

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL
ESTADO DE QUERÉTARO EMITIDOS POR EL SECTOR
RESIDUOS: AÑO BASE 2006”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO AMBIENTAL

PRESENTA

SERGIO MACIAS RAMÍREZ

DIRIGIDA POR

M. EN C. GUSTAVO PEDRAZA ABOYTES

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, 2012.

Este trabajo es parte del proyecto “Plan de acción ante el cambio climático del Estado de Querétaro” el cual fue financiado por fondos del CONACyT por medio del convenio 108173.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
DEL ESTADO DE QUERÉTARO EMITIDOS POR EL
SECTOR RESIDUOS: AÑO BASE 2006”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO AMBIENTAL

PRESENTA

SERGIO MACIAS RAMÍREZ

DIRIGIDA POR

M. EN C. GUSTAVO PEDRAZA ABOYTES

SINODALES

M. en C. GUSTAVO PEDRAZA ABOYTES _____
DIRECTOR

M. en C. MARÍA EUGENIA ORTEGA MORÍN _____
SINODAL

IQA RICARDO TORRES HERNÁNDEZ _____
SINODAL

Dr. MIGUEL ÁNGEL REA LÓPEZ _____
SINODAL

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco al universo por darme la oportunidad de concluir satisfactoriamente esta etapa tan importante para mi vida.

A mis profesores y maestros los cuales se convirtieron no solo en educadores, sino en amigos y modelos a seguir.

A la Facultad de Química de la UAQ por haberme brindado una educación de calidad.

Y a CONACYT por haber apoyado el proyecto en todo momento.

DEDICATORIA.

Dedico esta Tesis a mi padre, Sergio, al cual le agradeceré infinitamente todo el esfuerzo, cariño y amor que tuvo para mí, será siempre mi modelo a seguir y lo llevaré por siempre en mi corazón.

A mi madre, Leticia, por todo el tiempo, atenciones y cuidados que me brindó para poder llegar hasta donde me encuentro ahora, concluyendo mis estudios y por todos esos sabios consejos que aún sabiamente sigue otorgándome.

A mis hermanas Sandra y Nallely que son fuente de inspiración y superación para haber logrado esto, gracias por estar aquí.

Y a mis amigos con los cuales se vivieron tiempos inolvidables.

ÍNDICE GENERAL.

| Contenido | Página |
|--|--------|
| ÍNDICE GENERAL. | i |
| ÍNDICE DE CUADROS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| RESUMEN | |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. ANTECEDENTES | 2 |
| II.1 Balance energético de la Tierra | 2 |
| II.2 Composición de la atmósfera terrestre | 4 |
| II.2.1 Nitrógeno | 5 |
| II.2.2 Oxígeno | 5 |
| II.2.3 Bióxido de carbono | 6 |
| II.2.4 Metano | 6 |
| II.2.5 Gases inertes | 6 |
| II.3 Plantas de tratamiento de aguas y lodos residuales | 8 |
| II.4 Rellenos sanitarios | 12 |
| II.4.1 Generación de residuos municipales per cápita y por composición | 14 |
| II.4.2 Manejo de los residuos sólidos municipales | 16 |
| II.5 Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 1990-2002 | 18 |
| II.5.1 Escenarios IE-EE | 20 |
| II.6 Conocimiento actual sobre impactos futuros | 21 |
| II.6.1 Recurso de agua dulce y su gestión | 21 |
| II.6.2 Ecosistemas | 22 |
| II.6.3 Alimentos flora y productos forestales | 22 |
| II.6.4 Sistemas costeros y zonas bajas | 22 |
| II.6.5 Industrias, asentamientos humanos y sociedad | 23 |
| II.6.6 Salud | 23 |

| | |
|---|----|
| II.7 Adaptación y medidas de mitigación ante el cambio climático | 23 |
| II.8 Mitigación a corto plazo | 24 |
| II.9 Mitigación a largo plazo (posterior a 2030) | 24 |
| II.10 Nivel de estabilización e instrumentos para mitigar el cambio climático | 26 |
| III. HIPÓTESIS | 28 |
| IV. OBJETIVOS | 29 |
| IV.1 Generales | 29 |
| IV.2 Específicos | 29 |
| V. METODOLOGÍA | 30 |
| V.1 Emisiones de metano procedente de los vertederos de residuos sólidos | 31 |
| V.1.1 Fuentes de los datos | 31 |
| V.1.2 Paso 1, estimación del total de residuos sólidos urbanos generados y eliminados en vertederos de residuos sólidos | 35 |
| V.1.3 Paso 2, determinación del factor de corrección para el metano | 38 |
| V.1.4 Paso 3, estimación de la tasa de producción de metano por unidad de desperdicios | 39 |
| V.1.5 Paso 4, estimación del total neto anual de las emisiones de metano | 41 |
| V.2 Emisiones de metano procedentes del tratamiento de las aguas residuales | 42 |
| V.2.1 Fuentes de los datos | 42 |
| V.2.2 Aguas residuales domésticas y comerciales | 43 |
| V.2.2.1 Paso 1, estimación del total de las aguas residuales y los lodos orgánicos | 43 |
| V.2.2.2 Paso 2, estimación del factor de emisión | 44 |

| | |
|---|----|
| para los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y los lodos domésticos y comerciales | |
| V.2.2.3 Paso 3, estimación de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos domésticos y comerciales | 46 |
| V.2.2.4 Paso 4, estimación de las emisiones de metano procedentes de las aguas residuales y de los lodos domésticos y comerciales | 47 |
| V.2.3 Emisiones de metano procedentes de los efluentes y lodos industriales | 48 |
| V.2.3.1 Paso 1, estimación del total de efluentes y lodos orgánicos | 48 |
| V.2.3.2 Paso 2, estimación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales | 50 |
| V.2.3.3 Paso 3, estimación de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos industriales | 51 |
| V.2.3.4 Paso 4, estimación de las emisiones de metano procedentes de los efluentes y los lodos industriales | 53 |
| V.3 Óxido nítrico procedente del excremento humano | 54 |
| V.4 Niveles de especificidad en las estimaciones de las emisiones | 55 |
| V.5 Calidad del inventario y nivel de incertidumbre | 56 |
| VI. RESULTADOS | 57 |
| VI.1 Emisiones de metano procedente de los vertederos de residuos sólidos | 58 |
| VI.1.1 Determinación del factor de corrección para el metano | 60 |

| | |
|--|----|
| VI.1.2 Estimación de la tasa de producción de metano por unidad de desperdicios | 61 |
| VI.2 Emisiones de metano procedente del tratamiento de las aguas residuales | 61 |
| VI.2.1 Determinación del total de las aguas y lodos residuales orgánicos domésticos e industriales | 62 |
| VI.2.2 Estimación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y los lodos domésticos y comerciales. | 63 |
| VI.2.3 Determinación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos domésticos y comerciales | 64 |
| VI.2.4 Estimación final respecto a las emisiones de metano procedentes de las aguas residuales y lodos domésticos/comerciales | 64 |
| VI.3 Efluentes industriales | 65 |
| VI.3.1 Recopilación de información | 65 |
| VI.3.2 Determinación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales | 67 |
| VI.3.3 Estimación de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos industriales | 68 |
| VI.3.4 Estimación total de las emisiones de Metano procedentes de los efluentes y lodos industriales | 68 |
| VI.4 Emisiones indirectas de óxido nitroso procedentes del excremento humano | 69 |
| VII. DISCUSIÓN | 71 |
| VII. CONCLUSIONES | 72 |
| IX. BIBLIOGRAFÍA | 74 |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE CUADROS.

| Cuadro | Página |
|--|--------|
| 1. Composición del aire seco a nivel del mar | 5 |
| 2. Gases de efecto invernadero considerados por el protocolo de Kioto | 8 |
| 3. Tipos de tratamiento de aguas residuales | 9 |
| 4. Inventario de plantas de tratamiento privadas en el estado para el 2005 | 11 |
| 5. Inventario de plantas de tratamiento públicas en el estado para el 2005 | 12 |
| 6. Manejo de los residuos sólidos no peligrosos por municipio estado, 2005 | 18 |
| 7. Características de los escenarios de estabilización | 25 |
| 8. Hoja de trabajo 6 - 1 para la determinación de las emisiones de metano procedentes de los vertederos de residuos sólidos | 34 |
| 9. Hoja de trabajo 6 – 1A para la determinación de la cantidad de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos empleando los datos para el país | 35 |
| 10. Hoja de trabajo 6 – 1B para la determinación de la cantidad de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos empleando las cifras por defecto para la tasa de disposición | 36 |
| 11. Hoja de trabajo 6 – 1C para la determinación del factor de corrección para el metano | 38 |
| 12. Hoja de trabajo 6 – 2 - Paso 1, para determinar el total de las aguas y lodos residuales orgánicos domésticos y comerciales | 43 |
| 13. Hoja de trabajo 6 – 2 - Paso 2, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y los lodos domésticos y comerciales | 45 |

| | |
|--|----|
| 14. Hoja de trabajo 6 – 2 - Paso 3, para determinar el total de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos domésticos y comerciales | 46 |
| 15. Hoja de trabajo 6 – 2 - Paso 4, para determinar las emisiones de metano procedentes de las aguas residuales y de los lodos domésticos y comerciales | 47 |
| 16. Hoja de trabajo 6 – 3 - Paso 1, para determinar el total de efluentes y lodos orgánicos | 49 |
| 17. Hoja de trabajo 6 – 3 - Paso 2, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales | 50 |
| 18. Hoja de trabajo 6 – 3 - Paso 3, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos industriales | 52 |
| 19. Hoja de trabajo 6 – 3 - Paso 4, para determinar las emisiones de metano procedentes de los efluentes y los lodos industriales | 53 |
| 20. Hoja de trabajo 6 – 4, para determinar las emisiones de óxido nítrico procedentes del excremento humano | 54 |
| 22. Hoja de trabajo 6 – 1 A, para la determinación de la cantidad de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos empleando los datos para el país | 58 |
| 21. Hoja de trabajo 6 – 1, para la determinación de las emisiones de metano procedentes de los vertederos de residuos sólidos | 59 |
| 23. Hoja de trabajo 6 – 1 C, para la determinación del factor de corrección para el metano | 60 |
| 24. Hoja de trabajo 6 – 2 - Paso 1 para determinar el total de las aguas y lodos residuales orgánicos y comerciales | 62 |
| 25. Hoja de trabajo 6 – 2, - Paso 2, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de las aguas | 63 |

| | |
|--|----|
| residuales y los lodos domésticos y comerciales. | |
| 26. Hoja de trabajo 6 – 2 – Paso 3, para determinar el total de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos domésticos y comerciales | 64 |
| 27. Hoja de trabajo 6 – 2 - Paso 4, para determinar las emisiones de metano procedentes de las aguas residuales y de los lodos domésticos y comerciales | 65 |
| 28. Hoja de trabajo 6 – 3 – Paso 1, para determinar el total de efluentes y lodos orgánicos | 66 |
| 29. Hoja de trabajo 6 – 3 – Paso 2, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales | 67 |
| 30. Hoja de trabajo 6 – 3 – Paso 3, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos industriales. | 68 |
| 31. Hoja de trabajo 6 – 3 – Paso 4, para determinar las emisiones de metano procedentes de los efluentes y lodos industriales | 69 |
| 32. Hoja de trabajo 6 – 4, para determinar las emisiones de óxido nítrico procedentes del excremento humano | 70 |

ÍNDICE DE FIGURAS.

| Figura | Página |
|--|--------|
| 1. Esquema del funcionamiento del efecto invernadero en la troposfera terrestre | 3 |
| 2. Etapas del procesamiento de residuos sólidos | 13 |
| 3. Generación de residuos sólidos municipales por zona geográfica | 14 |
| 4. Generación de residuos sólidos municipales per cápita, 2004 | 15 |
| 5. Composición de los residuos sólidos municipales, 2004 | 15 |
| 6. Disposición final de residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios y de tierra controlada | 16 |
| 7. Distribución de los residuos sólidos municipales en porcentaje | 17 |
| 8. Nivel de estabilización de la concentración de GEI (ppm CO ₂ -eq) | 25 |
| 9. Diagrama de flujo donde se explican las etapas necesarias para llevar a cabo un inventario nacional que satisfaga las normas del IPCC | 30 |
| 10. Ecuación general para determinar las emisiones de metano | 33 |
| 11. Ecuación para determinar el porcentaje de COD (por peso) | 40 |
| 12. Gráfica total de GEI de los diferentes subsectores del rubro de residuos en Gg | 70 |

RESUMEN

El inventario de gases de efecto invernadero para emisiones del Estado de Querétaro emitidos por el sector residuos es parte de un proyecto más amplio, el cual contempla otros 4 inventarios, cambio de uso de suelo, agricultura, industria y energía, los cuales conformarán a su vez el Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del año 2006 del Estado de Querétaro, siendo este parte de un Inventario Nacional de Emisiones. Este inventario surgió como parte de las estrategias que plantea el gobierno Federal para entender y elaborar estrategias de adaptación ante el Cambio Climático; la elaboración del mismo está fundamentada en la metodología que propone el IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, por sus siglas en Inglés) el cual está encargado de recopilar datos de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global para tener datos reales sobre la situación de los GEI, enfocándose para el sector de residuos en el metano producido por vertederos de residuos sólidos, el metano de plantas de tratamiento de aguas y lodos domésticos, el metano de plantas de tratamiento de aguas y lodos industriales y del óxido nitroso procedente de las excretas humanas. El inventario de Emisiones de gases de efecto invernadero del Estado de Querétaro año 2006, se convertirá en una excelente herramienta para sentar las bases que ayuden a cuantificar la emisión de los GEI en el Estado, pudiendo comparar nuestros datos con los inventarios de GEI de los próximos años a partir de los cuales se podrán elaborar y aplicar medidas correctivas en cuanto a su emisión, tratamiento y poder disminuir las consecuencias del cambio climático.

I. INTRODUCCIÓN.

El hombre se ha caracterizado por adaptarse fácilmente a las condiciones adversas que se le presentan saliendo casi siempre bien librado; esto le ha permitido aprovechar los recursos naturales que lo rodean ocasionando una excesiva presión sobre estos que se ha incrementado vertiginosamente a partir de los últimos 200 años que marcan el inicio de la revolución industrial. Esta etapa marca el inicio del uso masivo de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural, los cuales generan al momento de quemarse vapor de agua y dióxido de carbono gaseoso principalmente, escapando directamente a la atmósfera provocando un fenómeno conocido como calentamiento global o de efecto invernadero que consiste en el incremento de la temperatura promedio mundial con consecuencias como la disminución de la capa de nieve en los polos y glaciares, elevación de los mares y los cambios meteorológicos inesperados o inusuales como sequías e inundaciones que se han estado presentado con mayor regularidad en los últimos años causando innumerables pérdidas humanas y económicas.

Para poder conocer que tan graves son las consecuencias traen el incremento de estos gases en la atmósfera se vio en la necesidad de realizar en primera instancia un inventario de los gases de efecto invernadero que se producen, absorben y emiten en el estado de Querétaro tomando las guías del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) tomando como año base el 2006, con esta información podremos conocer la cantidad de estos gases en la atmósfera proponiendo medidas de atenuación ante las posibles consecuencias y recomendaciones para disminuir la generación de estos.

II. ANTECEDENTES.

La firma del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático por unos 150 países en Río de Janeiro en 1992 indicó el reconocimiento generalizado de que el cambio climático puede llegar a representar una de las principales amenazas para el medio ambiente y el desarrollo económico del mundo.

La temperatura del mundo, teniendo en cuenta los ambientes helados de los polos y los calores extremos de algunos desiertos, es de unos 14 °C. De acuerdo con el ecologista de Brasil y antiguo ministro del medio ambiente, José Lutzenberg, el margen propicio para la vida oscila entre unos grados bajo cero, donde las vidas sobreviven en latencia, y 80 °C para unos cuantos organismos, algunas bacterias y algas que consiguen vivir en manantiales de agua caliente; así el intervalo sería de unos 100 °C, este cálculo sirve para recordar la singularidad de la vida en nuestro planeta, y cabe mencionar que la mayor parte de las formas de vida son sensibles a los pequeños cambios dentro de temperatura dentro de este margen estrecho, de ahí la importancia del calentamiento global que afecta a todo ser vivo en el planeta Tierra (Dinyar, 2002).

La mayoría de sistemas ecológicos, sociales y económicos son sensibles a las fluctuaciones en el clima, a veces sin importar si éstas son de gran o mediana intensidad, de corta o larga duración. Aunque nuestro conocimiento sobre los impactos que la variabilidad climática global tiene en México ha aumentado en la última década, aún es difícil cuantificar los costos, pues los estudios existentes rara vez toman en cuenta las interacciones entre los sistemas sociales, económicos y naturales (Magaña, 1999).

II.1. El balance energético de la Tierra.

La superficie y la atmosfera de la Tierra se mantienen calientes gracias a la energía del sol. La máxima producción de energía se encuentra en el rango de la luz visible, cuya longitud de onda va de los 400 a 750 nm, a partir de los 800 nm hasta los 3000 nm se encuentra la región llamada infrarroja (IR). De la energía que recibimos del sol, aproximadamente la mitad es luz visible y la otra mitad es

energía infrarroja, esta energía se filtra en la estratosfera, calentando el aire en esta zona, en lugar de calentar la superficie terrestre. Del total de la luz que entra y cubre todas las longitudes de onda incidentes en la Tierra, cerca de un 50% alcanza la superficie terrestre y es absorbida por ella. Un 20 % de la luz que entra es absorbida por los gases (el UV por el ozono estratosférico y el oxígeno diatómico, y el IR por el CO₂ y el H₂O y por las gotas de agua en el aire; la luz restante un 30% se refleja en las nubes, hielo, nieve, arena y otros cuerpos reflejantes, que son superficies con colores claros, sin ser absorbida y regresa al espacio esto reflejado en la Figura 1.

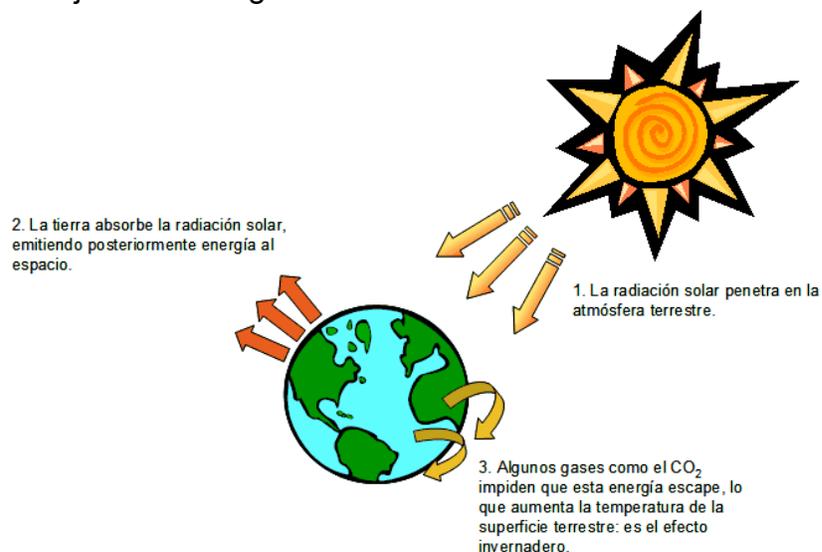


Figura 1. Esquema del funcionamiento del efecto invernadero en la troposfera terrestre (Baird, 2001).

