

## ANEXO 5. FACTORES DE EMISIÓN DE PROCESO

---

Con el fin de obtener resultados que minimicen la incertidumbre y proporcionen resultados exactos, coherentes y reproducibles, se realiza el cálculo de las emisiones de GEI de proceso asociadas al manejo de embalses y la disposición de lodos en el predio Gibraltar, empleando la metodología que relaciona datos de la actividad con factores de emisión.

A continuación se establece la descripción de los factores de emisión:

### 1. Embalses

Con el ánimo de obtener datos de emisiones coherentes con los lineamientos metodológicos usados para el cálculo, y que cumplan con los principios de los inventarios GEI; la organización decidió calcular las emisiones generadas en embalses a través del área de la superficie de los cuerpos de agua.

En cuanto a las emisiones procedentes de cuerpos de agua, son emisiones consecuencia de la descomposición anaerobia de la materia orgánica presente en los suelos de las zonas húmedas. En los predios gestionados o predios propiedad del Acueducto, se identifican los embalses San Rafael, Chuza, Chisacá, La Regadera y Aposentos.

La metodología de determinación de las emisiones se basa en hacer un tratamiento de estos cuerpos de agua, como si se tratase de ecosistemas naturales. La EAB – ESP estableció el factor de emisión asociado a embalses, aplicando metodologías establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés).

Según la documentación de referencia, las emisiones de metano que tienen lugar en los cuerpos de agua, se producen principalmente durante los primeros años en los que tiene lugar la inundación de las zonas afectadas. Pasados 10 años desde que tiene lugar la inundación de los terrenos el comportamiento en relación con las emisiones es equivalente al de un ecosistema natural.

“As Therrien (2005) and Tremblay (2005a) respectively point out the emissions from a reservoir seem to decline towards the level from a natural water body within 10 years after the flooding. There is not any statistically significant difference between emissions measured from natural ecosystems and reservoirs”<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tomado de <http://civil.aalto.fi/fi/midcom-serveattachmentguid-1e46afc9239843a6afc11e4aa36d957ea8744c744c7/harkonen2009.pdf>.

“Abril et al. (2005) found after surveying a large reservoir in South America just after flooding that ebullition was emitting about half the emissions, but found that 10 years later ebullition rates dropped substantially and that degassing at the downstream weir was responsible for over 70% of the CH<sub>4</sub> emissions<sup>2</sup>”.

Considerando que han transcurrido más de 10 años desde que tuvo lugar la inundación de las zonas acuáticas bajo la responsabilidad de EAB - ESP, se considera que las emisiones de CH<sub>4</sub> han tenido lugar de forma significativa en los años anteriores al de realización del presente inventario y que éstas pueden ser del orden de magnitud de las que ocurrirían en lagos de dimensiones equivalentes.

La metodología para la determinación de las emisiones de metano, a aplicar se basa en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones}_{\text{CH}_4} = \sum A_i * \text{FE}_{\text{CH}_4 i}$$

Dónde:

**A<sub>i</sub>** = Superficie cubierta de agua para la categoría i, expresada en ha.

**FE<sub>CH<sub>4</sub>i</sub>** = Factor de emisión para categoría i, expresado en kg CH<sub>4</sub>/ha·año.

En relación a la selección de los factores de emisión de metano a aplicar, se van a obtener en base a la documentación disponible relativa a bibliografía y estudios de emisiones de GEI en ecosistemas naturales acuáticos. En particular se dispone al respecto de los contenidos y estimaciones reflejadas en el documento desarrollado por US Environmental Protection Agency, “Methane and Nitrous Oxide Emissions From Natural Sources”<sup>3</sup>, de abril de 2010.

En el caso de los embalses, donde la asimilación a lagos puede ser más inmediata, se considera también los resultados y estimaciones del documento de la EPA. En dicho documento se indica lo siguiente:

“Based on the regression equations in Bastiviken et al. (2004), mean lake CH<sub>4</sub> fluxes for bubbles plus diffusion ranged from about 5 mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/day for lakes larger than 1,000 km<sup>2</sup> to 40 mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/day for lakes smaller than 1 hectare. Episodic storage fluxes (spring and/or fall lake overturning) were estimated at one-third of the total annual flux for small lakes and only a few percent for large lakes, while bubble fluxes were 50 to 60 percent of the total flux across the range of lake sizes.”

