

CAPÍTULO 7

HUMEDALES

Autores

Sección Turba

Dominique Blain (Canadá), Clark Row (Estados Unidos), Jukka Alm (Finlandia), Kenneth Byrne (Irlanda), y Faizal Parish (Centro Ambiental Mundial, Malasia)

Sección Tierras inundadas

Sección basada en la Orientación para buenas prácticas del IPCC para LULUCF

Apéndice 2 – Posible método para estimar las emisiones de CO₂ de tierras convertidas en Tierras inundadas permanentemente: Base para su futuro desarrollo metodológico

Éric Duchemin (Canadá), Jari T. Huttunen (Finlandia), Alain Tremblay (Canadá), Robert Delmas (Francia), y Carlos Frederico Silveira Menezes (Brasil)

Apéndice 3 - Emisiones de CH₄ procedentes de las Tierras inundadas: Base para su futuro desarrollo metodológico

Éric Duchemin (Canadá), Jari T. Huttunen (Finlandia), Alain Tremblay (Canadá), Robert Delmas (Francia), y Carlos Frederico Silveira Menezes (Brasil)

Autores colaboradores

Tatiana Minayeva (Federación Rusa), Luis Pinguelli Rosa (Brasil), y Andrey Sirin (Federación Rusa)

Índice

7	Humedales	
7.1	Introducción	7.5
7.2	Bonales gestionados	7.8
7.2.1	Bonales que permanecen como tales	7.9
7.2.1.1	Emisiones de CO ₂ de Bonales que permanecen como tales	7.9
7.2.1.2	Emisiones de no-CO ₂ de Bonales que permanecen como tales	7.16
7.2.1.3	Evaluación de incertidumbre	7.18
7.2.2	Tierras en conversión para la extracción de turba	7.19
7.2.2.1	Emisiones de CO ₂ de tierras en conversión para la extracción de turba	7.19
7.2.2.2	Emisiones de no CO ₂ de tierras en conversión a bonales gestionados	7.21
7.2.2.3	Evaluación de incertidumbre	7.21
7.3	Tierras Inundadas	7.21
7.3.1	Tierras inundadas que permanecen como tales	7.22
7.3.2	Tierras convertidas en tierras inundadas	7.22
7.3.2.1	Emisiones de CO ₂ de tierras convertidas en tierras inundadas	7.22
7.3.2.2	Emisiones de no-CO ₂ de Tierras convertidas en tierras inundadas	7.23
7.3.2.3	Evaluación de incertidumbre	7.23
7.4	Exhaustividad, coherencia de la serie temporal y GC/CC	7.23
7.4.1	Exhaustividad	7.23
7.4.2	Desarrollo de una serie temporal coherente	7.24
7.4.3	Garantía de calidad y Control de calidad (GC/CC)	7.24
7.4.4	Generación de informes y documentación	7.24
7.5	Desarrollo metodológico futuro	7.24
	Referencias	7.26

Ecuaciones

Ecuación 7.1	Emisiones de CO ₂ de humedales	7.7
Ecuación 7.2	Emisiones de CO ₂ en bonales durante la extracción de turba.....	7.9
Ecuación 7.3	Emisiones de CO ₂ -C de bonales gestionados (Nivel 1)	7.11
Ecuación 7.4	Emisiones en el sitio de CO ₂ -C del suelo a partir de bonales gestionados (Nivel 1)	7.11
Ecuación 7.5	Emisiones de CO ₂ -C fuera del sitio a partir de bonales gestionados (Nivel 1)	7.12
Ecuación 7.6	Emisiones de CO ₂ -C en el sitio a partir de bonales gestionados (Niveles 2 y 3)	7.13
Ecuación 7.7	Emisiones de N ₂ O de bonales durante la extracción de turba	7.16
Ecuación 7.8	Emisiones de CO ₂ -C en bonales bajo drenaje para extracción de turba	7.19
Ecuación 7.9	Emisiones de CO ₂ -C del suelo en bonales bajo drenaje para extracción de turba	7.20
Ecuación 7.10	Cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa viva de tierras convertidas en tierras permanentemente inundadas.....	7.22

Figura

Figura 7.1	Árbol de decisiones para estimar las emisiones de CO ₂ -C y N ₂ O de <i>Bonales que permanecen como tales</i>	7.10
------------	---	------

Cuadros

Cuadro 7.1	Secciones con las emisiones más importantes de gases de efecto invernadero procedentes de los humedales	7.5
Cuadro 7.2	Orientación sobre emisiones de humedales gestionados para otros usos	7.6
Cuadro 7.3	Clases Ramsar de humedales creados por el hombre	7.6
Cuadro 7.4	Factores de emisión para CO ₂ -C e incertidumbre asociada para tierras gestionadas para extracción de turba, por zonas climáticas	7.14
Cuadro 7.5	Factores de conversión para CO ₂ -C para datos de producción en volumen y en peso.....	7.14
Cuadro 7.6	Factores de emisión por defecto para emisiones de N ₂ O de bonales gestionados	7.17

7 HUMEDALES

7.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se brinda orientación sobre cómo estimar y declarar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por humedales gestionados. Los humedales incluyen todo tipo de tierras que estén cubiertas o saturadas por aguas todo el año o la mayor parte y que no entran en las categorías de Tierras forestales, Tierras de cultivo o Pastizales. Los humedales gestionados se limitan a aquellos en los que el nivel freático se modifica artificialmente (p. ej., se drene o se eleve) o a los que hayan sido creados por la actividad humana (p. ej., embalsado de un río). Las emisiones de los humedales no gestionados no se estiman.

Se suministran metodologías para:

- Bonales liberados y drenados para la producción de turba de uso energético, hortícola o de otro carácter (Sección 7.2). Ahora, la metodología de estimación, aunque sea esencialmente la misma que en el informe del IPCC de *Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura* (GPG-LULUCF), incluye las emisiones resultantes del uso de turba hortícola.
- Reservorios o embalses para producción de energía, irrigación, navegación o recreación (Sección. 7.3). Actualmente, el alcance de la evaluación llega a las emisiones de CO₂ de todas las tierras convertidas en Tierras inundadas permanentemente. Las Tierras inundadas no incluyen los lagos ni ríos regulados a menos que se haya producido un incremento sustancial en la superficie acuática.

En pro de la simplicidad, en el resto de esta sección se hará referencia a bonales gestionados para la extracción de turba como bonales y a las tierras inundadas de los reservorios como Tierras Inundadas. En el Cuadro 7.1 se aclara el alcance de la evaluación y de las correspondientes secciones de este capítulo.

CUADRO 7.1 SECCIONES CON LAS EMISIONES MÁS IMPORTANTES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PROCEDENTES DE LOS HUMEDALES		
Categoría de uso de la tierra/GHG	Bonales	Tierras Inundadas
Humedales que permanecen como tales.		
CO ₂	Sección 7.2.1.1	Sin orientación ¹
CH ₄	Sin orientación ²	Apéndice 3
N ₂ O	Sección 7.2.1.1	Sin orientación ³
Tierras convertidas en Humedales		
CO ₂	Sección 7.2.2.1	Sección 7.3.2.1 y Apéndice 2
CH ₄	Sin orientación ²	Apéndice 3
N ₂ O	Sección 7.2.2.2	Sin orientación ³
NOTAS:		
¹ Las emisiones de CO ₂ de <i>Tierras inundadas que permanecen como tales</i> están cubiertas por las estimaciones de los cambios en las existencias de carbono de los usos de la tierra y los cambios en el uso de la tierra (p. ej., suelos) corriente arriba de la Tierra Inundada.		
² La emisión de metano de los bonales es insignificante con posterioridad al drenaje que se produce durante la conversión y la extracción de turba.		
³ Las emisiones de N ₂ O de las Tierras inundadas se incluyen en las estimaciones de N ₂ O indirecto de los escurrimientos agrícolas y de otros tipos, y de las aguas residuales.		

Es frecuente que los humedales se gestionen para otros usos, como la gestión de bosques y pastizales, o tierras de cultivo. En general, el nivel científico de conocimientos sobre los balances de gases de efecto invernadero de los distintos tipos de humedales es todavía bastante bajo e incierto; no obstante, se continúa estudiando sobre este tema (p. ej., Boreal Env. Res. 11, 2006). En el Cuadro 7.2 se indica dónde encontrar la orientación con respecto a estos humedales gestionados.

CUADRO 7.2 ORIENTACIÓN SOBRE EMISIONES DE HUMEDALES GESTIONADOS PARA OTROS USOS	
Categoría de uso de la tierra	Volumen/Sección de estas Directrices
Humedales ya convertidos o convirtiéndose en:	
Tierras de cultivo, incluyendo «pantanos arbolados» para arándanos y otras frutas ericáceas.	Volumen 4, Capítulo 5 (Sección 5.3)
Pastizales gestionados	Volumen 4, Capítulo 6 (Sección 6.3)
Tierras forestales gestionadas, incluyendo humedales drenados o no drenados según las definiciones nacionales.	Volumen 4, Capítulo 4 (Sección 4.3)
Cultivo del arroz	Volumen 4, Capítulo 5 (Sección 5.5)

Hay algunos usos de los humedales que no se incluyen porque no se dispone de metodologías apropiadas. Entre estos se incluyen los estanques de gestión de estiércol, los de efluentes industriales, los de acuicultura y la rehumectación de humedales previamente drenados o la restauración de humedales (véase la Sección 7.5, Desarrollo metodológico futuro). Los países en los que estas actividades sean significativas deben considerar la realización de trabajos de investigación para evaluar su aporte a las emisiones u absorciones de gases de efecto invernadero. Las emisiones de N₂O de humedales gestionados para la filtración de efluentes agrícolas de fuente difusa, como fertilizantes y pesticidas, se incluyen en las emisiones indirectas de los abonos del suelo (Volumen 4, Capítulo 11).

La mayoría de las clasificaciones ecológicas de los humedales, incluidas las de la Convención de Ramsar sobre Humedales, consideran muchas de estas tierras como Humedales e, incluso, a las que sufren perturbaciones por actividades humanas o las que se construyen artificialmente. La clasificación de Humedales adoptada por la Convención de Ramsar (Ramsar, 1996) se emplea mucho en cuanto a aspectos de gestión. En el Cuadro 7.3 se relacionan las clases de humedales de que trata este informe con ciertas definiciones de la Convención de Ramsar.

CUADRO 7.3 CLASES RAMSAR DE HUMEDALES CREADOS POR EL HOMBRE		
Clase RAMSAR	Subcategorías de humedales correspondientes en la terminología del IPCC	Orientación metodológica
Acuicultura	Tierras inundadas	No ¹
Estanques	Tierras inundadas	No ¹
Tierras irrigadas (si se las cultiva)	tierras de cultivo	No ²
Tierras agríc. inundadas por temporadas	Cultivo del arroz	Sí (Vol. 4, Capítulo 5)
Emplazamientos de explotación salina	---	No ¹
Zonas de almacenamiento de agua	Tierras inundadas	Sí (este capítulo)
Excavaciones (en parte)	Bonales gestionados p/ extracción de turba	Sí (este capítulo)
Áreas de tratamiento de aguas residuales	«Humedales construidos» o Sector Desechos	No ³
Canales y canales de drenaje, acequias.	--	No ³
NOTAS: ¹ No se dispone de metodologías por defecto apropiadas para estas fuentes. ² El capítulo sobre Tierras de cultivo incluye esta fuente. ³ Las emisiones de CH ₄ y N ₂ O procedentes de las descargas de aguas residuales a canales, ríos, lagos, mares y canales de drenaje o acequias, así como las áreas de tratamiento de aguas residuales están cubiertas en el Volumen 5, Capítulo 3, aunque no lo están las emisiones adicionales de nuevos humedales. Las emisiones de N ₂ O del lixiviado de fertilizantes nitrogenados están cubiertas en el Volumen 4, Capítulo 11. Fuente: Ramsar, 1996		

Emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de humedales

Los humedales son ecosistemas en los que los procesos biológicos y geoquímicos, así como las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes se controlan según el grado de saturación del agua y según el clima y la disponibilidad de nutrientes.