Igual que cualquier otro cuerpo caliente la Tierra emite energía, suponiendo que la cantidad de energía que absorbe el planeta y la cantidad de ella que se emite debería ser igual, siempre y cuando la temperatura se mantuviese constante, esto no siempre se lleva de esta manera.

Algunos gases en el aire pueden, de forma temporal, absorber luz infrarroja térmica de longitudes de onda específicas, de tal manera que no toda la luz IR emitida por la superficie de la Tierra y la atmósfera escapa directamente al espacio. Después de su absorción es reemitida en todas direcciones, así pues, la luz IR

térmica es dirigida de regreso hacia la superficie de la Tierra, y es reabsorbida, calentando la superficie y el aire. Este fenómeno de redirección del IR térmico hacia la Tierra se denomina efecto invernadero, el cual es el responsable de que la temperatura media de la superficie de la Tierra sea de + 15 °C y no de -15 °C que es la que correspondería de no existir los gases atmosféricos que absorben el IR.

La atmósfera opera de la misma manera que una manta: reteniendo en la región intermedia parte del calor liberado por el cuerpo y, de este modo, aumentando la temperatura local.

El fenómeno que preocupa a los científicos ambientales es que el aumento de la concentración de los gases traza en el aire que absorben luz infrarroja térmica podría redireccionar más energía térmica hacia la superficie y por lo tanto, aumentar la temperatura media más allá de 15 °C. A este fenómeno se le conoce como efecto invernadero intensificado, para distinguir su efecto del fenómeno que ha ido operando de forma natural durante milenios (Baird, 2001).

II.2 Composición de la atmósfera terrestre.

La atmósfera es una capa protectora que hace posible la vida en la Tierra y la protege del ambiente hostil del espacio exterior. La atmósfera es la fuente de dióxido de carbono para la fotosíntesis de las plantas y de oxígeno para la respiración. Proporciona el nitrógeno que las bacterias fijadoras de nitrógeno y las plantas productoras de amoníaco emplean para producir el nitrógeno enlazado químicamente, que es un componente esencial de las moléculas de los seres vivos, la composición de esta está descrita en el Cuadro 1. Como parte básica del ciclo hidrológico, la atmósfera transporta el agua de los océanos a la Tierra, actuando así como condensador en una inmensa destilería alimentada por la energía solar. Desgraciadamente, la atmósfera también se ha usado como lugar de descarga de muchos materiales contaminantes, ocasionando problemas de todo tipo como la lluvia ácida, el smog, el adelgazamiento de la capa de ozono y acentúa el efecto invernadero, entre otros (Stanley M., 2007).

Cuadro 1. Composición del aire seco a nivel del mar.

| Componente | % en volumen | Componente | % en volumen |
|-----------------|--------------|------------------|-----------------------------|
| N ₂ | 78.085 | Kr | 0.00011 |
| O ₂ | 20.946 | H ₂ | 0.000058 |
| Ar | 0.934 | N ₂ O | 0.000031 |
| CO ₂ | 0.0314 | CO | 0.00001 |
| Ne | 0.00182 | Xe | 8.7 x 10 ⁻⁶ |
| He | 0.000524 | O ₃ | (1-50) x 10 ⁻⁶ |
| CH ₄ | 0.00015 | NH ₃ | (0.01-1) x 10 ⁻⁷ |

II.2.1. Nitrógeno.

El gas nitrógeno (N₂) es un gas incoloro, inodoro e insípido que se condensa a líquido a -196°C y este se solidifica a -210°C. El nitrógeno forma varios óxidos gaseosos (N₂O, NO, N₂O₃, NO₂ y N₂O₅). El óxido de nitrógeno (óxido nítrico), NO, es un gas incoloro que se forma cuando el oxígeno y el nitrógeno se combinan a altas temperaturas. El dióxido de nitrógeno NO₂ es un gas café rojizo, muy venenoso y que posee un olor irritante; se forma cuando el gas óxido de nitrógeno se combina con oxígeno.

II.2.2. Oxígeno.

El oxígeno gaseoso (O₂) representa aproximadamente el 21% del volumen de la atmósfera. Este se licúa para formar un líquido azul pálido a -183°C, y el líquido se solidifica a -218°C. El oxígeno puro se utiliza en la elaboración del acero, en grandes motores de cohetes y en el tratamiento de aguas negras. El oxígeno del aire reacciona con los metales corroyendo o enmoheciéndolos y, por supuesto, las plantas y los animales lo utilizan en la respiración. Existe gran riesgo de que se produzca fuego en la atmósfera de oxígeno puro o en los que contienen gran contenido de este elemento.

En presencia de una chispa eléctrica, radiación ultravioleta o ciertos catalizadores, el oxígeno se puede convertir en ozono, O₃. El ozono es un gas

irritante y venenoso que se encuentra en el “smog” como el de la ciudad de México o Los Ángeles y en regiones muy elevadas de la atmósfera (la ozonosfera).

II.2.3. Bióxido de Carbono.

El bióxido de carbono, CO_2 , es un gas incoloro que se encuentra en la atmósfera (aproximadamente el 0.03% por volumen). Se produce debido a la combustión de materiales orgánicos en el aire y es el producto de la respiración de plantas y animales. El bióxido de carbono sólido se conoce como “hielo seco”. Este compuesto se emplea en los extinguidores de fuego, en las bebidas carbonatadas y en la elaboración de algunos compuestos químicos (carbonato de sodio, bicarbonato de sodio y compuestos químicos orgánicos). Las plantas lo utilizan para llevar a cabo la fotosíntesis.

II.2.4. Metano.

El metano, CH_4 , es un gas incoloro e inodoro que constituye el componente principal del gas natural. El metano se forma durante la descomposición de la materia vegetal y se encuentra en grandes cantidades en depósitos de gas natural y en algunos de petróleo. Cuando se usa como combustible, se acostumbra agregar al gas natural un gas muy oloroso el metil mercaptano en pequeñas cantidades, esto se hace para que las personas se den cuenta de cualquier fuga de gas que pudiera causar una explosión. El metano también se utiliza en la industria para obtener hidrógeno ($2 \text{CH}_4 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \longrightarrow 2 \text{CO} (\text{g}) + 4 \text{H}_2 (\text{g})$).

II.2.5. Gases Inertes.

Los gases inertes más importantes son helio, He; neón, Ne; argón, Ar; kriptón, Kr y xenón, Xe. Todos estos gases, que químicamente son poco reactivos, se encuentran en pequeñas cantidades en la atmósfera (Dickson R. 2005).

Los gases de efecto invernadero que se producen y emiten a la atmósfera en el sector de los residuos son el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, estos se producen por medio de la oxidación de los desechos orgánicos en los rellenos sanitarios y por tratamientos anaeróbicos.

El dióxido de carbono es el gas de efecto de invernadero antropogénico más importante. La concentración de dióxido de carbono en la atmósfera mundial ha

pasado de un valor preindustrial de aproximadamente de 280 ppm a 379 ppm en 2005. La concentración atmosférica de dióxido de carbono en 2005 supera, en gran medida, su margen de variación natural durante los últimos 650.000 años de (180 a 300 ppm), según muestran testigos de hielo. El ritmo anual de crecimiento de la concentración de dióxido de carbono ha sido mayor durante los últimos 10 años (1995 a 2005 una media de: 1.9 ppm al año), que los anteriores desde el comienzo de las mediciones directas continuas en la atmósfera (1960 – 2005 con una medida de: 1.4 ppm al año), siendo ligeramente superior.

La concentración de metano en la atmósfera mundial ha pasado de un valor de unas 715 ppb, en la época preindustrial, a 1,732 ppb a principios de la década de los noventa, y su valor en 2005 era de 1,774 ppb. Tal y como lo demuestran los testigos del hielo. El ritmo de crecimiento ha disminuido desde principios de los noventa, en concordancia con el total de emisiones (la suma de las fuentes antropogénicas y naturales) siendo casi constante durante ese periodo. Es muy probable que el aumento observado en la concentración de metano se deba a actividades antropogénicas, predominantemente agrícolas, y al uso de combustibles fósiles, pero aún no se han determinado adecuadamente las contribuciones relativas de otros tipos de fuentes (Instituto de Ecología del estado de Guanajuato, 2008).

La concentración de óxido nitroso en la atmósfera mundial paso de un valor en la era preindustrial de unos 270 ppb a 319 ppb en 2005. El ritmo de aumento se ha mantenido aproximadamente constante desde 1980. Más de un tercio de todas las emisiones de óxido nitroso son antropogénicas, principalmente por la agricultura aunque en el sector de residuos contribuye a la causa.

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como lo evidencian ahora las observaciones de los incrementos en las temperaturas medias del aire y del océano, el derretimiento generalizado del hielo, nieve y la elevación del nivel medio del mar en el mundo.

Los gases de efecto invernadero tienen diferente capacidad o poder de acción en el tema del efecto invernadero como lo demuestra el Cuadro 2.

Cuadro 2. Gases de efecto invernadero considerados por el protocolo de Kioto (IPCC, 2007).

| Gases de efecto invernadero | Fuentes principales. | Vida Media (años) | Potencial de Calentamiento Global. |
|--|---|-------------------|------------------------------------|
| Dióxido de Carbono. (CO ₂) | Quema de combustibles fósiles, deforestación, quema de biomasa, producción de cemento. | 5 a 200 | 1 |
| Metano (CH ₄) | Animales rumiantes, quema de biomasa, rellenos sanitarios, pantanos, minas de carbono. | 12 | 21 |
| Óxido Nitroso (N ₂ O) | Fuentes biológicas en océanos y suelos, combustión, quema de biomasa, fertilizantes. | 120 | 310 |
| Hidrocarburos (incluyendo CFC's, HFC's y HCFC's) | Producción industrial y consumo de algunos productos (aerosoles), refrigerantes, propelentes, solventes). | 1.5 a 264 | 140 a 11,700 |
| Hexafluoruro de azufre (SF ₆) | Refrigerantes Industriales. | 3,200 | 23,900 |
| Perfluorocarbonos (PFC) | Refrigerantes Industriales, aire acondicionado, solventes, aerosoles. | 2,600 a 50,000 | 6,500 a 9,200 |

La información paleo climática apoya la interpretación de que el calor de la última mitad del siglo pasado es poco común al menos en los 1,300 años anteriores. La última vez que las regiones polares fueron significativamente más cálidas que ahora, durante un largo periodo de tiempo (hace unos 125,000 años), la reducción en el volumen del hielo polar elevó el nivel del mar de 4 a 6 m (IPCC, 2007).

II.3. Plantas de tratamiento de aguas y lodos residuales.

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación estética y económica, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales, debido a esto se busco una solución para evitar el continuo deterioro ambiental que se ha dado al descargar directamente las aguas residuales a los lagos, ríos, y mares.

La solución a este problema es el tratamiento de aguas residuales, el cual consiste en una serie de procesos químicos, físicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente de uso humano, siendo el objetivo producir agua limpia o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango conveniente para su disposición o reúso.

Es común clasificar a las aguas residuales en dos tipos: industriales y municipales. En muchos casos las aguas residuales industriales requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado municipal; como las características de estas aguas residuales cambian de una a otra industria, los procesos de tratamiento son también muy variables. No obstante, muchos de los procesos empleados para tratar aguas residuales municipales se emplean también con las industriales. Existen aguas residuales industriales que tienen características compatibles con las municipales, por lo que se descargan directamente en los sistemas públicos de alcantarillado. (Valdez, 2003)

Los tratamientos que se le dan a las aguas residuales varían dependiendo de su origen, volumen, cantidad de materia orgánica, etc., los procesos más utilizados se describen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Tipos de tratamiento de aguas residuales. (Ramahlo, 1996).

| Tipo de Tratamiento. | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Tratamiento Primario | Tratamiento Secundario | Tratamiento Avanzado |
| Cribado | Lodos Activos | Cloración y Ozonización |
| Sedimentación | Aireación Prolongada | Precipitación y Coagulación |
| Flotación | Lenguaje con Aireación | Adsorción |
| Separación de aceites | Filtros Biológicos | Intercambio Iónico |
| Homogenización | Tratamientos Anaerobios | Ósmosis Inversa |
| Neutralización | Discos Biológicos | Electrodialisis |

En el año 2001, los centros urbanos del país generaron un flujo de 252 m³/s de aguas residuales, se colectó un 80% por alcantarillas y de este porcentaje solo el 26% recibió algún tipo de tratamiento ya sea primario, secundario, terciario o una mezcla de varios de ellos. Para el año 2003, se generaron 255 m³/s, se recolectó en alcantarillado 80%.

A su vez, la industria descargó 171 m³/s de aguas residuales en 2001 y 258 m³/s en 2003, observándose un aumento notable en la generación de aguas residuales. Tan solo el 10% del total de generación de aguas residuales fue tratado para su posterior reúso, al 90% restante no le fue aplicado ningún tipo de tratamiento.

En 2004 operaban en el país 1,183 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. En 1994 se tenían registradas 177 plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, para 1998 ya había 1,354 plantas y para 2004 operaban 1,579. (INE, 2006).

La situación para el estado de Querétaro en el año 2005 en cuanto a la cantidad de plantas de tratamiento que son de carácter privado se muestra en el Cuadro 4. La situación para el estado de Querétaro en el año 2005 en cuanto a la cantidad de plantas de tratamiento que son de carácter público se muestra en el Cuadro 5.

El tratamiento del agua residual trae siempre como consecuencia la formación de lodos residuales, subproductos indeseables difíciles de tratar y que implican un costo extra en su manejo y disposición.

En muchos casos gran parte de los lodos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales son descargados en sistemas de alcantarillado, en cuerpos de agua o dispuestos en tiradero a cielo abierto sin ningún tratamiento previo que permita tomar las medidas adecuadas para evitar la contaminación del suelo, agua subterránea o la atracción de vectores (insectos, ratas, carroñeros, etc.), generando problemas de contaminación de los mantos freáticos y de salud pública (Hernández, 1992).

Dentro de las tecnologías de tratamiento para lodos residuales generados en las plantas de tratamiento se encuentran la digestión anaerobia, la digestión aeróbica,

la incineración y el tratamiento químico. En general, las líneas de tratamiento de lodos residuales se encuentran enfocadas a dos aspectos fundamentales, que son: la reducción de su volumen que consiste en la separación de la mayor cantidad posible de humedad, y la reducción de poder de fermentación, que consiste en reducir su actividad biológica (tendencia a la putrefacción) y su contenido de microorganismos causantes de enfermedades, en estos casos es donde se produce la emisión de metano que se da cuando la materia orgánica comienza a oxidarse (Oropeza, 2006).

Cuadro 4. Inventario de plantas de tratamiento privadas en el estado para el 2005 (SEDESU, 2006).

| Inventario de plantas de tratamiento privadas en el estado, 2005. | | | | |
|---|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | | Gasto de | | Volumen |
| Municipio | Número de plantas | Diseño (litros por segundo) | Operación (litros por segundo) | (m ³ /año) |
| Amealco de Bonfil | 1 | 0.5 | 0.4 | 12,410 |
| Arroyo Seco | 1 | 0.1 | 0 | 657 |
| Cadereyta de Montes | 4 | 0.8 | 0.6 | 19,348.20 |
| Colón | 7 | 1.1 | 0.6 | 17,861.20 |
| Corregidora | 25 | 15.6 | 9.4 | 285,344.60 |
| El Márques | 40 | 83.8 | 34.3 | 1,041,655.70 |
| Ezequiel Montes | 7 | 5 | 4.7 | 147,559.50 |
| Huimilpan | 10 | 3.5 | 2.1 | 49,382.60 |
| Pedro Escobedo | 12 | 60.8 | 38.7 | 1,205,275.90 |
| Querétaro | 68 | 132.9 | 77.9 | 2,234,798.00 |
| San Juan del Río | 43 | 849.6 | 375.6 | 13,780,395.60 |
| Tequisquiapan | 9 | 1.9 | 0.8 | 26,019.60 |
| Tolimán | 3 | 8.2 | 0.8 | 19,548.00 |
| Total del estado | 230 | 1,163.80 | 545.9 | 18,840,255.70 |

En el estado de Querétaro los asuntos relacionados con el servicio de agua potable y alcantarillado son dos: uno que se encarga de ofrecer servicio a prácticamente todo el estado es la Comisión Estatal de Aguas (CEA), que con la Junta de Agua Potable y Alcantarillado Municipal (JAPAM), que es un organismo

autónomo que se encarga de ofrecer este servicio al municipio de San Juan del Río, conjuntamente estos dos organismos son los encargados de controlar las operaciones en el estado, sin dejar de lado a la Comisión Nacional de Aguas (CONAGUA) que supervisa a ambos por ser como su nombre lo dice de carácter Nacional.

Cuadro 5. Inventario de plantas de tratamiento públicas en el estado para el 2005 (SEDESU, 2006).

| Inventario de plantas de tratamiento privadas en el estado, 2005. | | | | |
|---|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | | Gasto de | | Volumen |
| Municipio | Número de plantas | Diseño (litros por segundo) | Operación (litros por segundo) | (m ³ /año) |
| Amealco de Bonfil | 2 | 1.5 | 1.5 | 47,304 |
| Cadereyta de Montes | 1 | 8 | 3 | 157,680.00 |
| Colón | 8 | 14 | 13.5 | 425,736.00 |
| Corregidora | 1 | 2.7 | 0.5 | 15,768.00 |
| El Márques | 1 | 6 | 6 | 189,216.00 |
| Huimilpan | 4 | 13.5 | 6.4 | 200,385.00 |
| Querétaro | 18 | 705 | 418.4 | 13,193,392.20 |
| San Juan del Río | 16 | 142 | 112.9 | 3,594,812.00 |
| Total del estado | 51 | 892.70 | 562.1 | 17,824,293.20 |

II.4. Rellenos Sanitarios.

