras forestales convertidas en praderas.

Etapas 2: Evaluación de las incertidumbres relativas a las dos actividades.

Etapas 3: Evaluación de las incertidumbres totales originadas por el sector de UTCUTS.

Etapas 4: Combinación de las incertidumbres del sector de UTCUTS con otras categorías de fuentes.

Etapas 1: Estimación de las emisiones o de las absorciones para cada actividad

Antes de realizar la evaluación de la incertidumbre, las estimaciones de las variaciones del carbono almacenado deben prepararse para ambas subcategorías: tierras forestales que siguen siendo tierras forestales y tierras forestales convertidas en praderas. Dichas estimaciones deberían elaborarse siguiendo la orientación detallada que se ofrece en el Capítulo 3.

Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales

En la Sección 3.2.1.1.1.1 del Capítulo 3 se presentan dos métodos para estimar las variaciones del carbono almacenado en la biomasa. En el siguiente ejemplo se aplica únicamente el Método 1 para el que la disminución del nivel de carbono en la biomasa se debe al incremento de la biomasa (véase la Ecuación 3.2.2):

$$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{BV}}} = (\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{C}}} - \Delta C_{\text{TFTF}_{\text{P}}})$$

donde:

$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{BV}}}$ = variación anual del carbono almacenado en la biomasa viva (incluida la biomasa sobre el suelo y la biomasa bajo tierra) en las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, en toneladas de C al año⁻¹

$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{C}}}$ = incremento anual medio del carbono debido al aumento de la biomasa (también denominado incremento de la biomasa), en toneladas de C al año⁻¹

$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{P}}}$ = disminución anual media del carbono debida a la pérdida de biomasa, en toneladas de C al año⁻¹

Para simplificar el ejemplo, se considera que no hay pérdida de biomasa, por lo tanto $\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{P}}} = 0$. De ahí que en este ejemplo se utilice $\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{BV}}} = \Delta C_{\text{TFTF}_{\text{C}}}$. El incremento de la biomasa $\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{C}}}$ se calcula mediante la Ecuación 3.2.4:

$$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{C}}} = \sum_{ij} (S_{ij} \bullet C_{\text{TOTAL}_{ij}}) \bullet FC$$

donde:

$\Delta C_{\text{TFTF}_{\text{C}}}$ = aumento anual medio del carbono debido al incremento de la biomasa en las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, por tipo de bosque y por zona climática, en toneladas de C al año⁻¹

- S_{ij} = superficie de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales, por tipo de bosque ($i=1$ a n) y por zona climática ($j=1$ to m), en ha
- $C_{TOTALij}$ = nivel de incremento anual medio de la biomasa total en unidades de materia seca, por tipo de bosque ($i=1$ to n) y por zona climática ($j=1$ a m), en toneladas de m.s./ ha⁻¹ año⁻¹
- FC = fracción de carbono, en toneladas de C (toneladas de m.s.)⁻¹ (valor aplicado por defecto igual a 0,5, con un 2% de incertidumbre)

En el ejemplo, la superficie de tierras forestales que siguen siendo tierras forestales equivale a 10 millones de hectáreas. Se considera que sólo existe un tipo de bosque y una única zona climática, de ahí que $n = m = 1$, y, por tanto, la fórmula anterior ΔC_{TFTFC} se simplifica de la siguiente manera:

$$\Delta C_{TFTFC} = S \bullet C_{TOTAL} \bullet FC$$

donde C_{TOTAL} corresponde ahora al nivel de incremento anual medio de la biomasa total, calculado en la totalidad de la superficie de tierra. Generalmente, el valor del C_{TOTAL} puede obtenerse mediante la Ecuación 3.2.5, que figura en la Sección 3.2.1.1.1.1, para cada tipo de bosque y para cada zona climática, teniendo en cuenta los valores de los parámetros que se indican en la Sección 3A.1.¹ En el ejemplo se aplican un valor por defecto de 3.1 toneladas de m.s.ha⁻¹año⁻¹ y un porcentaje de incertidumbre por defecto del 50% para el C_{TOTAL} . Por tanto, el aumento anual medio de carbono almacenado debido al incremento de la biomasa relativa a las tierras forestales que siguen siendo tierras forestales se calcula con la ecuación:

$$\Delta C_{TFTFBV} = \Delta C_{TFTFC} = 10.000.000 \bullet 3,1 \bullet 0,5 \text{ toneladas C año}^{-1} = 15.500.000 \text{ toneladas C año}^{-1}$$

Tierras forestales convertidas en praderas

El método básico de Nivel 1 para estimar las variaciones del carbono almacenado en la biomasa debidas a la conversión de las tierras forestales en praderas se describe en la Sección 3.4.2.1.

La Ecuación 3.4.13 da la variación anual en el carbono almacenado debido a la conversión de las tierras forestales en praderas, cuando se conoce el año de la conversión, de la siguiente manera:

$$\Delta C_{TPBV} = S_{Conversión} \bullet (C_{Conversión} + C_{Crecimiento})$$

$$C_{Conversión} = C_{Después} - C_{Antes}$$

donde:

- ΔC_{TPBV} = variación anual del carbono almacenado en la biomasa viva como resultado de la conversión del uso de la tierra, que de un uso inicial determinado se convierte en pradera, en toneladas de C año⁻¹
- $S_{Conversión}$ = superficie de tierra convertida en pradera a partir de un uso inicial de la tierra, en ha/año⁻¹
- $C_{Conversión}$ = carbono almacenado absorbido cuando se convierten las tierras de un uso inicial determinado en praderas, en toneladas de C ha⁻¹
- $C_{Crecimiento}$ = carbono almacenado en un año de crecimiento de la vegetación de las praderas tras la conversión, en toneladas de C ha⁻¹
- $C_{Después}$ = carbono almacenado en la biomasa inmediatamente después de la conversión en pradera, en toneladas de C ha⁻¹
- C_{Antes} = carbono almacenado en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en praderas, en toneladas de C ha⁻¹

Si los valores por defecto se expresan en términos de biomasa por hectárea, se deberá convertir en carbono utilizando el valor por defecto de 0,5 para la FC, y un 2% de incertidumbre para la FC.

En el ejemplo, la superficie de bosque convertido en pradera representa 500 hectáreas. Los factores de emisión y las incertidumbres asociadas figuran en el Capítulo 3.2.1.1.2 y en el Cuadro 3.4.9 de la Sección 3.4.2.1 del Capítulo 3. En el siguiente ejemplo se considera que:

- $C_{BVBV} = C_{Antes} = 80$ toneladas de C ha⁻¹, con un porcentaje de incertidumbre del 24%
- $C_{Después} = 0$ toneladas de C ha⁻¹, con un porcentaje de incertidumbre del 0%
- $C_{PBV} = C_{Crecimiento} = 3$ toneladas de C ha⁻¹, con un porcentaje de incertidumbre del 60%

¹ Los valores aplicados por defecto a la biomasa sobre el suelo anual media C_H y la relación raíz/vástago R de la Ecuación 3.2.5 se encuentran en los Cuadros 3A.1.5, 3A.1.6 y 3A.1.8 (para R) del Anexo 3A.1.

Si se aplican estos valores en la siguiente ecuación se obtiene:

$$\begin{aligned}\Delta C_{TP_{BV}} &= S_{RL} \bullet (-C_{F_{BV}} + C_{C_{BV}}) \\ &= 500 \text{ ha} \bullet (-80 + 3) \text{ toneladas C ha}^{-1} = -38.500 \text{ toneladas C}\end{aligned}$$

Etap 2: Evaluación de las incertidumbres para cada actividad

Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales

La incertidumbre asociada a la superficie de tierra forestal estimada debe determinarse a partir del dictamen de expertos. Si para las estimaciones se utilizan los estudios nacionales que se basan en un diseño de muestreo estadístico (véanse la Sección 5.3, Muestreo y el Cuadro 2.3.6 del Capítulo 2) pueden adoptarse entonces métodos estadísticos para calcular la incertidumbre.

En el siguiente ejemplo se considera que la superficie de bosque gestionada se define mediante datos administrativos. El organismo encargado de recopilarlos aplicó métodos basados en las *buenas prácticas* y, a partir del dictamen de expertos, evaluó una incertidumbre de las estimaciones de la superficie en un 20%.

La incertidumbre del incremento anual de la biomasa depende de la incertidumbre de los parámetros iniciales. Si el país aplica parámetros por defecto, la incertidumbre será grande y solamente se podrá evaluar de manera aproximada a partir del dictamen de expertos (véase el Capítulo 3). Si el aumento anual de la biomasa se calcula mediante la Ecuación 3.2.4 y se convierte en carbono con una fracción determinada, entonces la estimación de la incertidumbre relativa al incremento del carbono en la biomasa ($I_{\Delta C_{TFFC}}$) se obtiene de la siguiente manera:

$$I_{\Delta C_{TFFC}} = \sqrt{I_{S_{TFF}}^2 + I_{C_{TOTAL}}^2 + I_{FC}^2}$$

Si se define $I_{CC_{TOTAL}}$ como el porcentaje de incertidumbre del incremento anual de la biomasa en términos de carbono por unidad de superficie (por ejemplo, la incertidumbre combinada de $C_{TOTAL} \bullet FC$):

$$I_{CC_{TOTAL}} = \sqrt{I_{C_{TOTAL}}^2 + I_{FC}^2}$$

$$I_{CC_{TOTAL}} = \sqrt{50\%^2 + 2\%^2} = 50,04\%$$

Antes de que puedan calcularse las incertidumbres combinadas de los datos de actividad S_{TFF} (superficie de tierras forestales que sigue siendo tierras forestales) y el factor de emisión correspondiente (incremento anual de la biomasa en términos de carbono, CC_{TOTAL}), debe determinarse si existe alguna correlación. En el siguiente ejemplo, los datos iniciales provienen de fuentes independientes, y debe considerarse que no están correlacionados. Por tanto, puede aplicarse la Ecuación 5.2.1 para obtener la $I_{\Delta C_{TFFC}}$ de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}I_{\Delta C_{TFFC}} &= \sqrt{I_{S_{TFF}}^2 + I_{CC_{TOTAL}}^2} \\ &= \sqrt{20\%^2 + 50,04\%^2} = 53,8\%\end{aligned}$$

donde:

$I_{\Delta C_{TFFC}}$ = porcentaje de la incertidumbre de las variaciones del carbono almacenado

$I_{S_{TFF}}$ = porcentaje de la incertidumbre de las estimaciones de la superficie de tierras forestales

Tierras forestales convertidas en praderas

Asimismo, es necesario estimar la incertidumbre asociada a las variaciones del carbono almacenado originadas por los cambios en el uso de la tierra. Según la fuente, el tipo y la magnitud de los datos de que se disponga, podría no ser posible realizar estimaciones sobre errores estadísticos, por lo que se utilizará el dictamen de expertos. En el siguiente ejemplo, dado que existe certeza de que el carbono almacenado inmediatamente después de la conversión $C_{Después}$ es igual a 0, la incertidumbre de las variaciones del carbono almacenado, calculada por medio de la Ecuación 3.4.13, presenta tres componentes: la incertidumbre del carbono almacenado inmediatamente antes de la conversión I_{C_B} , ($B = \text{Bosque}$), la incertidumbre en el carbono

almacenado de la vegetación de praderas existente después de las conversiones I_{C_p} , (P = Pradera) y la incertidumbre asociada a la estimación de la superficie que se ha convertido $I_{S_{BP}}$. Si se aplica la Ecuación 5.2.2 y los valores del ejemplo relativos al carbono almacenado y a las incertidumbres, como se ha indicado anteriormente en la Etapa 1, el porcentaje de la incertidumbre de la variación del carbono almacenado por hectárea se estima de la siguiente manera:

$$I_{\Phi} = \frac{\sqrt{(I_{C_B} \cdot C_B)^2 + (I_{C_P} \cdot C_P)^2}}{|C_B + C_P|}$$

$$= \frac{\sqrt{(24\% \cdot (-80))^2 + (60\% \cdot 3)^2}}{|-80 + 3|} = 25\%$$

En este ejemplo simplificado que ilustra el cambio en el uso de la tierra, la incertidumbre total relativa a la variación del carbono almacenado en la biomasa se calcula utilizando la Ecuación 5.2.1, en la que se combina la incertidumbre de los cambios en el carbono almacenado por hectárea con una incertidumbre de la estimación de la superficie convertida, que en el caso que nos ocupa equivale a un 30%. Así:

$$I_{\Delta C_{BP}} = \sqrt{I_{A_{BP}}^2 + I_{\Phi}^2}$$

$$= \sqrt{30\%^2 + 25\%^2} = 39\%$$

Etapa 3: Evaluación del total de las incertidumbres relativas al sector de UTCUTS

En el ejemplo simple que se presenta a continuación, la incertidumbre del sector de UTCUTS se calcula combinando la incertidumbre de las estimaciones de las dos actividades. Las incertidumbres que se producen en un contexto real con más categorías y sus estimaciones correspondientes pueden combinarse del mismo modo.

Incertidumbre total para este ejemplo		
Categoría de uso del suelo	Estimación de la variación del carbono almacenado asociado (toneladas de C año ⁻¹)	$I_{\Delta C}$
Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	15 500 000	53,8%
Tierras forestales convertidas en praderas	-38 500	39%
Total	15 461 500	54%

La incertidumbre general se obtiene mediante la Ecuación 5.2.2 de la siguiente manera:

$$I_{TOTAL} = \frac{\sqrt{(53,8\% \cdot 15500000)^2 + (39\% \cdot (-38500))^2}}{|15500000 + (-38500)|} = 54\%$$

Cuando se expresa en porcentaje, la incertidumbre general producida por las dos actividades de UTCUTS consideradas se sitúa en el 54%. La incertidumbre que se asocia al error estándar relativo de la estimación se calcula dividiendo por dos el porcentaje de incertidumbre. Cabe señalar que el cálculo implica la existencia de correlaciones entre las estimaciones como resultado de la dependencia de una conversión idéntica y de factores de expansión para ambas actividades. Sin embargo, en la práctica, esta correlación puede ser reducida. Si no es así, los cálculos deberán realizarse con muestras independientes; por ejemplo, durante el análisis de la incertidumbre con un método de Nivel 2 (como puede ser el método de Monte Carlo).

Etapa 4: Combinación de las incertidumbres relativas a UTCUTS con otras categorías de fuentes

Por último, la estimación de la incertidumbre correspondiente al sector de UTCUTS puede combinarse con otras estimaciones de la incertidumbre propia de otras categorías de fuentes utilizando métodos de Nivel 1 o de Nivel 2 indistintamente.

5.2.5 Presentación de informes y documentación

En *OBP2000* se ofrecen indicaciones generales sobre la información que puede aplicarse igualmente al sector de UTCUTS. En cuanto a la información relativa a los resultados del análisis de la incertidumbre para el sector de UTCUTS obtenidos con un método de Nivel 1, puede incorporarse añadiendo unas líneas para las categorías pertinentes de UTCUTS al Cuadro 6.1 de la Sección 6.3 de *OBP2000*, teniendo en cuenta la orientación que se proporciona en la Sección 6.3.2 de *OBP2000*.

De acuerdo con *OBP2000*, el análisis puede realizarse utilizando las emisiones de los equivalentes de CO₂ basadas en los potenciales de calentamiento atmosférico (PCA) especificados en la Tercera Conferencia de las Partes, decisión 2/CP.3.²

² La metodología también puede aplicarse de manera general utilizando otros sistemas de ponderación.

5.3 MUESTREO

5.3.1 Introducción

Los datos relativos al sector de UTCUTS se obtienen a menudo de los estudios basados en muestras y, por lo general, se utilizan para estimar los cambios que se producen en el uso de la tierra o en el carbono almacenado. Los inventarios nacionales sobre los bosques constituyen ejemplos significativos del tipo de estudios que se lleva a cabo. En esta sección se ofrece orientación sobre las *buenas prácticas* relativas al uso de los datos recogidos en los estudios basados en muestras para informar sobre las emisiones y las absorciones de los gases de efecto invernadero y elaborar los estudios de muestreo para disponer de datos acordes con el objetivo perseguido. Igualmente, el muestreo es fundamental para ejecutar los proyectos relativos al Protocolo de Kyoto, y en el Capítulo 4 se proporcionan recomendaciones específicas de acuerdo con la presente sección, en las que ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* en relación con:

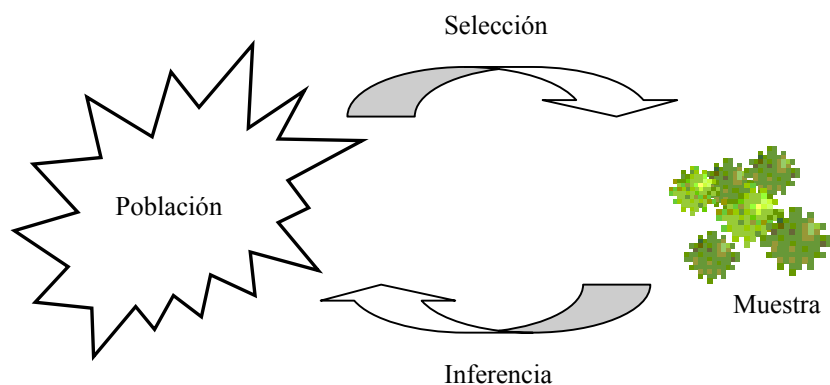
- El panorama general sobre los principios de muestreo (Sección 5.3.2);
- El diseño de muestreo (Sección 5.3.3);
- Los métodos de muestreo para las estimaciones de una superficie determinada (Sección 5.3.4);
- Los métodos de muestreo para las estimaciones de las emisiones y de las absorciones de los gases de efecto invernadero (Sección 5.3.5);
- Las incertidumbres en los estudios basados en muestras (Sección 5.3.6).

En cuanto a las referencias sobre muestreo se recomiendan las siguientes: Raj (1968), Cochran (1977), De Vries (1986), Thompson (1992), Särndal *et al.* (1992), Schreuder *et al.* (1993), Reed y Mroz (1997), y Lund (1998).

5.3.2 Panorama general sobre los principios de muestreo

El muestreo proporciona información sobre una población entera a través de la observación de una de sus partes, lo que se denomina una muestra (véase Figura 5.3.1). Por ejemplo, los cambios del carbono en la biomasa del árbol a escala regional o nacional puede estimarse basándose en el crecimiento, en la mortalidad y en la tala de árboles en un número limitado de parcelas utilizadas para el muestreo. Las teorías sobre el muestreo proponen, por lo tanto, instrumentos para ampliar la información obtenida de las parcelas de muestreo a la escala geográfica establecida. Si se prepara correctamente el muestreo, la eficacia del uso de los recursos del inventario aumenta considerablemente. Además, para el desarrollo de los inventarios relativos al sector de UTCUTS se requieren, normalmente, muestras sobre el terreno, porque si bien los datos de teledetección ofrecen una cobertura territorial completa, deberá disponerse de datos relativos al lugar observado a partir de muestras sobre el terreno para facilitar la interpretación y la verificación.

Figura 5.3.1 Principio de muestreo



La teoría estándar de muestreo parte de la selección aleatoria de una muestra de la población y cada unidad de la población presenta una probabilidad específica de que se la incluya en la muestra. Esto ocurre cuando todas las parcelas de muestreo se distribuyen de manera aleatoria en una superficie, o cuando las parcelas se reparten en un sistema de cuadrícula sistemático y la disposición de la cuadrícula es aleatoria. El muestreo aleatorio reduce el riesgo de sesgo y permite evaluar objetivamente la incertidumbre de las estimaciones. Por lo tanto, los datos que se extraen del muestreo aleatorio deberán utilizarse cuando se disponga de ellos o cuando se elaboren nuevos estudios.

Asimismo, las muestras pueden tomarse en lugares seleccionados subjetivamente, que se consideren representativas de la población. Se denomina muestreo subjetivo (o intencionado) y los datos obtenidos a partir de esos estudios suelen utilizarse en los inventarios de los gases de efecto invernadero (por ejemplo, cuando las observaciones de los lugares que no se han seleccionado de manera aleatoria se emplean para representar toda una categoría o subdivisión de tierra). Dadas estas condiciones, las observaciones sobre el tipo de bosque, por ejemplo, pueden extrapolarse a otras áreas para las que no son representativas. No obstante, debido a la escasez de los recursos de que se dispone, para los inventarios de los gases de efecto invernadero puede ser necesario examinar los datos relativos a lugares seleccionados subjetivamente o a las parcelas consideradas en el estudio. Si esto ocurre, es una *buena práctica* identificar, previa consulta de los organismos responsables de los lugares o las parcelas, las superficies de tierra para las que las muestras subjetivas se juzgan representativas.

5.3.3 Diseño de muestreo

El diseño de muestreo determina la manera en que las unidades de muestreo (los lugares o las parcelas) de la población se seleccionan y cuáles son los procedimientos que se deben aplicar para las estimaciones estadísticas a fin de obtener resultados de las muestras. Los diseños de muestreo aleatorio pueden dividirse en dos grupos principales, dependiendo de que la población se *estratifique* (es decir, se subdivide antes del muestreo) o no sobre la base de información complementaria. Los estudios estratificados serán, generalmente, más eficaces según el nivel de exactitud que se alcance a partir de un coste determinado. En cambio, otros estudios tienden a ser ligeramente más complejos, lo cual aumenta el riesgo de obtener errores que no proceden del muestreo, sino que se deben al uso incorrecto de los datos recopilados. En los diseños de muestreo, debería alcanzarse un punto intermedio entre la simplicidad y la eficacia. Los tres aspectos relativos a las *buenas prácticas* que se mencionan a continuación pueden ayudar a conseguirlo:

- Uso de datos complementarios y de la estratificación;
- Muestreo sistemático;
- Uso de parcelas permanentes para las muestras y de datos relativos a las series temporales.

5.3.3.1 USO DE DATOS COMPLEMENTARIOS Y DE LA ESTRATIFICACIÓN

Uno de los diseños de muestreo más destacados que contienen información complementaria es la *estratificación*. En ella, la población se divide en subpoblaciones sobre la base de *datos complementarios*. Estos datos incluyen el conocimiento de los límites jurídicos y administrativos o de las limitaciones de la administración forestal que conviene muestrear por separado, y mapas o datos de teledetección que permitan distinguir las superficies de tierras altas y tierras bajas o los distintos tipos de ecosistema. Como con la estratificación se pretende aumentar la eficacia de las muestras, es una *buena práctica* utilizar datos complementarios cuando se dispone de ellos o cuando se pueden obtener a un coste adicional bajo.

La estratificación contribuye a aumentar la eficacia del análisis principalmente de dos maneras: i) mejorando la exactitud de las estimaciones para toda la población y ii) obteniendo resultados pertinentes para algunas subpoblaciones, por ejemplo, para ciertas regiones administrativas.

En cuanto a la primera cuestión, la estratificación permite aumentar la eficacia del muestreo si la subdivisión de la población favorece la reducción de la variación entre las unidades de un estrato determinado frente a la variación relativa a la población entera. Por ejemplo, un país puede dividirse en una región de tierras bajas (que presentan algunas de las características de las categorías del uso de la tierra consideradas) y en una región de tierras altas (con diferentes características de las categorías correspondientes). Si cada estrato es homogéneo, puede conseguirse una estimación general precisa utilizando una muestra limitada de cada estrato. La segunda cuestión es importante si se trata de proporcionar resultados con un grado determinado de exactitud para todas las regiones administrativas de interés para el análisis, como también es fundamental cuando los datos de las

muestras deben combinarse con otro tipo de datos disponibles que se han recopilado utilizando distintos protocolos con las mismas limitaciones legales o administrativas.

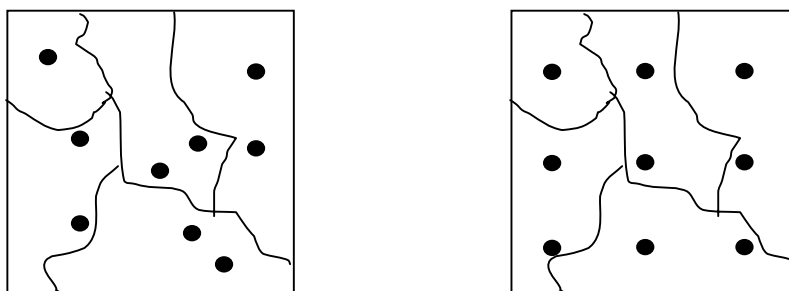
El uso de los datos de teledetección o mapas para identificar los límites de los estratos (las subdivisiones de los tipos de uso de la tierra que van a incluirse en el estudio de muestreo) puede introducir errores cuando algunas superficies se clasifican erróneamente en un estrato determinado, en tanto que otras superficies que pertenecen realmente a esa clase concreta no se han tomado en cuenta. Este tipo de error puede conllevar un sesgo considerable en las estimaciones finales ya que la superficie identificada para el muestreo no es representativa de la población analizada. Siempre que exista el riesgo de que se cometa un error de este tipo, es una *buena práctica* realizar una evaluación del posible impacto de tales errores a partir de datos verificados en tierra.

Cuando los datos para la presentación de la información acerca de las emisiones o de las absorciones de los gases de efecto invernadero se extraen de inventarios realizados a gran escala, como los inventarios forestales nacionales, conviene aplicar procedimientos estándar para las estimaciones del inventario siempre que se basen en principios estadísticos sólidos. Asimismo, la *post-estratificación* (es decir, cuando, una vez realizado el estudio *in situ*, se definen los estratos mediante datos de teledetección o datos complementarios relativos a los mapas) implica la posibilidad de utilizar nuevos datos adicionales para mejorar la eficacia sin necesidad de modificar el diseño inicial del terreno (Dees *et al.*: 1998). Si se adopta este principio para las estimaciones, puede evitarse el riesgo de sesgo mencionado en el párrafo anterior.

5.3.3.2 MUESTREO SISTEMÁTICO

Generalmente, para realizar estudios basados en muestras relativos al bosque o al uso de la tierra se utilizan puntos o parcelas de muestreo cuyas características de interés ya se han registrado. Un aspecto importante de las muestras es la disposición de los puntos o de las parcelas. Normalmente, conviene repartir las parcelas en pequeños grupos con el fin de minimizar los costes de desplazamiento cuando se cubre una superficie grande en los estudios basados en muestras. Con el muestreo por conglomerados, la distancia entre las parcelas deberá ser suficientemente grande para evitar mayores correlaciones entre parcelas, teniendo en cuenta el tamaño (para el muestreo de los bosques). Es esencial determinar si todas las parcelas (o los conglomerados de parcelas) deben disponerse de manera aleatoria o sistemática utilizando una cuadrícula normal que representa al azar la superficie considerada (véase la Figura 5.3.2). En general, procede aplicar el muestreo sistemático ya que, en la mayoría de los casos, contribuye a la precisión de las estimaciones. El muestreo sistemático simplifica también el trabajo sobre el terreno.

Figura 5.3.2 Disposición aleatoria simple de las parcelas (izquierda) y disposición sistemática (derecha)



Sencillamente, la razón de que el muestreo aleatorio sistemático sea, por lo general, superior al muestreo aleatorio simple radica en que las parcelas que sirven de muestra se reparten uniformemente en todas las partes de la superficie analizada.³ Con el procedimiento de muestreo aleatorio simple, algunas partes de la superficie examinada pueden comprender muchas parcelas mientras que otras pueden no contener ninguna.

³ En contados casos en que existe un modelo común sobre el terreno que puede coincidir con el diseño sistemático en cuadrícula, el muestreo sistemático puede producir estimaciones menos precisas que el muestreo aleatorio simple. No obstante, este tipo de problema puede resolverse elaborando la cuadrícula de otra manera.

5.3.3.3 PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO Y DATOS DE LAS SERIES TEMPORALES

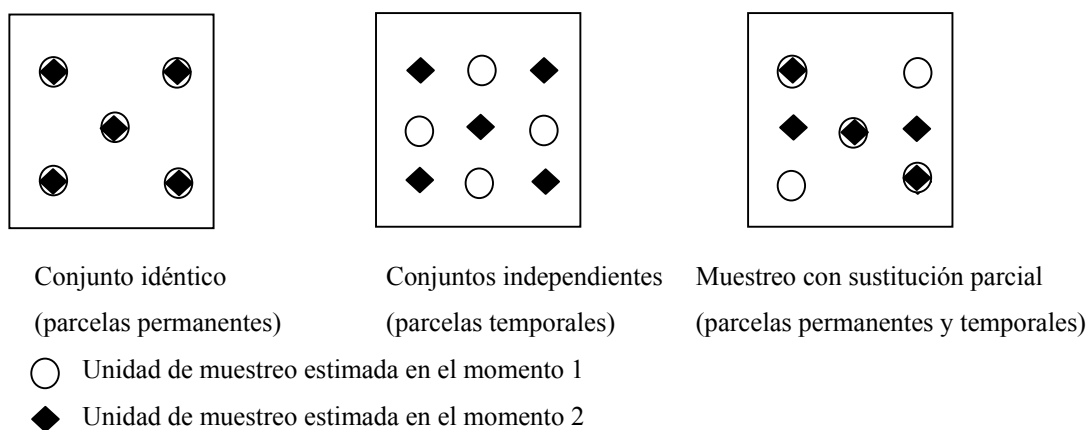
Para los inventarios de los gases de efecto invernadero deben evaluarse la situación actual y los cambios en el tiempo (p. ej., en las superficies relativas a distintos tipos de uso del suelo y en el carbono almacenado). La evaluación de los cambios es fundamental y requiere un muestreo frecuente en el tiempo. El intervalo de tiempo entre las mediciones deberá determinarse sobre la base de la frecuencia de los factores que originan los cambios y de los requisitos para presentar la información. En general, se recomienda usar intervalos de tiempo de 5 a 10 años para el análisis del sector de UTCUTS. En muchos países, se dispone de los datos obtenidos de los estudios concebidos correctamente para varias décadas, especialmente en el sector forestal. No obstante, dado que las estimaciones para la documentación deben ser anuales, se adoptarán métodos de interpolación y de extrapolación como los descritos en la Sección 5.6. Cuando se cuenta con series temporales suficientemente largas, tal vez haya que extrapolar datos anteriores en el tiempo para captar la dinámica de las variaciones del carbono almacenado, teniendo en cuenta la *orientación sobre las buenas prácticas* que ofrecen la Sección 5.6 y las indicaciones sobre las *buenas prácticas* que figuran en los Capítulos 3 y 4 sobre los períodos requeridos y las posibles hipótesis.

Cuando se realiza un muestreo repetido, los datos necesarios sobre el estado actual de las superficies o del carbono almacenado se evalúan en cada momento. Las variaciones se estiman entonces calculando la diferencia entre el estado en el momento $t + 1$ y el estado en el momento t . Para estimar las variaciones se pueden emplear tres diseños comunes de muestreo:

- Se utilizan las mismas unidades de muestreo en ambos casos (unidades de muestreo permanentes);
- Se utilizan conjuntos de unidades de muestreo diferentes e independientes en ambos casos (unidades de muestreo temporales);
- Pueden sustituirse algunas unidades de muestreo en un caso mientras que, en el otro, siguen siendo las mismas (muestreo con sustitución parcial).

En la Figura 5.3.3 se indican los tres enfoques mencionados.

Figura 5.3.3 Uso de las distintas configuraciones de las unidades de muestreo permanentes y temporales para estimar los cambios



Generalmente, para estimar los cambios, las parcelas permanentes para las muestras son más eficientes que las parcelas temporales, ya que es más fácil distinguir las tendencias reales de las diferencias que se deben únicamente a los cambios en la selección de las parcelas. No obstante, también es arriesgado utilizar parcelas permanentes para las muestras. Si los administradores de la tierra conocen el lugar de las parcelas permanentes (por ejemplo, porque se han marcado visiblemente las parcelas) se corre el riesgo de que la gestión de las parcelas permanentes consideradas difiera de la gestión de otras superficies. Si esto ocurre, las parcelas dejarán de ser representativas y existe un riesgo evidente de que los resultados estén sesgados. Si se advierte la posibilidad de que esto suceda, es una *buena práctica* evaluar algunas parcelas temporales que servirán de muestra testigo para determinar si las condiciones en dichas parcelas son distintas de las que se dan en las parcelas permanentes.

Utilizando el muestreo con sustitución parcial se pueden abordar algunos de los problemas relativos al uso de parcelas permanentes, pues puede ocurrir que se sustituyan lugares que se considera se han tratado de distinta

manera. Si bien los procedimientos para realizar las estimaciones son complicados, puede recurrirse al muestreo con sustitución parcial. (Scott y Köhl: 1994; Köhl *et al.*: 1995).

Cuando se tienen en cuenta únicamente las parcelas temporales, los cambios generales todavía pueden estimarse, pero ya no se podrán analizar los cambios en el uso de la tierra entre distintas clases, a menos que se introduzca una dimensión temporal en la muestra. Esto es posible si se utilizan datos complementarios, como mapas, datos de teledetección o administrativos sobre el estado de la tierra en el pasado. Este método aportará más incertidumbre a la evaluación y será difícil cuantificarla si no se recurre al dictamen de expertos.

5.3.4 Métodos de muestreo para la estimación de la superficie

En el Capítulo 2 se muestran varios enfoques para evaluar las superficies o los cambios en las superficies relativas a las clases de uso de la tierra. Para muchos de estos enfoques, se recurre al muestreo. Las superficies y los cambios en ellas pueden estimarse de dos maneras distintas utilizando el muestreo:

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

Para aplicar el primer enfoque es necesario conocer la superficie total de la región examinada y que las muestras para los estudios ofrezcan solamente las proporciones de los distintos tipos de uso de la tierra. Para el segundo método no hay que conocer la superficie total.

Ambos enfoques se basan en la evaluación de un número determinado de unidades de muestreo situadas en el área del inventario. Las unidades de muestreo pueden seleccionarse utilizando el muestreo aleatorio simple o el muestreo sistemático (véase la Figura 5.3.2). Por lo general, el muestreo sistemático permite mejorar la precisión de las estimaciones del área, sobre todo cuando las clases referentes a distintos usos de la tierra están representadas en parcelas grandes. La estratificación, que se ha abordado en la Sección 5.3.3.1, también puede utilizarse para mejorar la eficacia de las estimaciones de la superficie considerada. A este efecto, es una *buena práctica* llevar a cabo los procedimientos que se describen a continuación, de manera independiente para cada estrato.

Cuando se estiman las proporciones se considera que las unidades de muestreo son puntos sin dimensión, aunque la superficie pequeña que rodea cada punto debe tenerse en cuenta cuando se determina el tipo de uso de la tierra. Las parcelas para las muestras pueden utilizarse igualmente para estimar la superficie, si bien este principio no se desarrolla más aquí.

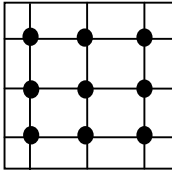
5.3.4.1 ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES MEDIANTE PROPORCIONES

En general, se sabe cuál es la superficie total de la región del inventario. De esta forma, la estimación de las superficies que presentan distintos tipos de uso de la tierra puede obtenerse sobre la base de las evaluaciones de las proporciones de la superficie. Si se adopta este enfoque, la superficie del inventario está cubierta por un número determinado de puntos que sirven de muestra, y el uso de la tierra se determina para cada punto. Por tanto, la proporción de cada tipo de uso de la tierra se calcula dividiendo el número de puntos que pertenecen a una clase determinada entre el número total de puntos. Las estimaciones de la superficie relativas a cada tipo de uso de la tierra se obtienen multiplicando la proporción de cada clase por la superficie total.

En el Cuadro 5.3.1 se propone un ejemplo de este procedimiento. El error estándar en la estimación de una superficie determinada se obtiene con la fórmula $S\sqrt{(p_i \cdot (1 - p_i)) / (n - 1)}$, en la que p_i representa la proporción de los puntos en un tipo concreto de uso de la tierra, S es la superficie total de que se dispone y n el número total de puntos de las muestras.⁴ El intervalo de confianza equivalente al 95% para S_i , a saber, la superficie estimada referente al tipo de uso de la tierra i , se calcula de manera aproximada multiplicando por ± 2 el error estándar.