Como en otros ecosistemas, el flujo neto de carbono hacia o desde la atmósfera es el resultado de un balance entre la absorción de carbono de la atmósfera por fotosíntesis y su liberación como resultado de la descomposición. Tanto las tasas de absorción de C como las de pérdidas por descomposición se ven influenciadas por el clima, la disponibilidad de nutrientes, la saturación del agua o la disponibilidad de oxígeno. En condiciones aeróbicas (de abundante oxígeno), que prevalecen en la mayoría de los ecosistemas de tierras altas, la descomposición libera CO₂, mientras que, en condiciones anaeróbicas, prevalecen las emisiones de CH₄ (Moore y Knowles, 1989).

En la mayoría de los humedales, alrededor de un 90 por ciento del carbono de la producción primaria bruta vuelve a la atmósfera por descomposición (Cicerone y Oremland, 1988). El material que no se descompone se hunde hasta el fondo de la masa de agua y se acumula encima del material depositado anteriormente.

Bajo condiciones de saturación¹ o en ambientes inundados, la actividad de las bacterias aeróbicas y de otros organismos de descomposición se ve limitada por la disponibilidad de oxígeno. Las condiciones anóxicas (con agotamiento de oxígeno) que se encuentran habitualmente en el fondo de la masa de agua evitan la ulterior descomposición de la materia orgánica por parte de estos organismos. Hay otras bacterias, metanógenos, sulfurogenos, etc. que pueden descomponer al menos parte de la materia orgánica, lo que produce emisiones de CH₄ y de otros gases. Si el metano se difunde hacia arriba por la columna de agua o la capa superior del suelo aireado, existe, además, otro grupo de bacterias, metanotrofos, que oxidan parcialmente al metano y lo convierten en CO₂ antes de que se lo libere. En general, los humedales constituyen una fuente natural de CH₄, con emisiones que se estiman en 55-150 Tg CH₄ año⁻¹ (Watson *et al.*, 2000).

Generalmente, las emisiones de N₂O de los ecosistemas saturados son muy bajas, a menos que haya un suministro sostenido de nitrógeno exógeno. Cuando los humedales, y especialmente los bonales, se drenan, las tasas de emisión de N₂O se controlan mayormente mediante la provisión de nitrógeno por mineralización; es decir por la fertilización del suelo. Bajo condiciones minerotróficas (ricas en nutrientes), hay otros controles, como el pH, la temperatura y el nivel del agua, que regulan la nitrificación del nitrógeno mineral y su ulterior reducción a N₂O (Klemetsson *et al.*, 2005; Martikainen *et al.*, 1995).

En resumen, el drenaje de los humedales produce una reducción en las emisiones de CH₄, un incremento en las emisiones de CO₂ debido a la mayor oxidación del material orgánico del suelo, y un aumento en las emisiones de N₂O en humedales minerotróficos.

A la inversa, la creación de humedales mediante la inundación altera la pauta de las emisiones de gases de efecto invernadero y produce mayores emisiones de CH₄ y menos emisiones de CO₂. Según el clima y las características del reservorio, pueden producirse emisiones tanto de CO₂ como de CH₄ a partir de la descomposición de biomasa sumergida y de la descomposición de materia orgánica y de otras partículas disueltas de materia orgánica del suelo inundado.

En las correspondientes secciones de este capítulo se analizan aspectos metodológicos más específicos de los dos tipos de humedales gestionados.

Resumen de lo que debe declararse

El total de las emisiones de CO₂ de humedales se estima como la suma de las emisiones de los dos tipos de humedales gestionados (Ecuación 7.1).

<p>ECUACIÓN 7.1 EMISIONES DE CO₂ DE HUMEDALES $CO_{2_w} = CO_{2_Wturba} + CO_{2_Winund.}$</p>
--

Donde:

CO_{2_w} = emisiones de CO₂ de humedales, Gg CO₂ año⁻¹

CO_{2_Wturba} = emisiones de CO₂ de bonales gestionados para la producción de turba, Gg CO₂ año⁻¹

CO_{2_Winund.} = emisiones de CO₂ de (tierras convertidas en) Tierras inundadas, Gg CO₂ año⁻¹

¹ El suelo se satura cuando todo el espacio de aire existente entre las partículas del suelo se llena con agua, lo que produce condiciones anaeróbicas.

Dada la naturaleza de los suelos orgánicos, de los saturados y de las superficies cubiertas por agua, por lo general, la metodología para la estimación de las emisiones de CO₂ se basa en el desarrollo de factores de emisión y en información sobre las existencias de biomasa en la tierra previas a la inundación. Algunas actividades, p. ej. la remoción de vegetación y su ulterior quemado en *Tierras en conversión para la extracción de turba*, producen emisiones que pueden estimarse como cambios en las existencias de carbono, en cuyo caso se suministran referencias a los métodos genéricos del Capítulo 2.

Se suministra una metodología por defecto para emisiones de N₂O sólo para bonales gestionados para extracción de turba.

7.2 BONALES GESTIONADOS

La turba se acumula en los humedales cuando la generación anual de materia orgánica excede la cantidad de aquella que se descompone. La pauta de desarrollo de los depósitos de turba varía con el clima y la hidrología y la sucesión de tipos de bonales en una zona dada puede ser compleja (Mitsch y Gosselink, 2000). El secuestro de carbono puede ser de sólo 20 a 50 kg/há por año (Watson *et al.*, 2000), lo que es bastante poco comparado con los rendimientos de las cosechas de cultivos. La mayoría de los depósitos de turba se han venido acumulando durante varios miles de años y muchos de ellos desde la desaparición del último glaciar de la edad de los glaciares hace más de 8000 años.

El ciclo de producción de un bonal incluye tres fases (*Canadian Sphagnum Turba Moss Association*, 2004; Nilsson y Nilsson, 2004):

- (i) Conversión de tierras en preparación para la extracción de turba. La conversión comienza con la construcción de acequias de drenaje principales y secundarias que permiten eliminar el agua de la zona por drenaje. En cuanto empieza a bajar el nivel freático, se quita y se destruye la biomasa de la superficie, incluidos todos los árboles o arbustos y la capa viva de vegetación que produce turba. Esta etapa puede llevar varios años. Las áreas de extracción de turba se establecen también en zonas drenadas previamente con otros propósitos. En general, esto requiere sólo algunas mejoras o un refinamiento de la pauta de drenaje. El principal flujo de gases de efecto invernadero de este proceso es la emisión de CO₂ producida por la remoción de biomasa y por la descomposición de la turba drenada. Esta fase corresponde a la conversión de tierras en bonales y se analiza en la Sección 7.2.2.
- (ii) Extracción: Hay un tipo de extracción por el que, anualmente, se «muele» o se desintegra la superficie de la turba en partículas, lo que, posteriormente, se seca en los meses de verano. Después, las partículas de turba secadas por el aire se recogen y se transportan desde la zona hasta las reservas. Por un tipo más antiguo de extracción se corta la superficie del depósito de turba en pequeños bloques que se dejan secar. Independientemente de la tecnología de extracción, la velocidad del secado y de la producción anual de turba se incrementan según la frecuencia de las condiciones de tiempo seco. La extracción puede continuar de 20 a 50 años antes de que se alcance la profundidad económicamente rentable del depósito de turba. Las principales emisiones de gases de efecto invernadero de esta fase son las resultantes de la descomposición de la turba, tanto en el sitio (turba drenada, expuesta) y fuera de él (turba extraída y utilizada en otra parte. Esta fase corresponde a *Bonales que permanecen como tales* y se analiza en la Sección 7.2.1.

Dado que las emisiones de bonales sujetos a extracción difieren sustancialmente en escala y tipo de las emisiones de *Tierras en conversión para la extracción de turba*, en los países con una activa industria de turba deben separarse los bonales gestionados consecuentemente.

- (iii) Abandono, restauración o conversión para otro uso: La extracción de turba se interrumpe cuando ya no resulta rentable su extracción desde el depósito. En general, las emisiones de gases de efecto invernadero continúan produciéndose en estas tierras y deben declararse siguiendo la orientación que se ofrece en la Sección 7.2.1, siempre que la tierra no se convierta para otro uso. Dado que no se suministra metodología alguna para estimar las emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero de bonales restaurados, los países que tengan gran cantidad de éstos pueden analizar las posibilidades de desarrollar o recabar la información científica que sirva de base al desarrollo de metodologías de estimación de gases de efecto invernadero (véase la Sección 7.5 desarrollo metodológico futuro). Deben declararse los despojos de bonales que se deforestan o se cultivan bajo *Tierras convertidas en tierras forestales* (Capítulo 4, Sección 4.3) y *Tierras convertidas en tierras de cultivo* (Capítulo 5, Sección 5.3).

Los bonales sometidos a extracción (es decir, los *Bonales que permanecen como tales*) se consideran en primer lugar, de manera similar a los demás capítulos, aunque en forma inversa a la secuencia habitual de producción de turba, como se mencionara precedentemente.

7.2.1 Bonales que permanecen como tales.

Esta sección se refiere a las emisiones de bonales sometidos a una activa extracción de turba. El uso de la turba es muy diverso: alrededor de la mitad se emplea para energía; el resto para horticultura, paisajismo, tratamiento de aguas residuales industriales y otros propósitos (International Turba Society, 2004). Las técnicas para la extracción de turba de los depósitos son similares y deben declararse todas las fuentes del lugar que producen emisiones de gases de efecto invernadero bajo esta categoría, independientemente del uso final que se le dé a la turba. Las emisiones producidas por el uso para energía fuera de sitio deben declararse en el Sector Energía y no se las considera en este capítulo.

7.2.1.1 EMISIONES DE CO₂ DE BONALES QUE PERMANECEN COMO TALES

La estimación de las emisiones de CO₂ de tierras sometidas a extracción de turba incluye dos elementos básicos: emisiones en el sitio de depósitos de turba durante la etapa de extracción y emisiones fuera del sitio por el uso hortícola (no energético) de la turba (Ecuación 7.2). La extracción de la turba comienza por el desmonte de vegetación (Sección 7.1), lo que impide el ulterior secuestro de carbono, de modo que sólo se consideran las emisiones de CO₂.

ECUACIÓN 7.2
EMISIONES DE CO₂ EN BONALES DURANTE LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$CO_{2\text{WWturba}} = \left(CO_{2-C_{\text{turba fuera del sitio}}} + CO_{2-C_{\text{WW turba en el sitio}}} \right) \cdot \left(\frac{44}{12} \right)$$

Donde:

$CO_{2\text{WWturba}}$ = emisiones de CO₂ de tierras sometidas a extracción de turba, Gg CO₂ año⁻¹

$CO_{2-C_{\text{WW turba fuera del sitio}}}$ = emisiones de CO₂-C fuera del sitio de turba sacada para uso hortícola, Gg C año⁻¹

$CO_{2-C_{\text{WW turba en el sitio}}}$ = emisiones de CO₂-C en el sitio de depósitos turba drenados, Gg C año⁻¹

Las emisiones de CO₂-C fuera del sitio se asocian con el uso hortícola (no energético) de la turba extraída y removida. Las emisiones fuera de sitio por el uso de turba para energía deben declararse en el sector Energía y, por lo tanto, no se incluyen aquí.