<sup>2</sup> Tomado de <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:4736/eth-4736-02.pdf>

<sup>3</sup> Tomado de <http://www.epa.gov/outreach/pdfs/Methane-and-Nitrous-Oxide-Emissions-From-Natural-Sources.pdf>

De lo anterior, se concluye que para lagos de entidad, con tamaños muy superiores a una hectárea, se puede considerar un flujo de metano por burbujeo del orden de 5 mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup> y día. Además, se indica que dicho mecanismo de emisión puede suponer entre el 50 y el 60 % del flujo total, por lo que se puede considerar que se produce un flujo adicional del orden de otros 5 mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup> y día por otros mecanismos. En total, ello supondría considerar para los embalses de la EAB-ESP la aplicación de un factor de emisión de metano de 36,5 kg de metano/hectárea, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$10 \frac{\text{mgCH}_4}{\text{m}^2 \text{ día}} * \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ Kg}}{1'000.000 \text{ mg}} * \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{Ha}} = 36,5 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Ha}}$$

Luego de realizar los ajustes pertinentes mediante las conversiones que se presentan a continuación, el factor de emisión usado, es de 912,5 Kg CO<sub>2</sub> e/ Ha en un año.

$$36,5 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Ha}} \times \text{Potencial de Calentamiento Global CH}_4$$

$$36,5 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Ha}} \times 25 \frac{\text{KgCO}_2 \text{e}}{\text{Kg CH}_4} = 912,5 \frac{\text{KgCO}_2 \text{e}}{\text{Ha}}$$

Cabe resaltar que para los países con muchas tierras inundadas y en los cuales no se dispone de bases de datos nacionales, como es el caso Colombiano, las áreas inundadas retenidas pueden tener incertidumbre superior al 50 por ciento.

## 2. Lodos de Alcantarillado

Con el ánimo de obtener datos de emisiones coherentes con los lineamientos metodológicos usados para el cálculo, y que cumplan con los principios de los inventarios GEI; la EAB-ESP obtiene el factor de emisión para la disposición de lodos a través de la siguiente fórmula de cálculo, adaptada de las directrices del IPCC para los Inventarios de GEI<sup>4</sup>

$$\text{FEDRS} = \text{FCCH}_4 * \text{COD} * \text{FCL} * 16/12 * \text{FC} * \text{PCGCH}_4$$

Dónde:

**FEDRS:** Factor de emisión para disposición de residuos sólidos (4,73 kg CO<sub>2</sub>/kg).

**FCCH<sub>4</sub>:** Factor de corrección para el metano: El factor de corrección de metano está relacionado con la cantidad de CH<sub>4</sub> producido en diferentes tipos de disposición; se ha tomado el factor de corrección de 1,0 que es el mayor posible (Tabla 6-2 Módulo Desechos. Directrices

<sup>4</sup> Tomado de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol5.html>  
Módulo Desechos. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero, 2006.

del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero, 2006. Versión Revisada, Página 5.9).

**COD:** Carbono orgánico degradable (por defecto es 0.77, según Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada, página 5.10). Este valor está dado en kg C / kg de residuo.

**FCL:** Fracción de carbono liberado como metano (según las Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada, página 5.10; se propone que el valor esté entre 0,4 y 0,6; se toma el 0,6). Este valor tiene unidades de kg CH<sub>4</sub> / kg de C.

**FC:** Factor de corrección para la oxidación del metano (se toma el valor de 0,308 teniendo en cuenta las Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada, página 5.11). Este valor es adimensional.

**PCGCH<sub>4</sub>:** Potencial de Calentamiento Global del metano (se toma el valor de 25 según, GHG Protocol). Este valor tiene unidades de kg de CO<sub>2</sub>e / kg de CH<sub>4</sub>

Por lo anterior el factor de emisión para disposición de lodos, se obtiene de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}\text{FEDRS} &= \text{FCCH}_4 * \text{COD} * \text{FCL} * \text{FECH}_4 * 16/12 * \text{FC} * \text{PCGCH}_4 \\ \text{FEDRS} &= 1,0 * 0,77 * 0,6 * 16/12 * 0,308 * 25 \\ \text{FEDRS} &= 4,73 \text{ kg CO}_2\text{e/kg}\end{aligned}$$