⁴ Téngase en cuenta que esta fórmula da sólo resultados aproximados cuando se aplica el muestreo sistemático.

CUADRO 5.3.1
EJEMPLO DE LA ESTIMACIÓN DE UNA SUPERFICIE MEDIANTE PROPORCIONES

Procedimiento de muestreo	Estimación de las proporciones	Superficies estimadas de clases de uso de la tierra	Error estándar
	$p_i = n_i / n$	$S_i = p_i \cdot S$	$s(S_i)$
	$p_1 = 3 / 9 \cong 0,333$	$S_1 = 300 \text{ ha}$	$s(S_1) = 150,0 \text{ ha}$
	$p_2 = 2 / 9 \cong 0,222$	$S_2 = 200 \text{ ha}$	$s(S_2) = 132,2 \text{ ha}$
	$p_3 = 4 / 9 \cong 0,444$	$S_3 = 400 \text{ ha}$	$s(S_3) = 158,1 \text{ ha}$
	Suma = 1,0	Total = 900 ha	

Donde:

- S = superficie total (= 900 ha en el ejemplo)
- S_i = superficie estimada de clase de uso de la tierra i
- n_i = número de puntos en la clase de uso de la tierra i
- n = número total de puntos

Las estimaciones de la superficie realizadas cuando se produce un cambio en el uso de la tierra pueden calcularse introduciendo clases de tipo S_{ij} en que el uso de la tierra cambia de una clase i a otra clase j entre las sucesivas mediciones.

5.3.4.2 ESTIMACIÓN DIRECTA DE LA SUPERFICIE

Siempre que se sepa cuál es la superficie total del inventario, conviene estimar las superficies y los cambios en ellas por medio de la evaluación de las proporciones puesto que es el procedimiento que permite obtener la mayor exactitud. Cuando la superficie total del inventario se desconoce o está sujeta a una incertidumbre desmesurada, puede aplicarse un procedimiento alternativo que implica la evaluación directa de las superficies con distintos tipos de uso de la tierra. Este procedimiento sólo puede utilizarse cuando se aplica el muestreo sistemático. En él cada punto de muestreo representa un área que equivale al tamaño de la celda de la cuadrícula para la disposición de las muestras.

Por ejemplo, cuando se seleccionan puntos de muestras sobre una cuadrícula sistemática con una distancia de 1.000 metros entre los puntos, cada punto de muestreo representará una superficie de $1\text{km} \bullet 1\text{km} = 100 \text{ ha}$. Por ello, si 15 parcelas pertenecen a un mismo tipo de uso de la tierra de interés, la estimación de la superficie alcanzará: $15 \bullet 100 \text{ ha} = 1.500 \text{ ha}$.

5.3.5 Métodos de muestreo para estimar las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero

El muestreo no sirve solamente para estimar la superficie considerada, sino también para estimar el carbono almacenado y las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero. Como base para ello se realiza en las parcelas la evaluación de las variables, como la biomasa del árbol y el contenido de carbono en el suelo. Las cantidades correspondientes a estos elementos pueden medirse directamente sobre el terreno mediante un análisis de laboratorio de las muestras o a partir de modelos basados en las variables correlacionadas (como las mediciones estándar de la altura y el diámetro del árbol) para obtener las reservas reales, o las emisiones y las absorciones, de gases de efecto invernadero a nivel de la parcela.

Solamente pueden ofrecerse directrices generales sobre el uso del muestreo destinado a realizar estimaciones directas de las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero. En comparación con los inventarios tradicionales de los bosques o del uso de la tierra, las evaluaciones en las parcelas suelen ser un poco más complejas, especialmente cuando se trata de evaluar el depósito de carbono en el suelo. Una cuestión importante en los estudios de muestreo aleatorio es la disposición de las parcelas; por ejemplo, la medición de los árboles o

el muestreo de suelo. Es fundamental que la disposición se base en procedimientos estrictos, en lugar de que sean los analistas quienes elijan las parcelas adecuadas para realizar las mediciones o la selección de las muestras.

Con frecuencia, los inventarios de los gases de efecto invernadero se incorporan a los programas de vigilancia nacionales que se efectúan sobre los bosques y el uso de la tierra. En general, es una *buena práctica* aplicar los procedimientos establecidos en estos inventarios a fin de estimar las cantidades que interesan para el análisis y las incertidumbres correspondientes. No obstante, deben considerarse los efectos de los errores de los modelos de conversión en las etapas finales de la conversión (p. ej., cuando se aplican los factores de expansión de la biomasa). En la siguiente sección se trata más a fondo esta cuestión.

5.3.6 Incertidumbres en los estudios basados en muestras

Los métodos que se describen en los Capítulos 3 y 4 están relacionados con los rangos de incertidumbre aplicados por defecto a los valores presentados por defecto. En la Sección 5.2 del presente capítulo se describe la forma de combinar las incertidumbres con el fin de estimar la incertidumbre general de un inventario. Si un organismo encargado del inventario emplea los valores por defecto puede remitirse a los rangos de incertidumbre que se consideran en los Capítulos 3 y 4. Sin embargo, cuando se adoptan métodos de un nivel más elevado, a menudo el organismo encargado del inventario utilizará los valores específicos de un país y los datos obtenidos de la investigación, de publicaciones científicas, de los estudios de muestreo sobre el terreno y mediante teledetección. Cuando se aplican datos específicos de un país, los organismos encargados del inventario deben elaborar sus propias estimaciones de la incertidumbre, valiéndose del dictamen de expertos o, si se ha utilizado el muestreo, de la evaluación directa sobre la precisión de los datos o estimaciones obtenidos.

La posibilidad de calcular las estimaciones de la incertidumbre a través de procedimientos estadísticos formales es una ventaja esencial en la aplicación de los métodos de muestreo frente a otros sistemas. La fiabilidad de la información puede evaluarse sobre la base de los datos de que se dispone.

Por tanto, cuando los datos procedentes del muestreo aleatorio se utilizan para informar sobre los inventarios de los gases de efecto invernadero, es una *buena práctica* basar la evaluación de las incertidumbres en los principios de muestreo en lugar de utilizar los valores por defecto o el dictamen de expertos. Por consiguiente, estas incertidumbres pueden combinarse con las incertidumbres de otros datos o modelos siguiendo la orientación que se ofrece en la Sección 5.2 del presente capítulo.

En la presente sección se indican las distintas fuentes de los errores que se producen en los estudios basados en muestras y sus efectos en la incertidumbre general de las estimaciones. Se ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* para evaluar las incertidumbres relativas a los estudios basados en muestras. Las consideraciones sobre las causas de los errores son de carácter general, y se plantean también cuando los datos se obtienen de esquemas de muestreo no aleatorios (como los datos extraídos de las parcelas examinadas) y se aumenta la escala posteriormente utilizando las estimaciones de las superficies para obtener los resultados en el ámbito nacional. Al considerar las fuentes de error se describen primero los errores en las evaluaciones a nivel de la unidad de muestra, y luego las cuestiones aumentando la escala a las estimaciones para alguna superficie mayor.

5.3.6.1 TIPOS DE ERRORES

En el ámbito de los inventarios relativos al sector de UTCUTS, los datos de muestreo se toman de las parcelas de muestreo sobre el terreno. Para obtener estimaciones de una superficie mayor (p. ej., un país) debe aumentarse la escala de las mediciones que se efectúan en las parcelas. En estas etapas pueden surgir varios tipos de errores:

- En primer lugar, siempre que se realizan mediciones, suelen producirse errores de medición provocados por algunas imperfecciones derivadas de las técnicas o de los instrumentos utilizados. Los errores de medición suelen ser sistemáticos y siempre se desvían en una u otra dirección distinta a la del valor verdadero. Los errores de este tipo se propagarán cuando se aumente escala. Los errores de medición también pueden ser aleatorios. En este caso, el error medio es igual a 0 y las desviaciones pueden ser tanto negativas como positivas. Los errores de medición son menos graves que los errores sistemáticos, aunque pueden provocar errores sistemáticos cuando las mediciones básicas se aplican a modelos para calcular la cantidad que interesa (p. ej., el volumen de un árbol).
- En segundo lugar, las cantidades de interés para el objetivo pretendido no siempre se miden directamente, si bien los modelos permiten extraerlas. Por ejemplo, la cantidad de carbono en un árbol se obtiene, por lo general, calculando primero el volumen a partir de modelos basados en parámetros, como las especies de árboles, el diámetro y la altura del árbol, considerados como variables iniciales, y utilizando después otros modelos o factores de expansión estáticos para convertir el volumen en biomasa y la biomasa en carbono. Cuando se aplican modelos, se producen errores ya que los modelos no pueden predecir exactamente las

cantidades que interesan. Los *errores de los modelos* pueden ser aleatorios y sistemáticos. Es posible que las dimensiones varíen en función de los valores de las variables iniciales. Como sostienen Gertner y Köhl (1992), los errores sistemáticos de los modelos contribuyen en gran medida a la incertidumbre general.

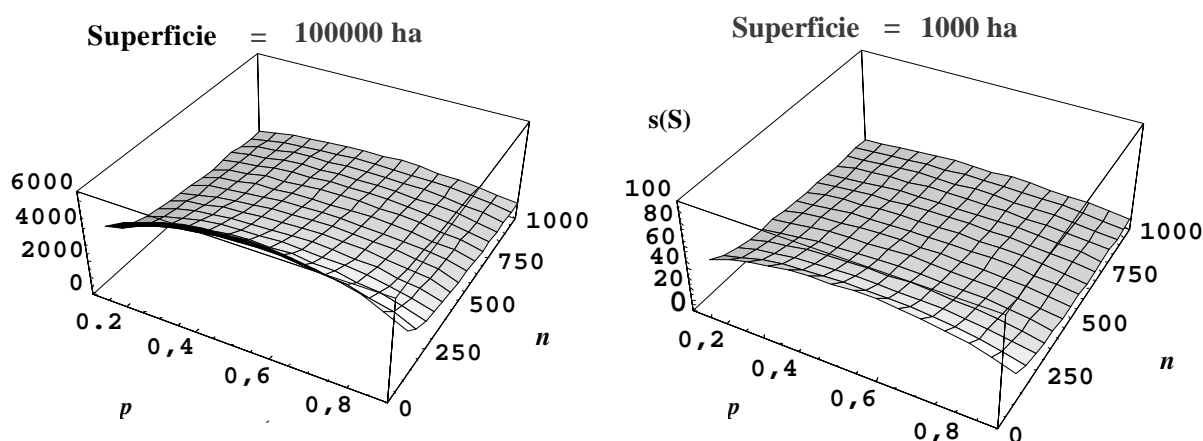
- Cuando las mediciones de las parcelas se efectúan a mayor escala, los *errores de muestreo* se deben a que las condiciones en la superficie mayor considerada varían y las mediciones representan solamente las zonas que han servido de muestra. Las condiciones medias en las parcelas seleccionadas para las muestras no suelen coincidir exactamente con las condiciones medias de la totalidad de la superficie de interés en el estudio. Los errores de muestreo (producidos por diseños de muestreo aleatorio y estimadores no sesgados) sólo son aleatorios, y sus efectos pueden limitarse si se aumenta el tamaño de las muestras, como se indica más adelante en la Figura 5.3.4.
- Si se aumenta la escala basándose en información que cubre toda la zona (p. ej., procedente de la teledetección) y no en estudios de muestreo, la incertidumbre resultará de las superficies de tierra que se hayan clasificado erróneamente. La clasificación de los errores puede determinarse y corregirse si se lleva a cabo un estudio a partir de muestras para analizar la magnitud de esos errores. En tal caso, las mediciones deberán realizarse a partir del muestreo aleatorio, para evitar los errores sistemáticos que puedan ocasionarse al seleccionar subjetivamente las muestras.
- El registro de datos y los errores de cálculo son los últimos tipos de errores que pueden producirse. Son errores menos técnicos, si bien podrían ser importantes fuentes de incertidumbre en relación con los estudios basados en muestras. Para evitar los errores de registro, los datos deberían registrarse directamente en los ordenadores de la zona considerada y deberían ser varias las personas que, independientemente, inscribieran los datos de los formularios sobre el terreno en algún tipo de soporte informático. Los cálculos deben comprobarse aplicando los principios básicos de la Garantía de la Calidad, que se exponen en la Sección 5.5. Es difícil evaluar las consecuencias de los errores de registro y de cálculo. Con frecuencia, se detectan y se corrigen antes de que causen mayores desviaciones originadas por determinados valores. Cuando causan pequeñas desviaciones, es posible que no puedan detectarse.

5.3.6.2 TAMAÑO DE LAS MUESTRAS Y ERRORES DE MUESTREO

En general, no existen dudas sobre la relación entre los errores de muestreo, la variación de la población y el tamaño de las muestras. El aumento del tamaño de las muestras permite obtener una mayor precisión, y una población heterogénea (como las poblaciones con mayor variación dentro de la población considerada) requiere muestras de mayores dimensiones para lograr cierta precisión. Al estimar las proporciones de una superficie, los errores de muestreo no dependen solamente del tamaño de las muestras sino también de la proporción en sí misma. Dada una muestra de cierto tamaño, el error de muestreo es mayor cuando las proporciones p de un tipo de uso de la tierra son iguales a 0,5 y se reduce cuando p se sitúa en torno a 0 o a 1.

El efecto de las proporciones del tipo de uso de la tierra (desde $p = 0,1$ hasta $p = 0,9$) y los tamaños de las muestras (desde $n = 100$ hasta $n = 1.000$) en el error de muestreo de la estimación relativa a una superficie determinada se muestra en la Figura 5.3.4, en la que se consideran dos tamaños de superficie distintos (a saber, 1.000 ha y 100.000 ha).

Figura 5.3.4 Relación entre el error estándar de las estimaciones de la superficie (S), la proporción de la clase de uso de la tierra p y el tamaño de la muestra n



5.3.6.3 CUANTIFICACIÓN DE LOS ERRORES EN LOS ESTUDIOS BASADOS EN MUESTRAS

De acuerdo con la teoría sobre el muestreo básico, se considera que las cantidades relacionadas con las unidades de población pueden identificarse sin errores. Además, se parte de que las variables de interés (como las absorciones de gases de efecto invernadero) se registran directamente en las unidades de muestreo; no hay necesidad, pues, de tener en cuenta los errores procedentes de las conversiones de los modelos. En este caso, siempre y cuando se utilicen los estimadores estadísticos adecuados, las estimaciones totales basadas en las muestras (p. ej., las relativas a las absorciones de los gases de efecto invernadero en el ámbito nacional) no son sesgadas y la precisión correspondiente puede evaluarse sobre la base de los datos recogidos.

En muchos casos (p. ej., el muestreo para la estimación de la superficie), los supuestos anteriores pueden considerarse válidos, y, por ello, es una *buena práctica* evaluar la incertidumbre de las estimaciones basándose únicamente en los principios de la teoría de muestreo, teniendo en cuenta el diseño de muestreo y el estimador de muestreo utilizados. Estos cálculos se presentan de manera detallada en manuales sobre muestreo, como las referencias que se indican en la Sección 5.3.1. Los errores de los modelos pueden incluirse en las estimaciones de la incertidumbre general de varias maneras. Un caso que conviene destacar es cuando los modelos dan lugar solamente a errores aleatorios respecto de las unidades de muestreo individuales (p. ej., si se han aplicado los modelos de biomasa a los datos relativos a los árboles existentes en las parcelas). En estos casos, los errores de los modelos aleatorios provocarán un aumento de la variación entre las parcelas, lo que, a su vez, causará una mayor incertidumbre de las estimaciones generales. En este caso, es posible que los métodos estándar que permiten estimar la incertidumbre en relación con la teoría de muestreo puedan seguir aplicándose, con una buena aproximación, sin necesidad de realizar modificaciones. Por tanto, si se dan estas condiciones, es una *buena práctica* aplicar la teoría estándar del muestreo para extraer las estimaciones de la incertidumbre en vez de adoptar los enfoques que se exponen en la Sección 5.2.

Cuando existen posibilidades de que los modelos originen errores sistemáticos (desconocidos) o cuando se ha recurrido a ellos tan sólo en alguna de las etapas finales de la conversión (como los factores de expansión de la biomasa que se aplican a las estimaciones del volumen total), las incertidumbres que van interviniendo deberían tomarse en cuenta. Por tanto, para obtener la incertidumbre global, es una *buena práctica* adoptar el método de Nivel 1 – o de Nivel 2 –, que figura en la Sección 5.2.

Por lo general, es una *buena práctica* evaluar la aplicabilidad de los modelos principales a la población que se analiza por medio de estudios piloto. Cuando los modelos se aplican a conjuntos de datos que representan condiciones y procedimientos de medición muy diferentes de los que se obtuvieron anteriormente, existe un riesgo evidente de que los modelos produzcan errores sistemáticos.

Los errores de medición pueden provocar errores sistemáticos significativos, sobre todo cuando los cambios se estiman sobre la base de mediciones repetidas y los niveles de error sistemático varían con el tiempo. La magnitud de los errores de medición sólo puede estimarse si se efectúan mediciones de control minuciosas – de una submuestra de las parcelas – aunque, en algunos casos, resulta difícil aplicar tales evaluaciones de verificación (p. ej., en los estudios sobre el suelo). Si la información sobre el inventario de gases de efecto invernadero se fundamenta en el muestreo, es una *buena práctica* llevar a cabo evaluaciones de verificación minuciosas en una fracción (pequeña) de las parcelas, para poder evaluar así la magnitud de los errores de medición. Esta fracción puede ser del orden del 1% al 10%, dependiendo del tamaño real de la muestra, del coste de las mediciones de control, del nivel de formación y de experiencia de los analistas.

Para determinadas variables es posible obtener valores de medición verdaderos mediante procedimientos de control muy precisos, y en esos casos el objetivo es estimar la magnitud de los errores sistemáticos de medición. En otros casos, puede que sea imposible medir/evaluar un valor real, y solamente se debería informar sobre la variación entre las personas que toman las muestras.

Si se detectan más errores de medición en un proceso de verificación realizado cuidadosamente, es una *buena práctica* corregir los errores antes de calcular las estimaciones definitivas de las emisiones/las absorciones de gases de efecto invernadero.

5.4 ELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA-IDENTIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS ESENCIALES

5.4.1 Introducción

En el presente capítulo se indica cómo se identifican las *categorías esenciales*⁵ en un inventario nacional que incluye el sector de UTCUTS. La elección de un método para cada categoría de fuentes o de sumideros es importante en la gestión de la incertidumbre general del inventario. En los árboles de decisiones de los Capítulos 3 y 4 se ofrece orientación específica para cada categoría y actividad con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, que recogen el concepto de categoría esencial. Por lo general, la incertidumbre de un inventario es menor si se estiman las emisiones y las absorciones con un método de nivel superior. Sin embargo, estos métodos suelen requerir amplios recursos para la recopilación de datos, por lo que tal vez no puedan aplicarse métodos de niveles superiores para cada categoría de emisiones y de absorciones. Es, pues, una *buen práctica* utilizar los recursos disponibles de la manera más eficaz posible, identificando aquellas categorías que contribuyen en mayor medida a la incertidumbre general del inventario. La determinación de las *categorías esenciales* en el inventario nacional permite al organismo encargado del inventario decidir del orden de prioridad de sus actividades y mejorar sus estimaciones generales. Además, es también una *buen práctica* que cada organismo encargado de elaborar un inventario determine las *categorías esenciales* del país considerado de manera sistemática y objetiva. Un procedimiento de estas características repercutirá en una mayor calidad del inventario e inspirará más confianza en las estimaciones obtenidas sobre las emisiones.

La Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (*OBP2000*, IPCC, 2000), define una *categoría de fuentes* esenciales como la “categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país, en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas”. El concepto de fuente esencial se aplicaba originalmente a las emisiones que no incluían el sector de UTCUTS y, como se indica en *OBP2000*, permite a los países identificar las categorías esenciales que deberían estimarse utilizando niveles superiores si se dispone de recursos suficientes. En la presente Orientación se amplía la definición y se incluyen igualmente las emisiones por fuentes y las absorciones por sumideros relativas a UTCUTS. En este documento, *cuando se usa el término categoría esencial se hace referencia a las fuentes y a los sumideros*. La incorporación de las categorías relativas al sector de UTCUTS en el análisis de las categorías esenciales facilita la determinación de prioridades referente en todos los sectores del inventario nacional y, si procede, puede servir de información complementaria al Protocolo de Kyoto.

Cualquier organismo encargado de un inventario sobre los gases de efecto invernadero de un país podrá identificar las *categorías esenciales* en función de su contribución al nivel absoluto de las emisiones nacionales. Para los organismos encargados de los inventarios que hayan realizado series temporales, la determinación cuantitativa de las *categorías esenciales* deberá incluir una evaluación del nivel absoluto y de la tendencia de las emisiones y de las absorciones. Puede ocurrir que se identifiquen algunas *categorías esenciales* únicamente cuando se tiene en cuenta su efecto en la tendencia del inventario nacional.

Los métodos cuantitativos para determinar las *categorías esenciales* se indican en la Sección 5.4.2, Métodos cuantitativos para determinar las categorías esenciales. Se describen el método básico de Nivel 1 y el método de Nivel 2, en los que se tienen en cuenta las incertidumbres. Además de determinar de manera cuantitativa las *categorías esenciales*, es una *buen práctica* considerar los criterios cualitativos, especialmente cuando se realiza una evaluación de Nivel 1 o se utilizan métodos de estimación de niveles inferiores. Los criterios cualitativos figuran en la Sección 5.4.3 (Consideraciones cualitativas). En las Secciones 5.4.2 y 5.4.3 se ofrece orientación sobre las *buenas prácticas* que puede aplicarse a la totalidad del inventario de emisiones y de absorciones. Para las estimaciones que se elaboren con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de

⁵ En *OBP2000* el concepto era “categorías de fuentes esenciales” y se refería al inventario que excluía el sector de UTCUTS. Sin embargo, dado que un inventario que incluye el sector de UTCUTS puede comprender emisiones y absorciones, en el presente documento se utiliza el término “categoría esencial” para reflejar más claramente que se incluyen fuentes y sumideros. En el caso de un inventario relativo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), las categorías se refieren a categorías de uso de la tierra, como se indica en el Cuadro 3.1.1 del Capítulo 3. En el marco del Protocolo de Kyoto, cada una de las actividades recogidas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 (si son seleccionadas) corresponde a una categoría.

Kyoto, existen otras consideraciones, como se indica en la Sección 5.4.4. En la Sección 5.4.5 se ofrece orientación para aplicar los resultados. En la Sección 5.4.7 se indica cómo se obtienen los umbrales relativos a las evaluaciones del nivel y de la tendencia de los métodos de Nivel 1, en las que se tiene en cuenta el sector de UTCUTS. Finalmente, en la Sección 5.4.8 se describe un ejemplo del análisis de las categorías esenciales con un método de Nivel 1.

5.4.2 Métodos cuantitativos para determinar las categorías esenciales

En el inventario nacional de cada país algunas categorías son especialmente relevantes por su contribución a la incertidumbre general del inventario. Es importante identificar las categorías esenciales a fin de decidir el orden de prioridad de los recursos de que se dispone para la preparación del inventario y para elaborar las mejores estimaciones.

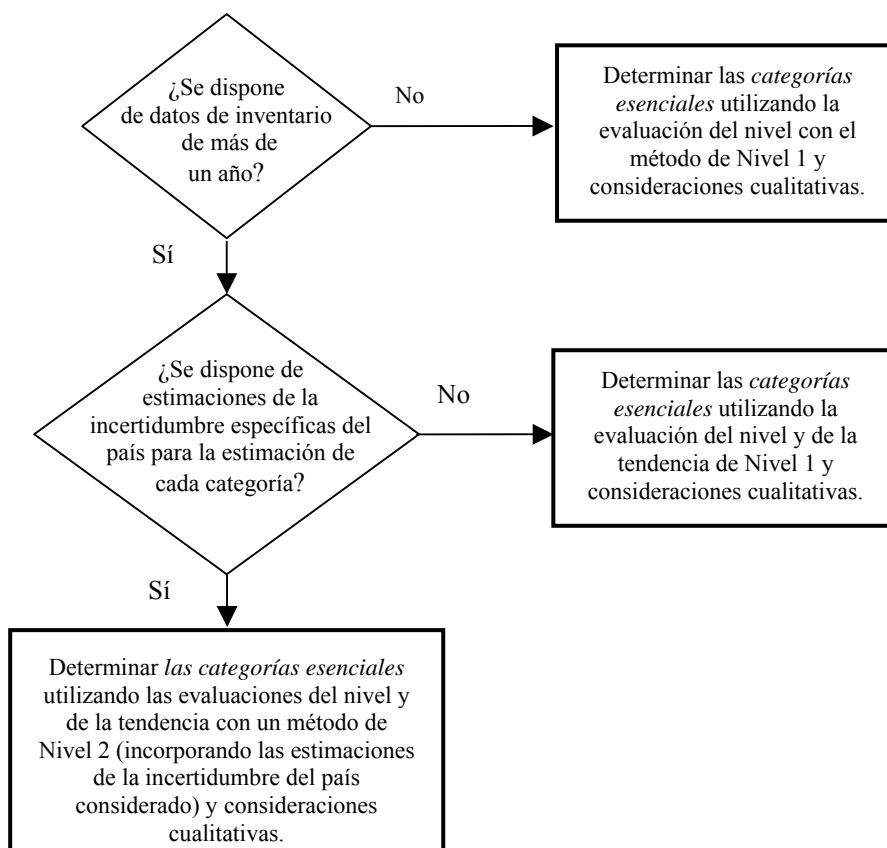
Se señalan dos niveles que permiten realizar el análisis de las categorías esenciales acordes al método cuantitativo basado en los dos niveles que permite identificar las categorías de fuentes esenciales descrito en el Capítulo 7 (Elección de la metodología y nuevos cálculos), de *OBP2000*. En las siguientes secciones se adapta dicho método para incluir las categorías de UTCUTS. El enfoque adoptado para incorporar las categorías de UTCUTS está concebido para abordar los tres objetivos siguientes: i) permitir evaluaciones continuas de las categorías de fuentes esenciales sin incluir el sector de UTCUTS, como se indica en *OBP2000*; ii) evaluar la importancia relativa de las categorías de UTCUTS incorporándolas en el análisis general de las categorías esenciales, y iii) mantener la coherencia entre la orientación y las decisiones de la Conferencia de las Partes de la CMCC y del Protocolo de Kyoto respecto de la identificación de las categorías esenciales.

Teniendo en cuenta estos objetivos, el análisis cuantitativo de las categorías esenciales debería realizarse como sigue:

- i) En primer lugar, las categorías (de fuentes) esenciales deberían identificarse para el inventario en que se excluye UTCUTS (p. ej., las categorías esenciales deberían identificarse para el sector de la energía, de los procesos industriales, del uso de solventes y de otros productos, de la agricultura y para los sectores de desechos) siguiendo la orientación que ofrece *OBP2000* en el Capítulo 7, *Elección de la metodología y nuevos cálculos*.
- ii) En segundo lugar, el análisis de las categorías esenciales debería repetirse para la totalidad del inventario en que se incluyen las categorías de UTCUTS. Es posible que algunas categorías no relativas a UTCUTS, identificadas como esenciales en el primer análisis, dejen de serlo cuando se incluyen las categorías referentes a UTCUTS. En tal caso, dichas categorías deberán seguir considerándose esenciales. En algunos casos, cuando se trata de países con emisiones o absorciones netas procedentes de UTCUTS reducidas, el análisis integrado permite identificar como esenciales otras categorías distintas de las derivadas de UTCUTS. En tal caso, el análisis que se realice para los sectores distintos de UTCUTS debería adoptarse para determinar las categorías esenciales en esos sectores, y las categorías adicionales que no correspondan al sector de UTCUTS identificadas en el análisis combinado no deberían considerarse esenciales.

Cualquier organismo que haya realizado un inventario de gases de efecto invernadero esencialmente completo puede llevar a cabo una evaluación del nivel a partir de un método de Nivel 1 para identificar las categorías esenciales de fuentes o de sumideros para el nivel global de emisión. Los organismos encargados de los inventarios que dispongan de inventarios de emisiones de más de un año podrán realizar igualmente la evaluación de la tendencia con un método de Nivel 1 para identificar las categorías esenciales que influyen en la tendencia de las emisiones. Si se dispone de las incertidumbres en las categorías o en los parámetros nacionales, los organismos encargados de los inventarios pueden aplicar el método de Nivel 2 para identificar las *categorías esenciales*. El enfoque del Nivel 2 es más preciso que el de Nivel 1 y permitirá reducir el número de *categorías esenciales* identificadas. Con el método de Nivel 2 es posible realizar procedimientos más complejos, como evaluar los principales datos de actividad y la estimación de los parámetros por separado. Si se han llevado a cabo los análisis de Nivel 1 y de Nivel 2, es una *buena práctica* utilizar los resultados del análisis de Nivel 2.

Figura 5.4.1. Árbol de decisiones para identificar las categorías esenciales de fuentes y de sumideros



El árbol de decisiones de la figura anterior indica cómo los organismos encargados de los inventarios pueden determinar el método que se va a utilizar para identificar las *categorías esenciales*. Dicha figura se ha modificado con respecto a la Figura 7.1 del Capítulo 7 de *OBP2000* con el fin de incluir el sector de UTCUTS.

NIVEL DE AGREGACIÓN

Los resultados del análisis de las categorías esenciales serán de mayor utilidad si se realiza el análisis aplicando el nivel de detalle adecuado. Para el sector de UTCUTS, el nivel de análisis recomendado equivale a la nomenclatura de las categorías utilizado en el Capítulo 3, que figura en el Cuadro 5.4.1 junto con las “consideraciones especiales” que ofrecen información complementaria sobre el análisis de las categorías esenciales para determinadas categorías. El Cuadro 5.4.1 se basa en el Cuadro 7.1 del Capítulo 7 de *OBP2000* e incluye además las categorías del sector de UTCUTS. Contiene todas las categorías de las fuentes y de los sectores incluidos para facilitar la realización de un análisis integrado de las categorías esenciales. Cada categoría que se propone para el sector de UTCUTS en el Cuadro 5.4.1 incluye varias subcategorías, y se considera una *buena práctica* evaluar posteriormente la importancia de dichas subcategorías para seleccionar los métodos adecuados y decidir el orden de prioridad de los recursos. De acuerdo con la orientación que se ofrece en *OBP2000*, es una *buena práctica* considerar esenciales las subcategorías si representan entre el 25 y el 30 por ciento del total de las emisiones o de las absorciones de la categoría. En el Cuadro 3.1.3 del Capítulo 3 figura la lista de las subcategorías asociadas a cada categoría del Cuadro 3.1.1 del Capítulo 3 para este análisis. Por ejemplo, las variaciones del carbono almacenado en el suelo y en la biomasa pueden diferenciarse en la categoría “tierras forestales que siguen siendo tierras forestales”. Si un país prepara sus estimaciones basándose en las categorías de UTCUTS que figuran en las *Directrices del IPCC*, puede relacionar sus estimaciones con las categorías que se indican en el Cuadro 5.4.1, siguiendo las orientaciones que proporciona el Cuadro 3.1.1 de la Sección 3.1.2 y los detalles de las secciones correspondientes del Capítulo 3.

Los países pueden decidir realizar un análisis cuantitativo con un nivel mayor de detalle. En tal caso, han de tenerse en cuenta las correlaciones que pueden producirse (véase el método de Nivel 2 para evaluar la incertidumbre que se describe en la Sección 5.2, Identificación y cuantificación de la incertidumbre). Deberán utilizarse las mismas hipótesis sobre dichas correlaciones cuando se evalúe la incertidumbre y se identifiquen las

categorías esenciales. El Cuadro 5.4.1 indica las subcategorías que pueden diferenciarse sin tener en cuenta las correlaciones.

Si se dispone de datos al respecto, el análisis puede realizarse para las emisiones y las absorciones separadamente dentro de una categoría. De no ser posible, es importante aplicar los criterios cualitativos para identificar las categorías esenciales cuando las emisiones y las absorciones desaparecen o casi desaparecen. Para consideraciones cualitativas, véase la Sección 5.4.3.

CUADRO 5.4.1 CATEGORÍAS DE FUENTES/SUMIDEROS DEL IPCC PROPUESTAS PARA EL SECTOR DE UTCUTS Y SECTORES DISTINTOS DE UTCUTS ^a	
Categorías de fuentes/de sumideros que se van a evaluar en el análisis de las categorías esenciales	Consideraciones especiales
UTCUTS	
Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales	Evaluar las categorías esenciales por separado para el CO ₂ , el CH ₄ y el N ₂ O. Si la categoría es esencial, evaluar la importancia de las subcategorías determinando las que contribuyen en un 25 a un 30% al total del nivel de emisiones o absorciones de la categoría. Para obtener datos sobre las subcategorías relacionadas con cada categoría, véanse los Cuadros 3.1.1 y 3.1.3 del Capítulo 3.
Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas	
Praderas que siguen siendo praderas	
Humedales que siguen siendo humedales	
Asentamientos que siguen siendo asentamientos	
Conversión en tierras forestales	
Conversión en tierras agrícolas	Además de las indicaciones anteriores, evaluar las repercusiones de toda deforestación que tenga lugar en un país basándose en la orientación cualitativa que figura en el bolo seis de la Sección 5.4.3.
Conversión en praderas	
Conversión en humedales ^b	
Conversión en asentamientos	
Conversión en otra tierras	
ENERGÍA	
Emisiones de CO ₂ procedentes de fuentes fijas de combustión	Desagregar hasta el nivel en que se distingan factores de emisión. En la mayoría de los inventarios, se tratará de los principales tipos de combustibles. Si los factores de emisión se determinan en forma independiente para algunas subcategorías de fuentes, éstas deberán distinguirse en el análisis.
Emisiones de gases distintos del CO ₂ procedentes de fuentes fijas de combustión	Evaluar CH ₄ y N ₂ O por separado.
Fuentes móviles de combustión: transporte por carretera	Evaluar CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O por separado.
Fuentes móviles de combustión: navegación	Evaluar CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O por separado.
Fuentes móviles de combustión: aviación	Evaluar CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O por separado.
Emisiones fugitivas procedentes de la extracción y manipulación de carbón	Si ésta es una fuente esencial, es probable que la minería subterránea sea la subcategoría más importante.
Emisiones fugitivas procedentes de las actividades de petróleo y gas natural	Esta categoría de fuentes comprende varias subcategorías que pueden ser importantes. Los organismos encargados de los inventarios deberían evaluarla, si es una categoría esencial, para determinar las subcategorías más importantes.
PROCESOS INDUSTRIALES	
Emisiones de CO ₂ procedentes de la producción de cemento	
Emisiones de CO ₂ procedentes de la producción de cal	
Emisiones de CO ₂ procedentes de la industria siderúrgica	
Emisiones de N ₂ O de la producción de los ácidos adípico y nítrico	Evaluar el ácido adípico y el ácido nítrico por separado.
Emisiones de PFC procedentes de la producción de aluminio	
Hexafluoruro de azufre (SF ₆) procedente de la producción de magnesio	

CUADRO 5.4.1 (CONTINUACIÓN) CATEGORÍAS DE FUENTES/SUMIDEROS DEL IPCC PROPUESTAS PARA EL SECTOR DE UTCUTS Y SECTORES DISTINTOS DE UTCUTS ^A	
Emisiones de SF ₆ procedentes de equipos eléctricos	
Emisiones de SF ₆ procedentes de otras fuentes de SF ₆	
Emisiones de SF ₆ procedentes de la producción de SF ₆	
Emisiones de PFC, HFC, SF ₆ procedentes de la fabricación de semiconductores	Evaluar las emisiones procedentes de todos los compuestos en forma conjunta, ponderadas en función del PCA, ya que todos se utilizan de manera similar en el proceso.
Emisiones procedentes de sustitutos de sustancias destructoras del ozono (sustitutos de SDO)	Evaluar las emisiones procedentes de todos los HFC y PFC utilizados como sustitutos de SDO en forma conjunta, ponderadas en función del PCA, dada la importancia de tener un método coherente para todas las fuentes de SDO.
Emisiones de HFC-23 procedentes de la fabricación de HCFC-22	
AGRICULTURA	
Emisiones de CH ₄ procedentes de la fermentación entérica del ganado doméstico	Si ésta es una categoría esencial, es probable que los bovinos, los bufalinos y los ovinos sean las subcategorías más importantes.
Emisiones de CH ₄ procedente del manejo de estiércol	Si ésta es una categoría principal, es probable que los bovinos y los suinos sean las subcategorías más importantes.
Emisiones de N ₂ O procedentes del manejo de estiércol	
Emisiones de CH ₄ y N ₂ O procedentes de la quema de sabanas	Evaluar CH ₄ y N ₂ O por separado.
Emisiones de CH ₄ y N ₂ O de la quema de residuos agrícolas	Evaluar CH ₄ y N ₂ O por separado.
Emisiones directas de N ₂ O procedentes de suelos agrícolas	
Emisiones indirectas de N ₂ O del nitrógeno utilizado en agricultura	
Emisiones de CH ₄ procedentes de la producción de arroz	
DESECHOS	
Emisiones de CH ₄ procedentes de vertederos de desechos sólidos	
Emisiones procedentes del tratamiento de aguas residuales	Evaluar CH ₄ y N ₂ O por separado.
Emisiones procedentes de la incineración de desechos	Evaluar CO ₂ y N ₂ O por separado.
OTRAS	Si es posible, se deberían incluir otras fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero directo no enumeradas anteriormente.
^a En algunos casos, los organismos encargados de los inventarios modifican la lista de las categorías de fuente del IPCC para reflejar circunstancias particulares del país considerado.	
^b Los reservorios pueden diferenciarse en el análisis.	