Independientemente del uso final que se le dará a la turba, la elección del método, los factores de emisión y los datos de la actividad para estimar las emisiones en el sitio pueden ser las mismas, siempre que los datos se desagreguen por tipo de turba, lo que tiene estrecha relación con el nivel de nutrientes (rico y pobre), y si la zona climática es la apropiada.

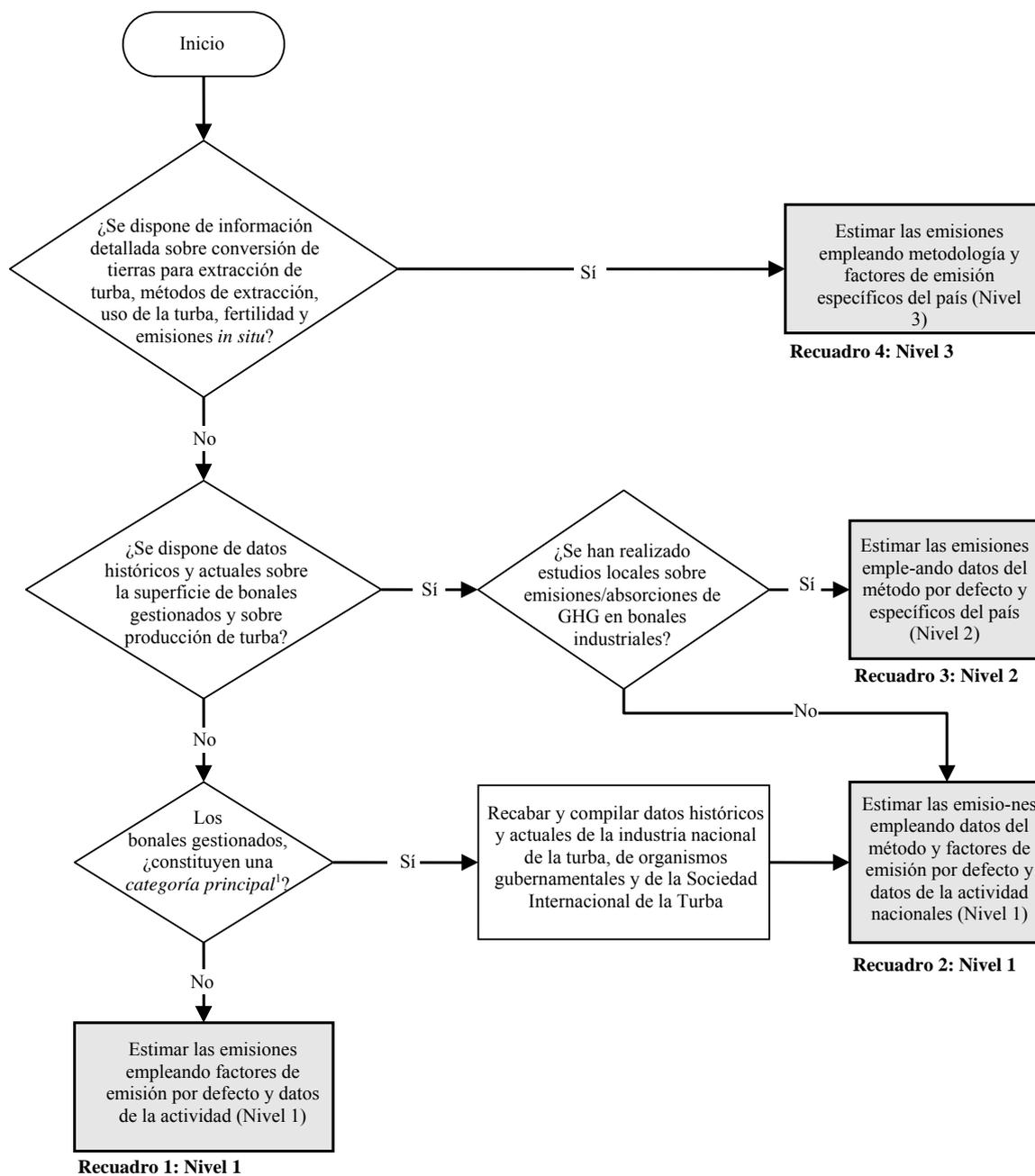
ELECCIÓN DEL MÉTODO

En la Figura 7.1 se presenta el árbol de decisiones para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero de bonales.

Nivel 1

Se suministra una metodología por defecto que cubre las emisiones de CO₂ en el sitio (sin distinción entre las fases de la producción de turba), y el uso hortícola de la turba (Ecuaciones 7.3 a 7.5).

Figura 7.1 Árbol de decisiones para estimar las emisiones de CO₂-C y N₂O de *Bonales que permanecen como tales*



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

ECUACIÓN 7.3
EMISIONES DE CO₂-C² DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$CO_2-C_{WW_{turba}} = CO_2-C_{WW_{turba\ fuera-del-sitio}} + CO_2-C_{WW_{turba\ en-el-sitio}}$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba}}$ = emisiones de CO₂-C de bonales gestionados, Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{WW_{turba\ en-el-sitio}}$ = emisiones en el sitio de depósitos de turba (todas las fases de producción), Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{WW_{turba\ fuera-del-sitio}}$ = emisiones de CO₂-C fuera del sitio de turba sacada para uso hortícola, Gg C año⁻¹

La Ecuación 7.4 se aplica al total de la superficie de los bonales gestionados, incluidas las tierras en conversión a bonales y los bonales abandonados, a menos que éstos se conviertan a otro uso, en cuyo caso las emisiones deben atribuirse al nuevo uso de la tierra; p. ej., Tierras de cultivo o Tierras forestales.

En la metodología de Nivel 1 se consideran sólo las emisiones del desmonte de biomasa. Cuando aumenta la superficie total de bonales gestionados, se está produciendo una conversión en bonales. La conversión de bonales para extracción de turba implica el desmonte y la remoción de vegetación. El término $\Delta C_{WW_{turba\ B}}$ de la Ecuación 7.4 se estima como $\Delta C_{conversión}$, utilizando la Ecuación 2.16 (Capítulo 2 de este Volumen). Se supone que los demás cambios en las existencias de C de la biomasa viva en tierras de turba gestionadas equivalen a cero.

ECUACIÓN 7.4
EMISIONES EN EL SITIO DE CO₂-C DEL SUELO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL

$$1) CO_2-C_{WW_{turba\ en-el-sitio}} = \left[\frac{(A_{turbaRica} \cdot EF_{CO_2_{turbaRica}}) + (A_{turbaPobre} \cdot EF_{CO_2_{turbaPobre}})}{1000} \right] + \Delta C_{WW_{turba\ B}}$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba\ en-el-sitio}}$ = emisiones de CO₂-C en el sitio de depósitos de turba (todas las fases de producción), Gg C año⁻¹

$A_{turbaRica}$ = superficie de suelos con turba rica en nutrientes gestionados para extracción de turba (todas las fases de producción), há

$A_{turbaPobre}$ = superficie de suelos con turba pobre en nutrientes gestionados para extracción de turba (todas las fases de producción), há

$EF_{CO_2_{turbaRica}}$ = factores de emisión de CO₂ para suelos de turba rica en nutrientes gestionados para la extracción de turba o abandonados después de la extracción de turba, ton C há⁻¹ año⁻¹

$EF_{CO_2_{turbaPobre}}$ = factores de emisión de CO₂ para suelos de turba pobre en nutrientes gestionados para la extracción de turba o abandonados después de la extracción de turba, ton C há⁻¹ año⁻¹

$\Delta C_{WW_{turba\ B}}$ = emisiones de CO₂-C producidas por cambios en las existencias de carbono en biomasa por desmonte de la vegetación, Gg C año⁻¹

² CO₂-C se refiere al carbono emitido como CO₂

Las estimaciones de las emisiones fuera del sitio se derivan convirtiendo los datos de producción anual de turba (ya sea en volumen o en peso con aire seco) al peso del carbono (Ecuación 7.5). Se supone que todo el carbono de la turba hortícola se emite durante el año de la extracción. Los países pueden modificar esta hipótesis si usan niveles más altos.

ECUACIÓN 7.5
EMISIONES DE CO₂-C FUERA DEL SITIO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$CO_2-C_{WW_{turba\ fuera-de-sitio}} = \frac{(Wt_{turba_seca} \bullet C_{fraction_{wt_turba}})}{1000}$$

o

$$CO_2-C_{WW_{turba\ fuera-del-sitio}} = \frac{(Vol_{turba_seca} \bullet C_{fraction_{vol_turba}})}{1000}$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba\ fuera-del-sitio}}$ = emisiones de CO₂-C fuera del sitio de turba sacada para uso hortícola, Gg C año⁻¹

Wt_{turba_seca} = peso en aire seco de la turba extraída, ton año⁻¹

Vol_{turba_seca} = volumen de turba en aire seco extraída, m³ año⁻¹

$C_{fracción_{wt_turba}}$ = fracción de carbono en aire seco por peso, (ton de turba en aire seco)⁻¹

$C_{fracción_{vol_turba}}$ = fracción de carbono en aire seco por volumen, ton C (m³ de turba en aire seco)⁻¹

Nivel 2

En los cálculos del Nivel 2 se utilizan factores de emisión y parámetros específicos del país, desagregados espacialmente para reflejar prácticas regionalmente importantes y las dinámicas ecológicas dominantes. Puede resultar apropiado subdividir los datos de la actividad y los factores de emisión según las prácticas de extracción (p. ej., la tecnología utilizada para secar y extraer la turba), la fertilidad y composición de la turba según se vean influenciadas por la cobertura vegetal previa, y la fracción de carbono de la turba en aire seco bajo los climas locales. Generalmente, el drenaje de bonales conduce a la compactación de la turba y a su hundimiento, así como a la oxidación y a las pérdidas de carbono en formas diferentes al CO₂. El acrotelmo (zona superior y óxica de la turba) es susceptible a las variaciones estacionales en contenido de humedad volumétrica, especialmente si la estructura de la turba ha sido alterada (Waddington & Price, 2000). En consecuencia, las mediciones de los cambios de las existencias de carbono en los suelos con turba son difíciles de realizar y es poco factible estimar correctamente los flujos de CO₂ de estos suelos, por lo que no se recomiendan a menos que los datos estén cuidadosamente calibrados.

Las metodologías del Nivel 2 implican separar los bonales que se están convirtiendo para la extracción de turba de aquellos que ya están produciendo turba a nivel comercial. En la Sección 7.2.2 se describen las metodologías de estimación para *Tierras en conversión para extracción de turba*. Se debe tener cuidado de no realizar el cómputo doble de las emisiones de CO₂ del desmonte de biomasa.