Un relleno sanitario es una obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos (generados en las casas habitación) y los de manejo especial, (aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser

considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos) por medio de un procedimiento descrito en la Figura 2, con el fin de controlar a través de la compactación e infraestructura adicional los impactos ambientales (NOM-083-SEMARNAT-2003).

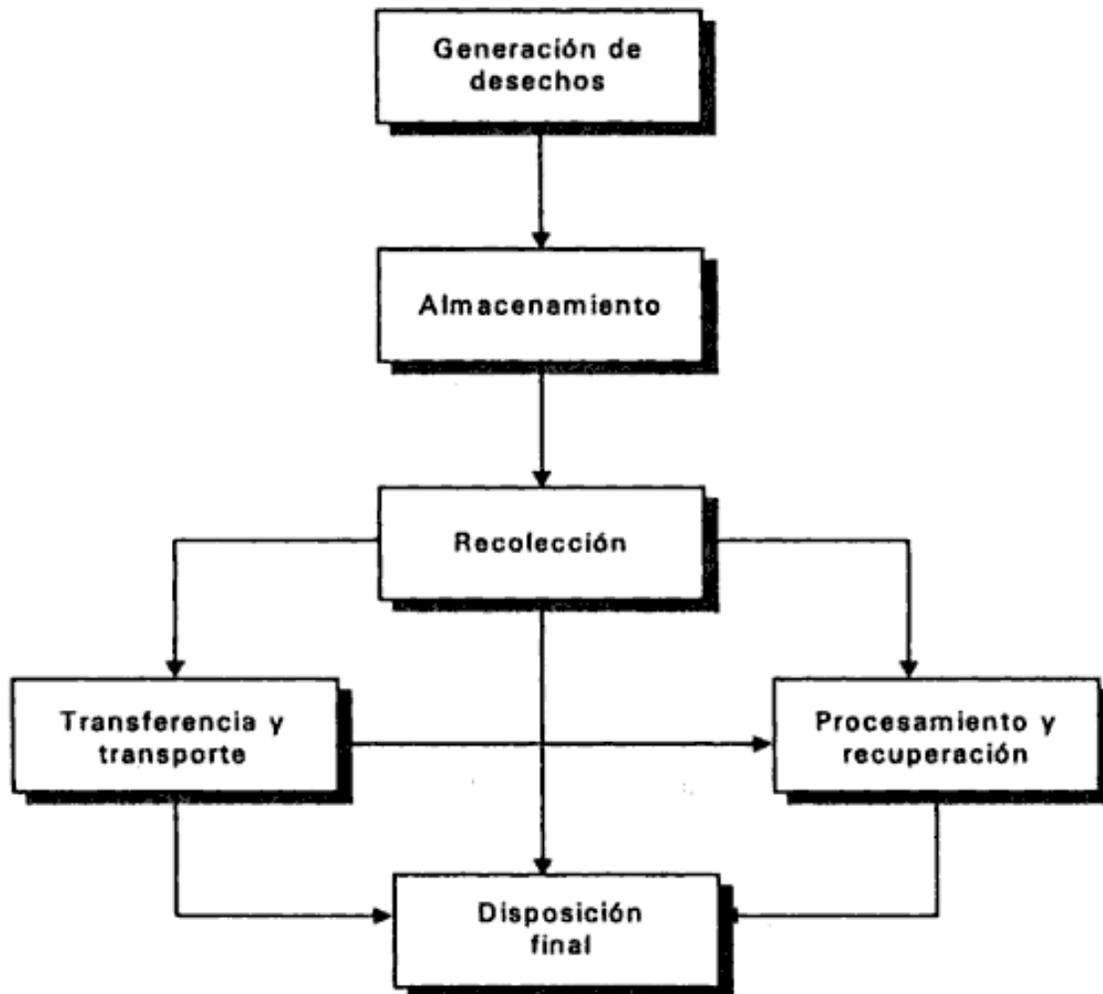


Figura 2. Etapas del procesamiento de residuos sólidos (Ramahlo, 1996)

En los últimos años la generación de residuos sólidos municipales en el país se incrementó, alcanzando los 34.6 millones de toneladas en el año 2004, estos se producen principalmente en la región centro de la república mexicana (50%), siguiéndole la región norte (18%) y el distrito federal (13%), ver Figura 3. Durante el periodo 1997 - 2004, la zona centro, la frontera norte y la zona sur incrementaron de manera significativa su generación de residuos (24, 35 y 17% respectivamente),

destacando la zona centro que alcanzó una generación de 17 millones de toneladas de residuos sólidos municipales en 2004, ver Figura 3.



Figura 3. Generación de residuos sólidos municipales por zona geográfica (SEMARNAT, 2005).

II.4.1. Generación de residuos sólidos municipales per cápita y por composición.

Además del incremento de la cantidad total de residuos generados en el país, la generación per cápita a nivel nacional también ha aumentado. De 1997 a 2004 la generación se incremento un promedio de 4 kilogramos al año, alcanzando la cifra de 328 kilogramos por habitante, ver Figura 4. Esta generación muestra diferencias importantes entre los estados. Los habitantes de estados muy industrializados como el Distrito Federal, Nuevo León, Estado de México y Baja California generaron en el año 2004 más de un kilo de residuo diario por persona, en contraste con lo que generaron en promedio los habitantes de estados menos urbanizados como Oaxaca, Chiapas, Hidalgo, Zacatecas y Tlaxcala, cuya

generación no rebasó los 700 gramos diarios. En México más de la mitad de los residuos son de naturaleza orgánica (residuos de comida, jardines, etc.) como lo indica la Figura 5. De 1995 al año 2004 no se han observado cambios importantes en la proporción relativa del tipo de residuos generados.

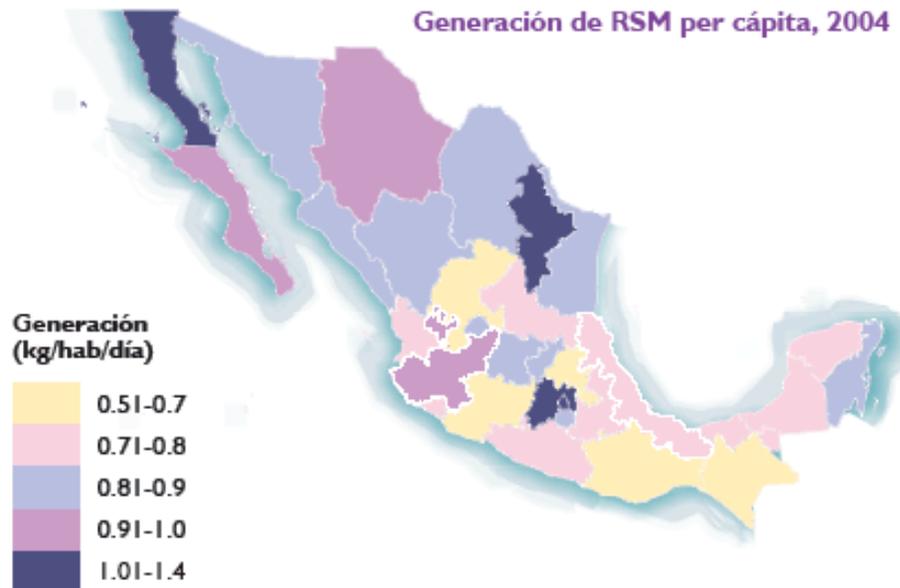


Figura 4. Generación de residuos sólidos municipales per cápita, 2004 (SEMARNAT, 2005).

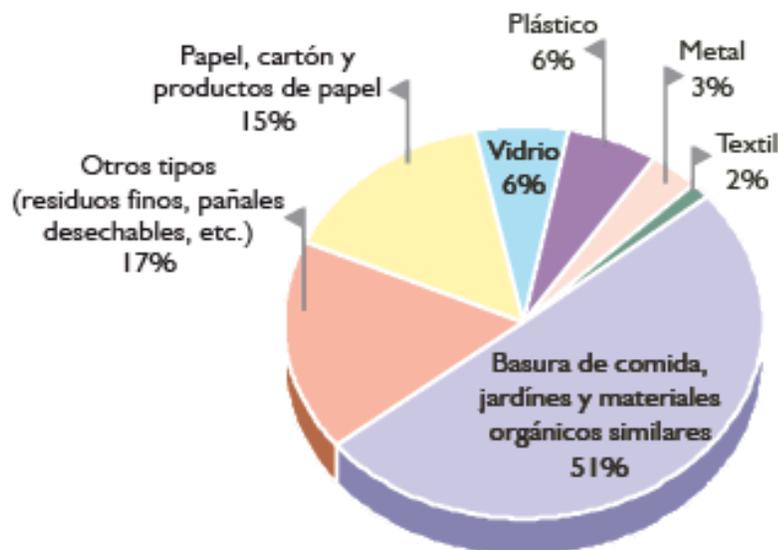


Figura 5. Composición de los residuos sólidos municipales, 2004 (SEMARNAT, 2005).

II.4.2. Manejo de los residuos sólidos municipales.

Aun no se han incorporado en todo el territorio nacional técnicas modernas para la solución del manejo de estos residuos, por lo que es relativamente frecuente que los residuos se viertan sobre depresiones naturales del terreno. Un aspecto importante del manejo es la recolección de ellos. Actualmente la mejor solución para la disposición de estos son los rellenos sanitarios. México ha logrado un enorme avance, ya que de 1994 a 2005 el número de rellenos sanitarios se triplicó y la cantidad de residuos sólidos municipales que se depositaron en ellos aumentó de 5.9 a 18.3 millones de toneladas (52% de los residuos sólidos municipales generados en 2004). El resto aun se deposita en rellenos de tierra controlados (11.5%) y no controlados (32.9%). Los mayores avances se han dado en las ciudades: en 2004, el 61% de los residuos depositados en rellenos sanitarios y de tierra controlados se ubicó en zonas metropolitanas y 37% en ciudades medias, ver Figuras 6 y 7 (SEMARNAT, 2003).

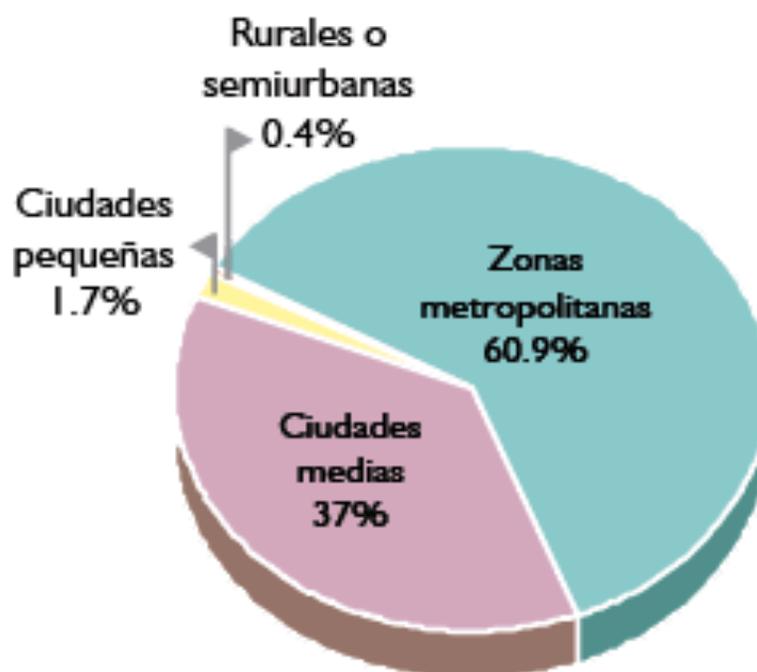


Figura 6. Disposición final de residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios y de tierra controlada (SEMARNAT, 2005).

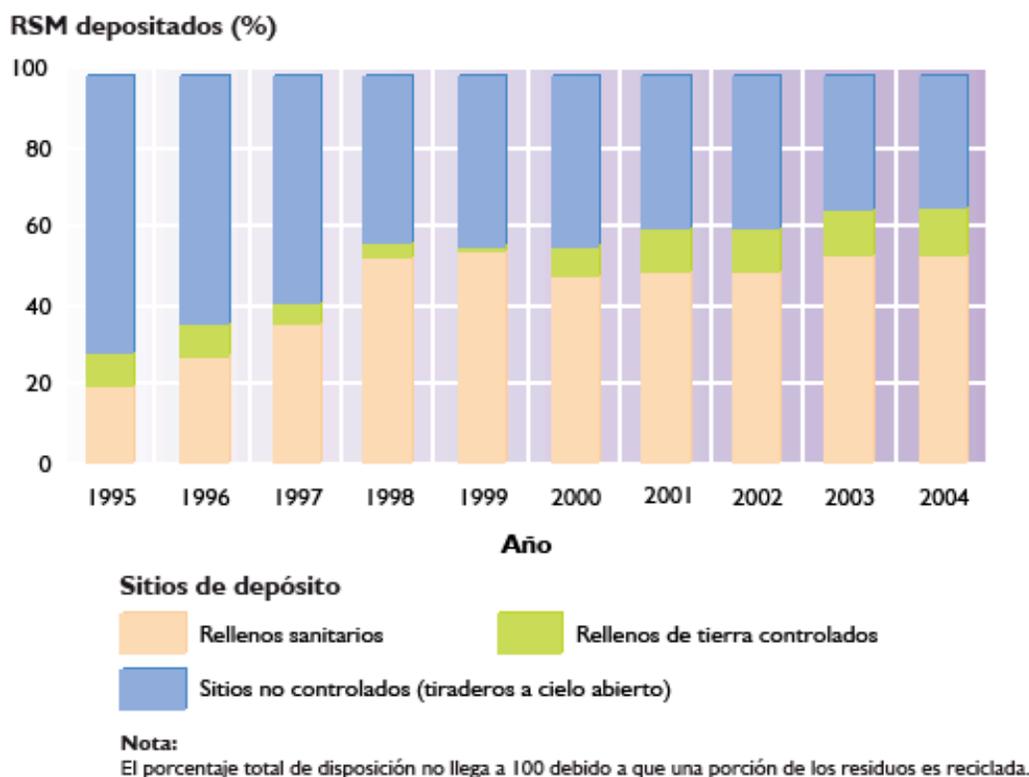


Figura 7. Distribución de los residuos sólidos municipales en porcentaje (SEMARNAT, 2005).

Dentro del estado de Querétaro que comprende a sus 18 municipios se observa una dinámica muy desigual en cuanto a la generación y disposición de los residuos sólidos urbanos, ya que en lo que es el corredor industrial y agrícola que comprende desde San Juan del Río hasta la ciudad de Querétaro se observan condiciones económicas mejores que para la zona del semidesierto y la zona serrana, así como la distribución de la población estando concentrada la mayor parte de la del estado en esta zona, provocando una generación de residuos mucho mayor y más diversa, así como diferentes métodos para su procesamiento o disposición observándose una dinámica como la que se presenta en el Cuadro 6, esto para el Año 2005.

Cuadro 6. Manejo de los residuos sólidos no peligrosos por municipio y estado, 2005 (SEDESU, 2006).

| Municipio | Toneladas de basura generadas en el municipio (día) | Se depositan al aire libre (toneladas) | Se depositan en sitios controlados (toneladas) | Infraestructura para acopio y composteo. |
|---------------------|---|--|--|--|
| Amealco de Bonfil | 20 | - | 20 | Operando |
| Arroyo Seco | 10 | 10 | - | Operando |
| Cadereyta de Montes | 35 | 35 | - | Operando |
| Colón | 41 | - | 41 | Operando |
| Corregidora | 140 | - | 140 | No hay |
| El Marques | 58 | - | 58 | Operando |
| Ezequiel Montes | 30 | - | 30 | Operando |
| Huimilpan | 13 | - | 13 | Operando |
| Jalpan de Serra | 15 | 15 | - | Operando |
| Landa de Matamoros | 6 | 6 | - | No hay |
| Pedro Escobedo | 45 | - | 45 | No hay |
| Peñamiller | 17 | 17 | - | Operando |
| Pinal de Amoles | 10 | 10 | - | No hay |
| Querétaro | 670 | - | 670 | Operando |
| San Joaquín | 6 | - | 6 | Operando |
| San Juan del Río | 230 | - | 230 | Operando |
| Tequisquiapan. | 45 | - | 45 | Operando |
| Tolimán. | 8 | 8 | - | Operando |
| Estado | 1399 | 101 | 1298 | |

II.5. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 1990-2002.

Para en año 2002, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), de los seis gases enunciados en el anexo A, ver Anexos, del protocolo de Kioto, se estimaron en 643.18 Gg, en bióxido de carbono equivalente (CO₂-eq).

Los resultados del INEGEI, 1990 - 2002, indican que el crecimiento de las emisiones de los sectores en CO₂-eq, con excepción de Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS) fue de aproximadamente 30%, lo que significa un crecimiento anual de 2.2%.

La contribución de las emisiones de los GEI de las diferentes categorías en términos de CO₂-eq, es la siguiente: energía 61% con 389.50 Gg; USCUSS 14%

con 89.85 Gg; desechos 10% con 65.58 Gg; procesos industriales 8% con 52.10 Gg y agricultura 7% con 46.15 Gg.

Las emisiones de GEI por gas en CO₂-eq, se desagregan de la manera siguiente: CO₂ 480.41 Gg, con 74%; metano (CH₄) 145.59 Gg, con 23%; óxido nitroso (N₂O) 12.34 Gg, con 2% y el restante 1% se compone de 4.43 Gg de hidrocarburos (HFC); 405 Gg de perfluorocarbonos (PFC); y 15 Gg de hexafluoruro de azufre (SF₆).

Las emisiones de GEI en el 2002 para el sector de desechos, en CO₂-eq, fueron de 65.58 Gg, mientras que en 1990 se emitieron 33.36 Gg.

Se observa un incremento del 97% de 1990 a 2002 para el sector de desechos, como resultado del aumento en la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios y del impulso dado en la última década al tratamiento de las aguas residuales industriales y municipales; dentro de este porcentaje también se incluye el cambio registrado en las emisiones por incineración de residuos peligrosos, cuyo valor se multiplicó por 30 entre 1990 y 2002, pero su contribución al total en este año es menor al 0.5%, la incineración de residuos es una actividad relativamente nueva en el país (INE, 2006).

El mayor conocimiento en las emisiones mundiales de GEI entre 1970 y 2004 provino del sector de suministro energético (incremento de 145%). El incremento en emisiones directas del transporte en este periodo fue de un 120%, de la industria un 65% y de los usos del suelo, cambios de usos del suelo y silvicultura un 40% (IPCC, 2007).

Con las políticas actuales de mitigación del cambio climático y las prácticas relacionadas de desarrollo sostenible, las emisiones mundiales de GEI continuarán en aumento en las próximas décadas.