El análisis puede realizarse utilizando emisiones de gases equivalentes a CO₂, que se calculan sobre la base de los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) que figuran en las *Directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes incluidas en el Anexo I de la Convención, Primera parte: Directrices de la Convención Marco para la presentación de la informes sobre los inventarios anuales*, y en el anexo del Protocolo de Kyoto.⁶ Cada gas de efecto de invernadero procedente de cada categoría de fuentes o de sumideros debería analizarse por separado, a menos que existan razones concretas relativas al método utilizado para tratar los gases de manera conjunta. Por ejemplo, en el sector de UTCUTS, las estimaciones relativas a las emisiones o a las absorciones de CO₂, N₂O y CH₄ se prepararán por separado. La evaluación de las categorías esenciales deberá llevarse a cabo de manera independiente para cada uno de los gases mencionados, ya que los métodos, los factores de emisión y los parámetros relacionados cambian para cada gas.

⁶ El método generalmente puede aplicarse basándose también en otros esquemas de ponderación, pero el umbral para el análisis de Nivel 1 se obtuvo a partir del concepto de PCA y puede ser distinto si se utilizan otros esquemas de ponderación.

5.4.2.1 MÉTODO DE NIVEL 1 PARA IDENTIFICAR LAS CATEGORÍAS ESENCIALES DE FUENTES Y DE SUMIDEROS

El método de Nivel 1 para identificar las categorías esenciales permite determinar el efecto de las distintas categorías de fuentes y de sumideros en el *Nivel*, y posiblemente en la *tendencia*, del inventario de gases de efecto invernadero del país considerado. Cuando se dispone de estimaciones procedentes de un inventario nacional de varios años, se considera una *buena práctica* evaluar la contribución de cada categoría al Nivel y a la tendencia del inventario nacional. Si se dispone únicamente del inventario de un año concreto, deberá realizarse una evaluación del Nivel.

El método de Nivel 1 puede aplicarse fácilmente utilizando un análisis por medio de hojas de cálculo. En los Cuadros 5.4.2 y 5.4.3 se muestran los elementos que debe incluir el análisis. Dado que es necesario desglosar los resultados del análisis en dos columnas distintas y dado que es más difícil apreciar los resultados registrados si los análisis se combinan en un mismo cuadro, se recomienda utilizar hojas de cálculo separadas para las evaluaciones del Nivel y de la tendencia. Ambos cuadros deben tener un formato similar al que se indica en el Capítulo 6 de *OBP2000* (IPCC, 2000), *La cuantificación de las incertidumbres en la práctica*. En la Sección 5.4.8 se describe un ejemplo de la aplicación del método de Nivel 1.

EVALUACIÓN DEL NIVEL

La contribución de cada categoría de fuentes o de sumideros al Nivel total del inventario nacional se calcula según la Ecuación 5.4.1:

<p>ECUACIÓN 5.4.1 EVALUACIÓN DEL NIVEL (NIVEL 1)</p> <p>Evaluación del nivel de la categoría esencial = Estimación de la categoría de fuente o de sumidero / Contribución total</p> $N_{x,t}^* = E_{x,t}^* / E_t^*$
--

Donde:

$N_{x,t}^*$ = evaluación del nivel para una fuente o un sumidero x en el año t . El asterisco (*) indica que se utilizan valores absolutos para representar la contribución de cada categoría (incluidas las categorías del sector de UTCUTS).

$E_{x,t}^*$ = $|E_{x,t}|$: valor absoluto de la estimación de la emisión o de la absorción de una categoría de fuentes o de sumideros x en el año t

E_t^* = $\sum_x |E_{x,t}|$: contribución total equivalente a la suma de los valores absolutos de las emisiones o de las absorciones durante el año t . El asterisco (*) indica que se utilizan valores absolutos para representar la contribución de cada categoría (incluidas las categorías del sector de UTCUTS).

Dado que las emisiones y las absorciones se introducen con signo positivo⁷, la contribución total puede ser mayor que el total de las emisiones menos las absorciones⁸ de un país determinado.

En el Cuadro 5.4.2 se presenta una hoja de cálculo que puede utilizarse para la evaluación del nivel. La hoja de cálculo debe aplicarse *además* de la evaluación de las fuentes que no pertenecen al sector de UTCUTS, como se especifica en *OBP2000*, Cuadro 7.2 del Capítulo 7, *Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos*. En la Sección 5.4.8 se describe un ejemplo de la aplicación del método de Nivel 1.

⁷ Las absorciones están representadas con valores absolutos para evitar un valor acumulado variable $N_{x,t}$ como podría ocurrir si las absorciones se introdujeran con signos negativos, y para facilitar igualmente interpretaciones simples del análisis cuantitativo.

⁸ Esta ecuación puede aplicarse a cualquier situación, independientemente de que el inventario de gases de efecto invernadero de un país determinado sea una fuente neta (como suele ocurrir) o un sumidero neto.

CUADRO 5.4.2 HOJA DE CÁLCULO PARA EL ANÁLISIS DE NIVEL 1 – EVALUACIÓN DEL NIVEL INCLUIDAS LAS CATEGORÍAS DE UTCUTS				
A	B	C	D	E
Categoría de fuentes/de sumideros según el IPCC	Gas de efecto invernadero directo	Estimación de las emisiones o absorciones del año de base o del año en curso (valor absoluto)	Evaluación del nivel incluido en el sector de UTCUTS, a partir de la Columna C	Total acumulado de la Columna D
Total				

Donde:

- Columna A : Lista de las categorías de fuentes o de sumideros según el IPCC (véase el Cuadro 5.4.1)
- Columna B : Gas de efecto invernadero directo
- Columna C : Emisiones o absorciones de cada gas de efecto invernadero en el año de base o en el año en curso, en unidades equivalentes de CO₂. Los estimaciones de las absorciones se introducen con valores absolutos (positivos)
- Columna D : Evaluación del nivel incluido el sector de UTCUTS a partir de los valores de la Columna C mediante la Ecuación 5.4.1
- Columna E : Total acumulado de la Columna D

En el Cuadro, los cálculos necesarios para la evaluación del nivel se introducen en la Columna D y se obtienen según la Ecuación 5.4.1. Por tanto, el valor obtenido para cada categoría al evaluar el nivel, incluido el sector de UTCUTS, debe indicarse en la Columna D. Todos los datos de la Columna D deben ser positivos, dado que los valores absolutos de los sumideros se introducen para las estimaciones de las absorciones en la Columna C. La suma de todas las entradas de la Columna D se indica en la línea del cuadro reservada para el total (obsérvese que este valor total no corresponde al valor total neto de emisiones (o absorciones)). Una vez introducidos los valores de la Columna D, las categorías deberían ordenarse en orden descendente de magnitud y el total acumulado debería registrarse en la Columna E. Las categorías esenciales, incluidas las relativas al UTCUTS, cuando se suman en orden descendente de magnitud, equivalen al 95% del total de la Columna D. El procedimiento para determinar el umbral del método de Nivel 1 se expone en la Sección 5.4.7. El método se basa en *OBP2000* y en Rypdal y Flugsrud (2001). Asimismo, es una *buena práctica* analizar detenidamente las categorías que se aproximan al umbral con un valor comprendido entre el 95 y el 97%, ateniéndose a criterios cualitativos (véase la Sección 5.4.3).

La evaluación del nivel debería realizarse para todos los años respecto a los cuales se dispone de estimaciones del inventario. Si las estimaciones de los inventarios anteriores no han cambiado, no es necesario volver a calcular el análisis del año anterior. En cambio, si las estimaciones se han modificado o se han vuelto a calcular, el análisis para el año considerado debería actualizarse. Cualquier categoría que coincida con el umbral de cualquier año debería identificarse como una categoría esencial.

EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA

Si se dispone de datos del inventario correspondientes a más de un año, la contribución de cada categoría de fuentes o de sumideros a la tendencia del inventario total puede evaluarse según la Ecuación 5.4.2.

<p>ECUACIÓN 5.4.2⁹ EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA (NIVEL 1)</p> <p>Evaluación de la tendencia de la categoría de fuentes o de sumideros = (Evaluación del nivel de la categoría de fuentes o sumideros) • (Tendencia de la categoría de fuentes o sumideros – Tendencia total) </p> $T_{x,t}^* = E_{x,t}^* / E_t \bullet \left \left[\frac{(E_{x,t} - E_{x,0})}{E_{x,t}} \right] - \left[\frac{(E_t - E_0)}{E_t} \right] \right $
--

⁹ Formulada por la Norwegian Pollution Control Authority junto con Rypdal y Flugsrud (2001).

Donde:

$T_{x,t}^*$ = La evaluación de la tendencia equivale a la contribución de la categoría de fuentes o de sumideros a la tendencia general del inventario. La evaluación de la tendencia se registra siempre con un valor absoluto, es decir, que un valor negativo se contabiliza siempre con el valor positivo equivalente. El asterisco (*) indica que, a diferencia de la Ecuación 7.2 del Capítulo 7 de *OBP2000*, las fuentes o los sumideros relativos a UTCUTS pueden evaluarse utilizando la presente ecuación.

$E_{x,t}^*$ = $|E_{x,t}|$ valor absoluto de la estimación de las emisiones o de las absorciones relativas a la categoría de fuentes o de sumideros x en el año t .

$E_{x,t}$ y $E_{x,0}$ = valores reales de las estimaciones de la categoría de fuentes o de sumideros x en el año t y en el año 0 respectivamente.

E_t y E_0 = $\sum_x E_{x,t}$ y $\sum_x E_{x,0}$ estimaciones del inventario total en el año t y en el año 0 respectivamente. E_t y E_0 son distintos a E_t^* y E_0^* de la Ecuación 5.4.1, dado que las absorciones *no* se registran con valores absolutos.

La tendencia de la categoría de fuentes o de sumideros equivale al cambio que experimentan las emisiones o las absorciones de la categoría de fuentes o de sumideros en el tiempo, y se calcula restando la estimación para la categoría de fuentes o de sumideros x en el año de base (año 0) a la estimación en el año en curso (año t), dividido por la estimación del año considerado.¹⁰

La tendencia total corresponde a la variación experimentada por las emisiones (o absorciones) del inventario total en el tiempo, y se calcula restando la estimación del inventario total en el año de base (año 0) a la estimación en el año en curso (año t), dividido por la estimación del año en curso.

En caso de que las emisiones del año en curso relativas a una categoría determinada sean iguales a 0, el cálculo deberá reformularse para evitar un denominador igual a 0 (Ecuación 5.4.3).¹¹

ECUACIÓN 5.4.3
EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA CON EMISIONES IGUALES A CERO EN EL AÑO EN CURSO¹²

$$T_{x,t}^* = |E_{x,0} / E_t|$$

La evaluación de la tendencia permite identificar las categorías que presentan una tendencia distinta a la tendencia del inventario total. Como las diferencias en la tendencia son más relevantes para el nivel del inventario total para las categorías de emisiones o de absorciones más grandes (en términos absolutos), el resultado de la diferencia de las tendencias (por ejemplo, la tendencia de la categoría menos la tendencia total) se multiplica por $|E_{x,t}^*| / E_t$ para obtener la ponderación adecuada. Así, una categoría será esencial si su tendencia difiere de la tendencia total, ponderada por el nivel de las emisiones y de las absorciones de la categoría considerada.

En el Cuadro 5.4.3 se presenta una hoja de cálculo que puede utilizarse para la evaluación de la tendencia. La hoja de cálculo debe aplicarse *además* de la evaluación de las fuentes que no pertenecen al sector de UTCUTS, como se especifica en *OBP2000*, Cuadro 7.3, Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos, del Capítulo 7. En la Sección 5.4.8 se describe un ejemplo de la aplicación del método de Nivel 1.

¹⁰ Si bien los niveles de crecimiento suelen determinarse por medio de la ecuación $(E_t - E_0) / E_0$, en la que el nivel de crecimiento se calcula partiendo de un valor inicial para el año 0, la forma funcional de la Ecuación 7.2 del Capítulo 7 de *OBP2000* permite limitar los casos de divisiones por cero y realizar el análisis de la importancia de las categorías de fuentes que cuentan con escasas emisiones en el año de base (p. ej., los sustitutos de sustancias destructoras de la capa de ozono).

¹¹ Aunque esta ecuación no figure en *OBP2000*, generalmente se puede aplicar a las categorías que no forman parte de UTCUTS, como se desprende de la Ecuación 5.4.2.

¹² Estos resultados se aplican cuando se introduce $E_{x,t}=0$ en la Ecuación 5.4.2.

CUADRO 5.4.3 HOJA DE CÁLCULO PARA EL ANÁLISIS DE NIVEL 1 – EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA INCLUIDAS LAS CATEGORÍAS DE UTCUTS						
A	B	C	D	E	F	G
Categoría de fuentes/de sumideros, según el IPCC	Gas de efecto invernadero directo	Estimación en el año de base	Estimación en el año en curso	Evaluación de la tendencia	% de la contribución a la tendencia	Total acumulado de la Columna F
Total						

Donde:

- Columna A : Lista de las categorías según el IPCC (véase el Cuadro 5.4.1)
- Columna B : Gas de efecto invernadero directo
- Columna C : Estimación de las emisiones o absorciones de cada gas de efecto invernadero en el año de base según los datos del inventario nacional, en unidades equivalentes de CO₂. Los sumideros se introducen con valores con signo (positivo o negativo)
- Columna D : Estimación de las emisiones del año en curso según los datos del inventario nacional más reciente, en unidades equivalentes de CO₂. Los sumideros se introducen con valores con signo
- Columna E : Evaluación de la tendencia a partir de la Ecuación 5.4.2, registrada con un valor absoluto
- Columna F : Contribución porcentual al total de las evaluaciones de la Columna E
- Columna G : Total acumulado de la Columna F, calculado después de haber clasificado las entradas en la Columna F por orden descendente de magnitud

Las categorías relativas al sector de UTCUTS que se han identificado a partir de este análisis deberían considerarse esenciales *además* de las categorías identificadas en el análisis que no incluyen las emisiones y las absorciones referentes a las actividades de UTCUTS. Si otras categorías distintas de UTCUTS se consideran esenciales cuando se incluye dicho sector en el análisis, estas categorías no deberán considerarse en principio esenciales, si bien deberían examinarse detenidamente basándose en criterios cualitativos.

Los datos de las Columnas A, B, e incluso C o D deberían ser iguales a los que se han utilizado en el Cuadro 5.4.2, Hoja de cálculo para el análisis de Nivel 1- Evaluación del nivel. La estimación para el año de base de la Columna C ha de introducirse siempre en la hoja de cálculo, mientras que la estimación para el año en curso de la Columna D dependerá del año en que se realice el análisis. El valor absoluto de $T_{x,t}$ debería incluirse en la Columna E para cada categoría de fuentes y de sumideros sobre la base de la Ecuación 5.4.2 y de acuerdo con la suma de todos los datos que se indicará en la línea de la hoja reservada a este efecto.¹³ La contribución de cada categoría al valor total de la Columna E, expresada en porcentaje, debería calcularse e indicarse en la Columna F. Las categorías (como las de las líneas del cuadro) deben ordenarse en orden descendente de magnitud basándose en la Columna F. Por tanto, el total acumulado de la Columna F debería introducirse en la Columna G. Se consideran categorías esenciales aquellas que, cuando se suman todas en orden descendente de magnitud, alcanzan un valor mayor que el 95% del total de la Columna E. En la Sección 5.4.8 se proporciona el ejemplo de un análisis llevado a cabo para determinar el nivel y la tendencia a partir de un método de Nivel 1.

¹³ A diferencia de la evaluación del nivel, en que todos los datos son positivos, en la evaluación de la tendencia se obtendrán valores negativos si las emisiones de la categoría de fuentes se reducen en mayor proporción que las emisiones del inventario total, o si aumentan en menor proporción. En este análisis los valores positivos y negativos se consideran equivalentes y en el cuadro se introducen los valores absolutos.

5.4.2.2 MÉTODO DE NIVEL 2 PARA IDENTIFICAR LAS CATEGORÍAS ESENCIALES DE FUENTES Y DE SUMIDEROS

El enfoque de Nivel 2 más sofisticado para identificar las categorías esenciales de fuentes y de sumideros se basa en los resultados del análisis de la incertidumbre que figuran en la Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres, y en *OBP2000*, Capítulo 6, La cuantificación de las incertidumbres en la práctica. El método de Nivel 2 es coherente con las *buenas prácticas* pero no es indispensable para aplicarlas. Se anima a los organismos encargados de realizar los inventarios a adoptar el Nivel 2, siempre que sea posible, ya que permite comprender mejor las razones por las que determinadas categorías son esenciales y pueden contribuir a decidir del orden de prioridad de las actividades, aumentar así la calidad del inventario y reducir la incertidumbre general. Dado que el Nivel 1 es un enfoque simplificado, debe tenerse en cuenta que al aplicar el Nivel 1 y el Nivel 2 pueden producirse diferencias en la identificación de las categorías esenciales. De ser el caso, deberán adoptarse los resultados obtenidos a partir del enfoque de Nivel 2.

En especial, es importante tener en cuenta que una categoría relativa al sector de UTCUTS puede comprender grandes flujos y que las emisiones y las absorciones pueden desaparecer. Con el análisis del Nivel pueden evaluarse incluso subestimaciones más detalladas. De ser así, las correlaciones deben evaluarse y adaptarse cuando proceda. Cuando el análisis se basa en el Nivel 1, debería realizarse la evaluación utilizando criterios cualitativos, como se indica en la Sección 5.4.3.

APLICACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE LA INCERTIDUMBRE PARA IDENTIFICAR LAS CATEGORÍAS ESENCIALES DE FUENTES Y DE SUMIDEROS

El análisis de las *categorías esenciales* puede mejorarse incorporando las estimaciones de la incertidumbre de las categorías del país considerado, como se indica en la Sección 5.2. Las estimaciones de la incertidumbre basadas en el enfoque de Nivel 1 descrito en la Sección 5.2 son suficientes para dicho propósito. No obstante, si se dispone de estimaciones basadas en el enfoque de Nivel 2 para la evaluación de la incertidumbre, también deberían utilizarse. Las incertidumbres de las categorías se incorporan ponderando los resultados de las evaluaciones del nivel y de la tendencia a partir del método de Nivel 1 con la incertidumbre relativa de cada categoría. A continuación se exponen las ecuaciones relativas a las categorías esenciales.

EVALUACIÓN DEL NIVEL

En la Ecuación 5.4.4 se describe la evaluación del nivel con el método de Nivel 2, incluida la incertidumbre. Los resultados de la evaluación ($NI_{x,t}$) son idénticos a los resultados obtenidos de la cuantificación de las incertidumbres en la práctica, como se indica en la Columna H del Cuadro 6.1 del Capítulo 6 de *OBP2000*. Por tanto, si se ha completado el cuadro no es necesario volver a calcular la Ecuación 5.4.4.

<p>ECUACIÓN 5.4.4 EVALUACIÓN DEL NIVEL (NIVEL 2)</p> <p>Evaluación del nivel con la incertidumbre = Evaluación del nivel a partir del método de Nivel 1 Incertidumbre relativa de la categoría</p> $NI_{x,t} = N_{x,t} - I_{x,t}$

Donde:

- $NI_{x,t}$ = Evaluación del nivel, con la incertidumbre
- $N_{x,t}$ = Evaluación del nivel calculada como en la Ecuación 5.4.1
- $I_{x,t}$ = Incertidumbre relativa de la categoría en el año t calculada como se indica en la Sección 5.2. La incertidumbre relativa se registrará siempre con un valor positivo.

Las categorías esenciales se identifican como representativas si alcanzan el 90% del valor total de la evaluación del nivel total $NI_{x,t}$. El 90 % sirvió de base para determinar el umbral que se utilizó en el análisis de Nivel 1 (véanse la Sección 5.4.7 y Rypdal y Flugsrud (2001)).

EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA

En la Ecuación 5.4.5 se indica cómo se puede incluir la incertidumbre en la evaluación de la tendencia a partir del método de Nivel 2.

ECUACIÓN 5.4.5**EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA (NIVEL 2)**

Evaluación de la tendencia con la incertidumbre = Evaluación de la tendencia a partir del método de Nivel 1 • Incertidumbre relativa de la categoría

$$TI_{x,t} = T_{x,t} \bullet I_{x,t}$$

Donde:

$TI_{x,t}$ = Evaluación de la tendencia, con la incertidumbre

$T_{x,t}$ = Evaluación de la tendencia calculada como en la Ecuación 5.4.

$I_{x,t}$ = Incertidumbre relativa de la categoría en el año t calculada como se especifica en la Sección 5.2. La incertidumbre relativa siempre se registrará con un valor positivo.

Las categorías esenciales se identifican como representativas si alcanzan el 90% del valor total de la evaluación de la tendencia total $TI_{x,t}$. El 90 % sirvió de base para determinar el umbral que se utilizó en el análisis de Nivel 1 (véanse la Sección 5.4.7 y Rypdal y Flugsrud (2001)).

INCORPORACIÓN DEL ANÁLISIS DE MONTE CARLO

En la Sección 5.2, Identificación y cuantificación de las incertidumbres, se presenta el análisis de Monte Carlo como el método de Nivel 2, que se aplica para la evaluación cuantitativa de la incertidumbre. Mientras que el análisis de la incertidumbre a partir del enfoque Nivel 1 se basa en supuestos simplificados para determinar las incertidumbres para cada categoría, el análisis de Monte Carlo permite, entre otras cosas, utilizar grandes incertidumbres, complejidades en las funciones de densidad de probabilidad, correlaciones y ecuaciones para las estimaciones de las emisiones complejas. Los resultados del análisis de la incertidumbre basado en el método de Nivel 2 pueden incluirse directamente en las Ecuaciones 5.4.4 y 5.4.5. Cuando las incertidumbres son asimétricas debe tenerse en cuenta la mayor diferencia entre la confianza media y el límite de confianza.

El análisis de Monte Carlo, así como otros instrumentos estadísticos, permiten también realizar un análisis de sensibilidad para identificar directamente los factores principales que contribuyen a la incertidumbre general. Asimismo, el análisis de Monte Carlo, como otros métodos similares, puede ser un instrumento valioso para analizar las categorías esenciales. Por ejemplo, permite examinar categorías de fuentes más desglosadas (a partir de modelos de correlación) y los factores de emisión y los datos de actividad por separado (con el fin de identificar los parámetros esenciales en lugar de las categorías esenciales). El análisis de los parámetros esenciales puede basarse en las Ecuaciones 5.4.4 y 5.4.5 presentadas anteriormente, reuniendo los coeficientes de las correlaciones entre los datos disponibles y los resultados obtenidos (Morgan y Henrion, 1990), o en otras técnicas adecuadas.

5.4.3 Consideraciones cualitativas

En algunos casos, los resultados obtenidos del análisis de las categorías esenciales a partir de un método de Nivel 1 y de Nivel 2 no siempre permiten identificar todas las categorías que deberían considerarse prioritarias en el sistema del inventario. En *OBP2000* se ofrece una lista de los criterios cualitativos para examinar circunstancias concretas que posiblemente no reflejen fácilmente la evaluación cuantitativa. Dichos criterios deben aplicarse a las categorías que no se hayan determinado en el análisis cuantitativo, y si se identifican nuevas categorías pueden añadirse a la lista de las categorías esenciales.

Las consideraciones cualitativas mencionadas en el Capítulo 7 de *OBP2000* se han modificado ligeramente para incluir el sector de UTCUTS:

- Técnicas y tecnologías de mitigación: cuando las emisiones procedentes de una categoría están disminuyendo o las absorciones están aumentando debido al uso de técnicas de mitigación sobre el cambio climático, es una *buena práctica* identificar dichas categorías como esenciales.
- Previsión de un gran aumento de las emisiones o de las absorciones: cuando los organismos encargados de los inventarios prevén que las emisiones o las absorciones procedentes de una categoría aumentarán significativamente en el futuro, se recomienda que consideren dicha categoría como esencial. Algunas de esas categorías se identificarán utilizando la evaluación de la tendencia o se determinarán más adelante. No obstante, dado que conviene aplicar un método de nivel superior basado en las *buenas prácticas* cuanto antes, es importante identificar las categorías lo antes posible basándose en criterios cualitativos.

- Incertidumbre grande: si el organismo encargado del inventario no tiene en cuenta explícitamente la incertidumbre al utilizar el método de Nivel 2 para identificar las categorías esenciales, puede considerar conveniente identificar las categorías más inciertas como esenciales. La razón es reducir al máximo la incertidumbre general del inventario mejorando las estimaciones de las categorías muy inciertas.
- Emisiones o absorciones inesperadamente altas o bajas: al utilizar los métodos propuestos por las *Directrices del IPCC* o los descritos en los Capítulos 3 y 4 (p. ej., debido al uso de un factor de emisión nacional), si las emisiones o absorciones son mucho más altas o bajas de lo que se preveía, dichas categorías deberían designarse como esenciales. Se debería prestar especial atención a la GC y al CC (Sección 5.5) y a la documentación existente sobre esas categorías.
- Reservas abundantes: cuando un flujo neto reducido se obtiene restando las emisiones o las absorciones elevadas, la incertidumbre puede alcanzar niveles muy altos. Asimismo, cuando se pasa del método de Nivel 1 a métodos de estimación basados en niveles superiores, el orden de las categorías de fuentes propuestas por el IPCC puede verse alterado y las categorías que eran antes insignificantes pueden convertirse en categorías relevantes.
- Deforestación: en el análisis cuantitativo de las categorías esenciales, la deforestación está representada por las categorías relativas a los distintos cambios en el uso de la tierra (por ejemplo, las tierras convertidas en praderas y las tierras convertidas en tierras agrícolas se consideran por separado). Para cumplir con las *Directrices del IPCC* los países deberían identificar y sumar las estimaciones de las emisiones asociadas a la conversión del bosque con cualquier otra categoría de la tierra. La “deforestación” debería ser una categoría esencial si el resultado de la suma es mayor que el valor de la categoría más reducida, considerada esencial al realizar el análisis cuantitativo. En ese caso, los países pueden examinar más a fondo qué conversiones de la tierra son relevantes (p. ej., las que representen más del 30 por ciento) para las estimaciones y clasificarlas como esenciales.
- Exhaustividad: si el inventario no está completo, ni el método de Nivel 1 ni el de Nivel 2 ofrecerán resultados correctos. En este caso, el análisis todavía puede llevarse a cabo, pero algunas de las categorías esenciales puede que no se analicen. En ese caso es una *buena práctica* examinar cualitativamente las categorías esenciales potenciales teniendo en cuenta las consideraciones cualitativas mencionadas. En las *Directrices del IPCC* (IPCC, 1997), en *OBP2000* (IPCC, 2000) y en la presente publicación se propone una lista de las posibles categorías de fuentes y de sumideros. Asimismo, el inventario de un país en el que se dan circunstancias nacionales similares puede ofrecer muchas veces indicaciones útiles sobre las categorías potencialmente esenciales.

Para cada categoría esencial identificada, el organismo encargado del inventario deberá decidir si determinadas subcategorías son especialmente relevantes (es decir, si representan una parte considerable de las emisiones o de las absorciones). Se considera una *buena práctica* identificar qué subcategorías son especialmente importantes y centrar los esfuerzos en mejorar la metodología relativa a dichas subcategorías.

5.4.4 Identificación de las categorías esenciales con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto

El concepto de categoría esencial puede también emplearse para elegir los métodos basados en las *buenas prácticas* que permiten calcular las estimaciones de las emisiones y de las absorciones procedentes de las actividades previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto a la CMCC. Las categorías esenciales del Protocolo de Kyoto pueden identificarse gracias a la orientación que se ofrece en esta sección. En el Capítulo 4 se dan orientaciones más detalladas sobre cómo se tiene en cuenta la determinación de las categorías para la elección de la metodología relativa a las estimaciones preparadas con arreglo al Protocolo de Kyoto.

Si se parte de la base de que no existe ningún antecedente de que se hayan preparado estimaciones en relación con el Protocolo de Kyoto, se considera que el punto de partida para la evaluación de las categorías esenciales conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto se corresponde con la evaluación realizada para el inventario de la CMCC. Siempre que se identifique una categoría como esencial en el inventario para la CMCC, la actividad correspondiente recogida en el Protocolo de Kyoto debería considerarse esencial en la presentación de la información en virtud del Protocolo.¹⁴ Cuando se identifican las categorías esenciales en

¹⁴ Esto también se aplica cuando se producen solamente superposiciones parciales en el inventario para la CMCC.

relación con el Protocolo de Kyoto, deben incluirse también las evaluaciones cualitativas, ya que no siempre las categorías relativas a la CMCC se corresponden claramente con las actividades recogidas en el Protocolo de Kyoto. Puede ocurrir también que un país aplique un enfoque cuantitativo de Nivel 2 para identificar las categorías esenciales de su inventario en el que se consideran las actividades recogidas en el Protocolo de Kyoto. Los resultados de la evaluación darán lugar, en muchos casos, a menos categorías esenciales relativas al sector de UTCUTS.

El Cuadro 5.4.4 permite establecer las relaciones existentes entre las categorías que se examinan en los Capítulos 3 y 4 con el fin de identificar las categorías esenciales con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto.

CUADRO 5.4.4		
RELACIONES ENTRE LAS ACTIVIDADES IDENTIFICADAS EN EL CAPÍTULO 3 Y EN EL CAPÍTULO 4 Y LAS CATEGORÍAS DE FUENTES O DE SUMIDEROS DEL IPCC PARA UTCUTS		
1	2	3
Categorías del Capítulo 3	Categorías del Capítulo 4	Categoría esencial si la actividad de la Columna 1 se ha identificado como esencial en el análisis del inventario para la CMCC^a
TIERRAS FORESTALES		
Tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (gestionadas)	GB, GP, GTA	
Tierras convertidas en tierras forestales (gestionadas)	FR	
TIERRAS AGRÍCOLAS		
Tierras agrícolas que siguen siendo tierras agrícolas	GTA, RV	
Tierras convertidas en tierras agrícolas	D, RV, GTA	
PRADERAS		
Pastizales y praderas que siguen siendo pastizales y praderas (gestionados)	GP, RV	
Tierras convertidas en pastizales o praderas (gestionadas)	D, RV, GP	
HUMEDALES		
Humedales que siguen siendo humedales (gestionados)	RV	
Tierras convertidas en humedales	D, RV	
ASENTAMIENTOS		
Asentamientos que siguen siendo asentamientos	RV	
Tierras convertidas en asentamientos	D, RV	
OTRAS TIERRAS^{a b}		
Otras tierras que siguen siendo otras tierras		
Tierras convertidas en otras tierras	D	
^a Actividades relacionadas con el párrafo 4 del artículo 3 sólo cuando se elijan. ^b Teóricamente el restablecimiento de la vegetación puede tener lugar en ambas subcategorías. GB: gestión de bosques, FR: forestación y reforestación, GTA: gestión de tierras agrícolas, D: deforestación, RV: restablecimiento de la vegetación, GP: gestión de pastizales.		

En la columna de la izquierda figura la lista de las categorías del Capítulo 3 que se han utilizado probablemente para el análisis de las categorías esenciales del inventario para la CMCC.¹⁵ Si cualquiera de ellas se identifica

¹⁵ Si el análisis se basa en las categorías de fuentes o de sumideros del IPCC (1996), la transformación será menos precisa. En la Sección 3.1 del Capítulo 3 se indica cómo elaborar el mapa.

como esencial, las actividades del Protocolo de Kyoto de la columna de la derecha deberían considerarse, en principio, esenciales. No obstante, como en algunos casos varias actividades relacionadas con el Protocolo de Kyoto pueden ser esenciales, es una *buena práctica* examinar cualitativamente qué posibles actividades pueden considerarse realmente esenciales. Por ejemplo, al designar la actividad denominada tierras convertidas en pastizales y praderas como esencial, también se están identificando esenciales la deforestación, el restablecimiento de la vegetación, la gestión de las praderas o los cambios en el uso de la tierra que no se incluyen en el Protocolo de Kyoto. El área de tierra que se ha sometido al restablecimiento de la vegetación será probablemente más reducida que el área de tierra que pertenece a la categoría correspondiente del Capítulo 3. En ese caso, y si el restablecimiento de la vegetación se identifica como posible actividad esencial según el Cuadro 5.4.4, los países podrán entonces evaluar por separado la importancia de las emisiones y de las absorciones de los gases de efecto invernadero en el proceso del restablecimiento de la vegetación en comparación con la otra categoría (o las otras categorías). Es una *buena práctica* explicar y documentar qué posibles categorías esenciales son finalmente consideradas esenciales para la información del Protocolo de Kyoto.