Nivel 3

Un método de Nivel 3 implica una comprensión y una representación exhaustivas de la dinámica de las emisiones y absorciones de CO₂ en bonales gestionados, incluyendo el efecto de las características del sitio, el tipo y la profundidad de la turba, la tecnología de extracción, y las fases de la extracción de turba descritas al comienzo de la Sección 7.2. La metodología incluye todas las fuentes conocidas de CO₂ en el sitio (Ecuación 7.6). El término $CO_2-C_{WW_{turba\ conversión}}$ de la Ecuación 7.6 se refiere a las emisiones de la conversión del uso de la tierra, incluidos los cambios en las existencias de carbono de la biomasa y de las emisiones del suelo. El término $CO_2-C_{WW_{turba\ extracción}}$ corresponde a las emisiones en el sitio a declarar bajo el Nivel 1 (menos el término biomasa, ahora incluido en $CO_2-C_{WW_{turba\ conversión}}$). Las emisiones de reservas de turba que se están secando (variable $CO_2-C_{WW_{turba\ reservas}}$) son mucho más inciertas. Las temperaturas más altas pueden hacer que las reservas liberen más CO₂ que el campo de excavación pero, actualmente, los datos no son suficientes como para ofrecer orientación. Las

pautas de emisión de CO₂ de bonales abandonados (CO₂-C_{WW turba_{post}}) varían según las técnicas de restauración y las tasas de respiración del suelo y de regeneración de la vegetación (Petrone *et al.*, 2003; Waddington y McNeil, 2002; Komulainen *et al.*, 1999); por lo tanto, estas pautas son específicas del lugar. Como en el Nivel 2, no se recomiendan las mediciones directas de los cambios en las existencias de C del suelo. Los países con industrias de extracción de turba y actividades de restauración significativas deben tomarse la tarea de documentar por separado las tres fuentes de CO₂ del sitio de la Ecuación 7.6.

ECUACIÓN 7.6

EMISIONES DE CO₂-C EN EL SITIO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVELES 2 Y 3)

$$CO_2-C_{WW_{peat\ on-site}} = \left(\begin{array}{l} CO_2-C_{WW_{peat\ conversion}} + CO_2-C_{WW_{peat\ extraction}} \\ CO_2-C_{WW_{peat\ stockpiling}} + CO_2-C_{WW_{peat\ post}} \end{array} \right)$$

Donde:

CO₂-C_{WW turba_{en-el-sitio}} = emisiones de CO₂-C en el sitio de depósitos de turba, Gg C año⁻¹

CO₂-C_{WW turba_{conversion}} = emisiones de CO₂-C en el sitio de la conversión de tierras para extracción de turba, Gg C año⁻¹

CO₂-C_{WW turba_{extracción}} = emisiones de CO₂-C desde la superficie de la zona de extracción de turba, Gg C año⁻¹

CO₂-C_{WW turba_{reservas}} = emisiones de CO₂-C desde reservas de turba previas a su remoción del sitio, Gg C año⁻¹

CO₂-C_{WW turba_{post}} = emisiones de CO₂-C desde suelos de bonales abandonados cortados, Gg C año⁻¹

ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Nivel 1

La aplicación del método de Nivel 1 exige el uso de los factores de emisión en el sitio por defecto, EF_{CO₂turbaRica} y EF_{CO₂turbaPobre}, y las fracciones de carbono por defecto de turba por peso (Cfracción_{wt_turba}) o por volumen (Cfracción_{vol_turba}) para estimar las emisiones fuera del sitio a partir de los datos de producción en peso y en volumen, respectivamente. Los valores por defecto de EF_{CO₂turbaRica} y EF_{CO₂turbaPobre} se encuentran en el Cuadro 7.4. Las fracciones de turba por defecto se presentan en el Cuadro 7.5. En las regiones boreales predominan los «pantanos arbolados» pobres en nutrientes, mientras que, en las regiones templadas, son más comunes los pantanos y las turberas ricos en nutrientes. Los tipos de bonales pueden inferirse a partir del uso final que se da a la turba: la turba esfagnácea, dominante en los «pantanos arbolados» (pobres en nutrientes), es la preferida para uso hortícola, mientras que la turba ciperácea, más común en pantanos minerotróficos (ricos en nutrientes) es más apropiada para la generación de energía. Los países boreales que no cuentan con información sobre las áreas de bonales ricos y pobres en nutrientes deben utilizar el factor de emisión para bonales pobres en nutrientes. Los países templados que no cuenten con esa información deben utilizar el factor de emisión para bonales ricos en nutrientes. Sólo se suministra un factor por defecto para las regiones tropicales, por lo que no resulta necesario desagregar la superficie de bonales según la fertilidad del suelo en los países tropicales que emplean el método de Nivel 1.

CUADRO 7.4			
FACTORES DE EMISIÓN PARA CO₂-C E INCERTIDUMBRE ASOCIADA PARA TIERRAS GESTIONADAS PARA EXTRACCIÓN DE TURBA, POR ZONAS CLIMÁTICAS			
Zona climática	Factor de emisión (ton C há⁻¹ año⁻¹)	Incertidumbre * (ton C há⁻¹ año⁻¹)	Referencia/Comentario ^b
Boreal y templado			
EF _{CO₂turba} Pobre pobre en nutrientes	0,2	0 a 0,63	Laine y Minkkinen, 1996; Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002
EF _{CO₂turba} Rica rica en nutrientes	1,1	0,03 a 2,9	Laine <i>et al.</i> , 1996; LUSTRA, 2002; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002; Sundh <i>et al.</i> , 2000
Tropical			
EF _{CO₂turba}	2,0	0,06 a 7,0	Calculado a partir de la diferencia relativa existente entre el clima templado (pobre en nutrientes) y tropical
^a Rango de datos subyacentes			
^b Los valores para boreal y templado se han desarrollado como media a partir de una revisión de mediciones de parcelas apareadas, suponiendo que las condiciones en los suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba son solo de levemente drenados. La mayoría de los datos pertenece a bonales europeos que no están necesariamente en producción.			

CUADRO 7.5		
FACTORES DE CONVERSIÓN PARA CO₂-C PARA DATOS DE PRODUCCIÓN EN VOLUMEN Y EN PESO		
Zona climática	Cfracción_{wt_turba} [ton C (ton turba en aire seco)⁻¹]	Cfracción_{vol_turba} (ton C por m³ C turba en aire seco)
Boreal y templado		
Pobre en nutrientes	0,45	0,07
Rico en nutrientes	0,40	0,24
Tropical		
Humus tropical	0,34	0,26
Calculado a partir de Prospección Geológica de los EEUU (2004): densidad aparente promedio del sondeo y contenidos típicos de humedad y de carbono. Sobre la base de un 35-55% de contenido de humedad en la turba en aire seco.		

Niveles 2 y 3

La incertidumbre de los factores de emisión se puede reducir mediante la medición del contenido de humedad y la fracción de carbono de la turba extraída según los climas y las prácticas de extracción locales, teniendo en cuenta la variabilidad climática interanual. Se deben utilizar las mediciones de flujo de CO₂ desagregadas espacialmente para desarrollar factores de emisión *in situ* más precisos, corrigiendo según las pérdidas de carbono producidas por la lixiviación del carbono orgánico disuelto o por escurrimiento. En las zonas boreales, las emisiones del invierno pueden representar entre el 10 y el 30% de las emisiones netas anuales (Alm *et al.*, 1999) y se las debe estimar. Las mediciones desagregadas del flujo de CO₂ de las reservas de turba y de sitios de excavación de turba abandonados y restaurados podrían servir de ayuda para reducir la ulterior estimación de incertidumbres. La bibliografía es escasa y se alienta a los países a compartir datos cuando la calidad de la turba, las condiciones ambientales y las prácticas de extracción sean similares.

ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Todos los Niveles requieren datos sobre las superficies de bonales gestionados para la extracción de turba (A_{turbaRica} y/o A_{turbaPobre}) y los datos de producción de turba por peso o volumen de turba en aire seco (W_{t_{dry}_turba} o Vol_{t_{dry}_turba}).

Nivel 1

La metodología por defecto supone que un país tiene estimaciones de la superficie total de la que se extrae actualmente o se extraía, incluidos los bonales comerciales anteriores que no se han convertido a otros usos. En las regiones templadas y boreales, siempre que sea posible, esta superficie debe separarse por rica en nutrientes y pobre en nutrientes con la hipótesis por defecto coherente siguiendo el consejo citado precedentemente respecto a los factores de emisión. Además, se debe saber la cantidad (por peso o volumen en seco) de la turba extraída anualmente para estimar las emisiones de CO₂ fuera del sitio.

Los conjuntos de datos internacionales sobre los sitios de extracción y la producción de turba varían en cuanto a calidad y coherencia. Las fuentes de datos de producción y de superficie pueden no ser las mismas y es factible que diferentes definiciones y años entre fuentes y países provoquen incoherencias. Dado que los métodos de extracción de turba confían en los días secos y soleados para el secado de la turba, la producción varía según si el tiempo estival es apropiado. A los efectos de estimar las emisiones fuera del sitio, los datos de producción de turba deben separarse según el uso final; es decir, turba hortícola y turba para combustión, dado que los métodos de estimación de este Capítulo sólo requieren la producción de turba hortícola. Si resulta imposible separar la cantidad de turba producida para cada uso final, las emisiones del consumo de turba deben contabilizarse bajo el sector de inventario correspondiente al uso final predominante de la turba producida localmente. Se pueden encontrar datos útiles en Joosten (2004); Joosten y Clarke (2002); Sirin y Minayeva (2001); Lappalainen (1996); y en los inventarios publicados por Wetlands International (<http://www.wetlands.org/>). Hay datos de producción de turba a disposición en publicaciones del Consejo Mundial de la Energía (2004) (para turba de combustión) y en la Prospección Geológica de los Estados Unidos (<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/turba/>). Se puede obtener información adicional de la Sociedad Internacional de la Turba (<http://www.turbasociety.org/>) o del Grupo Internacional para la Conservación de las Turberas (<http://www.imcg.net/>).

Cuando no se cuenta con las superficies ni con los datos de producción, es posible que se puedan derivar las unas de los otros empleando un factor de conversión por defecto equivalente a una tasa de producción promedio provista por la industria local. En una industria madura de procesamiento de turba, los métodos de corte en bloque pueden tener un rendimiento de 1750 toneladas anuales de turba en aire seco por hectárea, mientras que con el método de vacío se pueden extraer hasta 1000 toneladas por hectárea por año (Cleary, 2005). La turba en aire seco contiene entre un 35 y un 55% de humedad (Consejo Mundial de la Energía, 2004).

Niveles 2 y 3

Los países que utilicen Niveles superiores deben obtener datos nacionales de producción de turba y las correspondientes superficies de bonales. En las regiones boreales y templadas, estos datos de superficie deben desagregarse según la fertilidad del suelo a fin de que se correspondan con los factores de emisión apropiados. Las posibles fuentes de estos datos son las estadísticas nacionales de energía, las empresas de extracción de turba, las asociaciones de la industria de la turba, las asociaciones de la industria del paisajismo, y los ministerios gubernamentales responsables del uso de la tierra o de los sondeos geológicos. Si no es posible estratificar por la fertilidad de la turba, los países pueden confiar en el dictamen de expertos. Los climas boreales tienden a promover los «pantanos arbolados» elevados y pobres en nutrientes, mientras que en los climas templados y oceánicos se tiende a promover la formación de bonales ricos en nutrientes. Entre las prioridades para el desarrollo de datos de la actividad específicos del país se incluyen: i) superficies de suelos orgánicos actual y previamente gestionados para la extracción de turba y desagregadas según su nivel de nutrientes, si esto es pertinente; ii) datos sobre la producción de turba; iii) el contenido de humedad local que refleja las condiciones ambientales en el momento de la extracción de la turba; y iv) contenido de carbono específico del país, preferiblemente por tipo de turba.