Los escenarios IE-EE (escenarios de emisiones del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones del IPCC), sin contemplar los efectos de la mitigación proyectan un incremento de las emisiones básicas mundiales de GEI dentro de un rango de 9.7 Gg de CO₂-eq a 36,7 Gg de CO₂-eq (25 - 90%) entre 2000 y 2030. En estos escenarios, se proyecta que los combustibles fósiles mantendrán su posición

dominante en el conjunto global de energías hasta 2030 y después comenzarán a descender. Por tanto se proyecta que las emisiones de CO₂ entre 2000 y 2030 provenientes del uso energético crecerán de un 40% a un 110% en ese periodo. Se proyecta que entre dos terceras partes y tres cuartas partes de este incremento de las emisiones energéticas provendrán de regiones no incluidas en el Anexo I, (países en desarrollo), ver Anexos, y que sus emisiones per cápita de CO₂ permanecerán sustancialmente más bajas (2.8 – 5.1 tCO₂/cap) que las de regiones del Anexo I, ver Anexos, 9.6 – 15.1 tCO₂/cap) para 2030.

II.5.1. Escenarios IE-EE.

Se propusieron 6 escenarios en los cuales se plasma la tendencia de la emisión de GEI a nivel mundial, estos son A1B, A1FI, A1T, A2, B1 y B2.

- A1. Este escenario describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados de siglo y disminuye posteriormente con una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidades e interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante. Esta familia de escenarios A1 se desarrolló en tres grupos que describen diferentes alternativas del cambio tecnológico en el sistema de energía. Los tres grupos A1 se diferencian en su orientación tecnológica: utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FI), utilización de energía de origen no fósil (A1T) utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B).
- A2. Este escenario describe un mundo muy heterogéneo, sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las entidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son los más lentos.

- B1. Describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza su máximo hacia mediados de siglo y desciende posteriormente, como en A1, pero con rápidos cambios en las estructuras económicas orientadas a una economía de servicios y de información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y la introducción de tecnologías limpias, con un aprovechamiento eficaz de los recursos.
- B2. En este escenario predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Es un mundo cuya población aumenta a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios y con un cambio tecnológico más lento y más diverso que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional de cada lugar donde se vaya a implementar el inventario.

II.6. Conocimiento actual sobre impactos futuros.

En base a los descubrimientos más relevantes sobre impactos previstos, así como sobre vulnerabilidad y adaptación en cada sistema, sector y región para el margen de variación de cambios climáticos (no mitigados) previsto por el IPCC durante el presente siglo reflejan con frecuencia los cambios previstos en la precipitación y en otras variables climáticas, además de la temperatura, el nivel del mar y la concentración de dióxido de carbono atmosférico. La magnitud y la ocurrencia de los impactos variarán con el tiempo de duración del cambio climático y, en algunos casos, la capacidad de adaptación.

II.6.1. Recursos de agua dulce y su gestión.

Para mediados de siglo, se prevé un aumento del 10 - 40% del promedio de la escorrentía fluvial anual y de la disponibilidad de agua en latitudes altas y algunas zonas tropicales húmedas, y una disminución del 10 - 30% en algunas regiones secas en latitudes medias y en las zonas tropicales secas, algunas de las cuales en

la actualidad son zonas con estrés hídrico. En algunas zonas y en estaciones específicas, los cambios difieren de estas cifras anuales.

En el transcurso del siglo, se prevé una disminución de las reservas del agua almacenada en glaciares y en la cubierta de nieve, lo que reduciría la disponibilidad de agua en las regiones abastecidas por el agua del deshielo de los principales grupos montañosos, donde vive en la actualidad más de un sexto de la población mundial.

II.6.2. Ecosistemas.

En este siglo es posible que la elasticidad de muchos ecosistemas sea superada por una combinación sin precedentes de cambio climático asociado con alteraciones (por ejemplo, inundaciones, sequías, incendios y acidificación de los océanos) y otros impulsores del cambio climático mundial (por ejemplo, cambio en los usos del suelo, contaminación, sobreexplotación de recursos). Es probable que aproximadamente entre el 20 - 30% de las especies de plantas y animales evaluadas hasta el momento estén en mayor riesgo de extinción si los aumentos de temperatura medio mundial exceden de 1.5 a 2.5 °C.

II.6.3. Alimentos, flora y productos forestales.

Se prevé un aumento ligero del rendimiento de los cultivos en latitudes medias a altas, cuando aumente la temperatura media local de 1 a 3°C, según el tipo de cultivo, y una disminución a partir de ahí en algunas regiones. En latitudes más bajas, principalmente regiones tropicales estacionalmente secas, se prevé la disminución del rendimiento de los cultivos incluso cuando la temperatura local aumente ligeramente 1 a 2°C, lo cual puede aumentar el riesgo de hambruna.

A nivel mundial, la producción de la madera de uso comercial aumenta moderadamente con el cambio climático de corto a mediano plazo, con gran variabilidad regional a lo largo de la tendencia mundial.

II.6.4. Sistemas costeros y zonas bajas.

Se prevé que las costas estén expuestas a crecientes riesgos, incluida la erosión costera, a causa del cambio climático y el incremento del nivel del mar. El aumento de las presiones al medio ambiente provocadas por el ser humano en

zonas costeras exacerbará este efecto. Se prevé que muchos millones de personas se vean afectadas por inundaciones cada año, a raíz del aumento del nivel del mar para la década de 2080. Se encuentran en riesgo principalmente las regiones densamente pobladas y zonas donde la capacidad de adaptación es relativamente baja, y que ya afrontan otros desafíos tales como tormentas tropicales o hundimiento de las costas locales.

II.6.5. Industrias, asentamientos humanos y sociedad.

Generalmente, las industrias, asentamientos humanos y sociedades más vulnerables son aquellos situados en llanuras de inundaciones costeras y fluviales, aquellas cuyas economías están estrechamente relacionadas con los recursos sensibles al clima y aquellos ubicados en zonas proclives a fenómenos meteorológicos extremos, especialmente donde tiene lugar una rápida urbanización.

II.6.6. Salud.

Se espera que el cambio climático ocasione algunos efectos mezclados tales como la disminución o aumento de la tasa y del potencial de transmisión del paludismo en África.

Estudios en zonas templadas muestran que se prevé que el cambio climático proporcione algunos beneficios, tales como la reducción de muertes por exposición al frío.

II.7. Adaptación y Medidas de Mitigación ante el cambio climático.

La serie de respuestas de adaptación potenciales disponibles para las sociedades humanas es muy amplia, desde las puramente tecnológicas (defensas marinas), las de comportamiento (modificación de los alimentos y opciones de ocio), las de gestión (modificación de prácticas agrícolas) hasta las políticas (reglamentación de la planificación), pero no es un problema aislado ya que existen formidables barreras ambientales, económicas, de información, sociales, de actitud y de comportamiento para la aplicación de la adaptación. Para los países en

desarrollo, la disponibilidad de recursos y el desarrollo de la capacidad de adaptación son de especial importancia.

II.8. Mitigación a corto plazo.

Nuevas inversiones en infraestructuras energéticas en los países en desarrollo, mejoras en las infraestructuras energéticas en los países desarrollados y las políticas que promueven la seguridad energética pueden, en muchos casos, reducir las emisiones de GEI comparadas con los escenarios de referencia.

Los desechos derivados del consumo constituyen una pequeña aportación a las emisiones de GEI globales (<5%), pero el sector de los desechos puede contribuir positivamente a la mitigación de GEI a bajo coste y fomentar el desarrollo sostenible.

Las tecnologías y prácticas de mitigación claves disponibles comercialmente en la actualidad incluyen la recuperación de metano de vertederos; incineración de desechos con recuperación de energía; compostación del desecho orgánico; tratamiento controlado de aguas residuales; reciclaje y minimización de desechos.

II.9. Mitigación a largo plazo (posterior a 2030).

A fin de estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera, las emisiones tendrían que alcanzar su nivel máximo y luego disminuir. Cuanto más bajo sea el nivel de estabilización, más rápidamente ocurriría dicho nivel máximo y posterior disminución. Los esfuerzos de mitigación que se ven a cabo durante las próximas dos o tres décadas producirán un gran impacto en las oportunidades para lograr niveles de estabilización más bajos, ya que de ello depende el comportamiento futuro del clima en nuestro planeta y por lo tanto la totalidad de nuestras actividades se verían afectadas, los posibles escenarios se muestran en el Cuadro 7 y están graficadas en la Figura 8.

Cuadro 7. Características de los escenarios de estabilización (SEDESU, 2006).

| Categoría | Forzamiento Radiativo (Coulomb/m ²) | Concentración de CO ₂ -eq | Aumento de la temperatura media mundial sobre el nivel preindustrial en equilibrio (°C) | Año del nivel más alto de las emisiones de CO _x | Número de escenarios evaluados |
|-----------|---|--------------------------------------|---|--|--------------------------------|
| I | 2.5 - 3.0 | 350 – 400 | 2.0 a 2.4 | 2000 - 2015 | 6 |
| II | 3.0 - 3.5 | 400 – 440 | 2.4 a 2.8 | 2000 - 2020 | 18 |
| III | 3.5 - 4.0 | 440 – 485 | 2.8 a 3.2 | 2010 - 2030 | 21 |
| IV | 4.0 - 5.0 | 485 – 570 | 3.2 a 4.0 | 2020 - 2060 | 118 |
| V | 5.0 - 6.0 | 570 – 660 | 4.0 a 4.9 | 2050 - 2080 | 9 |
| VI | 6.0 - 7.5 | 660 – 790 | 4.9 a 6.1 | 2060 - 2090 | 5 |
| | | | | | 177 |

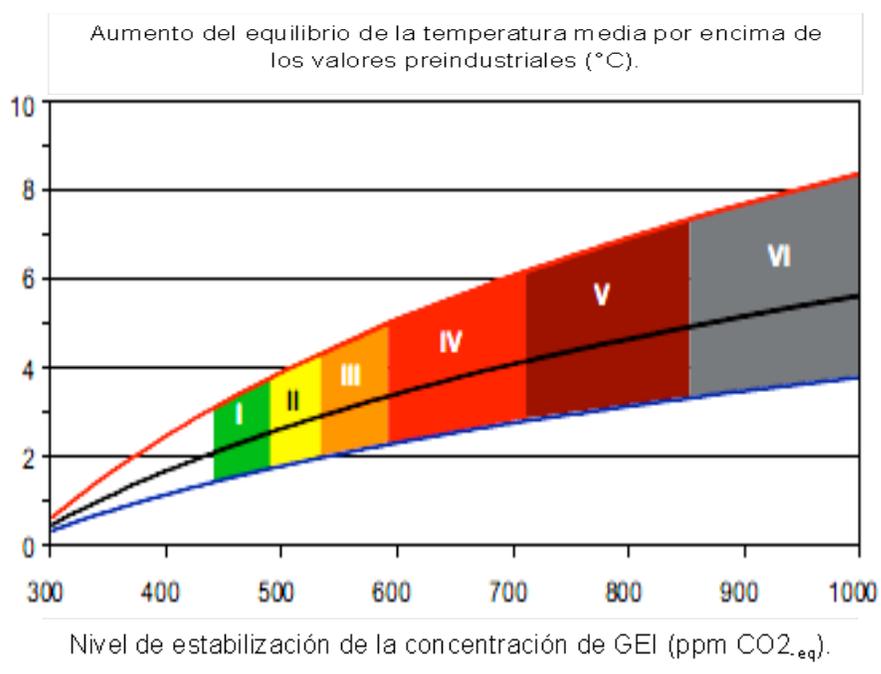


Figura 8. Nivel de estabilización de la concentración de GEI (ppm CO₂-eq), (SEDESU, 2006).

II.10. Políticas, medidas e instrumentos para mitigar el cambio climático.

Una amplia variedad de políticas e instrumentos nacionales están disponibles para los gobiernos con el fin de crear incentivos para las medidas de mitigación. Su aplicabilidad depende de las circunstancias nacionales y de la comprensión de sus interacciones, pero la experiencia obtenida en aplicaciones en varios países y sectores demuestra que todos los instrumentos tienen ventajas y desventajas.

Los resultados generales de la actuación de las políticas son:

- La integración de las políticas climáticas en políticas de desarrollo más amplias facilita su aplicación y la superación de barreras.
- Las regulaciones y las normas proporcionan, por lo general, cierta certidumbre en cuanto a los niveles de emisiones.
- Los impuestos y gravámenes pueden fijar el precio del carbono, pero no pueden garantizar un nivel de emisiones particular.
- Los permisos negociables establecerán un precio del carbono. El volumen de las emisiones permitidas determina su eficacia ambiental, mientras que la asignación de permisos conlleva consecuencias en la distribución
- Los incentivos financieros (subsidios y créditos tributarios) son empleados a menudo por los gobiernos para estimular el desarrollo y la difusión de nuevas tecnologías.
- Los acuerdos voluntarios entre la industria y los gobiernos son políticamente atractivos, sensibilizan a las partes interesadas y han desempeñado un papel en la evolución de muchas políticas nacionales. La mayoría de los acuerdos no ha logrado reducciones de las emisiones más allá de las usuales.
- Los instrumentos de información (por ejemplo, campañas de sensibilización pueden influir positivamente en la calidad del medio ambiente, al promover opciones informadas y posiblemente contribuir a cambios de comportamiento; no obstante, aún no se ha cuantificado su impacto en las emisiones.

Dentro de las políticas y medidas que han demostrado su efectividad ambiental en el sector de residuos están los incentivos financieros para la gestión mejorada de los desechos y las aguas residuales, incentivos u obligaciones para las energías renovables y la regulación de la gestión de desechos (INE - Semarnat, 2000).

III. HIPÓTESIS.

Un inventario de emisiones es una herramienta útil para determinar el estado actual de los gases de efecto invernadero y para el análisis de medidas conllevan a la propuesta de medidas de mitigación.

IV. OBJETIVOS.

IV.1. General.

Elaboración de un Inventario de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el estado de Querétaro en el sector de residuos, considerando la información registrada oficialmente del año 2006.

IV.2. Específicos.

- Identificar y contabilizar las emisiones de CH₄ provenientes de residuos sólidos municipales, aguas residuales municipales y aguas residuales industriales.
- Identificar y contabilizar las emisiones de CO₂ y N₂O de la incineración de residuos peligrosos y residuos hospitalarios.
- En base a la información obtenida, proponer medidas de mitigación.

V. METODOLOGIA.

En el libro de trabajo (volumen 2) del IPCC se presentan recomendaciones sobre el modo de planificar e iniciar un inventario nacional resumido en la Figura 9, en el caso de los participantes que no cuenten con un inventario nacional ni tienen experiencia en la creación de tales inventarios.

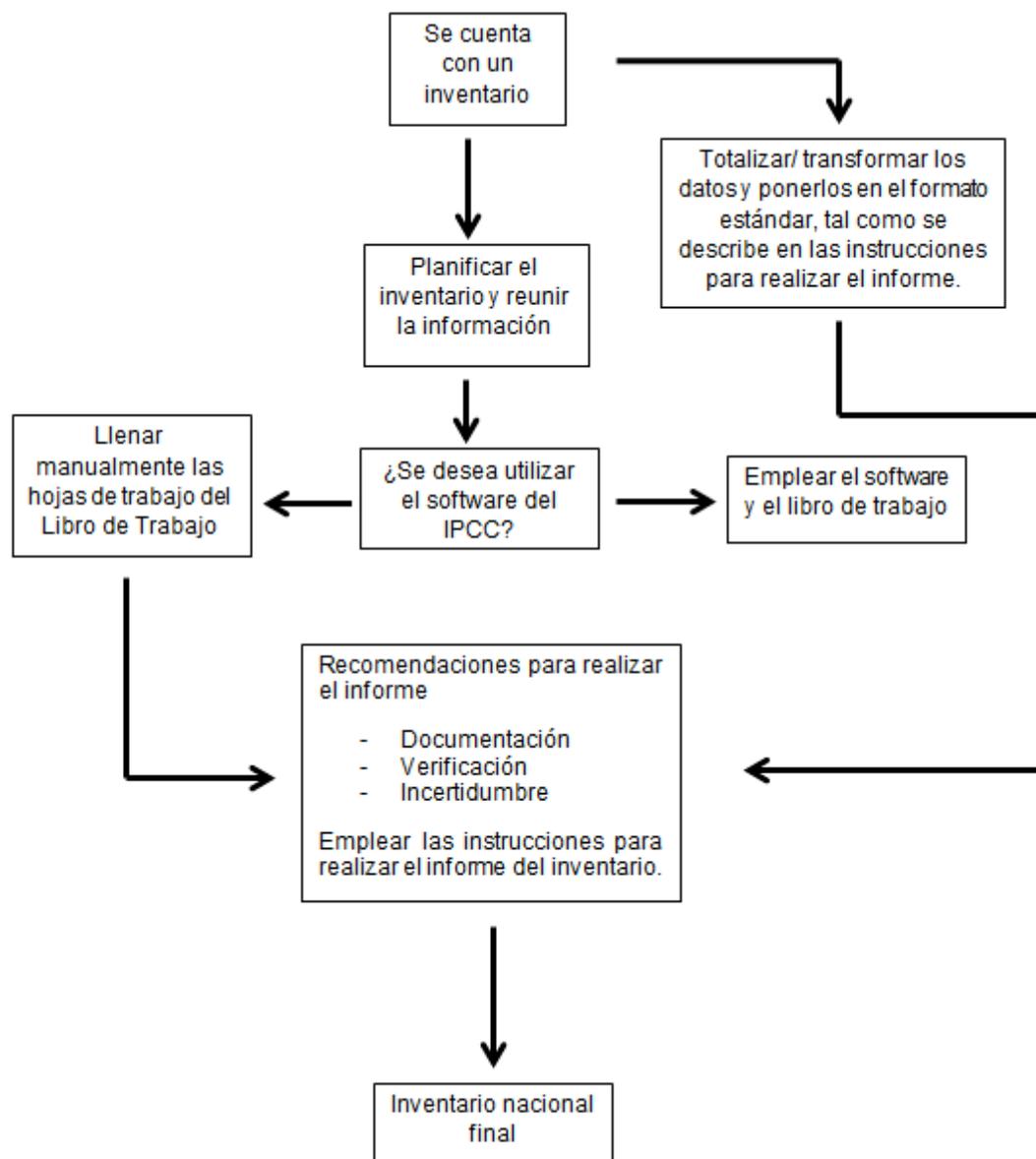


Figura 9. Diagrama de flujo donde se explican las etapas necesarias para llevar a cabo un inventario nacional que satisfaga las normas del IPCC (IPCC, 2008).

A continuación se presentan las metodologías para realizar estimaciones de las emisiones de metano (CH_4) procedentes de los vertederos de residuos sólidos, de las de CH_4 procedentes del tratamiento de las aguas residuales y de las de N_2O procedentes de los excrementos humanos.