Además, es una *buena práctica* tener en cuenta las siguientes consideraciones cuando se determinan las categorías esenciales relativas a las estimaciones preparadas con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto:

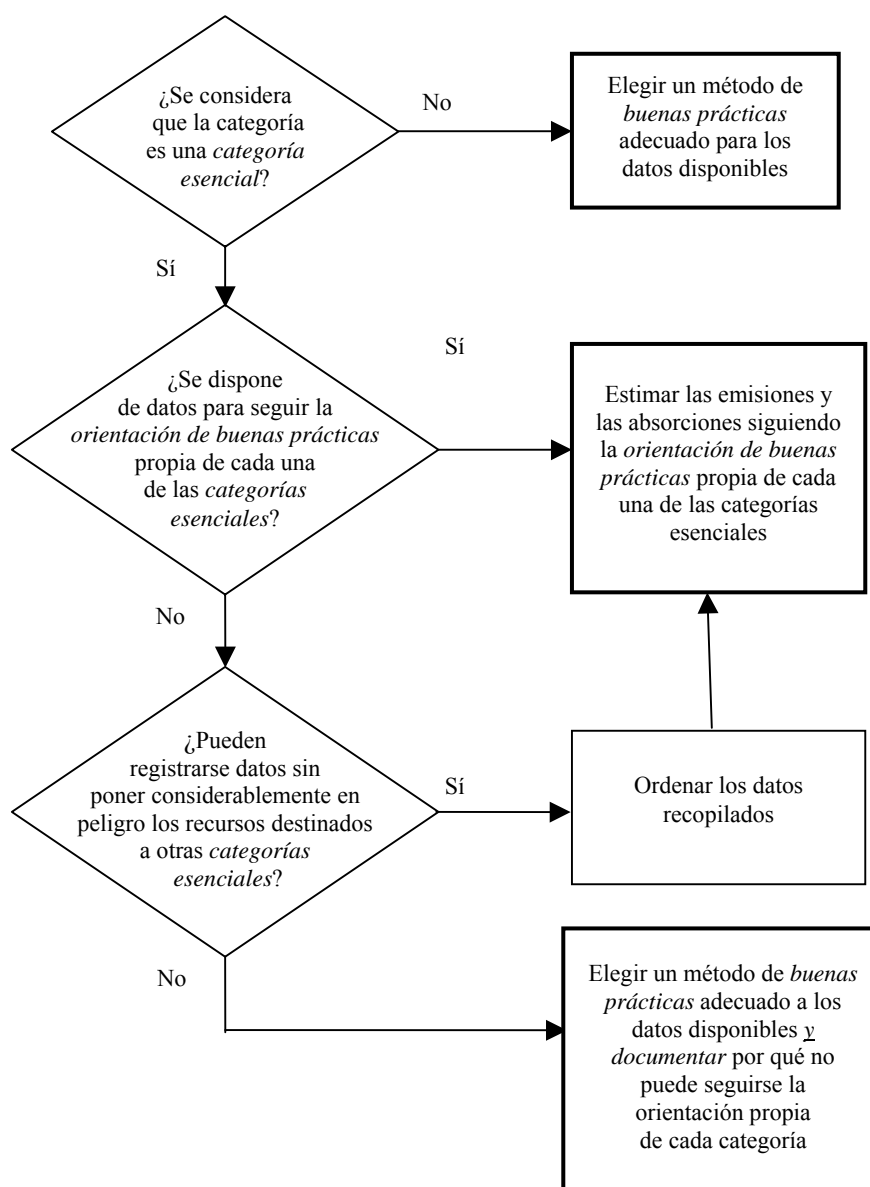
- Como se indica en el Cuadro 5.4.4, varias actividades previstas en el Protocolo de Kyoto pueden pertenecer a más de una de las categorías del inventario para la CMCC. En esos casos, es una *buena práctica* considerar las emisiones y las absorciones totales procedentes de la actividad para realizar el análisis de las categorías esenciales. Cuando se requiere este enfoque, una actividad determinada debería considerarse esencial cuando las emisiones o las absorciones obtenidas de la suma son mayores que las emisiones procedentes de la categoría menos importante que se ha identificado como esencial en el inventario para la CMCC (incluidas las actividades de UTCUTS).
- Cuando se aplican los métodos cuantitativos, si una categoría no se ha identificado como esencial para el año en curso pero se sabe de antemano que aumentará considerablemente en el futuro, esa categoría debería designarse como esencial. Por ejemplo, si se lleva a cabo un programa de forestación a gran escala que produzca solamente pequeños sumideros los primeros años pero del que se esperan mayores resultados en el futuro.
- En algunos casos, es posible que las emisiones o las absorciones procedentes de una actividad relacionada con el Protocolo de Kyoto puedan ser mayores que las emisiones o las absorciones procedentes de la categoría correspondiente en el inventario para la CMCC. En tal caso, la actividad relacionada con el Protocolo de Kyoto debería identificarse como esencial si las emisiones/absorciones superan las emisiones de la categoría menos importante que se haya considerado esencial en el inventario para la CMCC (incluido el sector de UTCUTS).

Para cada categoría esencial, el organismo encargado del inventario debería determinar si existen subcategorías particularmente significativas (es decir, que representen una parte importante de las emisiones o de las absorciones). Por ejemplo, si se ha seleccionado la gestión de tierras agrícolas y si se ha identificado como categoría esencial, es una *buena práctica* determinar qué subcategorías son especialmente importantes y tratar de mejorar la metodología de dichas subcategorías. Como se indica en la Sección 5.4.2.2, la evaluación cuantitativa de las categorías esenciales puede realizarse solamente aplicando un mayor nivel de desglose si se tienen en cuenta las correlaciones entre los datos disponibles.

Como deberían cumplirse ciertos requisitos especiales respecto de los métodos y de la verificación de las estimaciones relativas a los proyectos de UTCUTS conforme a los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto, los proyectos no se han incorporado al concepto de categoría esencial. En la Sección 4.3 del Capítulo 4 se ofrece *orientación sobre las buenas prácticas* acerca de cómo deben prepararse las estimaciones de los inventarios relativos al sector de UTCUTS para la presentación de la información según el Protocolo de Kyoto.

5.4.5 Aplicación de los resultados

Es importante identificar las categorías esenciales en los inventarios nacionales, ya que los recursos de que se dispone para preparar los inventarios son limitados, y debería también establecerse un orden de prioridad cuando se utilicen. Es fundamental que las estimaciones se elaboren para todas las categorías a fin de asegurar la exhaustividad. En la medida de lo posible, debería prestarse especial atención a las categorías esenciales sobre dos aspectos importantes de los inventarios. En la Figura 5.4.2 se muestra un árbol de decisiones que permite elegir un método basado en las *buenas prácticas*. Se ha modificado con respecto al Cuadro 7.4 del Capítulo 7 de *OBP2000* para que pueda aplicarse al sector de UTCUTS.

Figura 5.4.2 Árbol de decisiones para elegir un método basado en las *buenas prácticas*

En primer lugar, debería prestarse mayor atención a las categorías esenciales cuando se elige el método. Como se indica en el árbol de decisión de la Figura 5.4.2, se incita a los organismos encargados de los inventarios a que utilicen los métodos basados en *buenas prácticas* propias de cada una de las categorías para la identificación de las categorías esenciales, a menos que no se dispongan de recursos. Para la mayoría de las categorías, se proponen métodos de niveles superiores (es decir, de Nivel 1 o de Nivel 2) para aplicarlos a las categorías esenciales. Sin embargo, no siempre se utilizan. Para la aplicación específica de este principio a las categorías esenciales, los organismos encargados de los inventarios deberían remitirse a la orientación que proporcionan los árboles de decisiones del Capítulo 3. Es posible que, cuando se presenta la información con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, sean necesarios requisitos especiales para la elección de la metodología. En el Capítulo 4 se especifican esos requisitos especiales.

En segundo lugar, es una *buen práctica* examinar detenidamente las categorías esenciales respecto a la garantía de la calidad y el control de la calidad (GC y CC). En la Sección 5.5 se ofrecen orientaciones más detalladas sobre la GC y el CC para las categorías de UTCUTS en el inventario.

5.4.6 Presentación de informes y documentación

Es una *buen práctica* documentar claramente las categorías esenciales en el inventario. Es un aspecto fundamental para explicar la elección del método para cada categoría. Además, los organismos encargados de los inventarios deberían enumerar los criterios en que se basaron para identificar cada categoría esencial (p. ej., criterios relativos al nivel, a la tendencia o criterios cualitativos), y el método que utilizaron para llevar a cabo el análisis de las categorías esenciales (p. ej., el método de Nivel 1 o de Nivel 2). El Cuadro 5.4.5 puede servir para presentar los resultados del análisis de las categorías esenciales.

CUADRO 5.4.5 SÍNTESIS DEL ANÁLISIS DE LAS CATEGORÍAS ESENCIALES				
Método cuantitativo utilizado para el análisis de las categorías esenciales: Nivel 1 <input type="checkbox"/> Nivel 2 <input type="checkbox"/>				
A	B	C	D	E
Categoría de fuente/sumidero según el IPCC	Gas de efecto de invernadero directo	Designación de Categoría esencial (Sí o No)	Si se indica Sí en C, especificar los criterios de la identificación	Observaciones

Donde:

- Columna A : Lista de las categorías según el IPCC – las entradas deben ser las mismas que las de la Columna A de los Cuadros 5.4.2 y 5.4.3
- Columna B : Gas de efecto invernadero directo – las entradas deben ser las mismas que las de la Columna B de los Cuadros 5.4.2 y 5.4.3
- Columna C : Designación de las categorías esenciales – indicar “Sí” si la categoría es esencial
- Columna D : Criterios que sirvieron para identificar las categorías esenciales – para cada categoría esencial identificada en la Columna C, indicar uno o más de los siguientes criterios:
“Nivel” para la evaluación del nivel, “Tendencia” para la evaluación de la tendencia.
O “Cualitativos para los criterios cualitativos
- Columna E : Observaciones – indicar cualquier explicación pertinente

5.4.7 Determinación del umbral para el análisis de las categorías esenciales a partir del método de Nivel 1

Los umbrales relativos al nivel y a la tendencia se determinaron aplicando la misma metodología que en *OBP2000*, aunque se utilizaron datos más completos, series temporales más amplias y se tuvo en cuenta el sector de UTCUTS. El método que se aplicó a *OBP2000* para establecer el umbral se indica con más detalle en Flugsrud *et al.* (1999). En cuanto al umbral relativo al nivel, la relación entre el porcentaje de las emisiones y la suma de las incertidumbres de cada categoría de fuentes o de sumideros se calculó para incluirla en los inventarios presentados sobre los gases de efecto invernadero de las 30 Partes incluidas en el Anexo I de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMCC). Como en *OBP2000*, el umbral se determinó para que cubriera el 90% de la suma de las incertidumbres de cada categoría puesto que, partiendo de este valor, se obtienen generalmente de 10 a 15 categorías de fuentes esenciales (Rypdal y Flugsrud: 2001). El análisis se basa en los datos que proporcionó la Secretaría de la CMCC para 1990 y 1999 (en mayo de 2002). El conjunto de datos utilizados para definir el umbral de la tendencia es más reducido y solamente incluye a 16 países, ya que son menos los países que han notificado datos suficientemente detallados para ambos años.

5.4.7.1 SUPUESTOS SOBRE LAS INCERTIDUMBRES

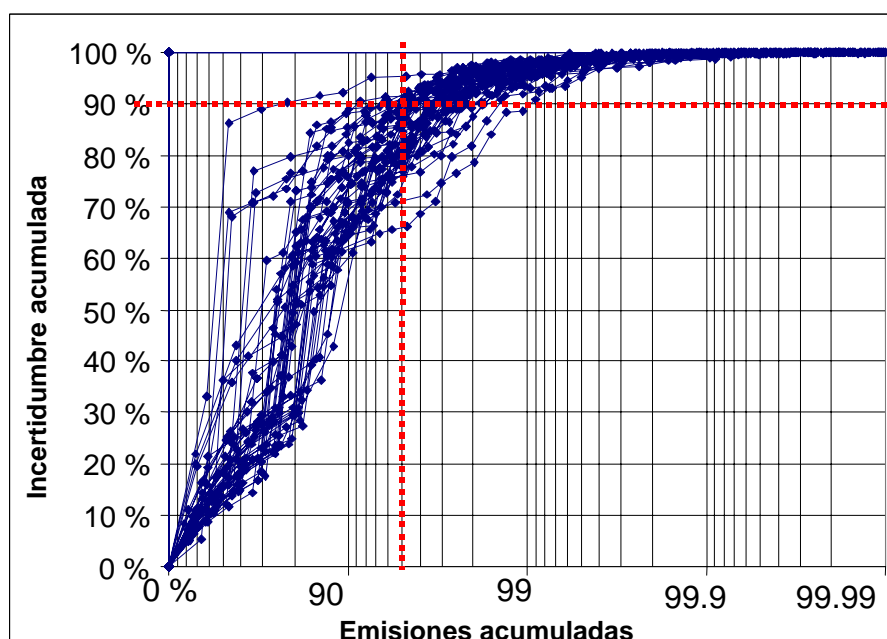
El análisis se basa en la evaluación de las incertidumbres que se muestra en el Cuadro 5.4.6. Los resultados del análisis de sensibilidad son bastante mejores con respecto a los supuestos sobre las incertidumbres. Para las fuentes que no pertenecen al sector de UTCUTS las incertidumbres supuestas son las siguientes: 5% de CO₂, 25% de CH₄, 100% de N₂O. Los gases de efecto invernadero distintos de CO₂ (N₂O y CH₄) se tuvieron en cuenta para el sector de UTCUTS en la medida en que se disponían de ellos, y se consideraron las mismas incertidumbres que para el sector que no pertenece a UTCUTS.

CUADRO 5.4.6 INCERTIDUMBRES SUPUESTAS PARA DETERMINAR UN UMBRAL DE LAS CATEGORÍAS ESENCIALES INCLUIDO UTCUTS	
	Incertidumbres de las emisiones y de las absorciones netas procedentes del CO ₂
Cambios en la biomasa forestal y boscosa	± 50 %
Conversión de bosques y praderas	- 50 hasta + 100 %
Abandono de tierra gestionada	- 50 hasta + 100 %
Emisiones y absorciones procedentes del suelo	- 50 hasta + 100 %
Otras categorías de UTCUTS	- 50 hasta + 100 %

5.4.7.2 NIVEL DE LAS EMISIONES

En *OBP2000* el valor del umbral se fijó en el 95% del total de emisiones. El modelo de las estimaciones de las emisiones necesario para representar el 90% de la suma de las incertidumbres relativas a las categorías en el conjunto de datos que incluye el sector de UTCUTS es similar al que se ha mencionado anteriormente (véase la Figura 5.4.3).

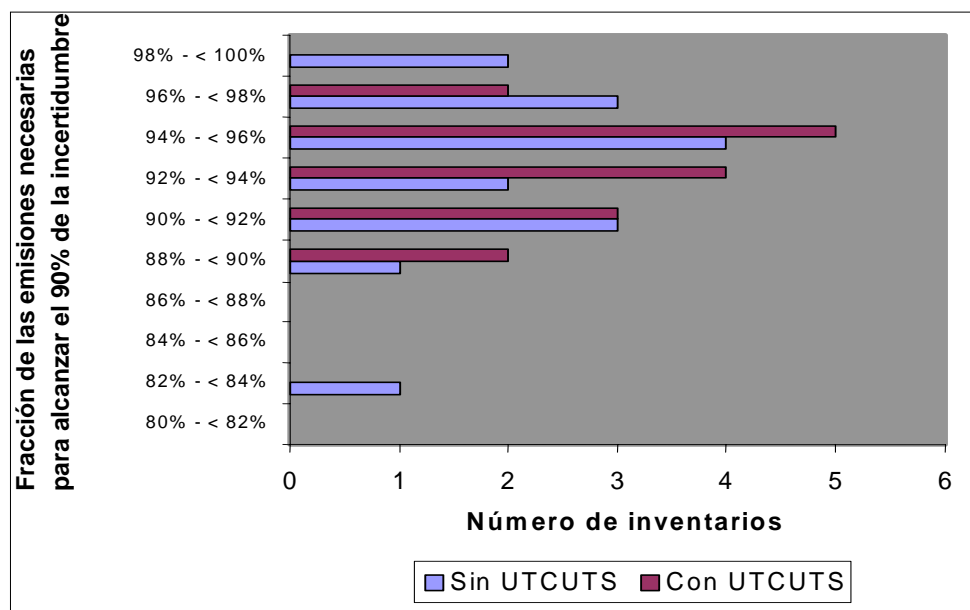
Figura 5.4.3 Incertidumbre acumulada determinada en función de las emisiones acumuladas



Nota: Las líneas de puntos muestran la división entre el umbral de 95% y el 90% de la suma de la contribución de las incertidumbres.

Fuente: Datos notificados por las Partes para la CMCC e incertidumbres estimadas.

Figura 5.4.4 Fracción de las emisiones necesarias para alcanzar el 90% de la suma de la contribución de las incertidumbres en distintos inventarios. Includo y excluido el sector de UTCUTS (cuando se incluye UTCUTS se utilizan los valores absolutos de las emisiones)



Fuente: Datos notificados por las Partes a la CMCC e incertidumbres hipotéticas.

En la Figura 5.4.4 se indica que cuando se incluyen las emisiones y las absorciones procedentes del sector de UTCUTS se requiere una fracción de las emisiones totales ligeramente más pequeña (en valor absoluto) para alcanzar el 90% de las incertidumbres en las categorías de fuentes o de sumideros. En el caso de los 30 inventarios analizados, la fracción media se sitúa en el 97.1% si no se tiene en cuenta el sector de UTCUTS, y en un 96,8% si se tiene en cuenta el sector de UTCUTS. La diferencia se debe a que algunas de las emisiones o absorciones procedentes de las actividades de UTCUTS son grandes y presentan una incertidumbre considerable.

El umbral debería ser muy elevado para poder identificar todas las categorías esenciales designadas con el método de Nivel 2 en los inventarios. Es importante tener presente que el enfoque de Nivel 2 es el instrumento más riguroso para determinar las categorías esenciales cuando se tiene en cuenta la incertidumbre. El uso de un umbral elevado implica que muchas categorías que no se consideran esenciales en la evaluación de Nivel 2 se especifican en el método de Nivel 1. Por ello, se parte de la base de que el análisis es más eficaz si se fija un umbral del 95% y se aconseja a los países que utilicen criterios cualitativos para las categorías que alcancen el 95 y el 97%.

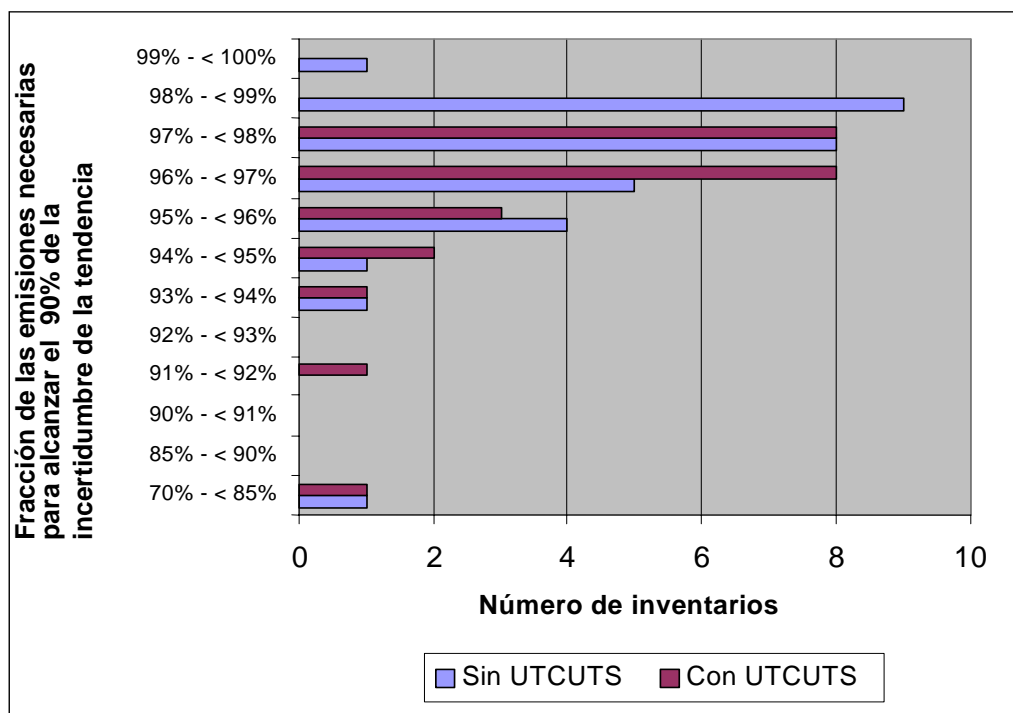
Por tanto, se recomienda utilizar también el umbral que se ha determinado anteriormente en un 95% para el análisis integrado que incluye las categorías de UTCUTS.

5.4.7.3 TENDENCIA

El umbral se estableció en un valor equivalente al 90% de la suma de $T_{x,t}^*$ (véase la Ecuación 5.4.2) en los inventarios. En la Figura 5.4.5, se aplica el mismo modelo para la tendencia que el de la Figura 5.4.4 utilizado para el análisis del nivel. Cuando se incluyen las emisiones y las absorciones procedentes del sector de UTCUTS, se requiere una fracción menor de la evaluación total (en valor absoluto) para alcanzar el 90% de la suma de $T_{x,t}^{*16}$, ya que, una vez más, algunas de las emisiones y de las absorciones procedentes del sector de UTCUTS contribuyen en gran medida a la tendencia y a una incertidumbre elevada.

¹⁶ Con los datos de que se disponía, no podía incluirse HFC, PFC y SF₆ en el análisis. No obstante, de ser posible, estos gases deberían incluirse cuando se aplique el método.

Figura 5.4.5 Fracción de las emisiones necesarias para alcanzar el 90% de la suma de la contribución de la incertidumbre relativa a la tendencia en distintos inventarios. Incluido y excluido el sector de UTCUTS (cuando se incluye UTCUTS se utilizan valores absolutos de las emisiones)



Fuente: Datos notificados por las Partes a la CMCC e incertidumbres hipotéticas.

5.4.8 Ejemplo de análisis de las categorías esenciales a partir del método de Nivel 1

En el siguiente cuadro se muestra una aplicación del método de Nivel 1 basado en el inventario que presentó uno de los países del Anexo I. Se indican los resultados de la evaluación del nivel y de la tendencia.

A	B			C	D'	E'	D	E
Categorías de fuentes según el IPCC (IPCC 1996)	Gas de efecto invernadero directo	Estimación del año de base o en curso para el sector distinto de UTCUTS	Estimación del año de base o en curso para UTCUTS	Estimación del año de base o en curso, en valor absoluto	Evaluación del nivel excluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C	Total acumulado de la Columna D'	Evaluación del nivel incluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C	Total acumulado de la Columna D (otras fuentes relacionadas con UTCUTS)
Suma		535375	-61309	643884 ^b	1		1	
1.AA.3	CO ₂	138822	..	138822	0,259	0,259	0,216	0,216
1.AA.4	CO ₂	102167	..	102167	0,191	0,450	0,159	0,374
5.A	CO ₂	..	-84861	84861	..	0,450	0,132	0,506
1.AA.2	CO ₂	77213	..	77213	0,144	0,594	0,120	0,626
1.AA.1	CO ₂	61389	..	61389	0,115	0,709	0,095	0,721
4.D	N ₂ O	51152	..	51152	0,096	0,805	0,079	0,801
4.A	CH ₄	27942	..	27942	0,052	0,857	0,043	0,844

CUADRO 5.4.7 (CONTINUACIÓN) EJEMPLO DE UNA EVALUACIÓN DEL NIVEL ^a								
A	B			C	D'	E'	D	E
Categorías de fuentes según el IPCC (IPCC 1996)	Gas de efecto invernadero directo	Estimación del año de base o en curso para el sector distinto de UTCUTS	Estimación del año de base o en curso para UTCUTS	Estimación del año de base o en curso, en valor absoluto	Evaluación del nivel excluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C	Total acumulado de la Columna D'	Evaluación del nivel incluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C	Total acumulado de la Columna D (otras fuentes relacionadas con UTCUTS)
6.A	CH ₄	16440	..	16440	0,031	0,887	0,026	0,870
5.B	CO ₂	..	12540	12540	..	0,887	0,019	0,889
2.B	N ₂ O	11093	..	11093	0,021	0,908	0,017	0,906
2.A	CO ₂	10371	..	10371	0,019	0,928	0,016	0,923
5.E	N ₂ O	..	5550	5550	..	0,928	0,009	0,931
1.B.2	CO ₂	4006	..	4006	0,007	0,935	0,006	0,937
4.B	CH ₄	3644	..	3644	0,007	0,942	0,006	0,943
2.C	CO ₂	3443	..	3443	0,006	0,948	0,005	0,948
5.D	CO ₂	..	3370	3370	..	0,948	0,005	0,954
1.AA.3	N ₂ O	3174	..	3174	0,006	0,954	0,005	0,959
4.B	N ₂ O	3109	..	3109	0,006	0,960	0,005	0,963
1.AA.4	CH ₄	2817	..	2817	0,005	0,965	0,004	0,968
2.B	CO ₂	2723	..	2723	0,005	0,970	0,004	0,972
1.B.1	CH ₄	2658	..	2658	0,005	0,975	0,004	0,976
6.C	CO ₂	2287	..	2287	0,004	0,980	0,004	0,980
1.B.2	CH ₄	1906	..	1906	0,004	0,983	0,003	0,983
5.E	CH ₄	..	1880	1880	..	0,983	0,003	0,986
1.AA.4	N ₂ O	1456	..	1456	0,003	0,986	0,002	0,988
3.A	CO ₂	823	..	823	0,002	0,987	0,001	0,989
1.AA.2	N ₂ O	796	..	796	0,001	0,989	0,001	0,990
1.AA.1	N ₂ O	683	..	683	0,001	0,990	0,001	0,991
6.B	N ₂ O	665	..	665	0,001	0,991	0,001	0,992
3.D	CO ₂	658	..	658	0,001	0,993	0,001	0,993
2.D	CO ₂	656	..	656	0,001	0,994	0,001	0,994
3.D	N ₂ O	613	..	613	0,001	0,995	0,001	0,995
4.D	CH ₄	482	..	482	0,001	0,996	0,001	0,996
6.C	N ₂ O	402	..	402	0,001	0,997	0,001	0,997
6.C	CH ₄	368	..	368	0,001	0,997	0,001	0,997
6.D	CH ₄	359	..	359	0,001	0,998	0,001	0,998
1.AA.3	CH ₄	312	..	312	0,001	0,999	0,000	0,998
6.B	CH ₄	282	..	282	0,001	0,999	0,000	0,999
5.B	CH ₄	..	236	236	..	0,999	0,000	0,999
4.C	CH ₄	163	..	163	0,000	0,999	0,000	0,999
3.B	CO ₂	136	..	136	0,000	1,000	0,000	1,000

CUADRO 5.4.7 (CONTINUACIÓN) EJEMPLO DE UNA EVALUACIÓN DEL NIVEL ^a								
A	B			C	D'	E'	D	E
Categorías de fuentes según el IPCC (IPCC 1996)	Gas de efecto invernadero directo	Estimación del año de base o en curso para el sector distinto de UTCUTS	Estimación del año de base o en curso para UTCUTS	Estimación del año de base o en curso, en valor absoluto	Evaluación del nivel excluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C	Total acumulado de la Columna D'	Evaluación del nivel incluido el sector de UTCUTS, a partir de la columna C	Total acumulado de la Columna D (otras fuentes relacionadas con UTCUTS)
1.AA.2	CH ₄	81	..	81	0,000	1,000	0,000	1,000
2.B	CH ₄	55	..	55	0,000	1,000	0,000	1,000
5.C	CO ₂	..	-48	48	..	1,000	0,000	1,000
1.AA.1	CH ₄	28	..	28	0,000	1,000	0,000	1,000
5.B	N ₂ O	..	24	24	..	1,000	0,000	1,000
1.B.2	N ₂ O	0	..	0	0,000	1,000	0,000	1,000

^a Las celdas sombreadas del cuadro indican los valores para la evaluación total que permite identificar las categorías esenciales en cuanto al nivel.

^b Esta suma difiere de la suma de las dos columnas de la izquierda porque se añaden las absorciones en valores absolutos.

CUADRO 5.4.8 ANÁLISIS DE LA TENDENCIA INCLUIDO EL SECTOR DE UTCUTS ^a						
A	B	C	D	E	F	G
Categorías de fuentes según el IPCC (IPCC 1996)	Gas de efecto invernadero directo	Estimación del año de base	Estimación del año en curso	Evaluación de la tendencia	% de contribución a la evaluación	Total acumulado de la Columna F
Sum		486002	474066	0,162226	1	
1.AA.3	CO ₂	119156	138822	0,046486	0,28655	0,28655
2.B	N ₂ O	27775	11093	0,03292	0,202928	0,489477
5.A	CO ₂	-75330	-84861	0,023418	0,144352	0,63383
1.AA.4	CO ₂	94375	102167	0,020804	0,128239	0,762069
1.AA.1	CO ₂	65495	61389	0,005139	0,031676	0,793745
2.A	CO ₂	13016	10371	0,004784	0,029492	0,823237
1.AA.2	CO ₂	76919	77213	0,004491	0,027681	0,850918
1.AA.3	N ₂ O	1208	3174	0,004106	0,02531	0,876228
1.B.1	CH ₄	4331	2658	0,003225	0,019882	0,896109
4.A	CH ₄	30058	27942	0,002834	0,017467	0,913576
5.B	CO ₂	11710	12540	0,0023	0,014175	0,927751
6.A	CH ₄	17917	16440	0,002134	0,013152	0,940903
2.C	CO ₂	4550	3443	0,002046	0,012613	0,953516
5.D	CO ₂	4051	3370	0,001197	0,007376	0,960892
4.D	N ₂ O	52898	51152	0,000918	0,005659	0,966551
1.B.2	CH ₄	2199	1906	0,000493	0,003041	0,969592
2.B	CO ₂	3007	2723	0,000433	0,002667	0,972259

CUADRO 5.4.8 (CONTINUACIÓN)						
ANÁLISIS DE LA TENDENCIA INCLUIDO EL SECTOR DE UTCUTS ^a						
A	B	C	D	E	F	G
Categorías de fuentes según el IPCC (IPCC 1996)	Gas de efecto invernadero directo	Estimación del año de base	Estimación del año en curso	Evaluación de la tendencia	% de contribución a la evaluación	Total acumulado de la Columna F
6.C	CO ₂	2133	2287	0,000425	0,00262	0,974879
1.B.2	CO ₂	4306	4006	0,000398	0,002456	0,977336
4.B	CH ₄	3537	3644	0,000398	0,002453	0,979789
5.E	N ₂ O	5494	5550	0,000394	0,002428	0,982217
1.AA.4	CH ₄	3043	2817	0,000313	0,001927	0,984143
1.AA.4	N ₂ O	1338	1456	0,00031	0,001913	0,986056
1.AA.1	N ₂ O	561	683	0,000278	0,001714	0,98777
1.AA.3	CH ₄	453	312	0,000267	0,001648	0,989418
6.D	CH ₄	246	359	0,000245	0,001513	0,990931
3.B	CO ₂	252	136	0,000226	0,001394	0,992325
1.AA.2	N ₂ O	731	796	0,00017	0,001049	0,993374
3.A	CO ₂	920	823	0,000153	0,000943	0,994317
6.B	N ₂ O	612	665	0,00014	0,000861	0,995178
5.E	CH ₄	1861	1880	0,000134	0,000824	0,996002
4.B	N ₂ O	3249	3109	0,000124	0,000766	0,996768
6.C	CH ₄	320	368	0,000115	0,000708	0,997477
6.C	N ₂ O	357	402	0,000112	0,000689	0,998166
3.D	N ₂ O	596	613	6,56E-05	0,000404	0,99857
6.B	CH ₄	259	282	5,91E-05	0,000365	0,998935
5.B	CH ₄	221	236	4,27E-05	0,000263	0,999198
1.AA.1	CH ₄	46	28	3,52E-05	0,000217	0,999415
4.D	CH ₄	482	482	2,6E-05	0,00016	0,999575
4.C	CH ₄	180	163	2,57E-05	0,000159	0,999733
2.D	CO ₂	681	656	1,65E-05	0,000101	0,999835
3.D	CO ₂	681	658	1,12E-05	6,92E-05	0,999904
2.B	CH ₄	53	55	6,85E-06	4,22E-05	0,999946
5.B	N ₂ O	22	24	4,42E-06	2,72E-05	0,999974
5.C	CO ₂	-48	-48	2,43E-06	1,5E-05	0,999989
1.AA.2	CH ₄	82	81	7,13E-07	4,39E-06	0,999993
1.B.2	N ₂ O	..	0	5,74E-07	3,54E-06	0,999996
1.B.2	N ₂ O	..	0	5,74E-07	3,54E-06	1

^a Otras fuentes identificadas relacionadas con UTCUTS aparecen sombreadas.

5.5 GARANTÍA DE LA CALIDAD Y CONTROL DE LA CALIDAD

5.5.1 Introducción

En la *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre (OBP2000, IPCC, 2000)*, Capítulo 8, Garantía de la calidad y control de la calidad, se define lo que se entiende por garantía de la calidad (GC) y por control de la calidad (CC), y se facilita orientación sobre los elementos que componen un sistema de GC/CC, teniendo en cuenta la transparencia y la revisión necesarias. También se abordan las consideraciones prácticas que habrán de tener presentes los organismos encargados de los inventarios al asignar recursos para GC/CC a lo largo de todo el proceso del inventario, así como la manera de determinar las prioridades al destinar recursos para el sector de UTCUTS. En esta sección se detallan los tipos de procedimientos que ha de seguir el organismo encargado de un inventario para verificar que las estimaciones del inventario y los datos en los que se basan sean de alta calidad, prestando especial atención a las cuestiones relativas al sector de UTCUTS. Estos procedimientos permiten asimismo realizar un inventario que pueda evaluarse fácilmente en términos de calidad y de exhaustividad.

RECUADRO 5.5.1

DEFINICIONES DE CONTROL DE LA CALIDAD Y GARANTÍA DE LA CALIDAD

El *control de la calidad* (CC) es un sistema de actividades técnicas habituales para medir y controlar la calidad del inventario durante su preparación. El sistema de CC está destinado a:

- i) prever exámenes habituales y coherentes para asegurar la integridad, corrección y exhaustividad de los datos;
- ii) identificar y reparar errores;
- iii) documentar y archivar material de inventario y registrar todas las actividades de CC.

Las actividades de CC abarcan métodos generales como los exámenes de exactitud sobre la adquisición y cálculos de datos y el uso de procedimientos normalizados aprobados para calcular emisiones, hacer mediciones, estimar las incertidumbres, archivar información y presentar los resultados. Las actividades de CC de nivel superior comprenden revisiones técnicas de las categorías de fuentes y sumideros, de los datos de actividad y de los factores de emisión y de los métodos.

Las actividades de *garantía de la calidad* (GC) incluyen un sistema planificado de procedimientos de revisión aplicados por personal que no participe directamente en el proceso de compilación/preparación del inventario. Deberían realizarse revisiones, preferiblemente a cargo de terceros independientes, sobre un inventario concluido, después de la aplicación de los procedimientos de CC. Mediante las revisiones se verifica que se han alcanzado los objetivos de calidad, se asegura que el inventario representa las mejores estimaciones posibles de las emisiones y sumideros dado el estado actual de los conocimientos científicos y los datos disponibles, y se sustenta la efectividad del programa de CC.

Fuente: IPCC (2000).

En el Recuadro 5.5.1 se presentan las definiciones de “control de la calidad” y “garantía de la calidad”, tal y como se definen en *OBP2000*, en la que se identifican también los siguientes elementos de un sistema completo de GC/CC:

- un organismo encargado del inventario, responsable de coordinar las actividades de GC/CC;
- un plan de GC/CC;
- procedimientos generales de CC (Nivel 1) que se apliquen a todas las categorías del inventario;
- procedimientos de CC para cada categoría de fuente o sumidero (Nivel 2) que requieren el conocimiento de datos y de métodos;
- procedimientos de revisión de la GC;
- procedimientos de notificación, documentación y archivo.

Los métodos de inventario aplicables al sector de UTCUTS requieren una *orientación de buenas prácticas* específica para GC/CC en lo que respecta a todos los elementos enumerados excepto al primero. Además, cabe señalar que las cuestiones de verificación y las cuestiones relativas al Protocolo de Kyoto pueden afectar a las *buenas prácticas* de GC/CC. Estas cuestiones se analizan en las Secciones 5.7 y 5.5.7, respectivamente.

La estimación de las emisiones y absorciones de las actividades de UTCUTS comprende varias cuestiones importantes aunque no necesariamente exclusivas. La diferencia primordial entre el sector de CUTC y otros sectores tratados en las *Directrices del IPCC* (IPCC, 1997) (a saber, los de energía y agricultura) es que el sector de CUTC se centra en el cálculo de las emisiones y absorciones netas.¹⁷ En concreto, en el sistema de GC/CC ha de tenerse en cuenta que el sector de UTCUTS es único porque lo mismo puede absorber CO₂ que liberarlo a la atmósfera. Sin embargo, en lo que concierne a GC/CC de un inventario, existen consideraciones más importantes en el sector de UTCUTS que se centran en la complejidad de los datos necesarios para preparar estimaciones exactas de emisiones y absorciones debidas a UTCUTS. A continuación, se señalan cuatro características importantes de los métodos del inventario de UTCUTS que suelen influir en la GC y el CC.