Las metodologías de estimación más sofisticadas van a requerir la determinación de superficies para cada una de las tres fases del ciclo de extracción de turba, incluyendo las áreas abandonadas en las que el drenaje o los efectos de la anterior extracción de turba están aún presentes y, si se justifica, las superficies caracterizadas por diferentes tecnologías de extracción de la turba, tipos de turba y profundidades de extracción. Si se está procediendo a la restauración del sitio, se alienta a los países a declarar por separado las superficies de suelos orgánicos restaurados y anteriormente gestionados para la extracción de turba, y estimar las emisiones y absorciones de estas tierras. Además, los países con una producción significativa de turba hortícola pueden desarrollar datos para monitorizar el destino fuera del sitio de la turba extraída a fin de desarrollar curvas de descomposición sensibles al tiempo.

7.2.1.2 EMISIONES DE NO-CO₂ DE BONALES QUE PERMANECEN COMO TALES

METANO

Cuando los bonales se drenan como preparación para la extracción de turba, se reduce significativamente la producción de CH₄, pero no se la elimina del todo (Strack *et al.*, 2004), ya que las bacterias metanógenas sólo prosperan en condiciones anaeróbicas. En el Nivel 1, se supone que las emisiones de metano son insignificantes en estos bonales drenados. En niveles superiores, se alienta a los países a que analicen la pauta de las emisiones de CH₄ a partir de depresiones topográficas y acequias de drenaje, las que pueden contribuir con una proporción importante al total de emisiones de gases de efecto invernadero de estos bonales gestionados (Sundh *et al.*, 2000).

ÓXIDO NITROSO

Según la fertilidad del sitio, los depósitos de turba pueden contener cantidades significativas de nitrógeno orgánico en estado inactivo. El drenaje permite que las bacterias conviertan el nitrógeno en nitratos, los que entonces lixivian hacia la superficie donde quedan reducidos a N₂O. En los bonales drenados, la cantidad potencial de N₂O emitido depende del contenido de nitrógeno de la turba. A relaciones C:N de más de 25, las emisiones de N₂O pueden considerarse insignificantes (Klemedtsson *et al.*, 2005).

Actualmente, no existen métodos de estimación que permitan la separación de las emisiones de N₂O de la descomposición de la materia orgánica durante el uso fuera del sitio de la turba hortícola. Habitualmente, se agregan fertilizantes nitrogenados a la turba hortícola previo a su uso y es factible que esta fuente domine las pautas de emisión de N₂O. A fin de evitar el cómputo doble del N₂O emitido a partir del uso de fertilizantes, el enfoque por defecto para estimar las emisiones de N₂O de tierras gestionadas para la extracción de turba excluye las emisiones producidas por la descomposición del nitrógeno orgánico contenido en la turba hortícola.

Elección del método

Debe emplearse el árbol de decisiones de la Figura 7.1 para determinar el nivel metodológico apropiado para las emisiones de N₂O.

Nivel 1

El método de Nivel 1 para la estimación de las emisiones de N₂O de humedales drenados es similar al descrito para suelos orgánicos drenados para agricultura o silvicultura, aunque los factores de emisión suelen ser más bajos. En la metodología por defecto sólo se consideran los bonales ricos en nutrientes.

<p>ECUACIÓN 7.7</p> <p>EMISIONES DE N₂O DE BONALES DURANTE LA EXTRACCIÓN DE TURBA</p> $N_{2O_{WW_{turbaExtracción}}} = \left(A_{turbaRica} \cdot EF_{N_{2O}-N_{turbaRica}} \right) \cdot \frac{44}{28} \cdot 10^{-6}$

Donde:

$N_{2O_{WW_{turbaExtracción}}}$ = emisiones directas de N₂O de bonales gestionados para extracción de turba, Gg N₂O año⁻¹

$A_{turbaRica}$ = superficie de suelos con turba rica en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluyendo áreas abandonadas en las que el drenaje siga estando presente, há

$EF_{N_{2O}-N_{turbaRica}}$ = factor de emisión para suelos orgánicos de humedales drenados ricos en nutrientes, kg N₂O-N há⁻¹ año⁻¹

Nivel 2

En el Nivel 2, los datos de la actividad se desagregan por otros factores, como el tipo y la fertilidad de la turba, la fase de extracción de la turba, y el tiempo transcurrido desde el inicio de las actividades de drenaje. Los correspondientes factores de emisión son específicos del país y en ellos se han tenido en cuenta las condiciones y las prácticas de la extracción de turba, la profundidad del drenaje, y los cambios en la relación C:N en los diferentes niveles del perfil de la turba.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 implican una comprensión y una representación exhaustivas de la dinámica de las emisiones y absorciones de N₂O en bonales gestionados, incluyendo el efecto de las características del sitio, el tipo y la profundidad de la turba, la tecnología de extracción, y las fases de la extracción de turba descritas al comienzo de la Sección 7.2. La metodología incluirá todas las fuentes pertinentes de N₂O. Se consideran tanto las emisiones en el sitio como fuera de él y se tendrá en cuenta la tasa de descomposición de la turba bajo las condiciones habituales de extracción y utilización. Los métodos deben ser coherentes con los procedimientos de estimación de las emisiones de CO₂; p. ej., deben usarse las mismas tasas de descomposición fuera del sitio. Si se emplean modelos basados en procesos, se los debe calibrar y validar contra mediciones independientes que sean representativas de las condiciones nacionales.

Elección de los factores de emisión/absorción

Nivel 1

En el Cuadro 7.6 se encuentran los factores de emisión por defecto para el método del Nivel 1.

Niveles 2 y 3

Los países que aplican los métodos del Nivel 2 desarrollan factores de emisión específicos del país, con los que puede ser factible diferenciar las tasas de emisión durante la conversión de la tierra en tierra de turba y las emisiones continuas que se produzcan durante la extracción de la turba. Los Métodos 2 y 3 requieren datos de emisión específicos del país en los que estén consideradas las características del sitio, el tipo y la profundidad de la turba, la tecnología de extracción, las fases de la extracción de turba y otros factores pertinentes. El tipo de turba es especialmente pertinente en cuanto a su descomponibilidad a las consiguientes emisiones de N₂O. En los métodos de Nivel 3, se deben incluir las emisiones provocadas por el uso de turba hortícola fuera del sitio. Actualmente, la bibliografía es escasa y los resultados son a veces contrastantes. Se alienta a los países a que compartan datos comparables cuando las condiciones ambientales y las prácticas de extracción sean similares.

CUADRO 7.6 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES DE N ₂ O DE BONALES GESTIONADOS			
Zona climática	Factor de emisión EF _{N₂O} (kg N ₂ O-N há ⁻¹ año ⁻¹)	Rango de incertidumbre (kg N ₂ O-N há ⁻¹ año ⁻¹)	Referencia/ Comentarios
Clima boreal y templado			
Suelo orgánico pobre en nutrientes	insignificante	insignificante	Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Martikainen <i>et al.</i> , 1995; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002; Regina <i>et al.</i> , 1996
Suelo orgánico rico en nutrientes	1,8	0,2 a 2,5	
Clima tropical	3,6	0,2 a 5,0	El valor para las zonas tropicales es el doble del de los climas nórdicos, sobre la base de la diferencia relativa entre el FE de N ₂ O de las zonas templada y tropical del Cuadro 11.1, Capítulo 11.
La mayoría de los datos son de bonales europeos que no están necesariamente en producción. Las zonas climáticas son según lo descrito en el Capítulo 3.			

Elección de los datos de la actividad

Nivel 1

Los mismos datos de la actividad deben utilizarse para estimar las emisiones de CO₂ y N₂O de bonales gestionados. La información sobre cómo obtener estos datos se suministró precedentemente en la Sección 7.2.1. Para los países de las regiones boreales y templadas que empleen el método del Nivel 1, los datos de superficies deben estratificarse según la fertilidad del suelo, dado que se consideran solamente los suelos de turba rica en nutrientes. Si la información disponible no permite estratificar por la fertilidad de la turba, los países pueden confiar en el dictamen de expertos. Los climas boreales tienden a promover «pantanos arbolados» elevados y pantanos pobres en nutrientes, mientras que en los climas templados y oceánicos se tiende a promover la formación de bonales ricos en nutrientes. Por lo general las turbas de baja fertilidad son ácidas (bajo pH). En el Nivel 1, se produce una mayor incertidumbre por el uso de los factores de emisión de CO₂ y N₂O por defecto exclusivos, que se aplican tanto a *Tierras en conversión para extracción de turba* y a *Bonales que permanecen*

como tales, dado que el contenido de nitrógeno y la biodisponibilidad de C y N orgánicos pueden cambiar con la profundidad.

Niveles 2 y 3

Entre las prioridades para el desarrollo de datos de la actividad específicos del país se incluyen las superficies de suelos orgánicos gestionadas para la extracción de turba, desagregadas según el nivel de nutrientes si es pertinente, y los datos de producción anual de turba. Las metodologías de estimación más sofisticadas van a requerir la determinación de superficies para cada una de las tres fases del ciclo de extracción de turba, incluyendo las áreas abandonadas en las que el drenaje o los efectos de la anterior extracción de turba están aún presentes, y, si se justifica, las superficies caracterizadas por diferentes tecnologías de extracción de la turba, tipos de turba y profundidades de extracción. Si se está procediendo a la restauración del sitio, los países deben declarar por separado las superficies de suelos orgánicos restaurados y anteriormente gestionados para la extracción de turba, y estimar las emisiones y absorciones de estas tierras. Además, los países con una producción significativa de turba hortícola pueden desarrollar datos para monitorizar el destino fuera del sitio de la turba extraída a fin de desarrollar curvas de descomposición sensibles al tiempo (véase también la Sección 7.2.1).

7.2.1.3 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Factores de emisión

Tanto para el CO₂ como para el N₂O, las incertidumbres clave en los procedimientos de estimación del Nivel 1 son los factores de emisión por defecto (Cuadros 7.4 y 7.6) y otros parámetros, como el contenido de humedad de la turba en aire seco. Los factores y parámetros de emisión se desarrollaron a partir de sólo unos pocos (menos de 10) puntos de datos, en su mayor parte de regiones templadas y boreales, y pueden no ser representativos para superficies grandes o para ciertas zonas climáticas. La desviación estándar de los factores de emisión supera fácilmente el 100% de la media, pero es factible que las funciones de probabilidad subyacentes sean anormales. La variabilidad de la gravedad específica de la turba y de su capacidad para mantener la humedad constituye un componente significativo de esta incertidumbre. Según las características de la turba, la variabilidad interanual de las precipitaciones puede alterar la velocidad a la que se descompone la materia orgánica en un 25 hasta un 100% (Waddington *et al.*, 2002). La variabilidad en el contenido de humedad y la calidad de la turba constituye un 20% de incertidumbre en cuanto al contenido de carbono de la turba en aire seco. En general, se alienta a los países a que utilicen rangos y no la desviación estándar.

Hay muchos suelos orgánicos que se han drenado y se han convertido a otros usos; p. ej., producción agrícola o forestal. Es frecuente que estos suelos estén en sitios más fértiles y, por ende, los factores de emisión son más altos. Además del drenaje, las actividades de gestión alteran la distribución de la materia orgánica en el perfil del suelo y, por consiguiente, las pautas de emisión de gases de efecto invernadero. Consecuentemente, es de esperar que las pautas de emisión de gases de efecto invernadero de suelos orgánicos difieran según las diferentes prácticas de gestión de la tierra. Cuando se desarrollan factores específicos del país, los países deben utilizar tamaños de muestras y técnicas suficientes para minimizar los errores estándar. Lo ideal sería que se derivaran funciones de densidad de probabilidad (es decir, suministrando estimaciones de medias y de variancia) para todos los parámetros definidos para el país. Como mínimo, los métodos de Nivel 2 deben suministrar rangos de error para cada uno de los parámetros definidos por el país. Estos datos se pueden emplear en análisis avanzados de incertidumbre, como las simulaciones de Monte Carlo.