V.1. Emisiones de metano procedente de los vertederos de residuos sólidos.

La descomposición anaeróbica de la materia orgánica en vertederos de residuos sólidos por parte de las bacterias metanogénicas es fuente de emisiones de CH_4 que escapan a la atmósfera. Se estima que esta fuente representa entre el 5% y el 20% de las emisiones antropogénicas de CH_4 en todo el mundo.

En la metodología los vertederos de residuos sólidos (VRS) se dividen en “controlados” y “no controlados” dependiendo del grado y del tipo de control activo en el vertedero. La clasificación se utiliza para aplicar un Factor de Corrección para el Metano (FCM) que permite dar cuenta del potencial de generación de metano del vertedero.

V.1.1. Fuentes de los datos.

Siempre que sea posible, deberán emplearse los datos disponibles a nivel local. Los valores por defecto presentados en las tablas deberán utilizarse cuando no se cuente con datos para los países.

Estadísticas demográficas: en este caso los países que incluyan zonas en que no está organizada la recolección de desperdicios deberán reflejar en las hojas solamente las cifras de la población urbana a la hora de indicar la población. En las zonas rurales, los desperdicios generalmente se esparcen en la tierra en lugar de llevarse a vertederos de residuos sólidos, sufriendo generalmente descomposición aeróbica generando niveles muy bajos, o nulos de emisiones de CH_4 .

Estadísticas sobre desperdicios: en muchos países se cuenta con información sobre las tasas de generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y sobre el porcentaje de esos residuos eliminados en los vertederos de residuos sólidos, debiendo emplearse esas cifras cuando estuvieren disponibles, los residuos que se contabilizan son los residuos domésticos, de jardín y desechos comerciales.

Otro valor que hay que tener muy en cuenta es el contenido orgánico degradable (COD) de los desechos que es el contenido de carbono del papel y los textiles; los desechos de jardines y parques y otros desechos putrescibles (excluidos los alimentos), siempre que sean biodegradables. El contenido de carbono orgánico degradable puede determinarse con uno o tres métodos:

- Utilizando los datos nacionales disponibles;
- Cálculos basados en la composición de los desechos del país objeto de estudio utilizando los valores por defecto para el carbono orgánico degradable indicados en la Tabla 6 - 3, ver Anexo 4, para cada tipo de desecho; o
- Utilizando los valores por defecto presentados en la Tabla 6 - 1, ver Anexo 1 y 2.

Es crucial que el valor del carbono orgánico degradable corresponda con la tasa de generación/disposición de desperdicios en que está basada la estimación de metano.

Categorías de vertederos: los vertederos de residuos sólidos se clasifican en dos categorías: controlados o no controlados. En los controlados deberán existir áreas específicas para depositar los desechos, cierto grado de control de la recolección de basuras y ciertas medidas de control de los incendios; asimismo deberá utilizarse por lo menos material de cobertura, compactado mecánico o nivelación de los desperdicios. Todos los demás vertederos de residuos sólidos no comprendidos en la categoría anterior se consideran vertederos no controlados. Estos se subdividen en profundos (>5 m de profundidad) o poco profundos (<5m de profundidad), para dar cuenta de su potencial de generación de CH₄.

La metodología exige que los países proporcionen datos o estimaciones de la cantidad de desechos eliminados en cada una de las categorías de vertederos.

Se debe señalar que la información requiere datos sobre la cantidad (masa) de desechos depositada en cada una de las categorías, y no el número de vertederos en cada categoría.

La metodología sencilla por defecto permite calcular las emisiones de CH₄ a partir de una ecuación que se muestra en la Figura 10.

$$\begin{array}{c} \text{Emisiones de metano (Gg/año)} \\ = \\ (RSU_T \times RSU_F \times FCM \times COD \times COD_F \times F \times 16/12 - R) \times (1-OX) \end{array}$$

Figura 10. Ecuación general para determinar las emisiones de metano (Gg/año) (IPCC, 2008).

Interpretamos cada uno de los factores de la siguiente manera:

RSU_T = Total de RSU generados (Gg/año)

RSU_F = Fracción de los RSU eliminados en los vertederos de residuos sólidos.

FCM = Factor de corrección para el metano (fracción)

COD = Carbono orgánico degradable (fracción)

COD_F = Fracción de carbono orgánico degradable asimilado

F = Fracción de CH₄ en el gas de vertedero (el valor de defecto es de 0.5)

R = CH₄ recuperado (Gg/año)

OX = Factor de oxidación (el valor por defecto es 0)

Los cálculos para determinar las emisiones de metano procedentes de los vertederos de residuos sólidos se harán por medio de las tablas que establece el IPCC, concretamente la Hoja de trabajo 6 – 1 que se muestra en el Cuadro 8, los valores que se toman por defecto vienen dados en las Tablas del IPCC que toman un estimado de acuerdo a cálculos previos en la materia, estos se utilizarán en el caso de no existir valores reales para cada rubro en las bases de datos del Estado de Querétaro.

Cuadro 8. Hoja de trabajo 6 - 1 para la determinación de las emisiones de metano procedentes de los vertederos de residuos sólidos (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------------------|---|---|------------------------|--|--|--|--|---|---|---|--------------------|
| SUBMÓDULO: EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DE LOS VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS. | | | | | | | | | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-1 | | | | | | | | | | | | | |
| PASO 1 | PASO 2 | | | PASO 3 | | | | PASO 4 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M | N | |
| Total anual de RSU eliminados en VRS (Gg metano RSU) | Factor de corrección para el metano (FCM) | Fracción del COD en los RSU | Fracción del COD que realmente se degrada | Fracción del carbono liberado como metano | Relación de conversión | Tasa potencial de generación de metano por unidad de desperdicios (Gg metano / Gg RSU) | Tasa real de generación de metano (para el país) por unidad de desperdicios (Gg metano / Gg RSU) | Total bruto anual de metano generado (Gg metano) | Recuperación anual de metano (Gg metano) | Total neto anual de metano generado (Gg metano) | Unidad menos el factor de corrección para la oxidación del metano | Total neto anual de emisiones de metano (Gg metano) | $N = (L \times M)$ |
| | | | 0.77 | 0.5 | 1.3333 | $G = (C \times D \times E \times F)$ | $H = (B \times G)$ | $J = (H \times A)$ | | $L = (J - K)$ | | | 0 |
| | | | | | | | 0 | 0 | | 0 | 1 | | |

V.1.2. Paso 1. Estimación del total de residuos sólidos urbanos generados y eliminados en vertederos de residuos sólidos.

Si en el estado se dispone de estadísticas detalladas sobre el Total Anual de Residuos Sólidos Urbanos eliminados en los vertederos de residuos sólidos (en gigagramos de RSU), deberá anotarse la cifra correspondiente en la columna A de la Hoja de trabajo principal (Hoja de trabajo 6 - 1), y seguidamente ir directamente al Paso 2. De lo contrario, utilizar la Hoja de trabajo 6 – 1A o 6 - 1B, (ver Cuadros 9 y 10) para estimar la cantidad de residuos sólidos urbanos eliminados en los vertederos de residuos sólidos en el estado siguiendo los pasos indicados a continuación.

Cuadro 9. Hoja de trabajo 6 – 1A para la determinación de la cantidad de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos empleando los datos para el país (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | |
|---|---|--|--|--|
| SUBMÓDULO: CANTIDAD DE RSU ELIMINADOS EN VERTEDEROS DE RESIDUOS SÒLIDOS EMPLEANDO LOS DATOS PARA EL PAIS | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-1A | | | | |
| A | B | C | D | E |
| Población cuyos desperdicios se llevan a vertederos de residuos sólidos (urbana o total personas) | Tasa de generación de RSU (kg/càpita/día) | Cantidad anual de RSU generados (Gg RSU) | Fracción de los RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos (urbanos o total) | Total anual de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos (Gg RSU) |
| | | 0 | | |

En el caso de emplear la Hoja de trabajo 6 – 1A acerca de los datos sobre la generación y disposición de datos en el estado se llevará a cabo la siguiente sucesión de pasos.

- Para el año del inventario (2006), determinar la población cuyos desperdicios se lleven a vertederos sólidos. En el caso de los países en desarrollo y economías en transición, que es a la que pertenece México, podría ser necesario reflejar solamente el total de la población urbana

porque se da por sentado que la manera en que se eliminan los desechos en las zonas rurales da origen a emisiones de CH₄ sumamente bajas. Anotar esa cifra (número de personas en la columna A).

- Indicar en la columna B la tasa de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) (en kg/per cápita/día).

Cuadro 10. Hoja de trabajo 6 – 1B para determinar la cantidad de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos empleando las cifras por defecto para la tasa de disposición. (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | |
|---|--|---|
| SUBMÓDULO: CANTIDAD DE RSU ELIMINADOS EN VERTEDEROS DE RESIDUOS SÒLIDOS EMPLEANDO LAS CIFRAS POR DEFECTO PARA LA TASA DE DISPOSICIÓN | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-1B ADICIONAL | | |
| A | B | C |
| Población cuyos desperdicios se llevan a vertederos de residuos sólidos (urbana o total personas) | Tasa de disposición de RSU en los vertederos de residuos sólidos (kg/cápita/día) | Total anual de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos |
| | | 0 |

En esta publicación, los RSU incluyen residuos domésticos, desechos de jardín y desechos comerciales o de los mercados.

- Multiplicar la cifra de la columna A por la de la columna B. multiplicar el resultado por 365 para realizar la conversión de la tasa diaria y obtener la cantidad anual de RSU generados. Dividir el total por 10⁶ para realizar la conversión de kg a Gg, anotar el resultado en la columna C.
- Indicar en la columna D la fracción de los RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos. Utilizar los datos para el país de objeto si estuvieran disponibles; de lo contrario utilizar los valores por defecto indicados en la Tabla 6 – 1.

- Multiplicar la cifra de la columna C por la de la columna D a fin de obtener el total anual de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos. Anotar el resultado en gigagramos de RSU en la columna E.
- Anotar la cifra de la columna E en la columna A de la Hoja de trabajo principal (Hoja de trabajo 6 - 1).

En el caso de emplear la Hoja de trabajo 6 – 1B acerca de los datos sobre la disposición de desperdicios en el país se llevara a cabo la siguiente sucesión de pasos. Utilice la Hoja de trabajo 6 – 1B si no se cuenta con información para el país no datos por defecto sobre la tasa de generación de residuos sólidos urbanos ni la fracción de los RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos.

- Determinar la población cuyos desperdicios se llevan a vertederos de residuos sólidos durante el año del inventario. Anotar el resultado en la columna A. en el caso de los países en desarrollo y los países con economías en transición, podría incluir solamente el total de la población urbana, ya que se da por sentado que la manera en que los desperdicios se eliminan en las zonas rurales dan lugar a emisiones sumamente bajas. anotar esa cifra (número de personas) en la columna A.
- Indicar en la columna B la tasa apropiada de disposición de RSU en los vertederos de residuos sólidos (kg/cápita/día) indicada en la Tabla 6 – 1 (ver Anexos). Si no se dispone de un valor por defecto para el país objeto de estudio, seleccionar el valor por defecto más indicado presentado en la Tabla. Deberá emplearse el valor por defecto de un país en que las prácticas de disposición de desechos y las condiciones ambientales imperantes sean lo más similares posibles a las del país que será objeto de estudio.
- Multiplicar la cifra de la columna A por la de la columna B. multiplicar el resultado por 365 para realizar la conversión de la tasa diaria a fin de obtener el total anual de residuos sólidos urbanos eliminados en los vertederos de residuos sólidos. Dividir el total por 10^6 para realizar la conversión de kg a Gg y anotar el resultado en la columna C.

- Anotar la cifra de la columna C en la columna A de la Hoja de trabajo principal (Hoja de trabajo 6 – 1).

V.1.3. Paso 2. Determinación del factor de corrección para el metano.

Esta determinación está basada en la Hoja de Trabajo 6 – 1C, que se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Hoja de trabajo 6 – 1C para la determinación del factor de corrección para el metano (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | |
|---|--|--|---|
| SUBMÓDULO: FACTOR DE CORRECCIÓN PARA EL METANO. | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-1C ADICIONAL | | | |
| | W | X | Y |
| Tipo de vertedero | Proporción de desperdicios (por peso) de cada tipo de vertedero de residuos sólidos | Factor de corrección para el metano (FCM) | FCM medio ponderado para cada tipo de vertedero de residuos sólidos. |
| Controlados | | 1 | 0 |
| No controlados profundos ($\geq 5m$ de desperdicios) | | 0.8 | 0 |
| No controlados poco profundos ($< 5m$ de desperdicios) | | 0.4 | 0 |
| Total | 0 | | 0 |

- Estimar la proporción de desperdicios (por peso) de cada tipo de vertedero de residuos sólidos para el total anual de residuos sólidos urbanos eliminados en los VRS (es decir, la cifra de la columna A de la Hoja de trabajo 6 – 1). Estos tipos de vertederos se definen en la Tabla 6 – 2. (ver Anexo).

Anotar esas cifras en la columna W de la Hoja de trabajo 6 – 1C, debiendo corresponderse con los valores de x, y y z indicados en la Tabla 6 – 2 (verificar que $x + y + z = 1$). Si se desconocen los valores de x, y y z, se dará por supuesto que la totalidad de los desechos se eliminan en vertederos no controlados y no se indicaran valores para x, y o z. En su lugar, anotar el valor por defecto de 1 en la parte inferior de la columna W (como se indica en la Tabla 6 – 2).

- Indicar en la columna X los factores de corrección para el metano para los vertederos controlados y no controlados que deberán corresponderse con los valores a, b y c indicados en la Tabla 6 – 2.
- Multiplicar la cifra de la columna W por la de la columna X a fin de obtener el FCM medio ponderado para cada tipo de vertedero de residuos sólidos. Anotar el resultado en la columna Y.

Si no se cuenta con valores específicos para el país, emplear los valores indicados en la Tabla 6 – 2. Si se desconocen los valores de a, b y c, indicar el valor por defecto en 0.6 (Tabla 6 – 2) en la parte inferior de la columna X.

- Sumar las tres cifras de la columna Y para obtener el total del FCM medio ponderado para cada tipo de vertedero de residuos sólidos. Anotar el resultado en la casilla inferior de la columna Y.

Si se ha utilizado el valor por defecto de 1 en la columna W, y el valor por defecto de FCM de 0.6 el FCM ponderado para cada tipo de vertedero de residuos sólidos será $1 \times 0.6 = 0.6$. Indicar 0.6 en la parte inferior de la columna Y.

- Llevar el total que aparece en la parte inferior de la columna Y a la columna B de la Hoja de trabajo principal (Hoja de trabajo 6 – 1).

V.1.4. Paso 3. Estimación de la tasa de producción de metano por unidad de desperdicios.

- Estimar la fracción de carbono orgánico degradable (COD) en los residuos sólidos urbanos (RSU) que se elimina en el vertedero de residuos sólidos. Para ello se puede utilizar los datos disponibles para el país objeto de estudio, realizar un cálculo sobre la base de la composición de los desechos en el país y de los valores por defecto para el carbono orgánico degradable de cada fracción de desechos indicados en la Tabla 6 – 3 (ver Anexos) ó utilizando los valores por defecto indicados en la Tabla 6 – 1.

Empleando los valores de la Tabla 6 – 3, el carbono orgánico degradable de los desechos del país objeto se puede calcular utilizando la ecuación de la Figura 11.

$$\text{Porcentaje de COD (por peso)} = 0.4(A) + 0.17(B) + 0.15(C) + 0.30(D)$$

Figura 11. Ecuación para determinar el porcentaje de COD (por peso), (IPCC, 2008).

En la cual:

A= Porcentaje de los RSU que corresponde al papel y los textiles.

B= Porcentaje de los RSU que corresponde a los desechos de jardín y de los parques u a otros desechos orgánicos putrescibles (excluidos los alimentos)

C= Porcentaje de los RSU que corresponde a los restos de alimentos.

D= Porcentaje de los RSU que corresponde a madera y paja.

Si se utilizan los valores por defecto de la Tabla 6 – 1, ver Anexo 1, seleccionar el valor por defecto que mejor se ajusta a las condiciones del país objeto de estudio, México entra en la categoría de América del Norte por lo que tomaría el valor que corresponde a este bloque, siendo el más cercano al valor real.

Anotar el resultado en la columna C de la Hoja de trabajo principal (Hoja de trabajo 6 – 1).

- Anotar en la columna D la fracción del COD que realmente se degrada. Esta es la fracción del total del COD que realmente se degrada en un vertedero. El carbono orgánico degradable no se descompone del todo y parte del material degradable permanece en el vertedero incluso durante largos periodos. La degradación es objeto de estudio actualmente, pero deberá indicarse el valor por defecto de 0.77 hasta que se cuente con información adicional que proporcione el valor adecuado para el lugar de estudio, este es un valor promedio acerca de la composición de los desechos a nivel global.
- Anotar en la columna E la fracción de carbono liberado como metano. El valor por defecto es de 0.5. Si se cuenta con datos locales para esa fracción, deberán emplearse esas cifras, los cuales deberán ser solicitados a las dependencias correspondientes en el Estado de Querétaro.
- Calcular la tasa potencial de generación de metano por unidad de desperdicios multiplicando las cifras de las columnas C, D y E por la

relación de conversión indicada en la columna F (16/12) que permite realizar la conversión de carbono en CH₄, valores tomados por defecto de las Hojas de Trabajo del IPCC en base a mediciones previas. Anotar el resultado en la columna G.

- Calcular la tasa real de generación de metano (para el país) por unidad de desperdicios multiplicando las cifras de las columnas B y G. anotar el resultado en la columna H.

V.1.5. Paso 4. Estimación del total neto anual de las emisiones de metano.

- Multiplicar las cifras en las columnas A y H a fin de obtener el total bruto anual de metano generado. Indicar el resultado en la columna J.
- Anotar le cantidad de la recuperación anual de metano, en gigagramos de CH₄, correspondiente al quemado de gases en antorcha o a los sistemas de recuperación de la energía. Anotar el resultado en la columna K.

No se cuenta con datos por defecto. En caso de contarse con datos locales, deberán emplearse esas cifras. En ese caso, deberán documentarse las fuentes.

En el manual de referencia se presentan detalles adicionales que deben tomarse en cuenta y los métodos para calcular el metano oxidado producto de su utilización o de la quema en antorcha.

- Restar las cifras de la columna K de las de la columna J a fin de obtener el total neto anual de metano generado y anotar el resultado obtenido en la columna L.
- Anotar en la columna M el resultado de restar de la unidad el factor de corrección para la oxidación del metano. (el valor por defecto es $1 - 0 = 1$).
- Multiplicar las cifras de las columnas L y M a fin de obtener el total neto anual de emisiones de metano. Anotar el resultado, en gigagramos de CH₄, en la columna N.