- **Representatividad de los datos de entrada:** Las actividades de UTCUTS afectan a grandes superficies geográficas. Dada la extensión de estas superficies –además de la compleja naturaleza de los procesos biológicos que en ellas tienen lugar–, no resulta práctico basar la preparación de inventarios nacionales únicamente en las mediciones directas de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Por consiguiente, los inventarios se basan en datos obtenidos mediante muestreo en mediciones de campo y estudios de la tierra. Además, no es probable que se tome un conjunto de muestras completo cada año, sino que se suelen tomar periódicamente (p. ej., cada cuatro años). También pueden ampliarse las muestras con datos obtenidos por teledetección, que permiten una cobertura más completa.
- **Necesidad de datos históricos:** Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero relacionadas con UTCUTS representan una función de las actividades del uso de la tierra en el pasado y que siguen afectando a las emisiones y absorciones de CO₂ actuales (es decir, del año del inventario). Por lo tanto, el uso de la tierra y las actividades forestales tanto pasadas como actuales inciden en las emisiones y absorciones actuales. Por esta razón, se necesitan datos históricos suficientes para calcular las emisiones actuales y, por consiguiente, los conjuntos de datos utilizados en el sector de UTCUTS pueden abarcar un período histórico más largo que otras categorías de fuentes (p. ej., entre 20 y 100 años). Sin embargo, muchos países tienen la ventaja de haber recogido datos forestales y datos sobre otros usos de la tierra durante un largo período, por lo que pueden disponer de fuentes de datos detallados y completos, aunque no siempre exactos.¹⁸ La coherencia de las series temporales es un aspecto importante de la GC y del CC que será analizado con más detalle en la Sección 5.6.
- **Interacciones complejas y variabilidad de los procesos biológicos:** Debido a las interacciones complejas y a la variabilidad inherente a los procesos biológicos que tienen lugar en bosques, suelos y otros componentes de UTCUTS se puede necesitar modelos¹⁹ más complejos que los empleados para estimar las emisiones de la mayoría de las demás categorías de fuentes. Puede que los datos, supuestos y demás características de los modelos no siempre sean transparentes. En la GC y en el CC hay que documentar las características y los supuestos del modelo, comprobar los datos de salida del modelo, identificar las áreas que se han de mejorar, comprobar los algoritmos del modelo y documentar los resultados de estos exámenes.
- **Variabilidad en la magnitud y naturaleza de los datos:** Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero pueden ser pequeños flujos netos que resultan de grandes flujos brutos o de diferencias entre grandes reservas, por ejemplo, cambios lentos en las grandes reservas de carbono orgánico en los suelos. Además, según el tipo de actividad, se experimentarán diferentes tipos de cambios. Por ejemplo, es probable que la gestión forestal implique cambios pequeños y dispersos por unidad de superficie en grandes zonas, mientras que la deforestación a gran escala provoca emisiones netas relativamente grandes e inmediatas. Por estas razones, en los procedimientos de GC/CC se debería evaluar si los métodos

¹⁷ Hay que destacar, sin embargo, que la sustracción de los principales componentes en el cálculo de una categoría de fuente de emisión no es exclusiva del sector de UTCUTS. Por ejemplo, la estimación total del almacenamiento de carbono en las materias primas de combustibles fósiles no energéticos requiere un complicado análisis del procesamiento del combustible fósil y de su destino para sustraer de esos combustibles la cantidad de carbono que ni se combustiona ni se oxida. Estas adaptaciones en los cálculos de la combustión de combustibles fósiles pueden ser bastante significativas con respecto al inventario de las emisiones totales de un país.

¹⁸ Es evidente que los datos se habrán compilado por razones diferentes que la de estimar las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero.

¹⁹ Los modelos numéricos y del proceso interpolan datos de actividad para los años que se suceden entre las muestras, extrapolan datos de muestra de las mediciones del volumen de madera o de otras mediciones al carbono total de la biomasa, e intentan comprender otras complejidades y sutilezas de la relación entre la silvicultura y el cambio forestal de uso de la tierra y las emisiones y absorciones de CO₂ y de otros gases.

seleccionados son apropiados para la estimación de los gases de efecto invernadero en cada caso, desde las mediciones directas hasta los modelos más complejos.²⁰

5.5.2 Plan de GC/CC

Como ya se indicó en *OBP2000*, un plan de GC/CC es un elemento fundamental del sistema de GC/CC y, por lo tanto, su elaboración forma parte de las *buenas prácticas*. En general, el plan debería explicar a grandes rasgos las actividades de GC/CC que se van a efectuar y debería incluir un calendario programado en el que se detalle la preparación del inventario, desde su inicio hasta la presentación final en cada año. Asimismo, debería incluir un esbozo de los procesos y un calendario para revisar todas las categorías de fuentes y sumideros.

Para las categorías de fuentes y sumideros de UTCUTS, en el plan se deberían describir los procedimientos específicos de CC que han sido o van a ser aplicados, además de los procedimientos especiales de revisión de la GC utilizados. Estos procedimientos deben formularse de manera que se tengan en cuenta las cuatro características descritas en la Sección 5.5.1, la representación de áreas de tierra detallada en el Capítulo 2 (Bases para la representación coherente de áreas de tierra), las metodologías aplicadas al sector de UTCUTS del Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS), y, si fuera pertinente, los métodos utilizados para contabilizar emisiones y absorciones descritos en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Capítulo 4 del Protocolo de Kyoto (Métodos complementarios y orientación sobre las buenas prácticas que emanan del Protocolo de Kyoto).

5.5.3 Procedimientos generales de CC (Nivel 1)

Es una *buen práctica* efectuar las comprobaciones genéricas de CC que se describen en *OBP2000*, Capítulo 8 (Garantía de la calidad y control de la calidad) Nivel 1, Procedimientos generales de CC de Nivel 1 para los inventarios. Estas técnicas generales se centran en el procesamiento, tratamiento, documentación, archivo y procedimientos de presentación comunes para todas las categorías de fuentes y sumideros del inventario. En el Cuadro 5.5.1 se enumeran las comprobaciones genéricas de CC de Nivel 1 que se muestran en el Cuadro 8.1 de *OBP2000*. Estas comprobaciones se han adaptado para que puedan aplicarse tanto a sumideros como a fuentes. En aquellos casos en los que las estimaciones para el sector de UTCUTS son elaboradas por instituciones distintas del organismo encargado del inventario, este último sigue teniendo la responsabilidad de que se lleven a cabo los procedimientos de CC de Nivel 1 y de que se documenten los resultados y los procedimientos.

CUADRO 5.5.1 PROCEDIMIENTOS GENERALES DE CC DE NIVEL 1 PARA LOS INVENTARIOS	
Actividad de CC	Procedimientos
Comprobar que se documentan los supuestos y criterios de selección de datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros de estimación.	<ul style="list-style-type: none"> Confrontar las descripciones de datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros de estimación con información sobre las categorías de fuentes y sumideros, y asegurarse de que se registran y archivan correctamente.
Comprobar si hay errores de transcripción en las entradas de datos y referencias.	<ul style="list-style-type: none"> Confirmar que las referencias de datos bibliográficos se citan correctamente en la documentación interna. Analizar una muestra de datos de entrada de cada categoría de fuentes (mediciones y parámetros usados en los cálculos) para ver si hay errores de transcripción.
Comprobar que las emisiones y absorciones se han calculado correctamente.	<ul style="list-style-type: none"> Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones o de absorciones. Imitar selectivamente cálculos de modelos complejos con cálculos abreviados para juzgar su exactitud relativa.

²⁰ La cuestión de la elección de la metodología se trata en detalle en lo que respecta a la subcategoría en el Capítulo 3.

CUADRO 5.5.1 (CONTINUACIÓN) PROCEDIMIENTOS GENERALES DE CC DE NIVEL 1 PARA LOS INVENTARIOS	
Comprobar que los parámetros y unidades de emisión se han registrado correctamente y que se usan factores de conversión apropiados.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que las unidades están debidamente rotuladas en las hojas de cálculo. • Comprobar que las unidades se transportan correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos. • Comprobar que los factores de conversión son correctos. • Comprobar que se usan correctamente los factores de ajuste temporal y espacial.
Comprobar la integridad de los archivos de la base de datos.	<ul style="list-style-type: none"> • Confirmar que las etapas apropiadas del tratamiento de los datos están correctamente representadas en la base de datos. • Confirmar que las relaciones entre los datos están representadas correctamente en la base de datos. • Asegurarse de que los campos de datos están debidamente rotulados y tienen las especificaciones de diseño correctas. • Asegurarse de que se ha archivado suficiente documentación de la base de datos y estructura y operación del modelo.
Comprobar la coherencia de los datos entre categorías de fuentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar parámetros (p. ej., datos de actividad constantes) comunes para múltiples categorías de fuentes y sumideros y confirmar que hay coherencia entre los valores usados para esos parámetros en los cálculos de las emisiones.
Comprobar que es correcto el movimiento de datos del inventario entre las etapas del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que los datos de emisiones y absorciones están correctamente agregados desde niveles inferiores de presentación hasta niveles superiores de presentación cuando se preparan resúmenes. • Comprobar que los datos de emisiones y absorciones se transcriben correctamente entre diferentes productos intermedios.
Comprobar que se estiman o calculan correctamente las incertidumbres de las emisiones y absorciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que son apropiadas las calificaciones de las personas que aportan dictámenes de expertos para las estimaciones de la incertidumbre. • Comprobar que se registran las calificaciones, los supuestos y los dictámenes de expertos. Comprobar que las incertidumbres calculadas están completas y han sido calculadas correctamente. • Si es necesario, repetir los cálculos de error sobre una muestra reducida de las distribuciones de probabilidad usadas en los análisis de Monte Carlo.
Revisar la documentación interna.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que existe documentación interna detallada para sustentar las estimaciones y permitir la reproducción de las estimaciones de las emisiones y de las absorciones y de la incertidumbre. • Comprobar que los datos del inventario, los datos de apoyo y los registros del inventario están archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada. • Comprobar la integridad de todos los arreglos para archivar los datos de las organizaciones externas que participan en la preparación del inventario.
Comprobar la coherencia de las series temporales.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar la coherencia temporal en los datos de entrada de las series temporales para cada categoría de fuentes y sumideros. • Comprobar la coherencia del algoritmo/método utilizado en los cálculos en todas las series temporales. • Comprobar el método de realización de nuevos cálculos.
Realizar verificaciones de la exhaustividad.	<ul style="list-style-type: none"> • Confirmar que se presentan las estimaciones para todas las categorías de fuentes y sumideros y para todos los años a partir del año de base apropiado para el período del inventario en curso. • Comprobar que se documentan las lagunas conocidas en datos que dan por resultado estimaciones incompletas de las emisiones.
Comparar las estimaciones con estimaciones anteriores.	<ul style="list-style-type: none"> • Para cada categoría de fuente o sumidero, deberían compararse las estimaciones actuales del inventario con estimaciones anteriores, si se dispone de ellas. Si hay cambios o desviaciones importantes con respecto a las tendencias previstas, examinar de nuevo las estimaciones y explicar cualquier diferencia.

5.5.4 Procedimientos específicos de CC para cada categoría de fuentes o sumideros (Nivel 2)

Es una *buen práctica* complementar las comprobaciones de CC de Nivel 1 relativas al procesamiento, tratamiento e información de los datos con los procedimientos de CC para cada categoría de fuentes o sumideros (Nivel 2) para las categorías esenciales (es decir, con las comprobaciones suplementarias de control de calidad descritas en *OBP2000*, Sección 8.7, Procedimientos de CC para cada categoría de fuentes (Nivel 2)). Los procedimientos de CC de Nivel 2 se aplican caso por caso. Estas comprobaciones pueden realizarse especialmente cuando se utilizan métodos de inventario de nivel superior para preparar las estimaciones de emisiones y absorciones. Los procedimientos de CC de Nivel 2 son los idóneos para tipos de datos específicos utilizados en los métodos, y para aplicarlos hay que conocer la categoría de fuentes o sumideros, los tipos de datos disponibles y los parámetros asociados a las emisiones y absorciones.

En algunos casos, el volumen y la complejidad de los datos que se van a utilizar para efectuar las estimaciones de emisiones y absorciones debidas a UTCUTS pueden acarrear algunas dificultades en la realización de las comprobaciones e investigaciones de CC de Nivel 2. Al mismo tiempo, en razón de esta complejidad son aún más importantes cuando se hayan llevado a cabo investigaciones rigurosas sobre la calidad de los datos de Nivel 2 en colaboración con las instituciones directamente responsables de recolectar y analizar los datos de UTCUTS. Estas instituciones pueden ser muchas y, en cierto modo, heterogéneas debido a la asignación en cada país de las responsabilidades de gestión de las tierras. Para averiguar la calidad de los datos de entrada utilizados en los modelos de UTCUTS y en otros cálculos, será necesaria una importante cooperación y comunicación con estas instituciones para comprender mejor sus propios procedimientos de GC/CC.

Las comprobaciones para cada categoría de fuente o sumidero se describen en el Capítulo 3, pero en lo que concierne al CC de Nivel 2 para el sector de UTCUTS debería procederse a los siguientes tipos de verificaciones:

- El organismo encargado del inventario debería comprobar que las áreas de tierra están clasificadas correctamente y que no ha habido dobles cómputos ni omisiones de áreas de tierra (véase la Sección 2.3.2 del Capítulo 2 y el Cuadro 2.3.1). Esta clasificación de las áreas de tierra debería ser coherente con el Capítulo 2 (Bases para la representación coherente de áreas de tierra). Es importante, en particular, verificar la coherencia y los posibles dobles cómputos entre el sector agrícola y el sector de UTCUTS.
- El organismo encargado del inventario debería investigar la exhaustividad de las categorías de fuentes y sumideros en el sector de UTCUTS mediante un examen apropiado de las categorías de uso de la tierra y de las subcategorías, tal y como se describe en el Capítulo 3 (véase los Cuadros 3.1.1 y 3.1.2 de la Sección 3.1.1). Esto es especialmente importante debido a las complicadas relaciones existentes entre varias de categorías de UTCUTS (p. ej., entre el rebrote de tierras abandonadas y los cambios en las reservas de biomasa boscosa) y entre las categorías de UTCUTS y otras categorías de fuentes (p. ej., entre la biomasa eliminada y la quema de biocombustibles). Esta clasificación debería ser coherente con el Capítulo 3 (Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTC). El organismo encargado del inventario debería a su vez evaluar si las estimaciones de las categorías particulares cubren todas las zonas geográficas pertinentes (p. ej., los territorios), las categorías de subfuentes o sumideros, los depósitos o las actividades.
- El organismo encargado del inventario debe verificar periódicamente la coherencia de los datos de actividad de las series temporales, ya que el historial de datos necesarios para estimar las emisiones de un solo año es muy extenso. La actividad y los demás datos utilizados deberían representar un área terrestre coherente para el país y haber sido compilados mediante métodos que no introduzcan desviaciones temporales. Toda discontinuidad en las series temporales de las emisiones o de otros datos utilizados en el cálculo de emisiones o absorciones requiere explicación. La dirección y el orden de magnitud de las estimaciones de emisiones/absorciones para las distintas categorías de fuentes o sumideros de UTCUTS y sus subcategorías deberían compararse y evaluarse según criterios de racionalidad y según las causas de estos cambios, teniendo en cuenta el posible impacto de la variabilidad del clima en las escalas de tiempo (p. ej., en las escalas de décadas).
- Dada la importancia relativa de los datos de muestreo en la preparación de estimaciones, el organismo encargado del inventario debería examinar los protocolos de muestreo y de extrapolación utilizados, determinar a qué revisión han sido sometidos los protocolos, identificar todos los procedimientos internos de GC/CC aplicables y considerar los demás factores pertinentes. Véase asimismo la Sección 5.3, Muestreo. En la Sección 8.7.2.1, Datos de actividad en el nivel nacional, del Capítulo 8 de *OBP2000* figura información adicional sobre las investigaciones de datos secundarios.
- En razón de las múltiples aplicaciones de las técnicas y de los datos de teledetección para la preparación de inventarios de UTCUTS, el organismo encargado del inventario debería aportar información, tan detallada

como sea necesario en cada caso, acerca de los datos y los instrumentos utilizados (es decir, el tipo de imagen y de procesamiento).

- Los modelos pueden ser una parte esencial del proceso del inventario nacional. Permiten preparar estimaciones regionales y nacionales cuando los conocimientos científicos o la información disponible están limitados a lugares o condiciones específicos. Como los modelos son un medio de extrapolar y/o interpolar la información conocida para estimar la que no es tan segura, no se puede de ningún modo asumir simplemente que el modelo elegido provee datos de salida exactos para las necesidades del inventario. Si la GC y el CC asociados a los modelos son inadecuados o carecen de transparencia, el organismo encargado del inventario debería tratar de establecer verificaciones de los modelos y de los datos. En particular, el organismo encargado del inventario debería comprobar lo siguiente:
 - i) La adecuación de los supuestos, extrapolaciones, interpolaciones, modificaciones basadas en la calibración, características de los datos del modelo, y de su aplicabilidad al método de inventario de gases de efecto invernadero y a las circunstancias del país.
 - ii) La disponibilidad de documentación sobre el modelo que incluya descripciones, supuestos, fundamentos y experimentos científicos, y referencias que apoyen el método y los parámetros utilizados en los procesos del modelo referentes al uso de la tierra.
 - iii) Los tipos de procedimientos de GC/CC concebidos por creadores de modelos y por proveedores de datos, y si los procedimientos de control de calidad son apropiados.
 - iv) La existencia de proyectos para evaluar y actualizar o reemplazar periódicamente los supuestos con nuevas mediciones apropiadas. Los supuestos esenciales pueden identificarse realizando análisis de sensibilidad.

5.5.5 Procedimientos de revisión de la GC

La *buena práctica* en los procedimientos de GC requiere un examen especializado para evaluar la calidad del inventario e identificar las esferas en que podrían introducirse mejoras. El inventario puede ser evaluado como un todo o por partes. Se utilizan procedimientos de GC, junto con el CC de Nivel 1 y de Nivel 2. El objetivo de la aplicación de la GC es hacer participar a revisores que pueden llevar a cabo un examen imparcial del inventario. Es una *buena práctica* recurrir a revisores de GC que no hayan intervenido en la preparación del inventario. Es preferible que estos revisores sean expertos independientes de otros organismos o expertos o grupos de expertos nacionales o internacionales que no estén vinculados con la compilación del inventario nacional. Cuando no disponga de revisores terceros ajenos al organismo encargado del inventario, pueden ejercer las funciones de GC miembros del personal que trabajen en otra sección del organismo encargado del inventario y que no hayan participado en la preparación de la parte del inventario que se va a revisar.

Es una *buena práctica* que los organismos encargados de los inventarios procedan a una revisión básica a cargo de especialistas en la materia (GC de Nivel 1) antes de presentar los resultados del inventario, para identificar posibles problemas y hacer las correcciones necesarias cuando sea posible. También es una *buena práctica* aplicar esta revisión a todas las categorías de fuentes y sumideros, así como a todos los sectores del inventario. Sin embargo, hay que señalar que esto no siempre resultará práctico debido a limitaciones de tiempo y de recursos. Debería darse prioridad a las categorías esenciales, así como a las categorías que hayan experimentado cambios significativos en los métodos o en los datos utilizados. Los organismos encargados de los inventarios pueden también optar por someter el inventario a revisiones más pormenorizadas a cargo de especialistas en la materia o a auditorías, o a ambas, como procedimientos adicionales de GC, en función de los recursos disponibles.

Los organismos encargados de los inventarios deberían considerar también la posibilidad de aplicar las técnicas y procedimientos para el sector de UTCUTS que se describen en la Sección 5.7, Verificación, dependiendo de la disponibilidad de datos para estas técnicas y de las limitaciones de recursos. Para la aplicación de estas técnicas de verificación más rigurosas, debería darse prioridad a las categorías esenciales de fuentes y sumideros. La comparación de las estimaciones de emisiones o absorciones o de otros datos pertinentes para el sector de UTCUTS con datos ajenos al proceso de realización del inventario puede ayudar a establecer la fiabilidad de los distintos componentes. La verificación del inventario puede ser especialmente útil para el sector de UTCUTS, ya que las estimaciones del inventario se caracterizan por incertidumbres potencialmente grandes. Las revisiones por especialistas y las investigaciones de CC de Nivel 2 son las primeras etapas primordiales de la verificación. El Cuadro 5.5.2 contiene indicaciones acerca del examen especializado para el sector de UTCUTS.

RECUADRO 5.5.2
EXAMEN ESPECIALIZADO

El examen especializado consiste en una revisión de los cálculos y supuestos a cargo de expertos en los campos técnicos pertinentes. Este procedimiento se aplica normalmente revisando la documentación correspondiente a los métodos y resultados, aunque en general no incluye una certificación rigurosa de los datos o referencias como la que podría realizarse en una auditoría. El objetivo del examen especializado es asegurar que los resultados, los supuestos y los métodos del inventario son razonables según los entendidos en la materia. En los procesos del examen especializado en el sector de UTCUTS pueden intervenir tanto expertos técnicos como investigadores. Cuando un país dispone de mecanismos de revisión de interesados directos o de organismos públicos, estas revisiones pueden complementar la revisión por otros expertos, en la materia pero no sustituirla.

En el sector de UTCUTS, la complejidad de los modelos puede dificultar la revisión, pero resulta primordial. Por consiguiente, las *buenas prácticas* deberían incluir las acciones siguientes:

- Identificar si los modelos principales utilizados para el análisis han sido examinados por otros expertos; si no fuese el caso, el organismo encargado del inventario debería iniciar un procedimiento independiente de revisión por otros especialistas para los modelos o incluirlo en el proceso global de revisión por expertos del inventario.
- Determinar si la documentación sobre los modelos, los datos de entrada y los demás supuestos es suficiente y lo bastante sólida para facilitar la revisión por otros expertos.

No existen instrumentos ni mecanismos normalizados para la revisión por otros especialistas, y su utilización debe estudiarse caso por caso. Si existe un alto grado de incertidumbre asociada a una estimación de las emisiones o absorciones para una categoría determinada, la revisión por otros expertos puede aportar información para mejorar la estimación o, al menos, cuantificar mejor la incertidumbre. Para que las revisiones por otros expertos en la materia sean efectivas, muchas veces es necesario ponerse en contacto con organizaciones o instituciones independientes importantes, entre ellas, grupos de investigación. En el sector de UTCUTS, por ejemplo, se recurre a menudo a la participación de investigadores y de organizaciones de investigación cuando se aplican técnicas y procedimientos de verificación (véase la Sección 5.7), especialmente cuando se trata de modelos más complejos. Es una *buen práctica* obtener el peritaje pertinente sobre el desarrollo y la revisión de los métodos, la adquisición de datos y los modelos.

5.5.6 Documentación, archivado y presentación de informes

Es una *buen práctica* documentar y archivar toda la información necesaria para producir estimaciones destinadas al inventario nacional de emisiones, tal y como se señala en *OBP2000* (Capítulo 8, Garantía de la calidad y control de la calidad, Sección 8.10.1, Documentación interna y archivo), así como los resultados de las actividades de verificación y los cambios en los datos de entrada y en los métodos de los años anteriores. A fin de garantizar la transparencia, la documentación debe ser suficiente para poder evaluar las estimaciones de las emisiones de las categorías esenciales. En los procedimientos de documentación y archivado en el sector de UTCUTS deben tenerse en cuenta las siguientes cuestiones:

- Como es probable que se utilicen datos de muestra y existen pocas posibilidades de disponer de datos anuales para áreas, depósitos y parámetros de estimación, la documentación sobre la coherencia de los datos de las series temporales y los métodos existentes para interpolar entre muestras y años reviste especial importancia.
- Como es importante disponer de una clasificación transparente de los usos de la tierra para cada año y de un seguimiento verificable y exacto de las categorías a través del tiempo, se debería aportar información sobre las categorías de uso de la tierra.
- Como los datos y modelos de UTCUTS son complejos, el establecimiento de una documentación completa permite la efectiva realización de verificaciones e investigaciones internas de CC y de revisiones externas de GC:
 - i) Los fundamentos para la elección de modelos y su coherencia con la *orientación sobre las buenas prácticas* que explica el Capítulo 3 han de ser analizados, documentados y archivados;

- ii) En los archivos debería haber documentación facilitada por los creadores de modelos acerca de los supuestos y funcionamientos del modelo, así como de las fuentes de datos, el código fuente (si se dispone de él) y otra información (como análisis de sensibilidad);
- iii) La documentación debería incluir datos sobre los procedimientos de GC/CC por los que se rigen los modelos, tanto los procedimientos ya existentes como la documentación proporcionada por los creadores de modelos y las tentativas de instaurar procedimientos suplementarios o ampliados.

5.5.7 Cuestiones conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto

Es una *buena práctica* seguir los procedimientos de CC de Nivel 1 y de Nivel 2 descrito en las Secciones 5.5.3 y 5.5.4 para las estimaciones presentadas conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto.²¹ La mayoría de los requisitos de GC/CC para las estimaciones de UTCUTS preparadas conforme al Protocolo de Kyoto serán similares a los de cualquier otra estimación del inventario, aunque habrá que hacer verificaciones suplementarias según lo expuesto en el Capítulo 4. A continuación se presenta un resumen de estas verificaciones de CC de Nivel 2:

- Identificar la situación geográfica de las fronteras del área que abarca las tierras sometidas a las actividades con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 (si se eligiesen). Hay que tener sumo cuidado al informar, con arreglo al Protocolo de Kyoto, sobre la asignación de actividades específicas a las categorías de tierra de que se trate. Para ello, es necesario controlar los cambios en una superficie de tierra de una categoría a otra, cuando tienen lugar sucesivamente diferentes actividades, dentro de un período de compromiso o entre varios períodos conforme al Protocolo de Kyoto. También es importante tener en cuenta los requisitos especiales para la elección de la metodología, tal y como se explica en el Capítulo 4.
- Comprobar la disponibilidad de los datos necesarios para la estimación de la contabilización neto-neto de algunas actividades recogidas en el párrafo 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto. Es importante documentar las estimaciones tanto para el año de base como para el período de compromiso y, en particular, toda aproximación necesaria de los datos de estimación para el año de base.
- Asegurarse de que los datos históricos se someten a verificaciones de CC y que sean tan rigurosas como para los datos del año actual.
- Verificar los análisis efectuados para determinar que un depósito que no ha sido notificado no es una fuente.

²¹ En esta sección sólo se analizan las actividades especificadas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC) y no se abordan los proyectos (según los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto).

5.6 COHERENCIA DE LAS SERIES TEMPORALES Y REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

5.6.1 Introducción

Los inventarios de gases de efecto invernadero para las categorías de UTCUTS se basan generalmente en grandes cantidades de datos de entrada, supuestos y modelos que se agrupan de manera coherente y transparente. Como uno de los aspectos más interesantes de un inventario es su tendencia, es fundamental que los totales estimados para años diferentes sean lo más comparables posible. Según la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (*OBP2000*, IPCC, 2000), lo más apropiado es utilizar la misma metodología y las mismas fuentes de datos coherentes para todos los años del inventario. Si esto no fuera posible, la coherencia en las series temporales se puede lograr una aproximación mediante las técnicas que se describen en esta sección. La realización de nuevos cálculos supone cambios en las estimaciones anteriores debidos a las modificaciones de la metodología o a su perfeccionamiento.

Se prevé que el uso de metodologías para la realización de nuevos cálculos en los inventarios de la categoría de UTCUTS será de especialmente importante por dos razones. La primera es que se están desarrollando métodos de inventario e instrumentos de interpolación/extrapolación (modelos) en este sector y se piensa que variarán paulatinamente los métodos de muchos países debido a la complejidad de los procesos que intervienen. Esto será el resultado de cambios en el nivel o de una modificación de los métodos nacionales. La segunda razón por la que son importantes las cuestiones relativas a los nuevos cálculos es que tal vez no se puedan recolectar cada año ciertos datos necesarios para calcular un inventario de las categorías de UTCUTS. Por ejemplo, los datos de un inventario forestal puede que sólo se compilen una vez cada cinco o diez años. En estos casos, se necesitan métodos que permitan extrapolar e interpolar los datos poco frecuentes para desarrollar series temporales anuales.

En esta sección se tratan las cuestiones generales relativas a la coherencia de las series temporales y a la realización de nuevos cálculos en el sector de UTCUTS. En la Sección 5.6.2 se considera el impacto de los cambios de metodología y su perfeccionamiento (bien en lo que respecta a los datos o a los modelos), así como las técnicas asociadas de realización de nuevos cálculos que pueden utilizarse para garantizar la coherencia del inventario en el tiempo. La cuestión de preparar inventarios anuales cuando sólo se dispone de datos con una frecuencia menor (p. ej., cada cinco años) se aborda en la Sección 5.6.3. Las cuestiones relativas al Protocolo de Kyoto se tratan en la Sección 5.6.4.

5.6.2 Coherencia de las series temporales y cambio metodológico

A medida que mejoran los métodos de inventario y se dispone de datos más pertinentes, es una *buen práctica* aplicar esta nueva información si con ello mejoran la fiabilidad y la exactitud del inventario.²² Cuando se modifican los métodos o los datos de entrada, hay que garantizar que los cambios en el inventario a través de los años reflejen los cambios reales de las emisiones o absorciones y no simplemente las pautas de los perfeccionamientos metodológicos. Así, por ejemplo, si un país cambia de un método de Nivel 1 a un método de nivel superior de un año a otro, toda variación en las emisiones y/o absorciones entre ambos años reflejará tanto la aplicación de métodos diferentes como los cambios reales. Cuando se utilizan diferentes modelos en dos períodos distintos, puede que la serie temporal sea *incoherente* para ambos períodos. El método normalizado para garantizar la coherencia es *volver a calcular* las estimaciones utilizando, si es posible, el mismo método para todos los años del inventario. El propósito de este nuevo cálculo es asegurar que toda la serie temporal refleje los nuevos datos y/o el nuevo método. Si no es posible utilizar los nuevos datos o métodos en toda la serie temporal, habrá que considerar opciones alternativas.

En la Sección 7.3, Nuevos cálculos, de *OBP2000* se describen los métodos para realizar nuevos cálculos y lograr la coherencia en la serie temporal, y debería consultarse para una descripción general de la *orientación sobre las buenas prácticas* en esta esfera. El método presentado en *OBP2000* no es específico de un sector sino que se puede aplicar directamente al sector de UTCUTS. Sin embargo, teniendo en cuenta el perfeccionamiento de los

²² Los nuevos métodos o datos que no se considera que vayan a mejorar la estimación final del inventario y que, por lo tanto, no se utilizaran, pueden aportar información útil para el análisis de la incertidumbre, la GC y el CC y la verificación.

datos y de los métodos que está experimentando este sector, se espera que el uso de técnicas de nuevos cálculos tenga especial relevancia. Según *OBP2000*, es una *buena práctica volver a calcular* las estimaciones del inventario transmitido previamente cuando:

- *Se han identificado errores en los datos, modelos o métodos del inventario anterior que repercuten en el nivel o en la tendencia del inventario.* Si los errores se corrigen en los inventarios posteriores pero no se llevan a cabo nuevos cálculos para corregir los inventarios anteriores, se presentarán informaciones erróneas sobre el inventario.
- *Los datos disponibles han cambiado.* La disponibilidad de datos es un determinante crítico del método apropiado y, por lo tanto, cambios en los datos disponibles pueden conducir a cambios o mejoras en los métodos. Se espera que la disponibilidad de datos mejore a medida que los organismos encargados del inventario adquieran experiencia y dediquen más recursos a la preparación de inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero²³. No obstante, en general, los organismos encargados de los inventarios deberían elegir métodos y recolectar datos coherentes con la determinación de las categorías esenciales de fuentes y sumideros, como se señala en la Sección 5.4.5.
- *El método utilizado anteriormente no está acorde con la orientación sobre las buenas prácticas para esa categoría de fuente/sumidero* como se describe en los Capítulos 2, 3 o 4.
- *Una categoría de fuente/sumidero ha pasado a ser esencial.* Es posible que una categoría de fuente o sumidero no sea considerada esencial en el año de base, dependiendo de los criterios utilizados, pero pueda convertirse en categoría esencial en un año posterior. Por ejemplo, un país podría poner en marcha programas de forestación que tuvieran como resultado un incremento considerable de las tierras forestadas o experimentar grandes conversiones de áreas forestales en zonas urbanísticas que podrían dar lugar a un aumento considerable de la deforestación. Convendría que los organismos encargados de los inventarios que prevean este tipo de cambios significativos y los cambios consiguientes en los métodos de niveles superiores de una categoría tengan en cuenta esta posibilidad antes de que se transforme en categoría esencial.
- *El método usado anteriormente no es suficiente para reflejar las medidas de mitigación de manera transparente.* A medida que se vayan introduciendo técnicas y tecnologías para reducir las emisiones o para aumentar las absorciones, los organismos encargados de los inventarios deberían usar métodos que sirvan para explicar la disminución resultante de las emisiones o absorciones de una manera transparente. Cuando los métodos que se vienen empleando no son suficientemente transparentes, es una *buena práctica* cambiarlos o mejorarlos.
- *La capacidad para preparar inventarios ha aumentado.* Con el tiempo, la capacidad humana y/o financiera para preparar inventarios puede aumentar. Si los organismos encargados de los inventarios aumentan su capacidad para prepararlos, es una *buena práctica* cambiar o mejorar los métodos a fin de producir estimaciones más exactas, completas o transparentes, en particular las relativas a las categorías esenciales.
- *Se dispone de nuevos métodos.* Cabe esperar que, en el futuro, se conciban nuevos métodos gracias al desarrollo de nuevas tecnologías o a mayores conocimientos científicos. Por ejemplo, mediante la teledetección y la modelización específica del lugar se pueden estimar las emisiones liberadas por las actividades de desbroce de tierras con mayor exactitud que usando simples datos de actividad/factores de emisión acumulados. Los organismos encargados de los inventarios deberían garantizar que sus métodos se conforman a las *Directrices del IPCC* y a la presente Orientación.

Una vez que se ha determinado la necesidad de realizar nuevos cálculos, existe una gran variedad de métodos que pueden considerarse para tratar las posibles incoherencias en la serie temporal. La elección del método que se aplicará para realizar los nuevos cálculos depende por lo general de los datos de que se dispone para efectuar los nuevos cálculos. En *OBP2000* se presentan varios métodos que se resumen en el Cuadro 5.6.1. Los métodos descritos en *OBP2000* se pueden aplicar conceptualmente y en su totalidad al sector de UTCUTS.

²³ En algunas circunstancias se pueden reducir las compilaciones de datos, lo que puede conducir a un cambio o a un perfeccionamiento del método.

CUADRO 5.6.1 RESUMEN DE LOS MÉTODOS PARA OBTENER COHERENCIA EN LAS SERIES TEMPORALES		
Método	Aplicabilidad	Comentarios
Nuevo cálculo total	Se dispone de todos los datos necesarios para todos los períodos de tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Buenas prácticas</i>, si fuera posible
Interpolación	Para recalcular las estimaciones con el nuevo método faltan los datos de algunos de los años discontinuos de la serie temporal.	<ul style="list-style-type: none"> • Las estimaciones de las emisiones se pueden interpolar linealmente en los períodos en los que no se puede aplicar el nuevo método.
Extrapolación de tendencias	Los datos para el nuevo método no se recolectan cada año y no se dispone de datos del principio o el final de la serie temporal.	<ul style="list-style-type: none"> • Es más fiable si la tendencia es constante a lo largo del tiempo. • No se debería utilizar si la tendencia está cambiando (en ese caso, es posible que el método de sustitución sea más apropiado). • No se debería utilizar para períodos largos.
Superposición	Es preciso disponer de los datos necesarios para aplicar el método anterior y el método nuevo por lo menos un año.	<ul style="list-style-type: none"> • Es más fiable cuando se puede evaluar la superposición de dos o más conjuntos de estimaciones de emisiones anuales. • Si la relación que se observa al utilizar los dos métodos es irregular no se debería utilizar este método para los nuevos cálculos.
Sustitución	Los factores de emisión o los datos de actividad empleados en el nuevo método están estrechamente correlacionados con otros datos indicativos bien conocidos y que se obtienen más fácilmente.	<ul style="list-style-type: none"> • Se deberían probar muchos conjuntos de datos indicativos (solos o en combinación) a fin de determinar los que están más correlacionados. • No se debería utilizar para períodos largos.