En el Nivel 3, los factores de emisión y sus funciones de densidad de probabilidad asociadas se utilizan para desarrollar medias e intervalos de confianza para toda la categoría, con procedimientos de avanzada (p. ej., el Monte Carlo). En principio, los modelos basados en procesos van a brindar estimaciones más realistas, pero es necesario que se los calibre y se los valide contra mediciones. Las incertidumbres que surgen del uso de modelos deben cuantificarse con procedimientos similares. Véase el Volumen 1, Capítulo 3 de estas *Directrices* para una orientación sobre cómo desarrollar esos análisis.

Datos de la actividad

Los países que usen datos de la actividad agregados para los bonales gestionados, deben ingresar un factor de incertidumbre del 50% en Europa y América del Norte, pero un factor de 2 en el resto del mundo. La incertidumbre puede ser mayor si las superficies de bonales gestionados se basan en el total de los bonales (gestionados o no), o en los datos de producción, puesto que la producción de turba depende mucho de las buenas condiciones meteorológicas. En los Niveles 2 y 3, la desagregación espacial de las superficies de bonales según parámetros eco-climáticos y/o prácticas de gestión pertinentes, la información sobre el uso final de la turba, y la distinción entre bonales convertidos recientemente y los que se encuentran en producción y bajo restauración van a permitir la creación de procedimientos de estimación más exactos.

7.2.2 Tierras en conversión para la extracción de turba

En un método de Nivel 1, en los datos de la actividad no se distingue entre bonales bajo extracción de turba (*Bonales que permanecen como tales*) y los que están en conversión para extracción de turba (véase el comienzo de la Sección 7.2 para una descripción de las tres fases de la extracción de turba). Los países que emplean este método deben referirse a la Sección 7.2.1 para obtener orientación metodológica. Los países que emplean una metodología de Nivel 2 deberán hacer dicha distinción. En esta sección se suministra orientación específica para los bonales que se están drenando y que están en conversión para extracción de turba.

7.2.2.1 EMISIONES DE CO₂-C DE TIERRAS EN CONVERSIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

Como se describe en la introducción de la Sección 7.2, el ciclo de extracción de turba incluye tres fases, la primera de las cuales es el desarrollo y la conversión para extracción de turba, caracterizada por un intenso trabajo de drenaje (si la superficie no fue drenada aún con otros propósitos), pero por escasa extracción de turba. Es típico que esta fase de conversión dure entre 2 y 5 años. En contraste con otras conversiones en el uso de la tierra mencionadas en estas *Directrices*, el período de transición por defecto recomendado para *Tierras en conversión para la extracción de turba* es de cinco años.

Las emisiones de gases de efecto invernadero de tierras que están bajo desmonte y drenaje para la extracción de turba difieren significativamente de las emisiones de tierras en las que se está extrayendo turba o que han sido agotadas y abandonadas. Las principales emisiones durante el proceso de conversión se producen por la remoción y destrucción de la biomasa viva del ecosistema de bonales, y de los suelos durante el drenaje. Dado que estas tierras no están aún en producción, no hay extracción de turba y, por lo tanto, tampoco hay emisiones fuera del sitio de la turba extraída.

En la Ecuación 7.8 se representan las principales fuentes de emisión de CO₂-C durante la conversión de tierras para extracción de turba.

ECUACIÓN 7.8
EMISIONES DE CO₂-C EN BONALES BAJO DRENAJE PARA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$CO_2-C_{LW_{turba_en-el-sitio}} = \left(-\Delta C_{WW_{turbaB}} \right) + \left(-\Delta C_{WW_{turbaDOM}} \right) + CO_2-C_{LW_{turba_drenaje}}$$

Donde:

$CO_2-C_{LW_{turba_en-el-sitio}}$ = emisiones de CO₂-C de tierras en conversión para extracción de turba, Gg C año⁻¹

$\Delta C_{WW_{turbaB}}$ = emisiones de CO₂-C producidas por cambios en las existencias de carbono en biomasa viva, Gg C año⁻¹

$\Delta C_{WW_{turbaDOM}}$ = emisiones de CO₂-C producidas por cambios en las existencias de carbono en depósitos de materia orgánica muerta, Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{LW_{turba_drenaje}}$ = emisiones de CO₂-C de suelos durante el drenaje, Gg C año⁻¹

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Nivel 2

Ninguno de los procedimientos para estimar estas cantidades es único en su categoría, a excepción de las emisiones de suelos durante el drenaje. Si la vegetación en pie previa al desmonte es de Tierras forestales o de Pastizales, los procedimientos para la estimación de emisiones de la biomasa viva de la conversión de Tierras forestales o Pastizales en Tierras de cultivo se analizan en el Capítulo 5, Sección 5.3. Donde se usa el fuego para eliminar vegetación, también se van a producir emisiones de gases no-CO₂; es decir, CH₄ y N₂O. Estas emisiones se pueden estimar siguiendo la orientación provista en el Capítulo 2. El quemado de biomasa y la descomposición de la biomasa y la materia orgánica muerta no quemadas pueden estimarse, si se dispone de factores de emisión específicos del país. Las superficies de tierras bajo drenaje pueden clasificarse según la fertilidad de la turba, el tipo de turba y el uso o la cobertura previos de la tierra. Puede que los países puedan refinar los factores de emisión consecuentemente.

La Ecuación 7.9 contiene el método general para estimar las emisiones del suelo durante el drenaje. Conceptualmente, es igual a la Ecuación 7.6 que se usara para determinar $CO_2-C_{ww\ turba_{en-el-sitio}}$ para bonales gestionados.

ECUACIÓN 7.9
EMISIONES DE CO_2-C DEL SUELO EN BONALES BAJO DRENAJE PARA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$CO_2-C_{LW_{drenaje_turba}} = \frac{\left[\begin{array}{l} (A_{turba_drenada_{rica}} \bullet EF_{CO_2_{turba_drenada_{rica}}}) + \\ (A_{turba_drenada_{pobre}} \bullet EF_{CO_2_{turba_drenada_{pobre}}}) \end{array} \right]}{1000}$$

Donde:

$CO_2-C_{LW_{turba_drenaje}}$ = emisiones de CO_2-C del suelo en tierras en conversión para extracción de turba, Gg $C\ año^{-1}$

$A_{turbaRica\ drenada}$ = superficie de suelos de turba rica en nutrientes bajo drenaje, há

$A_{turbaPobre\ drenada}$ = superficie de suelos de turba pobre en nutrientes bajo drenaje, há

$EF_{CO_2_{turbaRica\ drenada}}$ = factores de emisión de CO_2-C de suelos de turba rica en nutrientes bajo drenaje, ton $C\ há^{-1}\ año^{-1}$

$EF_{CO_2_{turbaPobre\ drenada}}$ = factores de emisión de CO_2-C de suelos de turba pobre en nutrientes bajo drenaje, ton $C\ há^{-1}\ año^{-1}$

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 implican la comprensión y representación exhaustivas de la dinámica de las emisiones y absorciones de CO_2 en *Tierras en conversión para extracción de turba*, incluso el efecto del tipo y la fertilidad de la turba, de las características del sitio, «pantanos arbolados» masivos o elevados, y el uso o la cobertura previa de la tierra si es pertinente, lo que se podría combinar con los factores de emisión y/o modelos basados en procesos que resulten apropiados. La metodología incluye el destino del C en todos los depósitos, las transferencias de C entre depósitos por la conversión (p. ej., biomasa a materia orgánica muerta), y la distinción entre emisiones inmediatas y demoradas. Las estimaciones basadas en cambios de existencias deben corregirse con respecto a las pérdidas de carbono debidas a la lixiviación de carbono orgánico disuelto, pérdidas de materia orgánica muerta por escurrimiento, o como emisiones de CH_4 .

ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Nivel 2

Los países que aplican los métodos del Nivel 2 deben desarrollar factores de emisión específicos del país, $EF_{CO_2_{turbaRica\ drenada}}$ y $EF_{CO_2_{turbaPobre\ drenada}}$, para diferenciar las tasas de emisión durante la conversión, de las emisiones que se producen durante la fase de extracción de la turba. Pueden también diferenciarse aun más los factores de emisión por tipo de turba, su fertilidad y profundidad de drenaje, el uso y la cobertura anterior de la tierra, y las zonas climáticas.

Nivel 3

En el Nivel 3, todos los parámetros deben ser específicos del país. La bibliografía es escasa y constituye una *buena práctica* derivar factores de emisión específicos del país y compartir datos entre países con condiciones ambientales similares.

ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Nivel 2

Los datos de la actividad básicos necesarios son la superficie de suelos orgánicos convertida para extracción de turba y desagregada por nivel de nutrientes (o fertilidad). Las posibles fuentes de datos de superficie son las empresas que hacen extracción de turba, las asociaciones de industrias de la turba, y los ministerios de gobiernos

responsables de información sobre la tierra. En el nivel 2, los países también pueden incorporar datos basados en el uso original de la tierra y en el tipo y la fertilidad de la turba de las tierras en conversión. Esta información podría recabarse de las actualizaciones regulares del inventario nacional de bonales.

Nivel 3

En el Nivel 3, se requiere información detallada sobre el uso original de la tierra y sobre el tipo y la fertilidad de la turba de las superficies convertidas para extracción de turba. Se pueden definir requisitos de datos más específicos dependiendo de los procedimientos de estimación.

7.2.2.2 EMISIONES DE NO CO₂ DE TIERRAS EN CONVERSIÓN A BONALES GESTIONADOS

Lo analizados sobre aspectos metodológicos en la Sección 7.2.1.2 «Emisiones de no-CO₂ de *Bonales que permanecen como tales*» es también de aplicación aquí, con la excepción de las emisiones de no-CO₂ por descomposición fuera del sitio de turba hortícola, puesto que no hay extracción de turba durante la fase de conversión y preparación de la tierra. En niveles más altos, ya no se puede suponer que las emisiones de metano sean insignificantes en las tierras bajo drenaje. En la Ecuación 7.7 de la Sección 7.2.1 también se describe el método por defecto para estimar emisiones de N₂O.

7.2.2.3 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Factores de emisión

Véase lo analizado sobre incertidumbres de los factores de emisión en la Sección 7.2.1.3.

La incertidumbre que se le asigna al contenido de carbono de la cobertura vegetal previa a la conversión, según se vea afectada por el uso previo de la tierra, debe incluirse en la evaluación de incertidumbre de las estimaciones de CO₂. Es factible que la distribución de probabilidades de incertidumbre de las emisiones no sea normal, por lo que el intervalo del 95% de la distribución logarítmica normal se supone aquí como incertidumbre por defecto (véanse los Cuadros 7.4 y 7.6). Se recomienda utilizar este rango en lugar de una desviación estándar simétrica.

Datos de la actividad

Los organismos que suministran datos sobre superficie deben contar con información sobre incertidumbres en cuanto a superficie; de lo contrario, se pueden usar datos relacionados con el consejo sobre estimación de superficie del Capítulo 3.