V.2. Emisiones de metano procedente del tratamiento de las aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales con elevado contenido de material orgánico, incluidas las aguas residuales domésticas, comerciales y algunos efluentes industriales, puede dar origen a cantidades considerables de metano como se ve en la Tabla 6 – 4 (ver Anexos). Se ha estimado que las emisiones de metano procedentes de los efluentes industriales oscilan entre 26 y 40 Tg, mientras que las de las aguas residuales domésticas y comerciales se elevan a unos 2 Tg/año. Tomadas en conjunto, representan entre el 8% y el 11% de las emisiones de metano de todo el mundo.

El factor principal que determina el potencial de generación de metano de las aguas residuales es la cantidad de materia orgánica.

En el caso de las aguas residuales y los lodos domésticos y comerciales, corresponde a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO); en el de los efluentes industriales, se emplea la Demanda Química de Oxígeno (DQO). La DBO indica la cantidad de carbono biodegradable aeróbicamente, mientras que la DQO indica la cantidad total de carbono, biodegradable como no biodegradable, que puede oxidarse.

V.2.1. Fuentes de los datos.

Población: si en las zonas rurales no se emplean sistemas organizados de tratamiento de las aguas residuales, los países pueden reflejar solamente la población urbana a la hora de calcular esa fuente de emisiones.

Componente orgánico degradable: Si no se cuenta con datos nacionales o para fuentes específicas sobre los valores de DBO y DQO, deberán emplearse los valores regionales por defecto (Tabla 6 – 5), (ver Anexos).

Producción industrial: pueden estar disponibles cifras nacionales. Las cifras de producción pueden obtenerse dirigiéndose a industrias específicas.

Producción de efluentes y lodos industriales: Si no se dispone de datos, se pueden emplear los valores de defecto presentados en la Tabla 6 – 6 de este manual.

Sistemas de tratamiento: siempre que estén disponibles, deberán emplearse los datos nacionales sobre las prácticas de utilización de los sistemas de

tratamiento de las aguas residuales y los lodos para a partir de ellos obtener mejores resultados.

V.2.2. Aguas residuales domésticas y comerciales.

V.2.2.1. Paso 1. Estimación del total de las aguas residuales y los lodos orgánicos.

Este procedimiento será basado en la Tabla 6 – 1 en el paso 1 que se muestra en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Hoja de trabajo 6 – 2. Paso 1, para determinar el total de las aguas y lodos residuales orgánicos domésticos y comerciales (IPCC, 2008)

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|--|---|---|------------------------|
| DOMÉSTICOS Y COMERCIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-2 | | | | | |
| PASO 1 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F |
| Ciudad o región | Población (miles de personas) | Componentes orgánico degradable (kg DBO / 1000 personas / año) | Fracción del componente orgánico degradable retirado como lodos | Total de las aguas residuales orgánicas domésticas/comerciales (kg DBO/año) | Relación de conversión |
| | | 14600 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | |
| | | | | 0 | 0 |

- Indicar en la columna A la Ciudad o Región. De no contarse con datos regionales, utilizar los datos nacionales.
- Anotar en la columna B la población total, o la población urbana, para el año del inventario, en miles de personas. Los países en desarrollo podrían preferir indicar solamente la población de las zonas urbanas si en las zonas rurales el tratamiento de aguas residuales es limitado o nulo. En la Tabla 6 – 4 se presenta una lista de métodos de tratamiento anaerobios y aerobios.
- Anotar en la columna C el componente orgánico degradable para cada región/ciudad en kg DBO/1000 personas/año. En la Tabla 6 – 5 se indican los valores por defecto y por región.

- Anotar en la columna D la fracción del componente orgánico degradable retirado como lodos para cada región/ciudad. El valor por defecto es 0.5
- Multiplicar las cifras en las columnas B, C y el resultado de restar de la unidad el valor de la columna E. anotar el producto en la columna E. esa cifra representa el total de las aguas residuales orgánicas domésticas/comerciales en la ciudad o región.
- Multiplicar las cifras de las columnas B, C y D. anotar el producto en la columna F. esa cifra representa el total de los lodos orgánicos domésticos/comerciales en la ciudad o región.
- Repetir el procedimiento de los puntos anteriores para cada región o ciudad, si fuera necesario, utilizando la fila siguiente.
- Sumar las cifras de la columna E. anotar la suma en la casilla inferior "Total". Hacer lo mismo con la columna F. Los resultados representan el total de aguas residuales y de lodos domésticos y comerciales en el país.

V.2.2.2. Paso 2. Estimación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y los lodos domésticos y comerciales.

Esta estimación va a estar basada en la Hoja de trabajo 6 – 2 del Paso 2 que se muestra en el Cuadro 13.

- En la columna A de la Hoja de trabajo 6 – 2, indicar los tipos de sistemas de tratamiento de las aguas residuales utilizados para las aguas residuales domésticas que es un valor muy importante para este proceso, ya que se obtienen valores diferentes para cada procedimiento.
- En la columna B, anotar la fracción de las aguas residuales tratadas por el sistema de tratamiento de la columna A.
- En la columna C, indicar el factor de conversión en metano para el sistema de tratamiento indicado en la columna A.
- Multiplicar las cifras de las columnas B y C. Anotar el producto en la columna D.

- Anotar después la suma de los productos en la casilla inferior de la columna D.
- Indicar en la casilla inferior de la columna E la capacidad máxima de producción de metano para las aguas residuales domésticos y comerciales. El valor que se usa por defecto (en el caso teórico) para B_0 es de 0.25 kg CH_4 /kg DBO.
- Calcular el factor de emisión medio para las aguas residuales domésticas/comerciales multiplicando la cifra en la parte inferior de la columna D por la que aparece en la parte inferior de la columna E. Anotar inmediatamente el producto en la parte inferior de la columna F y así se termina este paso.

Cuadro 13. Hoja de trabajo 6 – 2, Paso 2, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y los lodos domésticos y comerciales (IPCC, 2008)

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|--|---|---|----------|---|---|
| Lodos Domésticos y Comerciales. | | | | | |
| Hoja de Trabajo: 6-2 | | | | | |
| PASO 2 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F |
| Sistema de tratamiento de las aguas residuales | Fracción de las aguas residuales tratadas por el sistema de tratamiento | Factor de conversión en metano para el sistema de tratamiento | Producto | Capacidad máxima de producción de metano (kg metano/kg DBO) | Factor de emisión medio para las aguas residuales domésticas/comerciales (kg metano/kg DBO) |
| | | | 0 | 0.25 | 0 |
| | | | | | |
| | | | 0 | | |

V.2.2.3. Paso 3. Estimación de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos domésticos y comerciales.

Para poder llevar a cabo esta estimación se va a emplear la Hoja de trabajo 6 – 2 en el paso 3 que se muestra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Hoja de trabajo 6 – 2, Paso 3, para determinar el total de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos domésticos y comerciales (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|---|--|---|----------|---|---|
| RESIDUALES Y DE LOS LODOS DOMÉSTICOS Y COMERCIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-2 | | | | | |
| PASO 3 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F |
| Sistema de tratamiento de los lodos | Fracción de los lodos tratados por el sistema de tratamiento | Factor de conversión en metano para el sistema de tratamiento | Producto | Capacidad máxima de producción de metano (kg metano/kg DBO) | Factor de emisión medio para las aguas residuales domésticas/comerciales (kg metano/kg DBO) |
| | | | 0 | 0.25 | 0 |

Calculo del FCM global para los lodos domésticos/comerciales.

- En la columna A de la hoja 3, indicar los tipos de sistemas de tratamiento de los lodos empleados para las aguas residuales domésticas.
- En la columna B, anotar la fracción de los lodos tratados por el sistema de tratamiento indicado en la columna A.
- En la columna C, anotar el factor de conversión en metano para el sistema de tratamiento en la columna A.
- Multiplicar las cifras de las columnas B y C, anotar el producto en la columna D.
- Anotar la suma de los productos en la casilla inferior de la columna D.
- Anotar en la parte inferior de la columna E la capacidad máxima de producción de metano correspondiente a los lodos. El valor por defecto para B_0 es de 0.25 kg CH₄/kg DBO.
- Calcular el factor de emisión medio para los lodos domésticos/comerciales multiplicando la cifra de la parte inferior de la columna D por la que aparece

en la parte inferior de la columna E. Anotar el producto en la parte inferior de la columna F.

V.2.2.4. Paso 4. Estimación de las emisiones de metano procedentes de las aguas residuales y de los lodos domésticos/comerciales.

Para poder llevar a cabo esta estimación se va a emplear la Hoja de trabajo 6 – 2 en el paso 4 que se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Hoja de trabajo 6 – 2. Paso 4, para determinar las emisiones de metano procedentes de las aguas residuales y de los lodos domésticos y comerciales (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|--|---|--------------------------------------|---|---|---------------------------------------|
| RESIDUALES Y DE LOS LODOS DOMÈSTICOS Y COMERCIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-2 | | | | | |
| PASO 4 | | | | | |
| | A | B | C | D | E |
| | Total de producto orgànico (kg DBO/año) | Factor de emisiòn (kg metano/kg DBO) | Emisiòn de metano sin recuperaciòn/ quemado en antorcha | Metano recuperado y/o quemado en antorcha (kg metano) | Emisiones netas de metano (Gg metano) |
| | trabajo 6 - 2, Hoja 1 | trabajo 6-2 hojas 2 y 3 | | metano el valor de defecto es 0 | |
| Aguas residuales | | | 0 | | 0 |
| Lodos | | | 0 | | 0 |

- En la columna A, filas 1 y 2 de la Hoja 4, copiar la cifra correspondiente al total de las aguas residuales orgánicas domésticas/comerciales que aparece en la parte inferior de la columna E de la Hoja de trabajo 6 – 2, Hoja 1, y el valor correspondiente al total de los lodos orgánicos domésticos/comerciales indicado en la casilla inferior de la columna F de la hoja de trabajo 6 – 2, Hoja 1.
- En la columna B, copiar el factor de emisión medio para las aguas residuales domésticas/comerciales indicando en la columna F de la Hoja de

trabajo 6 – 2, Hoja 2, y el factor de emisión medio para los lodos domésticos/comerciales que aparece en la columna F de la Hoja de trabajo 6 – 2, Hoja 3.

- Multiplicar las cifras de las columnas A y B. Anotar el producto en la columna C.
- Anotar en la columna D la cantidad total del metano recuperado y/o quemado en antorcha, en kg de CH₄, correspondiente a las aguas residuales o lodos domésticos/comerciales. Si no se dispone de datos, el valor por defecto es cero.
- Restar la cifra de la columna D de la columna C. multiplicar por 10⁻⁶ para realizar la conversión de emisiones a gigagramos. Anotar la diferencia en la columna E.
- Sumar las cifras en ambas filas de la columna E en la parte inferior de la columna. El resultado representa las emisiones netas de metano (CH₄) procedentes de las aguas residuales y lodos tanto domésticos como comerciales.

V.2.3. Emisiones de metano procedente de los efluentes y lodos industriales.

V.2.3.1. Paso 1. Estimación del total de efluentes y lodos orgánicos.

Este procedimiento será basado en la Tabla 6 – 3 en el paso 1 que se muestra en el Cuadro 16.

- Anotar en la columna A de la Hoja 1 el total de la producción industrial para cada industria, en toneladas anuales.
- Anotar en la columna B el componente orgánico degradable en kg DQO/m³ de aguas residuales. Los valores por defecto se presentan en la Tabla 6 - 6.
- Indicar en la columna C los efluentes producidos por unidad de producto para cada industria en m³/toneladas de producto.
- Anotar en la columna D la fracción del componente orgánico degradable retirado como lodos. El valor de la fracción es cero.

Cuadro 16. Hoja de trabajo 6 – 3. Paso 1, para determinar el total de efluentes y lodos orgánicos (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|---|---|--|---|---|---|
| Lodos Industriales. | | | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-3 | | | | | | | |
| PASO 1 | | | | | | | |
| | | A | B | C | D | E | |
| | | Total de la producción industrial (t/año) | Componente orgánico degradable (kg DQO/m ³ aguas residuales) | Efluentes producidos (m ³ /t de producto) | Fracción del componente orgánico degradable retirado como | Total de efluentes orgánicos de fuentes industriales (kg DQO/año) | Total de lodos orgánicos de fuentes industriales (kg DQO/año) |
| | | | | | | | |
| | Hierro y acero | | | | | | |
| | Metales no ferrosos | | | | | | |
| | Fertilizantes | | | | | | |
| | Alimentos y bebidas | | | | | | |
| | Conservas | | | | | | |
| | Cerveza | | | | | | |
| | Vino | | | | | | |
| | cárnicos | | | | | | |
| | Productos lácteos | | | | | | |
| | Azúcar | | | | | | |
| | pescado | | | | | | |
| | Aceites y grasas | | | | | | |
| | Café | | | | | | |
| | Refrescos | | | | | | |
| | Otros | | | | | | |
| | Pulpa y papel | | | | | | |
| | Papel | | | | | | |
| | Pulpa de papel | | | | | | |
| | Otros | | | | | | |
| | Refinamiento de petróleo/ Productos | | | | | | |
| | Decolorantes | | | | | | |
| | Tintes | | | | | | |
| | Otros | | | | | | |
| | Caucho | | | | | | |
| | Otros | | | | | | |
| | Total | | | | | | |

- Multiplicar las cifras de las columnas A, B, C y el resultado de restar de la unidad la cifra de la columna D. anotar el producto en la columna E. esta cifra representa el total de efluentes orgánicos para el caso de fuentes industriales.

- Multiplicar las cifras de las columnas A, B, C y D. anotar el producto en la columna F. Esta cifra representa el total de los lodos orgánicos de fuentes industriales.

V.2.3.2. Paso 2. Estimación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales.

Este procedimiento será basado en la Tabla 6 – 3 en el paso 2 que se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Hoja de trabajo 6 – 3. Paso 2, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|----------|--|---|
| SUBMÓDULO: EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-3 | | | | | |
| PASO 2 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F |
| Sistema de tratamientos de efluentes | Fracción de los efluentes tratados por el sistema de tratamiento | Factor de conversión en metano (FCM) | Producto | Capacidad máxima de producción de metano (kg metano/kg CD) | Factor de emisión medio para la fuente de efluentes industriales (kg metano/kg DBO) |
| | | | | 0 | 0 |
| | | | | | |
| | | FCM Global | | | |

Calculo del FCM global para los efluentes industriales.

- Indicar el nombre de la fuente de los efluentes industriales en la línea de “fuente” de la hoja 2.
- En la columna A, indicar los tipos de sistemas de tratamiento de efluentes industriales empleados para la fuente de efluentes que fue seleccionada en este apartado.
- En la columna B, anotar la fracción de los efluentes tratados por el sistema de tratamiento indicado en la columna A.

- En la columna C, anotar el factor de conversión en metano correspondiente al sistema de tratamiento de la columna A.
- Multiplicar las cifras de las columnas B y C. anotar el producto en la columna D.
- Anotar ahora la suma de los productos en la casilla inferior de la columna D.
- Anotar en la parte inferior de la columna E la capacidad máxima de producción de metano para los efluentes. El valor por defecto (teórico) para B_0 es de 0.25 kg CH₄/kg DBO.
- Calcular el factor de emisión medio para la fuente de efluentes industriales multiplicando la cifra que aparece en la parte inferior de la columna D por la de la casilla inferior de la columna E. Anotar el producto en la parte inferior de la columna F.

V.2.3.3. Paso 3. Estimación de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos industriales.

Este procedimiento será basado en la Tabla 6 – 3 en el paso 3 que se muestra en el Cuadro 18.

Calculo del FCM global para los efluentes industriales.

- Indicar en la línea “fuente” de la Hoja 3 el nombre de la fuente de lodos industriales.
- En la columna A, indicar los tipos de sistema de tratamiento de los lodos utilizados para la fuente seleccionada.
- En la columna B, indicar la fracción de los lodos tratados por el sistema de tratamiento indicado en la columna A.
- En la columna C, anotar el factor de conversión en metano correspondiente al sistema de tratamiento de la columna A.
- Multiplicar las cifras de las columnas B y C. anotar el producto en la columna D.
- Anotar la suma de los productos en la parte inferior de la columna D.

- Indicar la capacidad máxima de producción de metano correspondiente a los lodos en la casilla inferior de la columna E. El valor por defecto (teórico) para B_0 es de 0.25 kg CH₄/kg DBO.
- Calcular el factor de emisión medio para la fuente de lodos industriales multiplicando la cifra que aparece en la parte inferior de la columna D por la de la casilla inferior de la columna E. Anotar el producto en la parte inferior de la columna F.

Cuadro 18. Hoja de trabajo 6 – 3. Paso 3, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos industriales (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|----------|--|---|
| SUBMÓDULO: EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-3 | | | | | |
| PASO 3 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F |
| Sistema de tratamiento de los lodos | Fracción de los lodos tratados por el sistema de tratamiento | Factor de conversión en metano (FCM) | Producto | Capacidad máxima de producción de metano (kg metano/kg CD) | Factor de emisión medio para la fuente de efluentes industriales (kg metano/kg DQO) |
| | | | 0 | | 0 |
| | | FCM Global | | | |

V.2.3.4. Paso 4. Estimación de las emisiones de metano procedentes de los efluentes y los lodos industriales.

Este procedimiento será basado en la Tabla 6 – 3 en el paso 4 que se muestra en el Cuadro 19.

- En la columna A, filas 1 y 2 de la Hoja 4, copiar la cifra correspondiente al total de los efluentes orgánicos de fuente industrial de la columna E de la

hoja de trabajo 6 – 3, Hoja 1, y la del total de los lodos orgánicos de fuente industrial que aparece en la columna F de la Hoja de trabajo 6 – 3, Hoja 1.

- En la columna B, copiar las cifras del factor de emisión medio de los efluentes industriales que aparecen en la columna F de la Hoja de trabajo 6 – 3, Hoja 2 y la del factor de emisión medio para la fuente de lodos industriales indicada en la columna F de la Hoja de trabajo 6 – 3, Hoja 3.