No es factible enumerar todas las posibles cuestiones que pueden surgir cuando se hacen nuevos cálculos ni dar recomendaciones detalladas sobre la técnica adecuada para ello en todos los casos posibles. Cada caso ha de tratarse según sus propias características, y la metodología elegida para los nuevos cálculos debería basarse en una compensación entre los costes originados por su aplicación y el impacto global sobre la coherencia de la serie temporal.

Durante los años que puede durar la preparación de un inventario, pueden experimentarse una gran variedad de cambios metodológicos. En los casos simples (p. ej., cuando se pasa de un nivel a otro), el muestreo o la experimentación pueden proporcionar factores de emisión específicos para un país. En este caso, es una *buen práctica* volver a calcular la serie temporal incorporando estos nuevos factores de emisión, junto con los datos de actividad disponibles. También pueden presentarse situaciones más complejas. Por ejemplo:

- Los instrumentos utilizados para recolectar los datos de actividad pueden cambiar con el paso del tiempo y es imposible volver atrás para aplicar un nuevo instrumento. Por ejemplo, las actividades de desbroce de tierras pueden estimarse utilizando imágenes obtenidas por satélite, pero los satélites que se utilizan con este propósito cambian o se degradan con el tiempo. En este caso, es mejor aplicar el método de superposición.
- Puede que no se disponga de determinadas fuentes de datos todos los años debido a restricciones de recursos. En este caso, lo más apropiado puede ser la interpolación entre años o la extrapolación para años posteriores al último año en el que se dispuso de nuevos datos obtenidos por medición.
- Las emisiones y absorciones de UTCUTS dependen por lo general de la actividad del uso de la tierra en el pasado. Por esta razón, los datos deben abarcar un período histórico extenso (20-100 años) aunque la calidad de estos datos a menudo variará en el tiempo. En este caso, pueden ser necesarias las técnicas de superposición, interpolación o extrapolación.
- El cálculo de los factores de emisión requerirá generalmente una combinación de trabajos de muestreo y de modelización. La coherencia de la serie temporal también ha de aplicarse al trabajo de modelización. Los modelos pueden concebirse como un modo de transformar los datos de entrada para producir resultados de salida. En la mayoría de los casos en que se han efectuado cambios en los datos de entrada o en las relaciones matemáticas de un modelo, se ha de volver a calcular toda la serie temporal de estimaciones (véase el Cuadro 5.6.1). En circunstancias en las que esto no es factible, debido a los datos de los que se dispone, se podrían aplicar variantes del método de superposición.

5.6.3 Nuevos cálculos y datos periódicos

Los inventarios nacionales sobre recursos o medio ambiente preparados como, por ejemplo, los inventarios forestales, rara vez cubren todo el país año por año. Por el contrario, suelen llevarse a cabo cada cinco o diez años, o región por región, lo que implica que las estimaciones a escala nacional sólo pueden obtenerse de manera directa una vez que se ha completado el inventario en todas las regiones.

Cuando los datos se obtienen con una frecuencia menor que cada año, se plantean varias cuestiones. La primera, que las estimaciones han de actualizarse cada vez que se obtienen nuevos datos y que los años que se encuentran entre cada obtención de datos tienen que calcularse de nuevo. La segunda cuestión está relacionada con la realización de inventarios para los años posteriores al último año en que se recolectaron datos y antes de volver a obtener nuevos datos. En este caso, se deberían extrapolar las nuevas estimaciones basándose en los datos disponibles y más tarde, cuando se disponga de nuevos datos, deberían calcularse de nuevo.

La elección del método para conseguir la coherencia de la serie temporal dependerá de los datos concretos disponibles. Si se dispone de datos de sustitución (es decir, de conjuntos de datos alternativos que puedan utilizarse como datos indirectos para los datos que faltan), estos pueden ser una orientación útil para extrapolar la tendencia en datos periódicos y posteriormente interpolar los mismos datos siguiendo el próximo ciclo de compilación de datos. Si no se dispone de datos de sustitución o de cualquier otra información, la única técnica disponible es extrapolar, con una interpolación recalculada de las estimaciones cuando se disponga de las nuevas observaciones. Por consiguiente, es una *buena práctica* tratar de encontrar datos de sustitución fiables que orienten la extrapolación y la interpolación cuando no se dispone anualmente de los datos fundamentales que se utilizan para las estimaciones del inventario. En los Recuadros 5.6.1 y 5.6.2 se exponen dos ejemplos de métodos prácticos.

RECUADRO 5.6.1

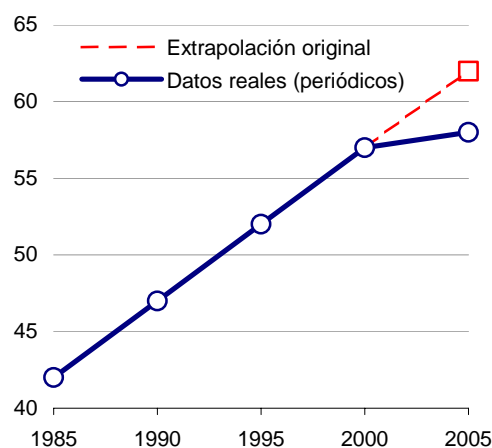
CASO EN QUE EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL SE REALIZA CADA 5 AÑOS

Consideremos un caso en que el inventario forestal nacional se realiza cada cinco años. Las estimaciones de los diferentes tipos de datos necesarios (p. ej., del crecimiento de los árboles) sólo se obtendrán, por lo tanto, a determinados intervalos. En el supuesto de que de unos años a otros el crecimiento sea por término medio bastante estable, las estimaciones del inventario para los años posteriores a la última compilación de datos se han de calcular utilizando extrapolaciones de las estimaciones pasadas (es decir, de las tendencias del crecimiento de los árboles). En la Figura 5.6.1, la estimación de la biomasa de una parcela para 2003 se obtiene de esta manera, a pesar de que la última medición se hizo en 2000. Simplemente, se ha extrapolado linealmente la tendencia entre 1995 y 2000. En la práctica, podría utilizarse una escala logarítmica para dar cabida al comportamiento exponencial, pero tal posibilidad no se ha considerado en este sencillo ejemplo. Asimismo, se puede mejorar la extrapolación utilizando datos de sustitución o modelizaciones más complejas teniendo en cuenta los parámetros que influyan en el parámetro que se quiere extrapolar.

A continuación, una vez que se hayan obtenido los nuevos datos para 2005 (Figura 5.6.1), habrá que volver a calcular las estimaciones para los años intermedios (2001-2004) utilizando el método apropiado (p. ej., una combinación del método de interpolación y del método de sustitución). En este ejemplo, las estimaciones para todos los años intermedios (2001-2004) volverían a calcularse en el caso de que la estimación para 2005 resultase ser más baja que la tendencia extrapolada.

FIGURA 5.6.1

ESTIMACIÓN RECALCULADA PARA 2003 BASADA EN UNA EXTRAPOLACIÓN LINEAL



RECUADRO 5.6.2
EJEMPLO DE MODELIZACIÓN DE LAS EMISIONES DE UN LUGAR EN EL TIEMPO

Consideremos una modelización de las emisiones de un lugar en el tiempo. Esto podría ser útil en un enfoque específico de un país si el inventario se basara en el seguimiento de una muestra o de la población completa de los lugares.

Generalmente, no sería rentable acudir físicamente a todos los lugares una vez por año para evaluar los cambios en el uso de la tierra. En lugar de ello, se pueden utilizar tecnologías de teledetección para medir cambios como la tala, compensando con la mucho mayor cobertura de la técnica la menor precisión de los datos en comparación con las mediciones sobre el terreno. Dados los costes de la adquisición y del procesamiento de los datos teledetectados, podría no ser factible o rentable generar datos por teledetección todos los años. Así pues, se podrían generar cada varios años e interpolar los períodos intermedios.

Cuando se identifica una actividad de tala mediante estudios periódicos o por teledetección, es necesario asignar las emisiones a uno o más años de los que preceden a la actividad. Si se carece de todo tipo de información adicional o de sustitución que indique en qué año o años tuvo lugar la actividad, es una *buena práctica* asignar las emisiones de la actividad de tala en incrementos iguales a cada año. Por ejemplo, si la teledetección muestra que un lugar concreto fue forestado en 1997, pero fue talado en 2000, esto quiere decir que la tala pudo llevarse a cabo en 1998, 1999 o en 2000.

Cuando se dispone de información sustitutiva puede cambiarse el método de análisis. Para hacer estimaciones del período anterior a la obtención por satélite de nuevos datos (es decir, para los inventarios originales de 1999 y 2000), es necesaria la extrapolación de los años anteriores, quizás utilizando registros administrativos. Es una *buena práctica* hacer la extrapolación lo más fiable posible, sujeta a los mejores datos disponibles y a las restricciones de recursos, teniendo en cuenta que las estimaciones se revisarán en el futuro cuando se disponga de información más detallada.

Como extensión del análisis de incertidumbre para esta categoría, la actividad de tala podría ser aleatorizada a uno de los tres años (es decir, asignada a cada año con la probabilidad de 1/3). Del mismo modo, en un análisis de Monte Carlo se podría asignar repetidamente la actividad de tala a un año aleatorio y luego calcular la incertidumbre en las emisiones o absorciones para este sector. Esto incorporaría la incertidumbre adicional del momento exacto de la tala en la estimación. Si se conocen las tasas aproximadas de la tala gracias a los registros administrativos, pueden utilizarse para ajustar las probabilidades de interpolación. Por ejemplo, si se estima que la tasa de la tala en 1998 es dos veces mayor que la de 1999 y 2000, entonces se puede estimar que la probabilidad para el ejemplo anterior es de 1/2 de la tala que se realizó en 1998 y de 1/4 de la tala que se realizó en 1999 o 2000.

5.6.4 Cuestiones conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto

En general, la *buena práctica* para garantizar la coherencia de las series temporales y para realizar nuevos cálculos de las estimaciones de UTCUTS preparadas conforme a la información adicional del Protocolo de Kyoto será similar a la aplicada a las estimaciones de cualquier otro inventario. Sin embargo, hay algunas cuestiones especiales que son específicas de los párrafos 3 y 4 del artículo 3, y es una *buena práctica* tener en cuenta:

- La necesidad de preparar informes anuales sobre la situación geográfica de las fronteras del área que abarca la tierra en la que se desarrolla la actividad. Durante el período de compromiso establecido en el Protocolo de Kyoto, será necesario actualizar la identificación de tales áreas si se aplican los párrafos 3 y 4 del artículo 3 a nuevas tierras. Por consiguiente, será necesario garantizar la representación coherente de estas áreas durante el período que se extiende desde la fecha actual hasta 1990 o al principio de cualquier tipo de actividad con arreglo a los párrafos 3 y 4 del artículo 3, así como registrar de manera adecuada los cambios existentes entre las categorías de esas tierras. Es una *buena práctica* utilizar los métodos descritos en la Sección 5.6.
- La necesidad de hacer nuevos cálculos debido a la información actualizada sobre datos no anuales (para una descripción más detallada sobre cómo proceder con datos no anuales véase el Capítulo 4).

5.6.5 Presentación de informes y documentación

En todos los casos, los cálculos realizados para asegurar la coherencia de la serie temporal deberían documentarse de manera exhaustiva, dados los complicados procesos y las grandes escalas geográficas y temporales que generalmente intervienen en el sector de UTCUTS. La *orientación sobre las buenas prácticas* presentada en *OBP2000* en lo que respecta a la documentación sobre la coherencia de las series temporales se aplica por completo a este sector. En *OBP2000* se expone que una documentación transparente de los nuevos cálculos es esencial si se quiere obtener estimaciones de las emisiones transparentes y si se quiere demostrar que los nuevos cálculos ofrecen una mayor exactitud y exhaustividad. En general, cuando se preparan nuevos cálculos, se debe proporcionar la siguiente información:

- El efecto de los nuevos cálculos en el nivel y la tendencia de la estimación (aportando las estimaciones preparadas con el método anterior y el nuevo).
- El motivo de la realización de nuevos cálculos (para más información sobre la cuestión véase la Sección 7.2.1, Métodos cuantitativos para identificar las categorías esenciales de fuentes, de *OBP2000*).
- Una descripción de los datos, modelos, supuestos, valores de factor y/o métodos cambiados o mejorados.
- Justificación del cambio o mejoramiento metodológico en términos de mayor exactitud, transparencia o exhaustividad.
- El método utilizado para recalcular estimaciones anteriores.
- Las razones que fundamentan la selección del método, entre ellas una comparación de los resultados obtenidos empleando el método seleccionado y sus posibles alternativas, incluyendo de ser posible un simple gráfico de las emisiones o absorciones en función del tiempo o de los datos de actividad pertinentes, o de ambos.

5.7 VERIFICACIÓN

5.7.1 Introducción

Con la verificación de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero se trata de establecer su fiabilidad y de comprobar la exactitud de los resultados presentados utilizando medios independientes. La verificación puede realizarse a varios niveles: de proyecto, nacional e internacional.

Los objetivos globales de la verificación son:

- Hacer aportaciones para mejorar los inventarios;
- Crear confianza sobre las estimaciones y las tendencias;
- Contribuir a mejorar la comprensión científica con respecto a los inventarios de emisiones.

Estos objetivos pueden alcanzarse mediante comprobaciones internas y externas del inventario. Generalmente, la verificación interna suelen efectuarla los organismos encargados de los inventarios, mientras que la verificación externa suelen efectuarla otros organismos (p. ej., otros organismos gubernamentales, empresas privadas, grupos de investigación, científicos independientes u organizaciones no gubernamentales).

En el glosario incluido en la *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (OBP2000, IPCC 2000)* se define lo que se entiende por verificación tal y como se recoge en el Recuadro 5.7.1 (véase también el glosario de *OBP2000*):

RECUADRO 5.7.1
DEFINICIÓN DE VERIFICACIÓN PARA LOS INVENTARIOS

La verificación se refiere al conjunto de actividades y procedimientos que pueden llevarse a cabo durante la planificación y la elaboración de un inventario, o después de terminarlo, y que pueden contribuir a establecer su fiabilidad para los usos que se le pretende dar a ese inventario.

En general, la verificación, tal y como se analiza en el Anexo 2, Verificación, de *OBP2000* también puede aplicarse al sector de UTCUTS. Existen muchos procedimientos para realizar la verificación, entre ellos: la comparación de las estimaciones del inventario con evaluaciones, procedimientos y conjuntos de datos independientes; la revisión por un organismo público o por especialistas; y las mediciones directas de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Entre los diferentes procedimientos de verificación también puede considerarse el examen de determinados aspectos del inventario, como los datos en los que se basa (compilación, transcripción y análisis), los factores de emisión, los datos de actividad, los supuestos y las reglas utilizadas en los cálculos (idoneidad y aplicación de los métodos, así como los modelos), y procedimientos de escala ascendente. Independientemente del procedimiento de verificación que se emplee o de los aspectos del inventario que se quiera verificar, es una *buen práctica* efectuar la verificación utilizando datos y métodos independientes de los que se han empleado en la preparación del inventario.

Hasta cierto punto, se necesitan procedimientos de verificación específicos para el sector de UTCUTS debido a la singularidad de los métodos de estimación. Lo ideal es que la verificación de las actividades de UTCUTS se basara en la contabilidad completa de las emisiones y absorciones a escala nacional, obtenidas mediante métodos independientes a niveles diferentes, y, de ser posible, complementada con procedimientos descendentes basados en mediciones atmosféricas. Una verificación de este tipo sería compleja y requeriría muchos recursos, por lo que posiblemente será efectuada por grupos y/o programas de investigación. Es más probable que los organismos encargados de los inventarios apliquen algunos procedimientos de verificación más limitados o traten de atender sus necesidades de verificación mediante actividades de investigación ya en curso. Los procedimientos de verificación externa que se describen en esta sección pueden ayudar a los organismos encargados de los inventarios a evaluar sus resultados.

En esta sección se presenta una serie de procedimientos de verificación y se dan orientaciones prácticas sobre cómo aplicarlos a la totalidad del inventario nacional o a partes del mismo. En la Sección 5.7.2 se describen algunos de los procedimientos existentes para verificar las estimaciones del inventario y/o los datos en los que se basan. En la Sección 5.7.3 figuran recomendaciones prácticas para la verificación de los inventarios de UTCUTS. En la Sección 5.7.4 se analizan algunas de las cuestiones de verificación específicas del Protocolo de

Kyoto.²⁴ En la Sección 5.7.5 se abordan las cuestiones relativas a la presentación de informes y a la documentación. La GC y el CC están muy relacionados con la verificación, por lo que se aborda en la Sección 5.5 de este capítulo. Por último, en la Sección 5.7.6 se exponen algunos detalles relacionados con la aplicación de los procedimientos de verificación.

5.7.2 Procedimientos de verificación

Un organismo (o grupo externo) encargado de un inventario puede decidir verificar la totalidad del inventario, una parte de él o los datos y modelos a partir de los cuales se han calculado sus estimaciones. En esta sección se describen los procedimientos que pueden utilizarse para verificar las estimaciones de un inventario, incluidas algunas técnicas que permiten verificar todo el inventario y otras muchas que pueden utilizarse para verificar elementos seleccionados del mismo. Entre los criterios para seleccionar los procedimientos de verificación figuran: el nivel de interés, los costes, el nivel de exactitud y de precisión deseado, la complejidad del diseño y de la aplicación de los procedimientos de verificación y los conocimientos necesarios para hacerla. Para cada método se detalla una descripción técnica en la que se hace referencia a su aplicabilidad (p. ej., para una categoría particular, para tipos de datos). También se dan orientaciones para la aplicación del método; el Cuadro 5.7.1 contiene información que puede ser útil para identificar los procedimientos más adecuados según las categorías y los datos de entrada. En este cuadro se presentan los procedimientos de verificación apropiados para la clasificación de las superficies de tierra, los principales depósitos de carbono y los gases distintos del CO₂, aunque la enumeración no es exhaustiva. La aplicabilidad general de los procedimientos de verificación para estimar las emisiones y absorciones del sector de UTCUTS a fin de presentar informes conforme al Protocolo de Kyoto se describe en la Sección 5.7.4.

Generalmente, las emisiones y absorciones más importantes en relación con el sector de UTCUTS son de dióxido de carbono (CO₂). Sin embargo, el sector de UTCUTS también comprende gases de efecto invernadero distintos del CO₂ (principalmente emisiones) liberados por la fertilización de los bosques, las actividades de desbroce de tierras, la preparación del suelo para la forestación/reforestación, la gestión de praderas y tierras agrícolas, y otras prácticas. Entre estos gases de efecto invernadero distintos del CO₂ están el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (NMVOC). Las emisiones y absorciones de CO₂ pueden determinarse y verificarse directamente en función de los cambios experimentados en los depósitos de carbono en la biomasa o en los suelos. En lo que respecta a los gases distintos del CO₂, se pueden medir sus flujos a fin de verificar las estimaciones de las emisiones anuales.

Para verificar las estimaciones de emisiones y absorciones en el sector de UTCUTS se pueden utilizar muchos procedimientos. Un ejercicio de verificación global puede consistir en comparaciones de los resultados a diferentes escalas geográficas, desde la escala regional hasta la mundial. Sin embargo, este tipo de examen requiere bastante tiempo, de manera que probablemente abarque varios años y no uno solo. En comparación con las emisiones liberadas por los combustibles fósiles, es más difícil evaluar las actividades de UTCUTS en cortos períodos, ya que a menudo es difícil controlar el carbono biosférico, y su compensación es lenta. Por consiguiente, para evaluar el impacto neto de las actividades humanas en el carbono biosférico hay que adoptar una perspectiva a largo plazo (Nilsson *et al.* 2001).

En el Cuadro 5.7.1 se resume la aplicabilidad de una serie de procedimientos de verificación a diferentes aspectos de la estimación del inventario de UTCUTS. A continuación, se presentan descripciones más detalladas de dichos procedimientos.

PROCEDIMIENTO 1: COMPARACIÓN CON OTRA INFORMACIÓN

La comparación del inventario de UTCUTS con otros inventarios o conjuntos de datos compilados de manera independiente puede ser un medio de verificación útil y eficaz. En este procedimiento son posibles dos tipos generales de verificación: la comparación con inventarios independientes (procedimiento 1a) o la comparación con programas y conjuntos de datos internacionales (procedimiento 1b).

Procedimiento 1a: Comparación con inventarios independientes

En algunos países, se pueden verificar las estimaciones nacionales de UTCUTS preparadas por el organismo encargado del inventario con inventarios compilados por otras organizaciones (es decir, por otros organismos nacionales, regionales/provinciales u organizaciones de investigación, etc.). Este tipo de inventarios externos

²⁴ La verificabilidad es un requisito recogido en el párrafo 3 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto y en el párrafo 17 del Anexo del proyecto de decisión sobre UTCUTS aprobado en Marrakesh, en el que se hace referencia a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo (véase FCCC/CP/2001/13/Add.1, página 65).

puede utilizarse en los procesos de verificación siempre y cuando sus estimaciones no estén basadas en los mismos datos que las del inventario que se está verificando y se puedan evaluar las relaciones existentes entre los sectores y las categorías en los diferentes inventarios. A este respecto, es una *buena práctica* asegurarse de que no se ha utilizado el mismo conjunto de datos para calcular/estimar algunas de las categorías de UTCUTS ya presentadas. Cuando se comparan inventarios independientes, también es importante tener en cuenta las incertidumbres que puede haber en las estimaciones.

Otro procedimiento de verificación eficaz consiste en comparar información de los inventarios entre países o grupos de países. Esta comparación podría efectuarse para verificar las estimaciones globales de categorías particulares de fuente/sumidero, los supuestos por defecto y/o los datos utilizados para compilar el inventario nacional. La aplicación de este procedimiento puede resultar bastante económica, pero hay que procurar que las características de los países seleccionados sean efectivamente comparables (es decir, han de tener un clima y un bioma similares). En algunos casos, los datos basados en inventarios procedentes de otros países pueden corresponder mejor a las circunstancias nacionales que los calculados con factores de emisión por defecto o con datos de actividad generales, y pueden utilizarse a su vez para mejorar el inventario.

La comparación de datos o estimaciones de un inventario con otros inventarios puede ser un procedimiento de verificación económico y bastante sencillo. En general, no precisa de técnicos cualificados ni de personal muy especializado, sobre todo en comparación con los requisitos de procedimientos como la teledetección o la modelización. Puede aplicarse a todos los elementos de una estimación, incluso a la clasificación de las áreas de tierra, inventarios de varios depósitos de carbono, estimaciones de gases distintos del CO₂ y actividades como la forestación, la reforestación y la deforestación. El principal factor que determina su aplicabilidad es disponer de otros inventarios para efectuar la comparación. Es una *buena práctica* aplicar este procedimiento si se dispone de esos inventarios. Si con estas comparaciones se identifican diferencias significativas, se deberían investigar las causas, a fin de interpretar correctamente los resultados y señalar posibles áreas del inventario que deberían someterse a otros exámenes.

CUADRO 5.7.1					
APLICABILIDAD DE LOS PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE TIERRA, DEPÓSITOS DE CARBONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO₂					
	Procedimiento 1 Comparación con otros inventarios y conjuntos de datos independientes	Procedimiento 2 Aplicación de métodos de nivel superior	Procedimiento 3 Mediciones directas	Procedimiento 4 Teledetección	Procedimiento 5 Modelización
Área de tierra	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	No aplicable	Adecuado	No aplicable
Depósitos de carbono					
Biomasa sobre el suelo	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	Adecuado (se necesitan datos en tierra)	Adecuado (modelos de regresión, de ecosistema y del crecimiento)
Biomasa bajo el suelo	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Adecuado (modelos de regresión, de ecosistema y del crecimiento)
Madera muerta	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Aplicable (modelos basados en el ecosistema y en el inventario)
Detritus	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Aplicable (modelos basados en el ecosistema y en el inventario)

CUADRO 5.7.1 (CONTINUACIÓN) APLICABILIDAD DE LOS PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE TIERRA, DEPÓSITOS DE CARBONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO DISTINTOS DEL CO₂					
	Procedimiento 1 Comparación con otros inventarios y conjuntos de datos independientes	Procedimiento 2 Aplicación de métodos de nivel superior	Procedimiento 3 Mediciones directas	Procedimiento 4 Teledetección	Procedimiento 5 Modelización
Materia orgánica del suelo	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Aplicable (modelos basados en el ecosistema y en el inventario)
Gases de efecto invernadero distintos del CO₂	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Adecuado (modelos de ecosistema)
Factores de emisión	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	No aplicable	Adecuado (modelos de ecosistema)
Informe basado en la actividad/tipos de tierra					
Bosque, pradera, tierras agrícolas, otros usos de la tierra	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	Adecuado, en particular para identificar la cubierta terrestre/el uso de la tierra y sus cambios	Adecuado, necesita muchos datos, puede ser un procedimiento alternativo cuando no se dispone de estimaciones obtenidas por mediciones directas ni por teledetección
Proyectos de forestación, reforestación, deforestación	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado, si se dispone de datos	Adecuado (necesita muchos recursos)	Adecuado, en particular para identificar la cubierta terrestre/el uso de la tierra y sus cambios	No práctico

Procedimiento 1b: Comparaciones con programas y conjuntos de datos internacionales

En la actualidad hay en marcha varias iniciativas de investigación y de control en el ámbito internacional, tanto a escala regional/continental (proyectos de investigación, redes de control, etc.) como a escala mundial (teledetección de la biosfera, centro mundial de archivo de datos, redes interregionales de iniciativas similares de investigación, etc.).

En lo que respecta al sector de UTCUTS, la mayor parte de esta investigación está relacionada con la cuantificación de la función de los ecosistemas terrestres, en particular, de los bosques, en el ciclo del carbono, desde el ecosistema hasta una escala global. A este respecto, muchos de los resultados obtenidos a través de las redes de investigación y de control podrían ser pertinentes para la verificación de los resultados presentados sobre UTCUTS, así como para otras cuestiones multisectoriales como las relacionadas con la GC y el CC y con las incertidumbres.

La escala y el nivel de agregación (nacional, regional, etc.) de los datos y de la información que pueden obtenerse de este tipo de programas y de conjuntos de datos pueden ser útiles en diferentes etapas y niveles del proceso de verificación (auditorías internas y externas, comparación con los datos compilados por otros organismos, etc.).

Al igual que en el procedimiento 1a, la comparación de datos o estimaciones del inventario con conjuntos de datos independientes puede ser un procedimiento de verificación sencillo y económico que puede aplicarse a cualquier elemento del inventario para el que existe una fuente de datos alternativa. Generalmente, suele aplicarse más a menudo a la clasificación de áreas de tierra, aunque también puede utilizarse para verificar elementos seleccionados de las estimaciones de depósitos de carbono, gases de efecto invernadero distintos del CO₂ y actividades, mientras que los datos procedentes de redes de investigación pueden utilizarse para verificar los datos específicos de un país (factores de emisión). Como ya se ha señalado para el procedimiento anterior, cuando se utiliza un conjunto de datos internacionales con fines de verificación, es una *buena práctica* asegurarse de que el mismo conjunto de datos no se ha empleado ya para calcular o estimar algún elemento de la categoría de UTCUTS notificada. Esta situación puede ocurrir sobre todo cuando los programas y conjuntos de datos internacionales de los que se dispone se han extraído de estadísticas nacionales o incluyen los resultados de estudios específicos llevados a cabo en el territorio del país que planea utilizar los datos para verificación. El análisis de las eventuales diferencias que surjan de la comparación del inventario con los inventarios y conjuntos de datos internacionales disponibles debería centrarse en particular en la identificación de las posibles razones de tales diferencias, con el objetivo final de una mejora global del inventario. En el Recuadro 5.7.6, Enlaces y redes de interés para UTCUTS, de la Sección 5.7.6, se indican los enlaces de Internet para acceder a algunos programas y conjuntos de datos internacionales que pueden ser útiles con fines de verificación. Otros enlaces útiles para acceder a fuentes de datos sobre el uso de la tierra/cubierta terrestre pueden encontrarse en el Capítulo 2, Anexo 2.A.2, Ejemplos de conjuntos de datos internacionales sobre la cubierta terrestre.

PROCEDIMIENTO 2: APLICACIÓN DE MÉTODOS DE NIVEL SUPERIOR

Puede ocurrir que un país no posea suficientes datos o recursos para utilizar métodos de nivel superior en su inventario total de emisiones y absorciones procedentes de todas las categorías del sector de UTCUTS. Sin embargo, a veces, el país puede tener acceso a conjuntos de datos más completos para áreas específicas (p. ej., una región o subcategoría). En tal caso, el país podría llevar a cabo la verificación de una parte de sus estimaciones utilizando un método de nivel superior. Así, por ejemplo, si las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero procedentes de bosques gestionados se han estimado con métodos de Nivel 1, el organismo encargado del inventario puede considerar la posibilidad de realizar la verificación aplicando, en una parcela de la superficie forestada, datos específicos de un país (Nivel 2 o Nivel 3). En este caso, las ecuaciones de la biomasa y del crecimiento tendrían que estar disponibles o, de no ser así, tendrían que efectuarse en las áreas seleccionadas al menos para condiciones de crecimiento homogéneas (bioma, regiones climáticas), clases de edad de los bosques y regímenes de gestión.

La aplicación de métodos de nivel superior en partes de un inventario puede ser una técnica de verificación efectiva si se dispone de los datos necesarios, derivados del método más detallado. Este procedimiento puede aplicarse a una gran variedad de escalas, desde el nivel de la parcela hasta el nivel del país. Los costes variarán dependiendo de la envergadura de la verificación. En general, el desarrollo de estimaciones de nivel superior para la verificación puede ser bastante sencillo y pueden utilizarse los conocimientos técnicos ya disponibles sobre el inventario. Una cuestión esencial con respecto a este procedimiento es si se han de usar las estimaciones parciales de nivel superior como una parte del propio inventario o como un procedimiento de verificación.

PROCEDIMIENTO 3: MEDICIONES DIRECTAS DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Las mediciones directas constituyen un procedimiento de verificación para varios depósitos de carbono, así como para las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂ y para las actividades de UTCUTS. Sin embargo, este procedimiento no es por lo general aplicable a la verificación de la clasificación de áreas terrestres. La escala del procedimiento puede variar del nivel de parcela al nivel nacional. A escala limitada, las mediciones directas pueden proporcionar factores por defecto y datos de actividad específicos de un país, mientras que los procedimientos a escalas mayores pueden utilizarse para verificar estimaciones sectoriales y actividades específicas. Los costes pueden variar sustancialmente, según el tamaño de la muestra y la exactitud deseada. Con una muestra de gran tamaño, la exactitud puede ser bastante alta. Cuando se aplica este procedimiento, las mayores dificultades consisten generalmente en concebir la estrategia de muestreo y los protocolos de medición. Una vez que se ha creado la infraestructura, las compilaciones de mediciones no presentan en general ninguna dificultad técnica, aunque pueden requerir mucho personal.

Cuando se efectúan mediciones directas de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en el sector de UTCUTS, hay que considerar de manera adecuada la variabilidad temporal y espacial, ya que las emisiones/absorciones en determinado año no indican necesariamente las tendencias a largo plazo. Esto se debe a que la mayoría de las emisiones y absorciones en el sector están relacionadas con procesos biológicos y sujetas a la variabilidad climática. El problema puede solucionarse parcialmente utilizando mediciones medias y cumulativas o procediendo a una suavización durante varios años para obtener resultados representativos.

Además, hay que destacar que el efecto de la variabilidad interanual de los datos tiende a disminuir a medida que se consideran áreas más extensas. Por lo tanto, las mediciones directas en áreas más extensas o con intervalos de medición más largos pueden reflejar mejor el efecto de las prácticas de gestión (véase el Capítulo 4, Sección 4.2.3.7, Variabilidad interanual). A pesar de los problemas que plantea el uso de mediciones directas como instrumento de verificación, pueden tener alguna utilidad para verificar las estimaciones y los datos en los que se basan para el sector de UTCUTS, como se describe a continuación.

Biomasa viva (biomasa sobre el suelo y bajo el suelo)

Las variaciones notificadas en el carbono almacenado en la biomasa pueden verificarse mediante **mediciones directas de los cambios de los depósitos**. Las técnicas de que se dispone permiten realizar mediciones bastante exactas de los cambios en la biomasa sobre el suelo a intervalos periódicos, aunque, en los bosques maduros, los cambios anuales pueden ser pequeños con respecto al tamaño del depósito. También se dispone de métodos para estimar la biomasa bajo el suelo, aunque el muestreo resulta más difícil que para estimar la biomasa sobre el suelo. Este procedimiento puede utilizarse particularmente en bosques, aunque también es adecuado para estimar los cambios de la biomasa viva en otros usos de la tierra que contienen biomasa boscosa, aunque no correspondan a la definición de tierra forestal (p. ej., sistemas agroforestales, praderas repobladas vegetalmente, etc.).

Existen diferentes maneras de emplear las mediciones directas para verificar las estimaciones de la biomasa. Por ejemplo, un país puede decidir compilar datos para un inventario forestal mediante mediciones directas con una frecuencia mayor de lo normal, por ejemplo, a intervalos de 5 a 10 años, para una submuestra seleccionada de parcelas o para una región. Un organismo encargado de un inventario puede también utilizar mediciones directas para derivar las relaciones alométricas locales, entre ellas, la biomasa bajo el suelo, que podrían emplearse para verificar los cambios del depósito para todo el componente de biomasa viva. Las mediciones directas también podrían utilizarse como instrumento de verificación para las extensiones forestales jóvenes o tierras que están experimentando un rebrote de la biomasa, ya que las ecuaciones alométricas disponibles y los factores de expansión de la biomasa normalmente no se pueden aplicar a estos depósitos. Los **estudios de ecosistema** disponibles podrían utilizarse para derivar los factores de expansión de la biomasa de cada especie que podrían compararse con los factores por defecto utilizados en la presentación de los resultados, así como para comprobar la tasa de crecimiento de determinados tipos de bosques.

Materia orgánica muerta (madera muerta y detritus)

Al igual que para la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, las reservas de materia orgánica muerta (detritus y madera muerta) también pueden estimarse mediante mediciones directas. Sin embargo, en los bosques, los depósitos de detritus y de madera muerta son muy variables tanto en el tiempo como en el espacio (p. ej., cambios estacionales en el mantillo, cambios súbitos debidos a alteraciones naturales o humanas), por lo que se necesitaría un esquema de muestreo adecuado para evaluar de forma exacta los depósitos de materia orgánica muerta. Parece ser que los depósitos de detritus no están experimentando cambios significativos en los bosques maduros, de manera que la verificación debería efectuarse preferiblemente en zonas forestadas/reforestadas y en extensiones forestales en las que se estén realizando operaciones de gestión importantes como la explotación, la preparación de sitios, el aclareo, etc.

Generalmente, los estudios de ecosistema miden la acumulación de detritus sobre el suelo utilizando redes para atraparlos (follaje y ramitas) y los depósitos de detritus mediante su recolección en varias parcelas (también para la madera muerta gruesa). Este tipo de estudios, si se puede obtener, podría servir para examinar los factores por defecto de Nivel 1 empleados finalmente para la presentación de los informes.

Suelos (materia orgánica del suelo)

También pueden verificarse las emisiones y absorciones procedentes de los **suelos**. Como para la biomasa sobre el suelo, se dispone de métodos sensibles para estimar los depósitos de carbono en el suelo. Un muestreo repetido del suelo en un área o región determinada o a escala nacional puede ser un procedimiento pertinente para detectar posibles variaciones en el carbono del suelo en diferentes usos de la tierra (bosques, praderas, tierras agrícolas). Sin embargo, para los ecosistemas que no están experimentando cambios en el uso de la tierra o que no están sujetos a operaciones de gestión significativas (p. ej., explotación de un bosque maduro, mejora de una pradera, labranza de las tierras agrícolas, etc.), las variaciones en las reservas de carbono en el suelo podrían ser pequeños y difíciles de evaluar con exactitud en cortos períodos.

Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de los suelos pueden medirse en varios puntos de muestreo de una parcela utilizando sistemas portátiles o transportables de muestreo de gases (cubetas y analizador de gases). A continuación, las mediciones en los puntos de muestreo tendrían que ascender a los niveles superiores de parcela/ecosistema, teniendo en cuenta la importante variabilidad espacial que caracteriza a las emisiones y absorciones de gases procedentes de los suelos. Tanto el CO₂ como otros gases de efecto invernadero (N₂O, CH₄) se han medido con este procedimiento (Butterbach-Bahl *et al.*, 2002; Janssens *et al.*, 2001). Las mediciones directas de los flujos de gases de efecto invernadero obtenidas de este modo también

pueden ser útiles para comparar emisiones antes y después de aplicar una práctica de gestión específica (Steinkamp *et al.*, 2001; Butterbach-Bahl y Papen, 2002). Los valores medidos directamente pueden usarse para verificar los factores de emisión por defecto que se hayan utilizado finalmente en niveles inferiores.

La verificación de las variaciones del carbono en el suelo en tierras en las que se está experimentando una transición de uso puede realizarse comparando los depósitos de carbono registrados en las tierras en que ha habido transición con depósitos de carbono de tierras en las que prevalece el mismo uso de la tierra. En tal caso, hay que asegurarse de que los lugares pareados estén bien equiparados en cuanto a los factores que pueden influir en las tasas de renovación del carbono en el suelo (p. ej., el tipo de suelo, la vegetación autóctona, el drenaje, la topografía, etc.).

Mediciones de los flujos de gases de efecto invernadero a escala del ecosistema

Las mediciones directas de los **flujos de gases de efecto invernadero a escala del ecosistema** pueden utilizarse para verificar, a escala local, los cambios registrados en los depósitos de carbono. Estas observaciones de los flujos se suelen llevar a cabo mediante técnicas micrometeorológicas como la covarianza turbulenta, utilizando torres de dosel colocadas en el interior de los bosques o de otros ecosistemas, principalmente para efectuar mediciones de los intercambios de CO₂ (Aubinet *et al.*, 2000). Generalmente, estas mediciones suministran datos acerca del intercambio neto entre ecosistemas (INE, véase la nota 26). Este procedimiento es pertinente para una estimación completa de las emisiones y absorciones de carbono a escala de parcela/ecosistema y aporta datos que pueden compararse con los datos de actividad/factores de emisión y valores por defecto utilizados para derivar las emisiones/absorciones para una categoría particular de UTCUTS. Sin embargo, existen limitaciones en la extrapolación de estos resultados a escala regional y nacional, porque habrá que tener muy en cuenta la variabilidad temporal y espacial, las tendencias a largo plazo y las alteraciones (Körner, 2003). Las mediciones directas de los flujos netos del ecosistema requieren inversiones considerables en equipos tecnológicos y no se pueden efectuar en todos los lugares (depende de la topografía, la vegetación y la estructura del dosel). Una vez realizadas, esas mediciones pueden efectuarse continuamente, de forma que aporten una estimación de la variabilidad interanual del balance de emisiones y absorciones de CO₂ en un ecosistema determinado. Debido a su complejidad, es probable que los flujos del ecosistema sean medidos por institutos o redes de investigación. Si se dispone de este tipo de experimentos en un país, el organismo encargado del inventario puede considerar la posibilidad de utilizar estos resultados en el proceso de verificación.

PROCEDIMIENTO 4: TELEDETECCIÓN

La teledetección es un procedimiento eficaz para verificar la atribución de la cubierta terrestre/uso de la tierra, la detección de cambios en la cubierta terrestre y las estimaciones de las áreas de tierra en situación de conversión o de abandono. La teledetección puede utilizarse además para estimar los cambios en la biomasa sobre el suelo. A continuación se describen ambas aplicaciones de la teledetección en el proceso de verificación. La teledetección no es aplicable a la verificación de la biomasa bajo el suelo, de los detritus, de la madera muerta o de la materia orgánica del suelo.

La teledetección puede emplearse a escalas que van del nivel de la parcela al nivel continental. Sin embargo, extraer información exacta y repetible de imágenes obtenidas por teledetección puede ser una tarea difícil que probablemente requiera conocimientos técnicos considerables. Los costes dependerán de la envergadura y de la escala del programa. Pueden ser relativamente bajos si se dispone de datos ya archivados. En cambio, si hay que realizar mediciones frecuentes y hacer una interpretación minuciosa de los datos, pueden aumentar sustancialmente los costes y la necesidad de conocimientos técnicos. Entre otros factores, la exactitud de la teledetección dependerá de su escala y de la fuente de las imágenes. Generalmente, puede ser bastante exacta, pero la verificación en tierra es necesaria para mejorar la precisión de los resultados.

Procedimiento 4a: Teledetección para verificar el uso de la tierra y los cambios en el uso de la tierra

La teledetección es el instrumento más directo que puede utilizarse para la verificación de las áreas en que bosques y praderas se convierten en otros tipos de usos de la tierra (tierras agrícolas, asentamientos, etc.), y hay abandono de las tierras gestionadas, y para la detección de incendios (que es uno de los principales factores que causan conversiones en los trópicos). Sin embargo, si un país ha utilizado técnicas de teledetección para la representación coherente de las áreas de tierra (véase el Capítulo 2, Sección 2.4.4.1) o para la atribución del uso de la tierra y actividades relacionadas con aspectos específicos del Protocolo de Kyoto (véase el Capítulo 4, Sección 4.2.2), hay que asegurarse de que los datos de teledetección utilizados para la verificación son independientes de los que se usaron para preparar el inventario. Desde un punto de vista técnico, la teledetección puede ser considerada como una verificación *ex post*, con la que se comparan estudios consecutivos llevados a cabo en años diferentes.

También es importante a su vez tener presente que, aunque en muchos casos la teledetección detectará fácilmente los cambios en la *cubierta terrestre* (p. ej., el paso de una cubierta vegetal al suelo desnudo), puede

que no siempre aporte información adecuada y exacta sobre los cambios en el *uso de la tierra* o en los *tipos de vegetación* (p. ej., de un cultivo A a un cultivo B).²⁵ Por ejemplo, la detección de cortas en los bosques basada en datos de teledetección aislados es relativamente fácil, pero es más difícil distinguir si estas cortas forman parte de una ordenación forestal en curso o representan una deforestación (véase también el Capítulo 4, Sección 4.2.6.2.1). Del mismo modo, se ha demostrado que es difícil separar los bosques de pinos no gestionados de los bosques de plantaciones coníferas gestionados, con una fiabilidad de sólo un 50% aproximadamente (Okuda y Nakane, 1988). La distinción entre diferentes tipos de cultivo es otra esfera en la que la teledetección puede tener dificultades. A veces, se puede resolver este problema combinando una observación frecuente mediante sensores de resolución espacial moderada y una observación detallada con sensores de alta resolución.

A causa de las interacciones con la atmósfera y, en particular, con las nubes, el uso de datos obtenidos por teledetección óptica puede tener una eficacia limitada en ciertas regiones de la tierra (p. ej., en las zonas boreales y tropicales) o en algunos períodos del año. A este respecto, los sensores del radar de apertura sintética (SAR) se adaptan mejor a este propósito, ya que la adquisición de datos puede realizarse independientemente de que el cielo esté despejado o cubierto. Sin embargo, aun utilizando nuevos sensores como los del SAR, sería difícil estimar o verificar anualmente los cambios en el uso de la tierra y en la cubierta terrestre. Esta dificultad proviene en parte de la cantidad de recursos (personal y fondos) que se necesita para la estimación o verificación. No obstante, dada la mejora de la resolución temporal y espacial de los sensores instalados en los satélites, la detección de cambios repentinos y/o recientes en el uso de la tierra o en la cubierta terrestre podrá ser posible anualmente o incluso con una frecuencia mayor.

Procedimiento 4b: Teledetección para verificar los cambios en la biomasa viva

La teledetección por satélite y las imágenes que produce también pueden ser apropiadas para evaluar la biomasa y los cambios de biomasa a nivel de ecosistema principal (p. ej., relación de praderas y bosques). Las reservas de carbono en los bosques pueden estimarse usando correlaciones entre los datos obtenidos por imagen espectral y la biomasa, siempre y cuando se disponga de los datos adecuados (que no hayan sido usados en las estimaciones del inventario) para representar el conjunto de los biomas forestales y de los regímenes de gestión para los cuales se requieren estimaciones (Trotter *et al.* 1997). Las ecuaciones de correlación pueden sufrir la influencia de varios parámetros (tipo de dosel y de subsuelo, estación del año, iluminación, geometría observada por satélite) (Okuda *et al.*, 2003) y, generalmente, tienen que concebirse de manera específica para cada tipo de bosque. Además, los índices de vegetación (p. ej., el índice de diferencia normalizada de vegetación, NDVI) también se han utilizado para la estimación de la biomasa sobre el suelo (para una presentación general de estos índices véase la Sección 5.7.6).

Otro procedimiento consiste en emplear datos obtenidos por radar de apertura sintética (SAR) que aporten información estructural, en lugar de información espectral, acerca de la cubierta terrestre controlada. Para algunos tipos de bosques, la biomasa boscosa puede estimarse con bastante exactitud utilizando las relaciones entre la biomasa y la intensidad del radar (amplitud, retrodispersión) (Rauste *et al.*, 1994; Foody *et al.*, 1997; Luckman *et al.*, 1998; Saatchi *et al.*, 2000; Terhikki Manninen y Ulander, 2001) o de manera indirecta, por ejemplo, uniando las alturas de los árboles derivadas por SAR con relaciones alométricas derivadas *in situ*. Los datos obtenidos por SAR son adecuados para evaluar los cambios graduales relativos en las reservas de biomasa sobre el suelo entre dos o más puntos en el tiempo, sobre todo cuando los cambios son importantes. Las secuencias temporales permiten, mejor que las imágenes tomadas en una sola fecha, la caracterización de las tendencias de los cambios y minimizar los errores en las estimaciones.

Tanto los sensores ópticos como los sensores SAR tienen limitaciones en terrenos topográficos accidentados y en superficies con una cubierta de dosel heterogénea. El nivel de exactitud de los datos obtenidos por teledetección varía según las características geométricas y radiométricas de los sensores y según los cambios en la calibración del sensor a lo largo del tiempo. Los datos derivados de imágenes deberían elegirse según la escala geográfica del área de estudio y del grado de resolución deseado. En el Cuadro 5.7.2 de la Sección 5.7.6 se enumeran las especificaciones de varios sensores instalados en satélites (tipo de sensor, resolución espacial, disponibilidad, etc.).

Otros procedimientos para la verificación de superficies y de biomasa que utilizan datos derivados de imágenes pueden ser:

- La fotografía aérea (para la estructura vertical del dosel de los bosques; necesita mucho personal);
- El perfilador láser (altura y estructura de dosel LIDAR, todavía no se ha examinado su exactitud; experimental, costoso);
- La comparación con mapas/datos elaborados por organismos independientes utilizando la teledetección.

²⁵ En algunos casos la cubierta terrestre podría cambiar, pero no el uso de la tierra, y viceversa.

PROCEDIMIENTO 5: VERIFICACIÓN CON MODELOS

Los modelos pueden utilizarse para verificar estimaciones de depósitos de carbono, datos de actividad y también la totalidad del inventario. Generalmente, no se suelen utilizar para la verificación de la clasificación de áreas de tierra. Para las categorías específicas del uso de la tierra conforme a la CMCC y las actividades seleccionadas con arreglo al Protocolo de Kyoto, el uso de modelos puede ser una buena opción cuando no son factibles las mediciones directas combinadas con la teledetección. Los costes de la modelización pueden variar mucho según las aplicaciones específicas, la disponibilidad de instrumentos apropiados y el grado de resolución deseada. Los costes iniciales originados por el diseño del modelo y la calibración son por lo general mucho más elevados que los costes de utilización del modelo. La verificación mediante modelos es bastante compleja y requiere un alto nivel de conocimientos técnicos.

Existen dos tipos muy diferentes de procedimientos de modelización aplicados a la verificación: los modelos ascendentes y los modelos descendentes. Los modelos ascendentes extrapolan los procesos de escalas inferiores a niveles superiores de agregación, mientras que los modelos descendentes siguen la dirección inversa y con ellos se trata de deducir los procesos de escalas menores a partir de mediciones a escalas mayores. Aunque, en principio, ambos procedimientos pueden utilizarse con fines de verificación a escala nacional, los modelos descendentes son más adecuados para la verificación a escala continental. Los modelos ascendentes pueden utilizarse tanto a nivel del lugar/parcela como a escala regional y nacional, e incluso a escala continental, siempre y cuando se disponga de los datos necesarios.

Los modelos que se emplean con fines de verificación, al igual que los modelos que se utilizan en la preparación del inventario, han de estar bien documentados y tienen que someterse a una revisión por especialistas. Los parámetros, datos, funciones y supuestos introducidos en el modelo tendrían que someterse a un examen, comúnmente denominado validación. El término validación se usa con su significado más generalizado de examinar adecuadamente el funcionamiento de un modelo, lo que no significa que el modelo sea la única representación verdadera de la realidad (Oreskes *et al.*, 1994).

Al igual que los otros procedimientos, cabe precisar que los modelos tienen ventajas e inconvenientes y todavía no se ha encontrado el “mejor modelo”. A fin de evitar posibles predisposiciones en la elección de un modelo, se podría utilizar un conjunto de modelos calibrados de manera idéntica (Alexandrov *et al.*, 2002). A menudo se requiere un asesoramiento de expertos para utilizar modelos como instrumentos de verificación.

Procedimiento 5a: Modelización ascendente

Existen varios tipos de modelos ascendentes que pueden utilizarse en la verificación:

Los modelos de ecosistema y del crecimiento pueden simular a escalas de tiempo suficientemente largas el crecimiento de la vegetación y el destino del carbono, que pueden utilizarse para la verificación. Estos modelos computan el crecimiento de la biomasa y los flujos de carbono, agua y nitrógeno, y pueden proporcionar estimaciones de la producción primaria bruta (PPB)²⁶ y de la producción primaria neta (PPN)²⁶ de carbono por unidad de superficie en los bosques (Kramer *et al.*, 2002) y en otros tipos de vegetación. Pueden emplearse para verificar las estimaciones de Nivel 1 y de Nivel 2 de los componentes de la biomasa y de los flujos, así como para derivar “factores de emisión” y/o parámetros específicos de un país pertinentes para los cálculos de Nivel 2 (véase el Cuadro 5.7.1). En el caso de los bosques, existen básicamente dos clases de modelos de ecosistema que pueden aplicarse: los que se centran en la fisiología y en la biogeoquímica del ecosistema y los que se basan en los inventarios forestales. Ejemplos conocidos de ambas clases son FOREST-BGC (Waring y Running 1998), Biome-BGC (Running y Coughlan, 1988; Running y Hunt, 1993; Running, 1994) y los modelos basados en inventarios (Kauppi *et al.*, 1992; Nabuurs *et al.*, 1997; Birdsey, 1996; Kurz y Apps, 1999).

Recientemente, se ha desarrollado una nueva generación de modelos del ciclo de carbono terrestre para integrar los efectos producidos por los cambios climáticos, la química atmosférica, las tasas de alteración en la PPN, en la PNE²⁶ y en la PNB²⁶ (p. ej., Landsberg y Waring, 1997; Chen *et al.*, 2000a; Chen *et al.*, 2000b; McGuire *et al.*, 2001). Si se utilizan datos espaciales obtenidos por teledetección (p. ej., cubierta terrestre, superficies quemadas e índice de área foliar) y conjuntos de datos georreferenciados del clima, la química atmosférica y el inventario del suelo, estos modelos basados en el proceso pueden aplicar datos de mayor escala a nivel de sitio (p. ej., mediciones del flujo del ecosistema) a escalas regionales y nacionales. Si no existe una dependencia directa con

²⁶ PPB: producción primaria bruta, dada por la fotosíntesis bruta; PPN: producción primaria neta, fotosíntesis neta o PPB menos la respiración autotrófica (de la biomasa vegetal viva sobre el suelo y bajo el suelo); PNE: producción neta del ecosistema, las emisiones o absorciones netas de carbono (CO₂), o PPN menos la respiración heterotrófica (materia orgánica en el suelo y descomposición de carbono orgánico del suelo entre ecosistemas, animales), cuando la PNE se mide utilizando técnicas de flujo se define correctamente como INE, intercambio neto entre ecosistemas; PNB: producción neta de bioma, las emisiones o absorciones netas a gran escala (bioma), que tiene en cuenta también las alteraciones naturales o inducidas por el hombre (fuego, daños provocados por el viento, cosechas, alteraciones PNB=PNE). La PNB es el término que aparece finalmente reflejado en el balance global del carbono (es decir, la atmósfera).

un inventario forestal, los datos estimados utilizando estos modelos podrían emplearse para compararlos con los cálculos de carbono basados en el inventario forestal. Sin embargo, la capacidad de los modelos en los que la representación terrestre se basa en la teledetección para cuantificar las variaciones en el carbono almacenado provocados por cambios en el uso de la tierra a pequeña escala (p. ej., forestación, reforestación y deforestación) queda limitada por la resolución espacial de la información obtenida por teledetección.

Si se utilizan modelos para agregar resultados y para aportar datos sobre los cambios de la biomasa a escala nacional, la parametrización del modelo ha de efectuarse de forma adecuada, teniendo en cuenta los diferentes usos de la tierra y cubiertas terrestres que existen en un país. Así, por ejemplo, para usar los resultados de un modelo como verificación para los datos de un inventario forestal, debería realizarse la parametrización al menos para las principales especies de árboles.

Los **modelos de regresión** se han utilizado para calcular la PPN a partir de datos meteorológicos de base (p. ej., los modelos Chikugo, Uchijima y Seino, 1985). Los valores de la PPN derivados a partir de modelos de regresión y basados en el proceso pueden utilizarse en comparaciones de los datos de Nivel 1 y Nivel 2 a gran escala (véase el Cuadro 5.7.1).

Los **procedimientos de modelización que utilizan Sistemas de Información Geográfica (SIG) y que incorporan datos de verificación en tierra** aportan valores más exactos que los procedimientos de teledetección. Los datos basados en SIG, como la topografía y la cubierta del dosel, y características estructurales como el clima también pueden utilizarse para aplicar modelos de ecosistema y de crecimiento a fin de recuperar resultados válidos en el espacio. Por lo tanto, a escala continental y mundial, la modelización SIG puede utilizarse para verificar las metodologías nacionales de los estudios de la tierra (Mollicone *et al.*, 2003).

Procedimiento 5b: Modelización descendente y procedimientos a gran escala

Los modelos descendentes pueden aplicarse a la verificación de los depósitos de carbono y de los cambios de depósito tanto a escala regional como a escala mundial. Si bien no es fácil aplicar estos procedimientos a las estimaciones a escala de un país, pueden utilizarse para un conjunto de países, regiones extensas o continentes. Para los países con áreas de tierra muy extensas o con características que permiten separar los movimientos de masas de aire dentro del país de los movimientos externos (p. ej., América del Norte, la zona boreal de Siberia, Australia, Reino Unido, etc.), los procedimientos a escala regional/continental también pueden resultar útiles a escala nacional. Aunque las modelizaciones descendentes pueden aportar limitaciones globales en los balances de carbono regionales, no son apropiadas para la verificación de los balances de carbono sectoriales, porque no pueden separar la contribución de emisiones y absorciones de las diferentes categorías del uso de la tierra o actividades de gestión, como se requiere para la presentación de informes conforme a la CMCC y al Protocolo de Kyoto. Además, los procedimientos de modelización descendente incluyen las emisiones y absorciones derivadas de categorías del uso de la tierra que no están sujetas a la presentación de informes conforme a la CMCC o al Protocolo de Kyoto (p. ej., tierras no gestionadas). No obstante, a mayores escalas, las mediciones atmosféricas de las concentraciones de gases de efecto invernadero y de la composición isotópica, en principio, deberían confirmar si las acciones agregadas que se han llevado a cabo conforme a la CMCC y al Protocolo de Kyoto serán efectivas con respecto a la tendencia en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (Schulze *et al.*, 2002).

Los **modelos inversos** calculan los flujos a partir de mediciones de la concentración y de modelos de transporte atmosférico. Pueden utilizarse para determinar la dinámica del carbono global a escala continental y mundial, pero tienen una capacidad limitada para separar la contribución al balance total de las diferentes categorías de uso de la tierra o actividades de gestión. Midiendo la distribución espacial y temporal de las concentraciones de CO₂ es posible detectar los flujos de carbono terrestre y oceánico. Los modelos inversos se utilizan asimismo para calcular los flujos de metano y de otros gases de efecto invernadero.

Mediante la incorporación de observaciones aéreas y el uso de modelos de transporte de nivel regional en el análisis inverso se pueden mejorar las estimaciones, al igual que la consideración de datos de emisiones/absorciones distribuidos en el espacio. La aplicación de procedimientos de modelización inversa está experimentando un desarrollo continuo, lo que requiere una colaboración científica y un sistema de redes entre las naciones. Es probable que esas estimaciones sean independientes de los datos de un país y valiosas para la verificación global, desde la escala regional hasta la continental (para una comparación de los resultados de varias modelizaciones inversas a escala continental véase Gurney *et al.*, 2002).

A nivel nacional, otro de los procedimientos a gran escala que puede emplearse para la verificación global es el uso de torres altas, que generalmente ya están instaladas en un país (p. ej., torres de televisión, torres de transmisión), para medir los gradientes de CO₂ (Bakwin *et al.*, 1995). Este procedimiento puede combinarse con modelizaciones inversas a fin de derivar los balances regionales/nacionales de emisiones y absorciones. Una vez en marcha, el sistema puede automatizarse y no resulta muy costoso.

5.7.3 Orientación para la verificación de los inventarios de UTCUTS

Varios componentes de un inventario pueden ser identificados por los organismos encargados de los inventarios (o por grupos externos) con fines de verificación, entre ellos las estimaciones de emisiones/absorciones, los datos de entrada y los supuestos. Las preguntas del Recuadro 5.7.2 pueden ser utilizadas por el organismo encargado del inventario como orientación para el desarrollo de un plan de verificación.

RECUADRO 5.7.2
ORIENTACIÓN PARA SELECCIONAR COMPONENTES DEL INVENTARIO PARA LA VERIFICACIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN

¿Qué criterios pueden utilizarse para elegir los elementos del inventario con fines de verificación?

Si una categoría de fuente/sumidero es “esencial”, se le debería dar prioridad para la verificación. Sin embargo, también se pueden seleccionar para la verificación emisiones y absorciones no “esenciales”, sobre todo si resultan pertinentes para las políticas de mitigación o si su incertidumbre es alta. Si se espera que un depósito de carbono varíe de manera significativa durante el período de presentación de los resultados del inventario, también se le debería prestar especial atención.

¿Cómo se verificarán los elementos del inventario?

La selección del procedimiento de verificación dependerá en gran medida de la adecuación/disponibilidad del procedimiento para el organismo encargado del inventario o de las condiciones específicas del país. Otros criterios adicionales son: el tipo de datos que se van a verificar, la escala espacial de la cobertura del inventario, la cantidad y la calidad de los datos que se van a verificar y la exactitud, precisión y coste del propio procedimiento. Los procedimientos y criterios que pueden elegirse se explican en el Cuadro 5.7.1 y se describen detalladamente en la Sección 5.7.2.

Si un país decide realizar una verificación interna de su inventario, es una *buena práctica* asegurarse de que:

- se dispone de suficiente competencia técnica independiente;
- la documentación de la verificación está incluida en el informe del inventario nacional;
- las estimaciones de la incertidumbre y la documentación de GC/CC están incluidas en el informe;
- se describen otras actividades nacionales de verificación;
- los métodos de verificación aplicados son transparentes, rigurosos y bien fundados desde el punto de vista científico;
- los resultados de verificación son razonables y están bien explicados;
- los cálculos finales pueden estar relacionados de manera razonable con los datos y supuestos en los que se basan.

En la lista de control del Recuadro 5.7.3 se resumen algunos de los instrumentos que pueden usarse en la verificación interna de un inventario, con especial referencia al sector de UTCUTS. Asimismo se presenta un recuadro con los aspectos relativos al Protocolo de Kyoto (véase la Sección 5.7.4, Recuadro 5.7.5).

RECUADRO 5.7.3

VERIFICACIÓN DE UN INVENTARIO DEL SECTOR DE UTCUTS EN UN INVENTARIO NACIONAL

A. Comprobaciones:

¿Documenta el inventario del sector de UTCUTS los datos y los supuestos utilizados para estimar las emisiones y absorciones de todas las categorías de fuente/sumidero del IPCC?

¿Se han incluido en el inventario todos los depósitos de carbono importantes?

Si se ha omitido alguna categoría de emisión/absorción de UTCUTS, ¿se explican los motivos en el informe?

¿Se presentan las emisiones y absorciones como términos *positivos* y *negativos*, respectivamente?

Para la superficie total del inventario del sector de UTCUTS, ¿son los cambios globales en el uso de la tierra para el año del inventario iguales a cero en el límite del intervalo de confianza?

¿Se evalúa y explica toda discontinuidad en las tendencias desde el año de base hasta el último año?

B. Comparaciones de emisiones y absorciones procedentes de UTCUTS:

Comparar el inventario del sector de UTCUTS con inventarios nacionales preparados independientemente para el **mismo** país o comparar subconjuntos regionales del inventario nacional con inventarios de esas regiones preparados independientemente (Cuadro 5.7.1, procedimiento 1).

Comparar el inventario del sector de UTCUTS con inventarios nacionales para un país **diferente** pero similar (Cuadro 5.7.1, procedimiento 1).

Comparar los datos de actividad y/o los factores de emisión del inventario del sector de UTCUTS con bases de datos internacionales e independientes y/o con otros países. Por ejemplo, comparar los factores de expansión de biomasa similares de especies similares con datos de países con condiciones forestales similares (Cuadro 5.7.1, procedimiento 1).

Comparar el inventario del sector de UTCUTS con resultados que se hayan calculado utilizando una metodología de nivel diferente, teniendo en cuenta los defectos (Cuadro 5.7.1, procedimiento 2).

Comparar el inventario del sector de UTCUTS con estudios y experimentos disponibles de alta intensidad (Cuadro 5.7.1, procedimientos 1 a 3).

Comparar las superficies de tierra y las reservas de biomasa utilizados en el inventario mediante teledetección (Cuadro 5.7.1, procedimiento 4).

Comparar el inventario del sector de UTCUTS con modelos (Cuadro 5.7.1, procedimiento 5).

C. Comparaciones de las incertidumbres:

Comparar las estimaciones de la incertidumbre con la incertidumbre tal y como se presenta en la bibliografía sobre el tema.

Comparar las estimaciones de la incertidumbre con las de otros países y con los valores por defecto del IPCC.

D. Mediciones directas:

Realizar mediciones directas (como inventarios forestales locales, mediciones detalladas del crecimiento y/o flujos de gases de efecto invernadero del ecosistema, Cuadro 5.7.1, procedimiento 3).

Teniendo en cuenta la limitación de recursos, la información que se proporcione en el informe del inventario nacional debería verificarse al máximo, sobre todo en lo que respecta a las categorías esenciales. Los procedimientos de verificación presentados en el Recuadro 5.7.3 pueden aplicarse de la manera siguiente:

- Las comprobaciones enumeradas en A son primordiales y lo ideal sería que se efectuasen como parte de la GC y el CC.
- Es una *buena práctica* realizar la verificación con al menos uno de los procedimientos enumerados en la parte B del Recuadro 5.7.3 (para más información sobre los procedimientos aplicables véanse el Cuadro 5.7.1 y la Sección 5.7.2).

- Si no se dispone de estimaciones independientes de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero relativas a UTCUTS, la verificación interna o externa se limitará probablemente al examen de los datos y de los métodos (Smith, 2001). En estas circunstancias, es una *buena práctica* que el organismo encargado del inventario efectúe estos exámenes y suministre documentación suficiente en su informe del inventario nacional, así como otra documentación justificativa que facilite la verificación externa.
- Los organismos encargados de los inventarios, teniendo en cuenta las circunstancias de cada país y la disponibilidad de recursos, pueden evaluar la combinación adecuada de procedimientos para verificar sus inventarios de UTCUTS. Los procedimientos 1, 2 y 3 pueden ser apropiados para verificar varios componentes del inventario. Entre todos los procedimientos enumerados, los procedimientos 1 y 2 pueden ser aplicados con facilidad por un organismo encargado del inventario con recursos escasos o limitados. La teledetección es el método más adecuado para la verificación de áreas de tierra. Las mediciones directas (en la parte D del Recuadro 5.7.3) son pertinentes, aunque este procedimiento puede necesitar muchos recursos y, a gran escala, los altos costes pueden limitar la verificación. Cuando las mediciones directas combinadas con teledetección no son factibles, los modelos pueden ser una alternativa.

5.7.4 Cuestiones específicas relacionadas con el Protocolo de Kyoto

En general, los procedimientos que se han presentado en la Sección 5.7.2 también pueden utilizarse para verificar tanto un inventario elaborado conforme a la CMCC como la presentación de resultados con arreglo al Protocolo de Kyoto. Aunque los costes originados por la medición de las variaciones en las reservas de carbono para un área determinada se incrementan a medida que aumentan la precisión deseada y la heterogeneidad del terreno, los mismos principios de *buena práctica* se aplican a los proyectos y a los inventarios nacionales.

Un organismo encargado del inventario puede utilizar las preguntas del Recuadro 5.7.4 para orientar la concepción de un plan de verificación en lo que respecta a la información adicional presentada conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto.

RECUADRO 5.7.4

ORIENTACIÓN PARA LA VERIFICACIÓN DE DEPÓSITOS DE CARBONO Y ACTIVIDADES

¿Qué depósitos de carbono hay que verificar?

Es una *buena práctica* centrar la verificación en los depósitos de carbono que se espera que sean más pertinentes para el Protocolo de Kyoto, aunque también en las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂. En los Acuerdos de Marrakesh se enumeran los depósitos siguientes: biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, detritus, madera muerta y carbono orgánico del suelo. Como se decidió en los Acuerdos de Marrakesh, una Parte puede excluir determinados depósitos de los resultados presentados, si aporta información verificable que demuestre que esos depósitos no han sido una fuente de gases de efecto invernadero para las actividades recogidas en el párrafo 3 del artículo 3 y para las actividades elegidas recogidas en el párrafo 4 del artículo 3, o para proyectos. Por lo tanto, la información requerida es diferente para los depósitos seleccionados (cambios en los depósitos siguiendo los consejos dados en los Capítulos 3 y 4) y para los depósitos no seleccionados (información adicional que demuestre que no son fuente). Como se recomienda para los inventarios de UTCUTS, si se espera que un depósito experimente cambios significativos durante el período de presentación de los resultados del inventario, se le debería prestar especial atención.

¿Qué actividades hay que verificar?

Según los Acuerdos de Marrakesh, una Parte tiene que notificar las actividades conforme al párrafo 3 del Artículo 3 y sólo puede elegir algunas actividades conforme al párrafo 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto. Para todas las actividades obligatorias o elegidas, los elementos específicos referentes a la presentación de informes conforme a los inventarios del Protocolo de Kyoto son: la identificación de las áreas en las que han tenido lugar dichas actividades, la demostración de que las actividades se efectúan desde el 1º de enero de 1990 y de que son llevadas a cabo por el hombre, y el establecimiento de “1990” como año de base (año de referencia para las actividades de reforestación y año de base para la contabilización neto-neto).

Una verificación específica relacionada con las estimaciones realizadas conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto puede incluir:

- Para las tierras introducidas en un informe conforme al Protocolo de Kyoto, es una *buena práctica* verificar esas tierras usando información geográfica y estadística, como datos obtenidos por teledetección. Aunque no se requiera una georreferencia, ésta facilitaría la verificación (Smith, 2001).
- Para la presentación de informes sobre las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de la mayoría de las actividades recogidas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 hay que hacer referencia a los datos de 1990 o anteriores a 1990 (clasificación de tierras forestales/no forestales para 1990, contabilización neto-neto para la gestión de tierras agrícolas, gestión de pastizales, restablecimiento de la vegetación, etc.). A veces, puede que no se disponga de estos datos o que su fiabilidad sea limitada; entonces se pueden utilizar estimaciones, según las pautas presentadas en el Capítulo 4, Sección 4.2.8.1. En estos casos, es una *buena práctica* verificar al máximo el procedimiento de estimación y los valores.

Las emisiones y absorciones procedentes de actividades de proyectos se pueden notificar conforme a los artículos 6 y 12 del Protocolo de Kyoto. En el Capítulo 4 de esta publicación se enumeran diferentes tipos de proyectos y se sugiere el tipo de información que puede ser necesario verificar para cada uno. Aunque muchos de los procedimientos presentados en la Sección 5.7.2 son útiles para la verificación de proyectos, se están concibiendo reglas adicionales conforme al Protocolo de Kyoto y a los Acuerdos de Marrakesh.²⁷ Aun así, la verificación de proyectos es por lo general más fácil que la verificación a escala nacional. En lo que respecta a los proyectos, las fronteras, los depósitos de carbono y los períodos de vida son factores que pueden estar bien establecidos y, por lo tanto, que pueden verificarse. Generalmente, suele ser más fácil verificar los proyectos que se basan en buenos planes de vigilancia y de presentación de informes.

Al igual que ocurre con los inventarios del sector de UTCUTS, los organismos encargados de los inventarios pueden, teniendo en cuenta las circunstancias específicas y la disponibilidad de recursos, elegir la combinación adecuada de procedimientos para verificar información suplementaria presentada conforme al Protocolo de Kyoto. Entre estos procedimientos, la teledetección es el medio más apropiado para la verificación de áreas de tierra. Las mediciones directas son pertinentes, aunque este procedimiento puede necesitar muchos recursos. Los modelos pueden utilizarse como una alternativa cuando no se pueden hacer mediciones directas combinadas con teledetección. En el Recuadro 5.7.5 se presentan algunas etapas de la verificación propias del Protocolo de Kyoto.

RECUADRO 5.7.5
VERIFICACIÓN DE UTCUTS CONFORME AL PROTOCOLO DE KYOTO

Comprobaciones:

Si una Parte notifica una actividad en tierras forestales, ¿se especifica la definición de “forestal” y es ésta coherente con las actividades y las unidades de superficie notificadas? ¿Se proporciona información sobre la cubierta de copas y la altura de los árboles?

¿Se notifican los cambios experimentados en todos los depósitos de carbono (biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, madera muerta, detritus, carbono orgánico en el suelo)? De no ser así, ¿se exponen los motivos y presenta la documentación que justifiquen la omisión del depósito?

¿Se especifican las fronteras geográficas de las áreas de tierra para las actividades elegibles conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3?

¿Es constante el área de tierra total presentada conforme a los párrafos 3 y 4 del artículo 3 o aumenta durante los períodos de compromiso subsiguientes o contiguos?

¿Se suministra información que demuestre que las actividades elegidas conforme al párrafo 4 del artículo 3 fueron efectuadas desde 1990 e inducidas por el hombre?

En lo que respecta al párrafo 3 del artículo 3, ¿se proporciona información para distinguir la deforestación de la explotación (corta) o de la alteración forestal seguida del restablecimiento de un bosque?

²⁷ La verificación a la que se refiere el párrafo ha de considerarse en el contexto del presente capítulo (tal y como se define en la Sección 5.7.1). Según los Acuerdos de Marrakesh, los proyectos tienen que someterse a una “verificación” específica, tal y como se define en el proyecto de decisión -/CMP.1 (Artículo 6), -/CMP.1 (Artículo 12) y sus anexos (FCCC/CP/2001/13/Add.2).

Las comprobaciones enumeradas en el Cuadro 5.7.5 son esenciales y lo ideal sería realizarlas como una parte de la GC y el CC. Además de estas comprobaciones específicas, pueden utilizarse las partes B a D de la lista completa presentada en el Recuadro 5.7.3 a fin de identificar actividades de verificación adicionales útiles.