7.3 TIERRAS INUNDADAS

Las Tierras inundadas se definen como masas de agua en las que las actividades humanas han causado cambios en el tamaño de la superficie cubierta por agua, generalmente mediante regulación del nivel del agua. Entre los ejemplos de Tierras inundadas se encuentran los reservorios para la producción de hidroelectricidad, irrigación y navegación. Los lagos y ríos regulados que no sufren cambios sustanciales en la superficie de agua en comparación con el ecosistema pre-inundado no se consideran Tierras inundadas. Algunos arrozales se cultivan mediante inundación de la tierra, pero debido a las características exclusivas del cultivo del arroz, los arrozales se tratan en el Capítulo 5 (Tierras de cultivo) de las *Directrices*.

Las Tierras inundadas pueden emitir CO₂, CH₄ y N₂O en cantidades significativas, según diversas características, tales como la edad, el uso de la tierra previo a la inundación, el clima y las prácticas de gestión. Las emisiones varían espacial y temporalmente.

Aunque hay pruebas, especialmente en las zonas tropicales, de mayores emisiones de CH₄ debidas a inundaciones, hasta ahora, la alta variabilidad temporal y espacial de las emisiones de CH₄ han impedido el desarrollo de factores de emisión por defecto para todas las regiones climáticas. La información de que se dispone respecto a las emisiones de CH₄ se suministra en el Apéndice 3.

Es típico que las emisiones de óxido nitroso de Tierras inundadas sean muy bajas, a menos que haya un ingreso significativo de nitrógeno orgánico o inorgánico de la cuenca. Es factible que esos ingresos sean el resultado de actividades antropogénicas como cambios en el uso de la tierra, tratamiento de aguas residuales o aplicación de fertilizante en la cuenca. A fin de evitar el cómputo doble de las emisiones de N₂O ya capturado en el presupuesto de gases de efecto invernadero de estas fuentes antropogénicas y, vista la muy limitada contribución de las emisiones de N₂O de Tierras inundadas declaradas en la bibliografía, en la sección actual no se consideran estas emisiones.

7.3.1 Tierras inundadas que permanecen como tales

No se suministran metodologías para *Tierras inundadas que permanecen como tales*. Como se explicara anteriormente, se supone que las emisiones de CO₂ y N₂O que se producen en tierras inundadas ya están cubiertas por las metodologías descritas en otros sectores. La metodología por defecto para *Tierras convertidas en tierras inundadas* ofrece orientación para la estimación de emisiones de CO₂ debidas a la inundación. La información disponible sobre emisiones de CH₄ se suministra en el Apéndice 3 aunque, actualmente, no es posible recomendar una metodología por defecto. Los países en los que se intente declarar las emisiones de CH₄ de tierras inundadas deben, dentro de lo posible, desarrollar factores de emisión nacionales. En el Apéndice 2, Recuadro 2a.1, se brinda orientación sobre el desarrollo de esos factores.

7.3.2 Tierras convertidas en tierras inundadas

Por razones ya explicadas, en esta sección sólo se brinda orientación sobre la estimación de emisiones de CO₂ de *Tierras convertidas en tierras inundadas*.

7.3.2.1 EMISIONES DE CO₂ DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS INUNDADAS

ELECCIÓN DEL MÉTODO Y DEL FACTOR DE EMISIÓN

El método para estimar los cambios en las existencias de carbono debidos a la conversión de la tierra en tierra permanentemente inundada se muestra en la Ecuación 7.10. Las existencias de carbono de la tierra previas a la conversión pueden estimarse siguiendo el método para biomasa viva descrito para distintas categorías de uso de la tierra en otras secciones de este volumen. Aquí, se supone que las existencias de carbono después de la conversión equivalen a cero.

ECUACIÓN 7.10
CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS PERMANENTEMENTE INUNDADAS

$$\Delta C_{LWinund_LB} = \left[\sum_i A_i \cdot (B_{Después_i} - B_{Antes_i}) \right] \cdot CF$$

$$CO_{2_LWinund.} = \Delta C_{LWinund_LB} \cdot \frac{-44}{12}$$

Donde:

$\Delta C_{LWinund_LB}$ = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en *Tierras convertidas en tierras inundadas*, ton C año⁻¹

A_i = superficie de tierras convertidas anualmente en Tierras inundadas a partir del uso original de la tierra, há año⁻¹

$B_{Después_i}$ = biomasa inmediatamente después de la conversión en Tierras inundadas, ton d.m. há⁻¹ (defecto = 0)

B_{Antes_i} = biomasa inmediatamente antes de la conversión en Tierras inundadas, ton d.m. há⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca (por defecto = 0,5), ton C (ton d.m.)⁻¹

$CO_{2_LWinund.}$ = emisiones anuales de CO₂ en *Tierras convertidas en tierras inundadas*, ton CO₂ año⁻¹

Es posible que el carbono remanente en las tierras convertidas previo a la inundación se emita durante varios años después de la inundación.

En estos momentos, no se suministra orientación sobre los cambios en las existencias de carbono debidos a la conversión de tierras en Tierras inundadas.

Por el método de cambios de existencias, se supone que todo el carbono de la biomasa que existía antes de la inundación se emite y esto puede llevar a sobreestimaciones. Se alienta a los países a desarrollar métodos específicos del país y de nivel superior basados en modelos, mediciones y parámetros asociados. En el Apéndice

2, se muestra un método posible. En el Capítulo 2, Sección 2.5, se suministra orientación genérica sobre el desarrollo de métodos específicos del país basados en modelos y mediciones.

Las emisiones de gases no-CO₂ de *Tierras convertidas en tierras inundadas* están cubiertas en el Apéndice 3.

ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los países pueden obtener sus superficies de tierra inundada a partir de un análisis de la cobertura de una cuenca de drenaje, de una base de datos nacional sobre presas, de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, 1998) o del informe de la Comisión Mundial sobre Represas (WCD, 2000).

7.3.2.2 EMISIONES DE NO-CO₂ DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS INUNDADAS

La información disponible sobre emisiones de CH₄ en *Tierras convertidas en tierras inundadas* se puede encontrar en el Apéndice 3.

7.3.2.3 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Se debería disponer de información estadística nacional sobre la superficie inundada retenida detrás de las grandes presas (>100 km²), la que, probablemente, va a ser exacta en hasta un 10 por ciento. Donde no se disponga de bases de datos nacionales sobre presas y se emplee otra información, es probable que las superficies de tierras inundadas retenidas detrás de las presas tengan una incertidumbre de más del 50 por ciento, especialmente en países con grandes superficies de tierras inundadas. También puede resultar difícil obtener información detallada sobre la ubicación, el tipo y la función de las presas más pequeñas, aunque puede resultar factible inferir información estadísticamente sobre la base de la distribución de tamaños de reservorios para los cuales hay datos disponibles. Los reservorios se crean por diversas razones que influyen sobre la disponibilidad de datos y, por consiguiente, la incertidumbre respecto a las superficies depende de condiciones específicas del país.

La incertidumbre en las existencias de biomasa se analiza en los Capítulos 4, 5 y 6.

7.4 EXHAUSTIVIDAD, COHERENCIA DE LA SERIE TEMPORAL Y GC/CC

7.4.1 Exhaustividad

Los inventarios completos de gases de efecto invernadero deben incluir estimaciones de emisiones de los dos tipos de humedales gestionados, según lo descrito en las Secciones 7.2 y 7.3 precedentes, a menos que estos tipos de humedales no existan en el territorio nacional.

Como en otras categorías de uso de la tierra, se alienta a los países a que monitoricen el destino de los humedales gestionados y eviten el cómputo doble con tierras de otras categorías. Es una *buena práctica* documentar la extensión de las superficies de los reservorios. En cuanto los bonales se ponen bajo extracción de turba, permanecen como bonales gestionados incluso después de interrumpidas las actividades de extracción de turba y hasta que se los convierta a otro uso. La rehumectación del suelo o el retorno del nivel freático a los niveles pre-drenaje no modifican la condición de bonales. Véase la Sección 7.5 «Desarrollo metodológico futuro» respecto a un análisis adicional sobre bonales restaurados.

Los países que utilizan métodos y datos avanzados deben tener cuidado de no declarar las emisiones de gases de efecto invernadero ya contabilizadas en otros capítulos de AFOLU, o en otros volúmenes de estas directrices. En particular, los humedales pueden recibir efluentes y sedimentos de fuentes no por puntos con altos contenidos de nutrientes; puede que el N orgánico o inorgánico y el C orgánico emitidos desde estos humedales ya se hayan incluido en las metodologías de estimación de Tierras forestales o Tierras de cultivo, o en el Sector Desechos. Cuando hay pruebas de la existencia de dicha fuente no por puntos de carbono o nitrógeno a humedales, es una *buena práctica* asegurarse de que las correspondientes emisiones de gases de efecto invernadero se declaren bajo los sectores y las categorías de inventario apropiadas; se alienta a los países a desarrollar, compilar o utilizar la información disponible a fin de evitar estimaciones sesgadas.

7.4.2 Desarrollo de una serie temporal coherente

Se puede encontrar orientación general sobre la coherencia de la serie temporal en el Volumen 1, Capítulo 5 (Coherencia de la serie temporal). El método de estimación de emisiones debe aplicarse coherentemente a todos los años de la serie temporal, en el mismo nivel que la desagregación espacial. Más aun, cuando se emplean datos específicos del país, el organismo nacional a cargo de los inventarios debe utilizar el mismo protocolo de mediciones (estrategia de muestreo, método, etc.) a lo largo de toda la serie temporal. Si esto no es posible, se deberá seguir la orientación sobre técnicas de interpolación y de recálculo que se encuentran en el Volumen 1, Capítulo 5. Las diferencias en las emisiones entre los distintos años del inventario se deben explicar, p. ej., demostrando los cambios en zonas de bonales o de tierras inundadas, mediante factores de emisión actualizados.

7.4.3 Garantía de calidad y Control de calidad (GC/CC)

Se deben desarrollar y poner en práctica procedimientos de garantía de calidad/control de calidad (GC/CC) según lo delineado en el Volumen 1, Capítulo 6 de este informe. También puede ser aplicable el desarrollo de actividades adicionales de control de calidad y garantía de calidad específicas para la categoría (Volumen 1, Capítulo 6), en particular si se emplean métodos de nivel superior para cuantificar las emisiones de esta categoría de fuente. Donde se empleen factores de emisión específicos del país, deben estar basados en datos experimentales de alta calidad, desarrollados usando un programa de medición riguroso y bien documentados.

Actualmente, no es posible efectuar una verificación cruzada de las estimaciones de emisiones de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba con otros métodos de medición. Sin embargo, el organismo a cargo del inventario debe garantizar que las estimaciones de emisiones se sometan a control de calidad mediante:

- la referencia cruzada de los factores de emisión específicos del país declarados con los valores por defecto, y con los valores publicados en la bibliografía científica o declarados por otros países;
- la verificación de la exactitud de los datos de la actividad con datos de la industria y la producción de turba; y
- la determinación de la credibilidad de las estimaciones contra las de otros países con circunstancias similares.

7.4.4 Generación de informes y documentación

Resulta apropiado documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario de emisiones/absorciones nacionales, como se plantea en el Capítulo 8 del Volumen 1 de estas *Directrices*.

FACTORES DE EMISIÓN

La base científica de los nuevos factores de emisión, parámetros y modelos específicos del país debe describirse y documentarse en su totalidad. Esto incluye definir los parámetros de ingresos y describir el proceso mediante el cual se derivaron los factores de emisión, los parámetros y los modelos, así como describir las fuentes de las incertidumbres.