Cuadro 19. Hoja de trabajo 6 – 3. Paso 4, para determinar las emisiones de metano procedentes de los efluentes y los lodos industriales (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|---|-----------------------------|--|--|---|---------------------------------------|
| SUBMÓDULO: EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-3 | | | | | |
| PASO 4 | | | | | |
| | A | B | C | D | E |
| | Total de producto orgánico | Factor de emisión medio (kg metano/kg DQO) | Emisiones de metano sin recuperación/quemado en antorcha | Metano recuperado y/o quemado en antorcha (kg metano) | Emisiones netas de metano (Gg metano) |
| | Hoja de trabajo 6-3, hoja 1 | Hojas de trabajo 6-3, hojas 2 y 3 | | | |
| Efluentes | | | | | |
| Lodos | | | | | |

- Multiplicar las cifras de las columnas A y B. Anotar el producto en la columna C.
- Anotar en la columna D la cantidad total de metano recuperado y/o quemado en antorcha, en kg de CH₄, correspondiente a la fuente de efluentes y lodos industriales. Si no se contare con los datos correspondientes, el valor por defecto será cero.
- Restar la cifra de la columna D del producto de la columna C. multiplicar por 10⁻⁶ para realizar la conversión a gigagramos, después anotar la diferencia en la columna E. sumar las cifras en ambas filas de la columna E en la parte inferior de la columna. Esa cifra representa las emisiones netas de

CH₄ correspondientes a la fuente seleccionada de efluentes y lodos industriales.

V.3. Óxido nítrico procedente del excremento humano.

Estimar las emisiones indirectas de óxido nítrico procedentes del excremento basándose en la Tabla 6 – 4 que se muestra en el Cuadro 20.

- En la columna A, anotar el consumo medio anual per cápita de proteína en el país (proteína en kg/persona/año).
- En la columna B, anotar la población del país (número de habitantes) (en la que la cifra corresponde a $NR_{personas}$).

Cuadro 20. Hoja de trabajo 6 – 4, para determinar las emisiones de óxido nítrico procedentes del excremento humano (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|--|--|-------------------|--|---|--|
| SUBMÓDULO: EMISIONES INDIRECTAS DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DEL EXCREMENTO HUMANO | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-4 | | | | | |
| PASO 1 | | | | | |
| | A | B | C | D | E |
| | Consumo medio anual per capita de proteína en (kg/persona/año) | Población (cifra) | Fracción de nitrógeno en la proteína FracNPR (kg N/kg proteína) | Factor de emisión EF ₆ (kg N ₂ O-N/kg n en el excremento producido) | Total anual de las emisiones de N ₂ O procedentes del excremento (Gg) |
| | | | | | |
| Total | | | | | |

- En la columna C, indicar la fracción de nitrógeno en la proteína (Frac_{NPR}). El valor por defecto es de 0.16 kg N/kg proteína (Tabla 4 – 19 del capítulo Agricultura).
- En la columna D, anotar el factor de emisión, EF₆. El valor por defecto del factor es de 0.01 kg N₂O – N/kg de N en el excremento producido. (Tabla 4-18 en el capítulo Agricultura).
- Multiplicar las cifras de las columnas A, B, C y D, y seguidamente multiplicar por la relación de conversión 44/28 y por 10⁻⁶ para realizar la

conversión a gigagramos. Anotar el producto en la columna E. esa cifra representa el total anual de las emisiones de N₂O procedentes del excremento.

V.4. Niveles de especificidad en las estimaciones de las emisiones.

La selección de un método para estimar las emisiones dependerá del grado de detalle en la estimación, la disponibilidad de datos de actividad, los factores de emisión y los recursos financieros y humanos disponibles para terminar el inventario.

En la terminología del IPCC, el método jerárquico más bajo o el más sencillo es el “Nivel 1”, mientras que los métodos más detallados son el “Nivel 2” o el “Nivel 3”.

Los métodos Nivel 1 utilizan los factores de emisión por defecto del IPCC y requieren los datos de actividad básicos y menos desagregados. Los niveles más altos utilizan métodos más detallados y factores de emisión fuente-específicos, tecnología-específicos y región-específicos con mediciones y datos de actividad más altamente desagregados (SEMARNAT, INE, 2008)

V.5. Calidad del Inventario y Nivel de Incertidumbre.

Un inventario de alta calidad debe poseer las siguientes cualidades: ser completo, consistente, comparable, transparente y preciso, seguir al pie de la letra los manuales del IPCC nos ayudan a cumplir con estos requisitos y también a cuantificar la Incertidumbre.

De acuerdo con las Guías de Buenas Prácticas del IPCC, la estimación de incertidumbres es un elemento esencial de un inventario de emisiones completo. La estimación y reporte de las incertidumbres permiten priorizar los esfuerzos por mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro, definir los temas específicos en

los que es necesario realizar investigación para mejorar los atributos del inventario y orientar las decisiones sobre la elección de la metodología (PNUD, 2008).

La incertidumbre puede estar asociada con la determinación de los factores de emisión, la vigilancia continua de emisiones, la extracción de factores de emisiones de fuentes publicadas o de los datos de actividad (INE, 2006).

VI. RESULTADOS.

El primer paso para poder realizar el inventario de gases de efecto invernadero en el sector de residuos y desechos para el Estado de Querétaro con año base 2006 consistió en valorar la información que se tenía disponible por medio del diagrama de flujo que nos proporcionan en el libro de trabajo en el volumen 2 del IPCC (Figura 9) donde se nos cuestiona la existencia de un inventario nacional previo, el cual existe pero no muestra datos desglosados a nivel estatal por lo que no nos sirve como referencia total, debido a esto se comenzó a realizar la búsqueda de la información necesaria para poder elaborar este inventario, la información se obtuvo por medio de diferentes dependencias gubernamentales a nivel estatal y federal como la Comisión Estatal de Aguas, la Secretaría de Desarrollo Sustentable, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, el Inventario Nacional de Emisiones de GEI del año 2002, entre otras, aunque también se tomaron algunos valores de defecto que proponen las guías de elaboración de inventarios del IPCC de 1996, debido que no concuerdan con el panorama del año 2006 para el Estado de Querétaro o algunas que no existen en ningún directorio.

De este modo se va a realizar un inventario de nivel intermedio, el cual consiste en la recolección de datos existentes y calcular teóricamente los que no existen, esto en base a las guías elaboradas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático de la ONU, dando pauta para determinar de qué tipo de datos se necesitará llevar registro de hoy en adelante por medio del comité encargado de recabar estos datos en las diferentes dependencias gubernamentales.

Dentro de este inventario se emplean varias metodologías para realizar las estimaciones de metano (CH_4) procedentes de los vertederos de residuos sólidos, las de CH_4 procedentes del tratamiento de las aguas residuales y las de dióxido de nitrógeno (N_2O) procedentes de los excrementos humanos.

VI.1. Emisiones de metano procedente de los vertederos de residuos sólidos.

Este rubro comprende la totalidad de metano (GEI) que se emite por medio de los vertederos de residuos sólidos proveniente de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica depositada en los vertederos de residuos sólidos, hay que tomar en cuenta que los vertederos se dividen en 2 clases los “controlados” y “no controlados” dependiendo del grado y tipo de control activo en el vertedero.

En este caso se utilizaron la mayoría de los valores por defecto presentados en las tablas de las guías de elaboración de inventarios los cuales serán referenciados.

Los cálculos para determinar las emisiones de metano procedentes de los vertederos de residuos sólidos se harán por medio de las tablas que establece el IPCC, concretamente la Hoja de trabajo 6 – 1 (Cuadro 21).

Para poder determinar el Paso 1 se utilizó la tabla del Cuadro 9 que consiste en la Hoja de trabajo 6 - 1A para la determinación de la cantidad de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos empleando los datos para el país (Cuadro 22).

De donde se obtiene el dato de 497.317 Gg de RSU para todo el estado de Querétaro en ese año, el cual se coloca dentro de la columna A de la Hoja de trabajo principal (Hoja de trabajo 6 – 1).

Cuadro 22. Hoja de trabajo 6 – 1A para la determinación de la cantidad de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos empleando los datos para el país (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | |
|--|---|--|--|--|
| SUBMÓDULO: CANTIDAD DE RSU ELIMINADOS EN VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS EMPLEANDO LOS DATOS PARA EL PAIS | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-1A | | | | |
| A | B | C | D | E |
| Población cuyos desperdicios se llevan a vertederos de residuos sólidos (urbana o total personas) | Tasa de generación de RSU (kg/cápita/día) | Cantidad anual de RSU generados (Gg RSU) | Fracción de los RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos (urbanos o total) | Total anual de RSU eliminados en vertederos de residuos sólidos (Gg RSU) |
| 1628739 | 0.879 | 522.5564771 | 0.9517 | 497.3170 |

Cuadro 21. Hoja de trabajo 6 - 1 para la determinación de las emisiones de metano procedentes de los vertederos de residuos sólidos (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------------------|---|---|------------------------|--|--|--|--|---|---|---|
| SUBMÓDULO: EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DE LOS VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS. | | | | | | | | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-1 | | | | | | | | | | | | |
| PASO 1 | PASO 2 | | | PASO 3 | | | PASO 4 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M | N |
| Total anual de RSU eliminados en VRS (Gg RSU) | Factor de corrección para el metano (FCM) | Fracción del COD en los RSU | Fracción del COD que realmente se degrada | Fracción del carbono liberado como metano | Relación de conversión | Tasa potencial de generación de metano por unidad de desperdicios (Gg metano / Gg RSU) | Tasa real de generación de metano (para el país) por unidad de desperdicios (Gg metano / Gg RSU) | Total bruto anual de metano generado (Gg metano) | Recuperación anual de metano (Gg metano) | Total neto anual de metano generado (L = (J - K)) | Unidad menos el factor de corrección para la oxidación del metano | Total neto anual de emisiones de metano (Gg metano) |
| 497.317 | 0.9857 | 0.3014 | 0.77 | 0.5 | 1.3333 | 0.1547 | 0.1525 | 75.8439 | 0.0000 | 75.8439 | 1.0000 | 75.8439 |
| | | | | | | $G = (C \times D \times E \times F)$ | $H = (B \times G)$ | $J = (H \times A)$ | | $L = (J - K)$ | | $N = (L \times M)$ |

VI.1.1. Determinación del factor de corrección para el metano.

Esta determinación está basada en la Hoja de trabajo 6 – 1C que se muestra en el Cuadro 11.

Para la determinación del factor de corrección se utiliza la Hoja de trabajo 6 – 1C donde se determina en base al tipo de vertedero y la porción de desperdicios (por peso) de cada tipo de vertedero de residuos sólidos, controlados y no controlados tomando en cuenta si son profundos (>5m) o poco profundos (<5m) ya que de esto depende el factor de emisión de metano en cada uno de los vertederos.

En el Cuadro 23 se muestra la Hoja de trabajo mencionada con los datos que se van a utilizar en su determinación obteniendo un factor medio ponderado para cada tipo de vertedero de residuos sólidos que se presenta al final de la misma tabla.

Cuadro 23. Hoja de trabajo 6 – 1C para la determinación del factor de corrección para el metano (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | |
|--|---|---|--|
| SUBMÓDULO: FACTOR DE CORRECCIÓN PARA EL METANO. | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-1C ADICIONAL | | | |
| | W | X | Y |
| Tipo de vertedero | Proporción de desperdicios (por peso) de cada tipo de vertedero de residuos sólidos | Factor de corrección para el metano (FCM) | FCM medio ponderado para cada tipo de vertedero de residuos sólidos. |
| Controlados | 0.9518 | 1 | 0.9518 |
| No controlados profundos ($\geq 5m$ de desperdicios) | 0.0365 | 0.8 | 0.0292 |
| No controlados poco profundos (< 5m de desperdicios) | 0.0117 | 0.4 | 0.00468 |
| Total | 1452 | 0.6 | 0.98568 |

De esta tabla obtenemos el valor del factor medio ponderado para cada tipo de vertedero de residuos sólidos el cual se importará a la columna B de la Hoja principal (Hoja de trabajo 6 – 1).

VI.1.2. Estimación de la tasa de producción de metano por unidad de desperdicios.

En relación a este cálculo se tomó en cuenta la ecuación que se muestra en la Figura 11 de este trabajo de Tesis.

De esta ecuación obtenemos el total del COD que realmente se degrada en un vertedero el cual se tendrá que anotar en la columna C de la Hoja de trabajo principal (Hoja de trabajo 6 – 1).

Para la columna D de la Hoja de trabajo principal se fijará un valor de 0.77 como la fracción del COD que realmente se degrada en un vertedero, este valor es proporcionado por las guías de elaboración de inventarios del IPCC ya que no existen datos locales.

Para la columna D de esta Hoja de trabajo principal se tiene un valor por defecto de 0.5 que consiste en la fracción de carbono liberado como metano.

Otro dato importante a mencionar es que para este año del que se está realizando el inventario no existía recuperación de metano por lo que se menciona como 0 en la columna K de la Hoja de trabajo principal.

En la columna N encontramos el valor total neto anual de emisiones de metano en Gg de metano, el cual proviene de realizar los cálculos finales a la Hoja de trabajo principal. El dato que obtenemos es de 75.85 Gg de metano por lo que este será nuestra referencia en cuanto a este rubro para el sector de desechos.

VI.2. Emisiones de metano procedente del tratamiento de las aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales con elevado contenido de material orgánico, incluidas las aguas residuales domésticas, comerciales y algunos efluentes industriales, puede dar origen a cantidades considerables de metano como se ve en la Tabla 6 – 4 (ver Anexos).

El factor principal que determina el potencial de generación de metano de las aguas residuales es la cantidad de materia orgánica.

En el caso de las aguas residuales y los lodos domésticos y comerciales, esto corresponde a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO); en el de los efluentes industriales, se emplea la Demanda Química de Oxígeno (DQO). La DBO indica la cantidad de carbono biodegradable aeróbicamente, mientras que la DQO indica la cantidad total de carbono, tanto biodegradable como no biodegradable, que puede oxidarse. Se trabajará con la Hoja de trabajo 6 – 2 en los paso 1 al 4.

VI.2.1. Determinación del total de las aguas y lodos residuales orgánicos domésticos y comerciales.

En el Cuadro 24 se determinó la población en miles de personas residiendo en el Estado de Querétaro para ese año a partir de las cuales se realiza cada uno de los procesos con los que se trata el agua ya sea municipal o doméstico esto en la columna B.

Cuadro 24. Hoja de trabajo 6 – 2. Paso 1, para determinar el total de las aguas y lodos residuales orgánicos domésticos y comerciales (IPCC, 2008)

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|--|--|---------------------------|
| DE LOS LODOS DOMÉSTICOS Y COMERCIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-2 | | | | | |
| PASO 1 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F |
| Ciudad o región | Población (miles de personas) | Componentes orgánicos degradables (kg DBO / 1000 personas / año) | Fracción del componente orgánico degradable retirado como lodos | Total de las aguas residuales orgánicas domésticas/c omerciales (kg DBO/año) | Relación de conversión |
| Querétaro | 1628 | 14600 | 0.5 | 11884400 | 11884400 |
| Con tratamiento municipal | 0.29 | 14600 | 0.5 | 2140.196303 | 2140.196303 |
| Sin tratamiento municipal | 0.77 | 14600 | 0.5 | 5623.850088 | 5623.850088 |
| Con tratamiento doméstico | 0.19 | 14600 | 0.5 | 1391.086026 | 1391.086026 |
| Sin tratamiento doméstico | 0.37 | 14600 | 0.5 | 2734.662283 | 2734.662283 |
| | | | | 11889.7947 | 11889.7947 |

En la columna C de coloca el valor del componente orgánico degradable en kg DBO/1000 personas/año, el cual equivale a 14,600, dato que fue colocado por defecto y proporcionado por las guías de elaboración de inventarios del IPCC de la ONU. En la columna D se coloca el valor de la fracción del componente orgánico degradable retirado como lodo el cual también se toma de las guías de elaboración de inventarios del IPCC el cual consiste en 0.5.

En la columna E se obtuvo un valor que es el total de las aguas residuales orgánicas domesticas/comerciales generadas para el estado de Querétaro en ese año. En la columna F se obtiene el valor para el caso de los lodos orgánicos domésticos/comerciales para el estado de Querétaro.

VI.2.2. Estimación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y los lodos domésticos y comerciales.

Esta estimación está basada en la Hoja de trabajo 6 – 2 del paso 2 la cual nos da como resultado el factor de emisión medio para las aguas residuales domésticas/comerciales generadas en el Estado de Querétaro, el cual es de 0.1013, ver Cuadro 25.

Cuadro 25. Hoja de trabajo 6 – 2. Paso 2, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y los lodos domésticos y comerciales (IPCC, 2008)

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|--|---|---|----------|---|---|
| DE LOS LODOS DOMÉSTICOS Y COMERCIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-2 | | | | | |
| PASO 2 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F |
| Sistema de tratamiento de las aguas residuales | Fracción de las aguas residuales tratadas por el sistema de tratamiento | Factor de conversión en metano para el sistema de tratamiento | Producto | Capacidad máxima de producción de metano (kg metano/kg DBO) | Factor de emisión medio para las aguas residuales domesticas/comerciales (kg metano/kg DBO) |
| Con tratamiento municipal | 0.051 | 0.6 | 0.0306 | 0.25 | 0.00765 |
| Sin tratamiento municipal | 0.473 | 0.4 | 0.1892 | 0.25 | 0.0473 |
| Con tratamiento doméstico | 0.117 | 0.8 | 0.0936 | 0.25 | 0.0234 |
| Sin tratamiento doméstico | 0.23 | 0.4 | 0.092 | 0.25 | 0.023 |
| | | 0.55 | 0.4054 | 0.25 | 0.10135 |

VI.2.3. Determinación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos domésticos y comerciales.

En la hoja de trabajo 6 – 2, el cual nos da el mismo valor que para las aguas residuales domésticas/industriales de 0.1013 esto debido a que la fracción de aguas y lodos tratados que se tomó es la misma en los dos pasos, valores tomados del Inventario Nacional de Emisiones del año 2002 ya que este tipo de datos no existen a nivel estatal (Cuadro 26).

Cuadro 26. Hoja de trabajo 6 – 2. Paso 3, para determinar el total de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos domésticos y comerciales (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|--|--|--|----------|---|---|
| DE LOS LODOS DOMÉSTICOS Y COMERCIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-2 | | | | | |
| PASO 3 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F |
| Sistema de tratamiento de los lodos | Fracción de los lodos tratados por el sistema de tratamiento | Factor de conversión en metano para el sistema de tratamient | Producto | Capacidad máxima de producción de metano (kg metano/kg DBO) | Factor de emisión medio para las aguas residuales domésticas/comerciales (kg metano/kg DBO) |
| Con tratamiento municipal | 0.051 | 0.6 | 0.0306 | 0.25 | |
| Sin tratamiento municipal | 0.473 | 0.4 | 0.1892 | 0.25 | |
| Con tratamiento doméstico | 0.117 | 0.8 | 0.0936 | 0.25 | |
| Sin tratamiento doméstico | 0.23 | 0.4 | 0.092 | 0.25 | |
| | | 0.55 | 0.4054 | 0.25 | 0.10135 |

VI.2.4. Estimación final respecto a las emisiones de metano procedentes de las aguas residuales y lodos domésticos/comerciales.