5.7.5 Presentación de informes y documentación

Cuando un organismo encargado del inventario ha efectuado actividades de verificación, es una *buena práctica* notificar y documentar los siguientes puntos:

- La información que se ha verificado;
- Los criterios empleados para seleccionar las prioridades de verificación;
- Los procedimientos de verificación, junto con los datos pertinentes compilados;
- Las limitaciones que se han identificado en los procedimientos;
- Las comparaciones eventuales que se han realizado con inventarios independientes, conjuntos de datos, bibliografía sobre el tema, etc.;
- Las respuestas recibidas de revisores externos resumiendo sus principales comentarios;
- Las principales conclusiones de la verificación;
- Las medidas tomadas como resultado del proceso de verificación;
- Las recomendaciones de mejoras en el inventario o de investigación a escala nacional/internacional dimanantes de los resultados.

Asimismo, se recomienda a los organismos encargados de los inventarios que aporten información acerca de las actividades de verificación externa realizadas por otros organismos, en la medida en que sea pertinente para el inventario, y que esa información pueda obtenerse y resumirse fácilmente.

Si se han utilizado modelizaciones con fines de verificación, es una *buena práctica* documentar totalmente el proceso de modelización. Otras informaciones que deben proporcionarse son: las fuentes de los datos de entrada, un análisis de los supuestos del modelo y de los datos, y una descripción de los procedimientos y análisis. Dado el volumen de los datos de entrada y el número de variables que se necesitan para un modelo amplio típico, la documentación puede ser densa, técnica y larga. Es una *buena práctica* presentar las informaciones mencionadas de manera coherente y transparente. La información que ha de incluirse debería permitir a una tercera parte comprender enteramente el proceso de verificación y corroborar los resultados si fuera necesario.

5.7.6 Algunos detalles referentes a los procedimientos de verificación

COMPARACIONES CON PROGRAMAS Y CONJUNTOS DE DATOS INTERNACIONALES

Para un organismo encargado del inventario que se dispone a comparar un inventario o parte del mismo con conjuntos de datos procedentes de programas internacionales de vigilancia y de investigación, puede ser útil consultar los enlaces de Internet que se presentan en el Recuadro 5.7.6. Aunque es evidente que el cuadro no recoge de manera exhaustiva todos los programas disponibles, aporta información sobre algunos de los de mayor interés para el sector de UTCUTS.

RECUADRO 5.7.6
PROGRAMAS Y REDES DE INTERÉS PARA UTCUTS

FLUXNET (Ameriflux, CarboEuroflux)

Red de mediciones de flujos del ecosistema, principalmente en rodales, aunque también en otros tipos de uso de la tierra.

Base de datos accesible al público, enlaces a estudios de ecosistema

<http://www-eosdis.ornl.gov/FLUXNET/index.html>

CarboEurope (financiado por la Comisión Europea)

Conjunto de proyectos cuyo objetivo es evaluar el balance del carbono de Europa con diferentes procedimientos (mediciones de flujos, estudios de ecosistema, presupuestación regional y continental, modelización inversa, modelización del ecosistema).

<http://www.bgc-jena.mpg.de/public/carboeur/>

Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB)

Conjuntos de datos de producción primaria neta, coordinación de actividades de investigación internacionales, cambio global y ecosistema terrestre, etc.

<http://www.igbp.kva.se/cgi-bin/php/frameset.php>

<http://www.gcte.org/>

Investigación Ecológica a Largo Plazo (bosques, praderas)

Red de investigaciones ecológicas del ecosistema presente en diferentes países

<http://www.lternet.edu/>

FAO

Base de datos de lugares de seguimiento de ecosistemas terrestres (TEMS), Sistema Mundial de Observación Terrestre (GTOS), Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC), Evaluación de Recursos Forestales (ERF)

<http://www.fao.org/>

Redes de vigilancia:

PCI Bosques

El Programa de Cooperación Internacional de Bosques de la Unión Europea (PCI/UE Bosques) trabaja en dos niveles con protocolos y métodos normalizados en 35 países. La red reticular sistemática tiene aproximadamente 6000 puntos de nivel I en los que se lleva a cabo un número limitado de estudios, mientras que la red reticular de vigilancia intensiva tiene 860 parcelas de nivel II en los principales tipos de bosque del continente europeo en los que se realizando un gran número de estudios.

<http://www.icp-forests.org/>

PCI/CI y EMEP

El programa multidisciplinar de Control Integrado del PCI (CI/PCI) y el Programa de Cooperación para la Vigilancia y la Evaluación del Transporte de los Contaminantes Atmosféricos a Larga Distancia en Europa (EMEP)

Una parte de la estrategia de vigilancia y de evaluación de los efectos conforme a la Convención sobre la contaminación transfronteriza del aire a gran distancia de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). El programa EMEP se basa en tres elementos esenciales: 1) la compilación de datos de emisión, 2) las mediciones de la calidad del aire y de las precipitaciones y 3) la modelización del transporte atmosférico y la deposición de la contaminación del aire.

http://www.vyh.fi/eng/intcoop/projects/icp_im/im.htm

<http://www.emep.int/>

Proyecto Global del Carbono

El Proyecto Global del Carbono es un proyecto de la Asociación Científica del Sistema Tierra del Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB), del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC) y del Programa Internacional sobre las Dimensiones Humanas (PIDH). El objetivo científico del Proyecto Global del Carbono es desarrollar una imagen completa del ciclo global del carbono que incluya tanto su dimensión biofísica como su dimensión humana junto con las interacciones y las reacciones entre ellas.

<http://www.globalcarbonproject.org/>

El Distributed Active Archive Centre del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (DAAC LNOR)

Una fuente de datos biogeoquímicos y ecológicos compilados en tierra, mediante aviones, por satélite o generados mediante modelos informáticos. La escala de los datos va desde el nivel de un lugar específico hasta el nivel mundial y la variación de la duración puede ser de días a años. La Environmental Science Division (ESD) del LNOR dirige la DAAC-LNOR para la Dinámica Biogeoquímica como parte del programa de la Earth Science Enterprise (ESE) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA).

<http://www-eosdis.ornl.gov/>

TELEDETECCIÓN

Descripción general de los sensores de teledetección disponibles

Los datos ópticos compilados por satélite de resolución aproximada a alta resolución se pueden obtener en todo el mundo con los sensores NOAA AVHRR, SPOT Vegetation, ERS/ATSR, MODIS, Envisat MERIS, Landsat TM/ETM y otros muchos. El radar de multifrecuencia/polarización, que las misiones AIRSAT de la NASA pusieron a disposición recientemente, también es muy útil para la clasificación de la vegetación. Estos sensores, que son sensibles a las características estructurales de la vegetación, proporcionan una excelente fuente de datos complementaria a la teledetección óptica. Se dispondrá de una mayor cantidad de este tipo de datos de radar gracias al Envisat ASAR y al lanzamiento del RadarSat 2. La exactitud de los datos obtenidos por teledetección varía según las características geométricas y radiométricas de los sensores. En el Cuadro 5.7.2 se enumeran las especificaciones (tipo de detector, resolución espacial, disponibilidad, etc.) de varios sensores de satélite. Para más información, puede consultarse el enlace de Internet <http://idisk.mac.com/alexandreleroux/Public/agisrs/arsist.html>. Los datos de imágenes utilizados deberían elegirse según la escala geográfica de la superficie de que se trate y el grado de resolución deseado. El uso de diferentes sensores puede ser la solución para superar las limitaciones de la teledetección en zonas en las que existe una nubosidad persistente (p. ej., datos ópticos y de radar).

Uso de teledetección para derivar los parámetros de la vegetación

Es sabido que la producción primaria neta (PPN) tiene una correlación positiva con la radiación activa de fotosíntesis (RAF), que también puede estimarse a partir del IDNV (índice de diferencia normalizada de vegetación) y de la radiación solar.

La relación funcional entre los datos de teledetección óptica (entre ellos, índices como el IDNV) y los depósitos de carbono es que la reflectancia del dosel está relacionada con el índice de área foliar (IAF), y que el IAF tiene a su vez una fuerte relación funcional con la biomasa boscosa y con la PPN (Gholz, 1982; Waring, 1983). Otra interpretación es que la reflectancia está relacionada con la fracción de radiación activa de fotosíntesis (fRAF), que durante períodos más largos está correlacionada de manera lineal con la PPN (p. ej., Monteith, 1977; Landsberg y Waring, 1997). El IDNV se utiliza mucho para estimar tanto el LAI como la fRAF a partir de datos obtenidos por teledetección.

El IDNV y la radiación solar determinados por teledetección, junto con los datos obtenidos con mediciones meteorológicas y con el Sistema de Información Geográfica (SIG), pueden utilizarse para hacer estimaciones también a mayores escalas (desde la escala regional hasta la escala mundial). El IDNV también se ha utilizado para derivar la duración del período de crecimiento, parámetro que, según se ha demostrado, está estrechamente relacionado con el intercambio neto entre ecosistemas (INE, la fuente de carbono neto) medido a partir de los flujos del ecosistema, en particular, en los bosques caducifolios (Baldocchi *et al.*, 2001). Sin embargo, cuando se usa este procedimiento, hay que tener muy en cuenta que es difícil tratar las diferencias de escala fina y que no todas las fases de vegetación sucesivas están cubiertas adecuadamente por el IDNV (procesos de recuperación, etc.). Además, la mayoría de los parámetros del ecosistema derivados de las correlaciones con el IDNV parecen ser específicos de una especie y/o específicos del bioma. Asimismo, el IDNV está influido por otros factores diferentes del IAF o de la fRAF del dosel, y las relaciones tienen tendencia a saturar los valores LAI por encima de los $3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ aproximadamente (Moreau y Li, 1996; Carlson y Ripley, 1997; Gemmill y McDonald, 2000), aunque, para doseles de coníferas, la saturación no ocurrió para el IAF hasta los $10 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ (Chen *et al.*, 2002). A causa de la saturación, se descubrió que el IDNV derivado de las imágenes LANDSAT apenas estaba correlacionado con las variables de estructura del rodal o con la biomasa total sobre el suelo dentro de las extensiones forestales de las regiones tropicales. En general, los procedimientos basados en el IDNV para estimar el IAF o la fRAF serán una función de la reflectancia del suelo, de la cubierta fraccional, del tipo de bioma y de las condiciones de iluminancia/visión. El resultado de estos factores es una amplia variación en las ecuaciones empleadas para calcular el IAF (o la fRAF) a partir del IDNV (Moreau y Li, 1996). Los usuarios deberían tener en cuenta esta variación si seleccionan o derivan ecuaciones. Si se toman índices espectrales como base para construir una relación con el IAF o la fRAF, se debería considerar la posibilidad de utilizar un índice menos afectado por las variaciones en parámetros como la reflectancia del suelo (Kaufman y Tanré, 1992; Huete *et al.*, 1997). El Índice de Vegetación Mejorado (IVM) es quizás el más prometedor de todos ellos, no sólo porque es fácil aplicarlo en la mayoría de los sensores sino también porque está relacionado linealmente con la fRAF (Huete *et al.*, 1997; Gobron *et al.*, 2000). Para los conjuntos de datos en que $1 \text{ Km}^2/\text{píxel}$ es suficiente, los usuarios pueden utilizar también los datos de MODIS o fRAF MERIS y los datos de IAF MODIS. Además, se dispone gratuitamente del programa informático para generar valores fRAF de alta calidad (Gobron *et al.*, 2000) a partir de datos obtenidos a través de los sensores SeaWiFS, MERIS, VEGETATION o GLI.

La biomasa sobre el suelo también puede estimarse eficientemente mediante el sensor aéreo LIDAR que mide al mismo tiempo la superficie del dosel y la altura de elevación del suelo emitiendo impulsos láser con longitudes de onda que se reflejan sobre la superficie del dosel pero pasan a través de los árboles, y también se reflejan en el

suelo. Sin embargo, dado el pequeño diámetro de los haces del láser, para cartografiar grandes superficies se requieren importantes misiones de vuelo (Dubayah y Drake, 2000). El sensor láser de imágenes de vegetación (LVIS) mediante instrumentos aéreos o por satélite como el Dosel de Vegetación de LIDAR con grandes huellas resolverá probablemente este tipo de problemas (Blair *et al.*, 1999; Means *et al.*, 1999; Dubayah y Drake, 2000). También se puede estimar la estructura de la vegetación a partir de datos ópticos obtenidos por satélite usando la propiedad de reflectancia bidireccional basada en la geometría sol-objetivo-sensor.

Uso de teledetección para detectar incendios y superficies quemadas

La teledetección también se utiliza a menudo para la detección de incendios forestales. Entre los ejemplos de detección de incendios forestales o de cicatrices por fuego cabe citar desde la detección de cicatrices por fuego de 1 ha a escala nacional utilizando Landsat TM (p. ej., ITALSCAR, 2003: Cartografía regional de bosques quemados en Italia, <http://www.esa.int/dup>) o en los Estados miembros de la Unión Europea (<http://natural-hazards.jrc.it/fires/>) hasta el uso de ERS SAR en Indonesia (Page *et al.*, 2002), la detección mundial de incendios activos (ATSR World Fire Atlas, 2003: <http://earth.esa.int/ionia/FIRE/>), cicatrices por fuego (GLOBSCAR, 2003 Cartografía mundial de bosques quemados, <http://earth.esa.int/ionia/FIRE/>; GLOBCARBON, 2003: Global Land Products for Carbon Model Assimilation, <http://www.esa.int/dup>) y áreas quemadas (Global Burnt Area 2000: http://www.gvm.sai.jrc.it/fire/gba2000_website/index.htm). Así, por ejemplo, en un estudio reciente en el que se han utilizado técnicas de teledetección se ha estimado el área total deforestada a causa de los incendios en las regiones tropicales húmedas entre 1990 y 1997, obteniendo una cifra diferente de la que figura en las estadísticas de la FAO, en las cuales se utilizan los datos de deforestación suministrados por países y por expertos (Achard *et al.*, 2002).

CUADRO 5.7.2 CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS DE LAS PRINCIPALES PLATAFORMAS DE TELEDETECCIÓN

Satélite	Nombre del sensor	País (Operación)	Resolución espacial	Extensión	Tipo de sensor y escala		Información espectral				Disponibilidad de datos (período de adquisición)			
					Tipo	Escala	VNIR				(m.) en el	(km.)	Tipo	Escala
NOAA (POES)	AVHRR	EE.UU.	1100	2700	O	Co-G	M	S	M	-	A	A	A	A
SPOT	Vegetation	UE	1150	2250	O	Co-G	M	S		-		PA	PA	MA
ADEOS-II	GLI	Japón	250, 1000	1600	O	Co-G	M	M	M	-			PA	MA
Terra/Aqua	MODIS	EE.UU.	250, 500, 1000	2330	O	Co-G	M	M	M	-			A	PA
Terra	MISR	EE.UU.	275, 550, 1000	360	O	Co-G	M			-			PA	
ERS-1/2	ATSR-1/2	Europa	1000	500	O	Co-G	M	M	M			PA	A	MA
Envisat	AATSR	Europa	1000	500	O	Co-G	M	M	M				PA	MA
NPOESS	VIRS	EE.UU.	400	3000	O	Co-G	M	M	M	-				A
Envisat	MERIS	Europa	300 (Land)	1150	O	Co-G	M	M		-			PA	MA
Landsat	MSS	EE.UU.	80	185	O	R	M			-	A	A		
Landsat	TM	EE.UU.	30, 120	185	O	R	M	M	S	-	PA	A	PA	
Landsat	ETM+	EE.UU.	15, 30, 60	185	O	R	M	M	S	-			A	A
SPOT	HRV/HRVIR/HRG	Francia	(2,5), 10, 20	60	O	R	M	(S)		-	PA	A	A	
Terra	ASTER	Japón/EE.UU.	15, 30, 90	60	O	R	M	M	M	-			A	
IRS-1C/D	PAN/LISS-3	India	6/23	70/141	O	R	M	S		-		PA	PA	
JERS-1	OPS (VNIR)	Japón	18*24	75	O	R	M					PA		
ALOS	AVNIR-2	Japón	10	70	O	R	M			-			PA	A
ALOS	PRISM	Japón	2,5	35/70	O	R	S			-			PA	MA
IKONOS	Pan/Multi	EE.UU.	0,82/3,3	11	O	R	M			-			A	MA
Orbview-3	Pan/Multi	EE.UU.	0,82/3,3	8	O	R	M			-			PA	MA
QuickBird	Pan/Multi	EE.UU.	0,61/2,5	17	O	R	M			-			PA	MA
EO-1	ALI	EE.UU.	10, 30	185	O	R	M	M		-			PA	
EO-1	Hyperion	EE.UU.	30	7.5	O	R	H	H		-			PA	
JERS-1	SAR	Japón	18	75	S	R	-	-	-	L		PA		
ALOS	PALSAR	Japón	10, 100	70, 250-350	S	R	-	-	-	L			PA	MA
ERS-1/2	AMI	Europa	30	100	S	R	-	-	-	C		PA	PA	MA
Envisat	ASAR	Europa	30, 100, 150	100, 400	S	R	-	-	-	C			PA	MA
Radarsat-1/2	SAR	Canadá	(3, 8), 10, 30	(20), 50, 100	S	R	-	-	-	C		PA	A	MA
TerraSAR	SAR	Alemania	1-3, 3-15	10, 40-60	S	R	-	-	-	X/L			PA	MA
LIDAR														
VCL	VCL	EE.UU.	25	8	L	R	S			-			PA	MA

O: óptico; S: radar de apertura sintética; L: LIDAR; Co: continental; G: mundial; R: regional; S: banda única; M: banda múltiple; H: hiperbanda; A: disponible para todo el período;

PA: disponible para una parte del período; MA: puede estar disponible durante el período.

Referencias

INTRODUCCIÓN

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AIE/IGES, Hayama, Japón.

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES

Cullen A.C. y Frey H.C. (1999). "Probabilistic Techniques in Exposure and Risk Assessment: a Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs". Plenum Press, Nueva York.

Eggleston H. S., Charles D., Jones B.M.R., Salway A.G. y Milne R. (1998). "Treatment of uncertainties for national greenhouse gas emissions". *Report AEAT 2688-1 for DETR Global Atmosphere Division*. AEA Technology, Culham, Reino Unido.

Fishman G.S. (1996). *Monte Carlo: concepts, algorithms, and applications*. Springer-Verlag, Nueva York.

Frey H.C. y Burmaster D.E. (1999). "Method for characterization of variability and uncertainty: comparison of bootstrap simulation and likelihood-based approaches". *Risk Analysis*, 19: págs. 109 a 129.

Frey H.C. y Rhodes D.S. (1996). "Characterizing, simulating, and analyzing variability and uncertainty: an illustration of methods using an air toxics emissions example". *Human and Ecological Risk Assessment*, 2: págs. 762 a 797.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds.). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/AIE, París, Francia.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AIE/IGES, Hayama, Japón.

Lehtonen A., Mäkipää R., Heikkinen J., Sievänen R. y Liski J. (2004). "Biomass expansion factors (BEF) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forest". *Forest Ecology and Management*, 188: 211 a 224.

Morgan M.G. y Henrion M. (1990). "Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis", Cambridge University Press, Nueva York.

Ogle S.M., Eve M.D., Breidt F.J. y Paustian K. (2003). "Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agroecosystems between 1982 and 1997". *Global Change Biology*, 9: págs. 1521 a 1542.

Oreskes N., Shrader-Frechette K. y Belitz K. (1994). "Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences". *Science*, 263: págs. 641 a 646.

Rypdal K. y Winiwarter W. (2001). "Uncertainties in GHG emission inventories". *Environmental Policy and Science*, 4(2-3): págs. 107 a 116.

Winiwarter W. y Rypdal K. (2000). "Uncertainties in the Austrian GHG emission inventory". *Atmospheric Environment*, 35/32: págs. 5425 a 5440.

MUESTREO

Cochran W.G. (1977). "Sampling techniques". John Wiley & Sons, Nueva York.

Dees M., Koch B. y Pelz D.R. (1998). "Integrating satellite based forest mapping with Landsat TM in a concept of a large scale forest information system". *PFG*, 4/1998: págs. 209 a 220.

De Vries P.G. (1986). "Sampling theory for forest inventory". Springer-Verlag, Nueva York.

- Gertner G. y Köhl M. (1992). "An assessment of some nonsampling errors in a national survey using an error budget". *Forest Science*, 38(3): págs. 525 a 538.
- Köhl M., Scott C.T. y Zingg A. (1995). "Evaluation of Permanent Sample Surveys for Growth and Yield Studies". *Forest Ecology and Management*, 71(3): págs. 187 a 194.
- Lund G.H. (ed.) (1998). "IUFRO Guidelines for designing multipurpose resource inventories. IUFRO World Service Volume 8". Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO). Viena, Austria.
- Raj D. (1968). "Sampling theory". McGraw-Hill, Nueva York.
- Reed D.D. y Mroz G.D. (1997). "Resource assessment in forested landscapes". John Wiley & Sons, Nueva York. pág. 386.
- Särndal C.-E., Swensson B. y Wretman J. (1992). "Model assisted survey sampling". Springer, Nueva York.
- Schreuder H.T., Gregoire T.G. y Wood G.B. (1993). "Sampling Methods for Multiresource Forest Inventory". John Wiley & Sons, Nueva York.
- Scott C.T. y Köhl M. (1994). "Sampling with partial replacement and stratification", *Forest Science*, 40(1): págs. 30 a 46.
- Thompson S.K. (1992). "Sampling". John Wiley & Sons, Nueva York.

ELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA – IDENTIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS ESENCIALES

- Cullen A.C. y Frey H.C. (1999). "Probabilistic Techniques in Exposure Assessment, A Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs". ISBN 0-306-45957-4. Plenum Press, Nueva York y Londres.
- Flugsrud K., Irving W. y Rypdal K. (1999). "Methodological Choice in Inventory Preparation. Suggestion for Good Practice Guidance". Documentos 1999/19. Statistics Norway, Noruega.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds.). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/AIE, París, Francia.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AEI/IGES, Hayama, Japón.
- Morgan M.G. y Henrion M. (1990). "Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis". Cambridge University Press, Nueva York.
- Rypdal K. y Flugsrud K. (2001). "Sensitivity Analysis as a Tool for Systematic Reductions in GHG Inventory Uncertainties". *Environmental Policy and Science*. Vol. 4 (2 a 3): págs. 117 a 135.

GARANTÍA DE LA CALIDAD Y CONTROL DE LA CALIDAD

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. y Callander B.A. (Eds.). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. IPCC/OCDE/AIE, París, Francia.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AEI/IGES, Hayama, Japón.

COHERENCIA DE LAS SERIES TEMPORALES Y REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AEI/IGES, Hayama, Japón.

VERIFICACIÓN

- Achard F., Eva H.D., Stibig H.J., Mayaux P., Gallego J., Richards T. y Malingreau J.-P. (2002). "Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests". *Science*, 297: págs. 999 a 1002.
- Alexandrov G.A., Oikawa T. y Yamagata Y. (2002). "The scheme for globalization of a process-based model explaining gradations in terrestrial NPP and its application", *Ecological Modelling*, 148: págs. 293 a 306.
- Aubinet M., Grelle A., Ibrom A., Rannik U., Moncrieff J., Foken T., Kowalski A.S., Martin P.H., Berbigier P., Bernhofer C., Clement R., Elbers J., Granier A., Grünwald T., Morgenstern K., Pilegaard K., Rebmann C., Snijders C.W., Valentini R. y Vesala T. (2000). "Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: the EUROFLUX methodology". *Advances in Ecological Research*, 30: págs. 113 a 175.
- Baldocchi D., Falge E., Gu L., Olson R., Hollinger D., Running S., Anthoni P., Bernhofer C., Davis K., Evans R., Fuentes J., Goldstein A., Katul G., Law B., Lee X., Malhi Y., Meyers T., Munger W., Oechel W., Paw T., Pilegaard K., Schmid H.P., Valentini R., Verma S., Vesala T., Wilson K. y Wofsy S. (2001). "FLUXNET: A New Tool to Study the Temporal and Spatial Variability of Ecosystem-Scale Carbon Dioxide, Water Vapor, and Energy Flux Densities". *Bull. Amer. Met. Soc.*, 82 (11): págs. 2415 a 2434.
- Bakwin P., Tans P., Ussler W. III y Quesnell E. (1995). "Measurements of carbon dioxide on a very tall tower". *Tellus*, 47B: págs. 535 a 549.
- Birdsey R.A. (1996). "Carbon storage for major forest types and regions in the conterminous United States". En: Sampson R.N. y Hair D. (eds.). *Forests and Global Change*, Vol. 2: *Forest Management Opportunities for Mitigating Carbon Emission American Forests*. Washington, D.C., EE.UU., págs. 1 a 25.
- Blair J.B., Rabine D.L. y Hofton M.A. (1999). "The Laser Vegetation Imaging Sensor: a medium-altitude, digitization only, airborne laser altimeter for mapping vegetation". *ISPRS Journal of Photogrammetric & Remote Sensing*, 54: págs. 115 a 122.
- Butterbach-Bahl K., Breuer L., Gasche R., Willibald G. y Papen H. (2002). "Exchange of trace gases between soils and the atmosphere in Scots pine forest ecosystems of the northeastern German lowlands 1. Fluxes of N₂O, NO/NO₂ and CH₄ at forest sites with different N-deposition". *Forest Ecology and Management*, 167: págs. 123 a 134.
- Butterbach-Bahl K. y Papen H. (2002). "Four years continuous record of CH₄-exchange between the atmosphere and untreated and limed soil of a N-saturated spruce and forest ecosystem in Germany". *Plant and Soil*, 240: págs. 77 a 90.
- Carlson T.N. y Ripley D.A. (1997). "On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index". *Remote Sensing of Environment*, 62: págs. 241 a 252.
- Chen W., Chen J.M., Liu J. y Cihlar J. (2000a). "Approaches for reducing uncertainties in regional forest carbon balance". *Global Biogeochemical Cycles*, 14(3): págs. 827 a 838.
- Chen W., Chen J.M. y Cihlar J. (2000b). "An integrated terrestrial carbon-budget model based on changes in disturbance, climate, and atmospheric chemistry". *Ecol. Modelling*, 135: págs. 55 a 79.
- Chen, J.M., Pavlic G., Brown L., Cihlar J., Leblanc S.G., White H.P., Hall R.J., Peddle D., King D.J., Trofymow J.A., Swift E., Van der Sanden J. y Pellikka P. (2002). "Validation of Canada-wide leaf area index maps using ground measurements and high and moderate resolution satellite imagery". *Remote Sensing of Environment*, 80: págs. 165 a 184.
- Dubayah R.O. y Drake J.B. (2000). "Lidar remote sensing for forestry". *J. Forestry*, 98: págs. 44 a 46.
- Foody C.M., Green R.M., Lucas R.M., Curran P.J., Honzak M. y Do Amaral I. (1997). "Observations on the relationship between SIR-C radar backscatter and the biomass of regenerating tropical forests". *Int. J. Remote Sens.*, 18: págs. 687 a 694.
- Gemmell F. y McDonald A.J. (2000). "View zenith angle effects on the forest information content of three spectral indices". *Remote Sensing of Environment*, 72: págs. 139 a 158.

- Gholz H.L. (1982). "Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest". *Ecology*, 63: págs. 469 a 481.
- Gobron N., Pinty B., Verstraete M.M. y Widlowski J.-L. (2000). "Advanced vegetation indices optimised for upcoming sensors: design, performance, and applications". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38: págs. 2489 a 2505.
- Gurney K.R., Law R.M., Scott Denning A., Rayner P.J., Baker D., Bousquet P., Bruhwilerk L., Chen Yu-Han, Ciais P., Fan S., Fung I.Y., Gloor M., Heimann M., Higuchi K., John J., Maki T., Maksyutov S., Masariek K., Peylin P., Prather M., Pukk B.C., Randerson J., Sarmiento J., Taguchi S., Takahashi T. y Yuen C.-W. (2002). "Towards robust regional estimates of CO₂ sources and sinks using atmospheric transport models". *Nature*, 415: págs. 626 a 630.
- Huete A.R., Liu H.Q., Batchily K. y van Leeuwen W. (1997). "A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS". *Remote Sensing of Environment*, 59: págs. 440 a 451.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000). Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. y Tanabe K. (Eds.). *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC/OCDE/AEI/IGES, Hayama, Japón.
- Janssens I.A., Lankreijer H., Matteucci G., Kowalski A.S., Buchmann N., Epron D., Pilegaard K., Kutsch W., Longdoz B., Grünwald T., Montagnani L., Dore S., Rebmann C., Moors E.J., Grelle A., Rannik Ü., Morgenstern K., Oltchev S., Clement R., Guðmundsson J., Minerbi S., Berbigier P., Ibrom A., Moncrieff J., Aubinet M., Bernhofer C., Jensen N.O., Vesala T., Granier A., Schulze E.-D., Lindroth A., Dolman A.J., Jarvis P.G., Ceulemans R. y Valentini R. (2001). "Productivity overshadows temperature in determining soil and ecosystem respiration across European forests", *Global Change Biology*, 7: págs. 269 a 278.
- Kaufman Y.J. y Tanré D. (1992). "Atmospherically-resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30: págs. 261 a 270.
- Kauppi P.E., Mielikäinen K. y Kuusela K. (1992). "Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990". *Science*, 256: págs. 70 a 74.
- Körner C. (2003). "Slow in, rapid out – Carbon flux studies and Kyoto targets". *Science*, 300: págs.1242 a 1243.
- Kramer K., Leinonen I., Bartelink H.H., Berbigier P., Borghetti M., Bernhofer C., Cienciala E., Dolman A.J., Froer O., Gracia C.A., Granier A., Grünwald T., Hari P., Jans W., Kellomäki S., Loustau D., Magnani F., Markkanen T., Matteucci G., Mohren G.M.J., Moors E., Nissinen A., Peltola H., Sabaté S., Sánchez A., Sontag M., Valentini R. y Vesala T. (2002). "Evaluation of 6 process-based forest growth models based on eddy-covariance measurements of CO₂ and H₂O fluxes at 6 forest sites in Europe". *Global Change Biology*, 8: págs. 213 a 230.
- Kurz W. y Apps M. (1999). "A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector". *Ecological Applications*, 9(2): págs. 526 a 547.
- Landsberg J.J. y Waring R.H. (1997). "A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance, and partitioning". *Forest Ecology and Management*, 95: págs. 209 a 228.
- Luckman A., Baker J., Honzák M. y Lucas R. (1998). "Tropical forest biomass density estimation using JERS-1 SAR: Seasonal variation, confidence limits, and application to image mosaics". *Remote Sens. Environ.*, 63: págs. 126 a 139.
- McGuire A.D., Sitch S., Clein J.S., Dargaville R., Esser G., Foley J., Heimann M., Joos F., Kaplan J., Kicklighter D.W., Meier R.A., Melillo J.M., Moore B. III, Prentice I.C., Ramankutty N., Reichenau T., Schloss A., Tian H., Williams L.J. y Wittenberg U. (2001). "Carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century: Analyses of CO₂, climate and land-use effects with four process-based ecosystem models". *Global Biogeochemical Cycles*, 15: págs. 183 a 206.
- Means J.E., Acker S.A., Harding D.J., Blair J.B., Lefsky M.A., Cohen W.B., Harmon M.E. y Mckee W.A. (1999). "Use of large-footprint scanning airborne lidar to estimate forest stand characteristics in the Western Cascades of Oregon". *Remote Sens. Environ.*, 67: págs. 298 a 308.
- Mollicone D., Matteucci G., Koble R., Masci A., Chiesi M. y Smits P.C. (2003). "A model based approach for the estimation of carbon sink in European forest". En: Valentini R. (ed.) *Fluxes of carbon, water and energy of European forests*. *Ecological Studies*, Vol. 163, Springer-Verlag, Berlín, págs.179 a 206.
- Monteith J.L. (1977). "Climate and the efficiency of crop production in Britain". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Serie B*, 281: págs. 277 a 294.

- Moreau L. y Li Z. (1996). "A new approach for remote sensing of canopy absorbed photosynthetically active radiation. II.: proportion of canopy absorption". *Remote Sensing of Environment*, 55: págs. 192 a 204.
- Nabuurs G.J., Pavinen R., Sikkema R. y Mohren G.M.J. (1997). "The role of European forests in the global carbon cycle – a review". *Biomass and Bioenergy*, 13: págs. 345 a 358.
- Nilsson S., Jonas M., Obersteiner M. y Victor D.G. (2001). "Verification: the gorilla in the struggle to slow global warming". *The Forestry Chronicle*, 77(3): págs. 475 a 478.
- Okuda T. y Nakane K. (1988). "Application of Landsat MSS data to the vegetation classification—a case study of the northwestern part of Fukuoka prefecture, Japan". *Jpn. J. Ecol.*, 38: págs. 85 a 97.
- Okuda T., Suzuki M., Adachi N., Yoshida K., Niiyama K., Nur Supardi M.N., Manokaran N. y Mazlan H. (2003). "Logging history and its impact on forest structure and species composition in the Pasoh Forest Reserve - Implication for the sustainable management of natural resources and landscapes". En Okuda T, Niiyama K., Thomas S.C., y Ashton P.S. (eds.). *Pasoh: Ecology of a Rainforest in South East Asia*. Springer, Tokyo, págs. 15 a 34.
- Oreskes N., Shrader-Frechette K. y Belitz K. (1994). "Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences". *Science*, 263: págs. 641 a 646.
- Page S.E., Siegert F., Rieley J.O., Boehm H.-D.V., Jaya A. y Limin S. (2002). "The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997". *Nature*, 420: págs. 61 a 65.
- Rauste Y., Häme T., Pulliainen J., Heiska K. y Hallikainen M. (1994). "Radar-based forest biomass estimation". *Int. Jour. Remote Sensing*, 15(14): págs. 2797 a 2808.
- Running S.W. (1994). "Testing FOREST-BGC ecosystem process simulations across a climatic gradient in Oregon". *Ecol. Appl.*, 4(2): págs. 238 a 247.
- Running S.W. y Coughlan J.C. (1988). "A general model of forest ecosystem processes for regional applications I. Hydrological balance, canopy gas exchange and primary production processes". *Ecol. Model.*, 42: págs. 125 a 154.
- Running S.W. y Hunt E.R. Jr. (1993). "Generalization of a forest ecosystem process model for other biomes, BIOME-BGC, and an application for global-scale models". En: Ehleringer J.R. y Field C. (eds.), *Scaling physiological processes: Leaf to globe*. Academic Press, San Diego, CA, págs. 141 a 158.
- Saatchi S.S., Nelson B., Podest E. y Holt J. (2000). "Mapping land cover types in the Amazon Basin using 1 km JERS-1 mosaic". *Int. J. Remote Sens.*, 21: págs. 1201 a 1234.
- Schulze E.-D., Valentini R. y Sanz M.-J. (2002). "The long way from Kyoto to Marrakesh: implication of the Kyoto Protocol negotiations for global ecology". *Global Change Biology*, 8: págs. 505 a 518.
- Smith P. (2001). "Verifying sinks under the Kyoto Protocol". VERTIC Briefing Paper 01/03, 1-9 (<http://www.vertic.org/briefing/briefing.html>).
- Steinkamp R., Butterbach-Bahl K. y Papen H. (2001). "Methane oxidation by soils of an N limited and N fertilized spruce forest in the Black Forest, Germany". *Soil Biology & Biochemistry*, 33: págs. 145 a 153.
- Terhikki Manninen A. y Ulander L.M.H. (2001). "Forestry parameter retrieval from texture in CARABAS VHF-Band SAR images". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(12): págs. 2622 a 2633.
- Trotter C.M., Dymond J.R. y Goulding C.J. (1997). "Estimation of timber volume in a coniferous plantation forest using Landsat TM". *International Journal of Remote Sensing*, 18: págs. 2209 a 2223.
- Uchijima Z. y Seino H. (1985). "Agroclimatic evaluation of net primary productivity of natural vegetation. (1) Chikugo model for evaluating net primary productivity". *J. Agr. Met.*, 40: págs. 343 a 352.
- Waring R.H. (1983). "Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf area". *Adv. Ecol. Res.*, 13: págs. 327 a 354.
- Waring R.H. y Running S.W. (1998). *Forest Ecosystems. Analysis at multiple scales*. Academic Press, San Diego, CA, EE.UU.