DATOS DE LA ACTIVIDAD

Se deben registrar las fuentes de todos los datos de la actividad utilizados en los cálculos (fuentes de datos, bases de datos y referencias de mapas de suelos), sumado a las comunicaciones con la industria (sujeto a las posibles consideraciones de confidencialidad). Dicha documentación debe cubrir la frecuencia de recopilación y estimación de datos, las estimaciones de exactitud y precisión, y las razones de todo cambio significativo en los niveles de emisión.

ANÁLISIS DE TENDENCIAS

Se debe explicar toda fluctuación significativa de las emisiones entre años. Debe hacerse una distinción entre los cambios en los niveles de actividad y los cambios en los factores de emisión, parámetros y métodos de año a año, y documentarse las razones de tales cambios. Si se emplean diferentes factores de emisión, parámetros y métodos para los distintos años, deben explicarse y documentarse las razones de estos cambios.

7.5 DESARROLLO METODOLÓGICO FUTURO

Hay otros tipos de humedales gestionados que pueden emitir o secuestrar cantidades significativas de gases de efecto invernadero, en especial los humedales restaurados o construidos. Los humedales restaurados son aquellos que fueron drenados y, quizás, convertidos a otros usos en el pasado, pero que recientemente se han vuelto a poner en funcionamiento como ecosistemas de humedales, al elevar el nivel freático a los niveles previos al

drenaje. En las últimas décadas, mediante programas públicos, de organizaciones sin fines de lucro y de otros tipos en numerosos países, se ha comenzado a restaurar viejos humedales y a construir otros a partir de tierras altas. Uno de los propósitos fundamentales es reducir el escurrimiento de campos agrícolas y de asentamientos, lo que produce eutrofización, la floración de algas y zonas muertas hipóxicas en lagos, estuarios y bahías y mares cerrados. Entre otros beneficios importantes, se incluyen la reducción de daños por inundación, la estabilización de las líneas de costa y de los deltas de los ríos, el retardo de la infiltración de agua salada, la recarga de acuíferos y la mejora del hábitat de la fauna silvestre, de las aves acuáticas y de los peces.

La mayoría de las restauraciones de humedales operativos tuvo lugar a partir de 1990. La bibliografía científica describe programas o proyectos en alrededor de 15 países de América del Norte, Europa, Asia y Australia y Nueva Zelanda, en particular en deltas de ríos. Esta bibliografía sugiere que los ecosistemas de humedales pueden restaurarse, aunque durante lapsos variables y con un parecido variable a los ecosistemas de humedales naturales. Actualmente, no se dispone de una compilación de la superficie total de restauración y construcción de humedales a nivel mundial. En el Informe Especial del IPCC sobre Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura se estima que el máximo de superficies para restauración están en un rango de 30 a 250 Mhá (Watson *et al.*, 2000).

A la fecha de preparación de estas *Directrices*, los estudios publicados y basados en datos de observación son demasiado recientes y limitados como para desarrollar factores de emisión por defecto respecto a cualquiera de los principales gases de efecto invernadero: CO₂, CH₄ o N₂O. Se va a requerir una mayor comprensión de los flujos biogeoquímicos que se producen dentro de las cuencas de drenaje para evitar el cómputo doble de las emisiones debidas a la aplicación de fertilizantes y al tratamiento de desechos. Por ende, la estimación de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de humedales restaurados o construidos es un área que queda para su desarrollo futuro.

Se supone que se va a producir un incremento en las emisiones de CH₄ a partir de la rehumectación de los suelos orgánicos. Una primera aproximación a las emisiones de CH₄ en suelos orgánicos rehumectados con una cobertura forestal va de 0 a 60 kg CH₄ há⁻¹ año⁻¹ en climas templados y boreales, y de 280 a 1260 kg CH₄ há⁻¹ año⁻¹ en climas tropicales (Bartlett y Harriss, 1993). Sin embargo, en el corto plazo, puede que estas emisiones no vuelvan a los niveles previos al drenaje (Tuittila *et al.*, 2000; Komulainen *et al.*, 1998).

También el efecto de las fuentes de nutrientes por puntos en las tierras inundadas (reservorios) sigue estando escasamente documentado. Los países que utilizan métodos propios y de avanzada deberían implementar verificaciones cruzadas por sectores, lo ideal con balance de masas, para asegurarse de que se contabilice adecuadamente el destino de todo el carbono y el nitrógeno liberado en una cuenca. La falta de datos observacionales de reservorios en Asia es una laguna notable en las muestras de datos que se utilizan para desarrollar factores de emisión de CO₂ para tierras inundadas. Es posible que, en futuras ediciones de estas *directrices*, se pueda incorporar más información relativa a esta región.

Referencias

SECCIÓN 7.2: BONALES GESTIONADOS O EN CONVERSIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

- Alm, J., Saario, S., Nykänen, H., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1999). Winter CO₂, CH₄, and N₂O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochemistry* **44**: 163-186.
- Bartlett, K.B. and Harriss, R.C. (1993). Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere* **26**:261-320.
- Canadian Sphagnum Turba Moss Association (2004). Harvesting Turba in Canada <http://www.turbamoss.com/>
- Cicerone, R.J. and Oremland, R.S. (1988). Biogeochemical aspects of atmospheric methane. *Global Biogeochemical Cycles* **2**: 288-327.
- Cleary, J., Roulet, N.T. and Moore, T.R. (2005). Greenhouse gas emissions from Canadian turba extracción, 1990-2000: A life-cycle analysis. *Ambio* **34**(6):456-461.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraiishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- International Turba Society (2004). Environmental Assessment of Turba Production www.turbasociety.fi
- Joosten, H. (2004). The IMCG Global Turbaland Database. <http://www.imcg.net/gpd/>
- Joosten, H. and Clarke, D. (2002). Wise Use of Mires and Turbalands. International Mire Conservation Group and International Turba Society, Saarijarvi, Finland, 304 p.
- Klemetsson, L., Von Arnold, K., Weslien, P. and Gundersen, P. (2005). Soil CN ratio as a scalar parameter to predict nitrous oxide emissions. *Global Change Biology* **11**:1142-1147
- Komulainen, V.-M., Nykänen, H., Martikainen, P.J. and Laine, J. (1998). Short-term effect of restoration on vegetation change and methane emissions from turbalands drained for forestry in Southern Finland. *Can. J. For. Res.* **28**:402-411.
- Komulainen, V.-M., Tuittila, E.-S., Vasander, H. and Laine, J. (1999). Restoration of drained turbalands in southern Finland : initial effects on vegetation change and CO₂ balance. *J. Appl. Ecol.* **36**:634-648.
- Laine, J. and Minkinen, K. (1996). Effect of forest drenaje on the carbon balance of a mire--a case study. *Scandinavian Journal of Forest Research.* **11**: 307-312.
- Laine, J., Silvola, J., Tolonen, K., Alm, J., Nykänen, H., Vasander, H., Sallantausta, T., Savolainen, I., Sinisalo, J. and Martikainen, P.J. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming--northern turbalands. *Ambio.* **25**: 179-184.
- Lappalainen, E. (1996). Global Turba Resources. International Turba Society Saarijarvi, Finland, 368 p.
- LUSTRA (2002). Land-use Strategies for Reducing Net Greenhouse Gas Emissions. Annual Report 2002 Uppsala, Sweden. 162 p.
- Martikainen, P.J., Nykänen, H., Alm, J. and Silvola, J. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide due to forest drenaje of mire sites of different trophic level. *Plant and Soil* **169**: 571-577.
- Minkinen, K., Korhonen, R., Savolainen, I. and Laine, J. (2002). Carbon balance and radiative forcing of Finnish turbalands 1990-2100 the impact of forestry drenaje. *Global Change Biology* **8**: 785-799.
- Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G. (2000). Wetlands. 3rd ed. Wiley, New York, 920 p.
- Moore, T.R. and Knowles, R. (1989). The influence of water table levels on methane and carbon dioxide emissions from turbaland soils. *Canadian Journal of Soil Science* **69** (1): p. 33-38.
- Nilsson, K. and Nilsson, M. (2004). The Climate Impact of Energy Turba Utilisation in Sweden--the Effect of Former Land-Use and After Treatment. IVL Swedish Environmental Research Institute. Report B1606. Stockholm, 91 p.
- Petrone, R.M., Waddington, J.M. and Price, J.S. (2003). Ecosystem-scale flux of CO₂ from a restored vacuum harvested turbaland. *Wetlands Ecology and Management* **11**:419-432.
- Ramsar (1996). The Ramsar Convention definition of "wetland" and classification system for wetland type. Appendix A of Strategic framework and guidelines for the future development of the list of wetlands of

- international Importance of the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971). Available at www.ramsar.org/key_guide_list_e.htm.
- Regina, K., Nykänen, H., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1996). Fluxes of nitrous oxide from boreal turbalands as affected by turbalands type, water table level and nitrification capacity. *Biogeochemistry* **35**: 401-418.
- Sirin, A and Minayeva, T. eds (2001). Turbalands of Russia: towards the analyses of sectoral information GEOS, Moscow, 190 pp. (in Russian).
- Strack, M., Waddington, J.M. and Tuittila, E.-S. (2004). Effect of water table drawdown on northern turbalands methane dynamics: implications for climate change. *Global Biogeochemical Cycles* **18**, GB4003.
- Sundh, I., Nilsson, M., Mikkala, C., Granberg, G. and Svensson, B.H. (2000). Fluxes of methane and carbon dioxide on turba-mining areas in Sweden. *Ambio*. **29**: 499-503.
- US Geological Survey (2004). US Minerals Yearbook. www.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/turba
- Waddington, J.M. and McNeil, P. (2002). Turba oxidation in an abandoned cutover turbalands. *Can.J.Soil Sci.* **82**:279-286.
- Waddington, J.M., Warner, K.D. and Kennedy, G.W. (2002). Cutover turbalands: a persistent source of atmospheric CO₂. *Global Biogeochemical Cycles* **16**(1) 10:1029-1038
- Waddington, J.M. and Price, J.S. (2000). Effect of turbalands drainage, harvesting, and restoration on atmospheric water and carbon exchange. *Physical Geography* **21**(5):433-451.
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. and Dokken D.J. (Eds.) (2000). Special Report of the IPCC on Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Cambridge University Press, UK. pp 375
- World Energy Council (2004). <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/turba/turba.asp>

SECCIÓN 7.3: TIERRAS INUNDADAS

- Bartlett, K.B. and Harriss, R.C. (1993). Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere* **26**:261-320.
- International Commission on Large Dams (ICOLD) (1998). World register of Dams 1998. Paris. International Committee on large Dams (Ed.). Metadatabase.
- Komulainen, V-M., Tuittila, E-S., Vasander, H. and Laine, J. (1999). Restoration of drained turbalands in southern Finland : initial effects on vegetation change and CO₂ balance. *J. Appl. Ecol.* **36**:634-648.
- Tuittila, E-S., Komulainen, V-M., Vasander, H., Nykänen, H., Martikainen, P.J. and Laine, J. (2000). Methane dynamics of a restored cut-away turbalands. *Global Change Biology*, **6**: 569
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J. and Dokken, D.J. (Eds.) (2000). Special Report of the IPCC on Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Cambridge University Press, UK. pp 375
- WCD (2000). Dams and Development a new framework for Decision-Making, The report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, 356 p.