Esto se llevó a cabo empleando la Hoja de trabajo 6 – 2 en el Paso 4 (Cuadro 27).

Cuadro 27. Hoja de trabajo 6 – 2. Paso 4, para determinar las emisiones de metano procedentes de las aguas residuales y de los lodos domésticos y comerciales (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|--|---|---------------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| DE LOS LODOS DOMÉSTICOS Y COMERCIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-2 | | | | | |
| PASO 4 | | | | | |
| | A | B | C | D | E |
| | Total de producto orgánico (kg DBO/año) | Factor de emisión (kg metano/kg DBO) | Emisiones de metano sin recuperación/ quemado en antorcha | Metano recuperado y/o quemado en antorcha (kg metano) si no se quema metano el | Emisiones netas de metano (Gg metano) |
| | de la hoja de trabajo 6 - 2, Hoja 1 | de la hoja de trabajo 6 2 hojas 2 y 3 | | | |
| Aguas residuales | 11889.7947 | 0.55 | 6539.387085 | 0 | 0.01 |
| Lodos | 11889.7947 | 0.55 | 6539.387085 | 0 | 0.01 |
| | | FCM global | | | 0.01 |

En esta tabla final acerca de los lodos domésticos y comerciales nos da un resultado de 0.01 Gg de Metano producido por los lodos domésticos y comerciales del estado de Querétaro en este año.

VI.3. Efluentes industriales.

Los efluentes industriales se calcularon por medio de las Hojas de trabajo 6 - 3 en el paso 1, 2, 3 y 4.

VI.3.1. Recopilación de información.

Consistió en buscar y agrupar la información acerca de la producción industrial en toneladas por año de los diferentes rubros industriales para determinar por medio del componente orgánico degradable la cantidad de los lodos orgánicos de fuentes industriales en kg de DBO por año.

Debido a que no existen datos actualizados de la producción anual de algunos rubros (columna A de la Hoja de trabajo 6 - 3, paso 1) se optó por realizar una equivalencia de la producción anual por rubro considerando el porcentaje de la población de Querétaro para ese año con la de la República Mexicana y así

determinar el porcentaje que aporta el Estado en cada rubro para determinar la cantidad de producción anual por rubro, los espacios que están en blanco son rubros que no están o estaban operando en el Estado para ese año.

Cuadro 28. Hoja de trabajo 6 – 3. Paso 1, para determinar el total de efluentes y lodos orgánicos (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | | | |
|--|---------------------------|---|--|--|--|---|---|
| INDUSTRIALES. | | | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-3 | | | | | | | |
| PASO 1 | | | | | | | |
| | | A | B | C | D | E | |
| | | Total de la producción industrial (t/año) | Componente orgánico degradable (kg DQO/ m ³ aguas residuales) | Efluentes producidos (m ³ /t de producto) | Fración del componente orgánico degradable retirado como lodos | Total de efluentes orgánicos de fuentes industriales (kg DQO/año) | Total de lodos orgánicos de fuentes industriales (kg DQO/año) |
| Hierro y acero | | | | | | | |
| Metales no ferrosos | | 127458 | 10.7 | 15 | 0.5 | 2045700.4 | 1022850 |
| Fertilizantes | | 47070.4 | 4.7 | 67 | 0.5 | 14822468.46 | 7411234 |
| Alimentos y bebidas | Conservas | 69058 | 5.1 | 20 | 0.5 | 7043915.5 | 3521958 |
| | Cerveza | | | | | | |
| | Vino | 5767 | 45.5 | 32 | 0.5 | 8396751.5 | 4198376 |
| | Productos cárnicos | 146416.1 | 26.5 | 10 | 0.5 | 38800266 | 19400133 |
| | Productos lácteos | | | | | | |
| | Azúcar | | | | | | |
| | Procesamiento del pescado | | | | | | |
| | grasas | | | | | | |
| | Café | | | | | | |
| | Refrescos | | | | | | |
| | Otros | 2920 | 0.01 | 8750 | 0.5 | 255499.5 | 127750 |
| Papel | Papel | 15257 | 1.6 | 162 | 0.5 | 3954613.9 | 1977307 |
| | Pulpa de papel | | | | 0.5 | | |
| | Otros | 431357 | 3.3 | 25 | 0.5 | 35506952 | 17793476 |
| Refinamiento de petróleo/ Productos petroquímico | | | | | | | |
| | Decolorantes | | | | | | |
| | Tintes | | | | | | |
| | Otros | | | | | | |
| Caucho | | | | | | | |
| Otros | | | | | | | |
| Total | | 845303.50 | | | | 110906167.3 | 55453085.6 |

Los datos de las columnas B y C se tomaron del Inventario Nacional de Emisiones del año 2002 y aunque es un año diferente las proporciones de componente orgánico degradable por rubro no cambian.

Los datos de la columna D se tomaron de las guías de elaboración de inventarios del IPCC de 1996 ya que no existen valores a nivel local.

En éste Cuadro 28 nos da una perspectiva de la cantidad de lodos orgánicos de las fuentes industriales en el estado de Querétaro para el año 2006.

VI.3.2. Determinación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales

Esto se llevará a cabo por medio de la Hoja de trabajo 6 - 3 en su paso 2, que se puede observar en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Hoja de trabajo 6 – 3. Paso 2, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|----------|--|---|
| SUBMÓDULO: EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-3 | | | | | |
| PASO 2 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F |
| Sistema de tratamiento de efluentes | Fracción de los efluentes tratados por el sistema de tratamiento | Factor de conversión en metano (FCM) | Producto | Capacidad máxima de producción de metano (kg metano/kg CD) | Factor de emisión medio para la fuente de efluentes industriales (kg metano/kg DQO) |
| C trat | 0.153 | 0.003 | 0.000459 | 0.000459 | 2.10681E-07 |
| S trat | 0.847 | 0.25 | 0.21175 | 0.21175 | 0.045 |
| | | FCM Global | | | |

Los datos que se emplean en la tabla tienen que desglosarse por los que tienen tratamiento y los que no ya que como se ha mencionado el factor de emisión depende principalmente de esto.

El factor de conversión de tomo de las tablas proporcionadas por el INE del Inventario Nacional de Emisiones del año 2002.

VI.3.3. Estimación de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos industriales.

De igual manera en el Cuadro 30 se tienen que separar la cantidad de lodos que cuenten con tratamiento de los que no lo tienen.

Lo importante de este paso es determinar el factor de emisión medio para la fuente de efluentes industriales la cual nos da un valor de 0.0531 Kg de metano por Kg de DBO.

Cuadro 30. Hoja de trabajo 6 – 3. Paso 3, para determinar el factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos industriales (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|----------|--|---|
| SUBMÓDULO: EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-3 | | | | | |
| PASO 3 | | | | | |
| A | B | C | D | E | F |
| Sistema de tratamiento de los lodos | Fracción de los lodos tratados por el sistema de tratamiento | Factor de conversión en metano (FCM) | Producto | Capacidad máxima de producción de metano (kg metano/kg CD) | Factor de emisión medio para la fuente de efluentes industriales (kg metano/kg DBO) |
| tratamiento | 0.153 | 0.003 | 0.0005 | 0.25 | 0.0001 |
| tratamiento | 0.847 | 0.25 | 0.2118 | 0.25 | 0.0529 |
| | | FCM Global | 0.2122 | 0.25 | 0.0531 |

VI.3.4. Estimación total de las emisiones de metano procedentes de los efluentes y lodos industriales.

Este paso es importante ya que se obtiene el resultado final de las emisiones para este subsector de efluentes industriales. El resultado obtenido es de 11.48 Gg de metano para este año en el estado de Querétaro (Cuadro 31).

Cuadro 31. Hoja de trabajo 6 – 3. Paso 4, para determinar las emisiones de metano procedentes de los efluentes y los lodos industriales (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|---|-----------------------------|--|--|---|---------------------------------------|
| SUBMÓDULO: EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES. | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-3 | | | | | |
| PASO 4 | | | | | |
| | A | B | C | D | E |
| | Total de producto orgánico | Factor de emisión medio (kg metano/kg DQO) | Emisiones de metano sin recuperación/quemado en antorcha | Metano recuperado y/o quemado en antorcha (kg metano) | Emisiones netas de metano (Gg metano) |
| | Hoja de trabajo 6-3, hoja 1 | Hojas de trabajo 6-3, hojas 2 y 3 | | | |
| Efluentes | 114,828,438 | 0.05 | 5,741,422 | 0 | 5.7414 |
| Lodos | 114,828,438 | 0.05 | 5,741,422 | 0 | 5.7414 |
| | | FCM Global | | | 11.48 |

VI.4. Emisiones indirectas de óxido nitroso procedentes del excremento humano.

Este módulo es el que refleja la totalidad del óxido nitroso el cual procede del excremento humano que está en base al consumo anual medio per cápita de proteína dado en kg/persona/año (columna A) el cual se toma en base a las tablas del Inventario Nacional del año 2002 con un valor de 25, este valor es proporcional a la población del estado para el año 2005 (columna B), también se toma en cuenta el valor de la fracción de nitrógeno en la proteína (columna C) que en este caso se toma el valor por defecto de 0.16 kg de N/kg proteína (Tabla 4 - 19 del capítulo de agricultura de las guías de elaboración de inventarios del IPCC de 1996) así como la columna D en donde va el factor de emisión, EF_6 . El valor por defecto del factor es de 0.01 kg N_2O – N/kg de N en el excremento producido. (Tabla 4 - 18 en el capítulo agricultura de las guías de elaboración de inventarios del IPCC de 1996).

Todo esto nos da como resultado el total anual las emisiones de N_2O procedentes del excremento humano con un valor de 1.02 Gg (Cuadro 32).

Cuadro 32. Hoja de trabajo 6 – 4. Para determinar las emisiones de óxido nitroso procedentes del excremento humano (IPCC, 2008).

| MÓDULO: DESPERDICIOS | | | | | |
|--|--|-------------------|---|---|--|
| SUBMÓDULO: EMISIONES INDIRECTAS DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DEL EXCREMENTO HUMANO | | | | | |
| HOJA DE TRABAJO: 6-4 | | | | | |
| PASO 1 | | | | | |
| | A | B | C | D | E |
| | Consumo medio anual per capita de proteína en (kg/persona/año) | Población (cifra) | Fracción de nitrógeno en la proteína FracNPR (kg N/kg proteína) | Factor de emisión EF6 (kg N ₂ O-N/kg n en el excremento producido) | Total anual de las emisiones de N ₂ O procedentes del excremento (Gg) |
| | 25 | 1628739 | 0.16 | 0.01 | 1.02 |
| Total | | | | | |

Se observa en la Figura 12 una gráfica comparativa de las emisiones por subdivisión de rubros.

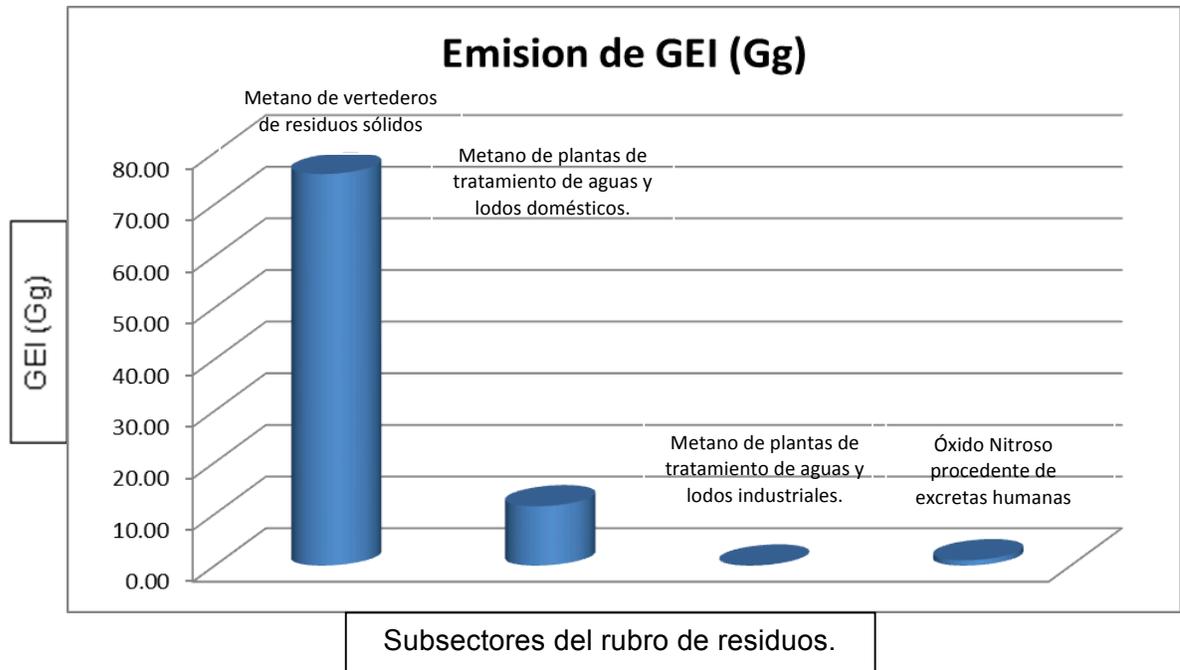


Figura 12. Gráfica total de GEI de los diferentes subsectores del rubro de residuos en Gg.

VII. DISCUSIÓN.

Un inventario de gases de efecto invernadero, GEI, es un mecanismo para determinar la cantidad de estos gases en Gg que se emiten por cantidad de tiempo en un lugar específico, que para este caso es el Estado de Querétaro y el año 2006.

Es importante mencionar que en el proceso de elaboración de este inventario de GEI para el sector de residuos se tuvieron varias limitantes en cuanto a la recopilación de los datos necesarios para llenar las Hojas de Trabajo que proporciono el IPCC y poder realizar así los cálculos que proporcionen los resultados para este rubro. En este inventario se mencionan estos datos inexistentes, en algunos casos se utilizan los que están propuestos por defecto o bien cálculos aproximados utilizando los existentes; esto nos llevó a determinar qué tipo de datos serán necesarios comenzar a monitorear dentro de las dependencias gubernamentales que les competan y así tener futuros inventarios cada vez mejores que el anterior.

Este inventario del sector de residuos es complemento de los otros sectores, (cambio de uso de suelo, agricultura, industria y energía), que en conjunto nos darán una perspectiva de la cantidad de GEI producidos en el Estado de Querétaro en el año 2006, este se unirá con los de otros estados de la Republica Mexicana y dar así un resultado final para el país, este primer inventario Estatal es una buena práctica para los próximos inventarios estatales en los que podamos calcular la variación positiva o negativa de la emisión de los GEI y elaborar así planes estratégicos y de trabajo que nos lleven a disminuir en lo posible la emisión de estos mitigando los efectos y consecuencias que estos representan para el cambio climático.

He ahí la importancia de la elaboración de este primer Inventario de Emisiones del Estado de Querétaro, obtendremos las bases para poder comparar, decidir y actuar.

VIII. CONCLUSIONES.

El estado de Querétaro se ha caracterizado desde hace varias décadas por un incremento significativo en cuanto a la población residente, su pujante actividad económica y la mención dentro del contexto local, nacional e incluso internacional.

Consecuencia de este acelerado desarrollo es una mayor emisión de GEI en general para el rubro de los residuos, los cuales contemplan el metano de vertederos de residuos sólidos, metano de plantas de tratamiento de aguas y lodos domésticos, metano de plantas de tratamiento de aguas y lodos industriales y del óxido nitroso procedente de las excretas humanas, todo esto es directamente proporcional a la actividad industrial y el tamaño de la población residente y flotante que se desenvuelve dentro del Estado.

Gracias a este primer Inventario de Emisiones del Estado de Querétaro en el sector de residuos se calcula un total de 88.36 Gg de GEI de los cuales el mayor aporte es por el metano generado en los vertederos de residuos sólidos, dentro de los cuales se deposita la mayor parte de los residuos generados en los centros poblacionales.

Dentro de las medidas de mitigación que se han propuesto sin tener en cuenta los resultados de este inventario el gobierno del Estado es la acertada utilización de este metano generado en el vertedero de la ciudad de Querétaro por medio de una combustión para la producción de energía que podrá ser utilizada convirtiendo las moléculas de metano en dióxido de carbono, un GEI con un potencial mucho menor respecto al metano, disminuyendo así su contribución al fenómeno del cambio climático. Debido a la proporción de los GEI que representa el metano procedente de los vertederos de residuos sólidos la propuesta de quemar este metano para producir energía reduciría en gran medida el daño potencial de este GEI.

Otra medida prudente para reducir la emisión de CH₄ en el tratamiento de las aguas y lodos residuales es llevar a cabo sistemas de tratamiento lo más aerobios posibles ya que este GEI se produce como residuo de la digestión que llevan a cabo las bacterias anaeróbicas, se recomienda airear las aguas mientras se están tratando o realizar procesos de tratamiento en lagunas de lixiviación de alturas no

mayores a 2 metros y evitar así la formación de estas zonas anaeróbicas que producen este GEI; la otra opción es adaptar el proceso para la recolección de este GEI y proceder a quemarlo para convertir de igual manera el CH₄ a CO₂, GEI con menor potencial de Efecto Invernadero.

Para el caso del N₂O procedente de los excrementos humanos es necesario orientar mejores procesos de tratamientos de las aguas residuales ya que de esta manera será la única forma de contribuir a mitigar los daños que se manifiestan por medio del cambio climático.

Este inventario de Emisiones del Estado de Querétaro se convertirá en una excelente herramienta para sentar las bases que ayuden a cuantificar los GEI, pudiendo comparar en un futuro los inventarios de GEI de los próximos años con lo que se podrán elaborar y aplicar medidas correctivas en cuando a su emisión, tratamiento y disminuir las consecuencias del cambio climático.

IX. BIBLIOGRAFIA

Baird, C. 2001. Química Ambiental. 1era ed., Reverté Ediciones. Barcelona España: 179-183.

Dickson, Thomas R. 2005. Química: un enfoque ecológico. 1era ed., Editorial Limusa. México: 161-165.

Dinyar, G. 2002. Cambio climático. 1era ed., Intermón Oxfam, S. A. Barcelona España: 06-08, 09-13.

Hernández, M. A. 1992. Depuración de aguas residuales. Servicio de publicaciones de la escuela de ingenieros de caminos de Madrid. España: 713.

IEG, Instituto de Ecología del estado de Guanajuato, 2008. Hacia una estrategia estatal de cambio climático en Guanajuato. Gobierno del estado de Guanajuato. Guanajuato, México: 12-15, 19, 22.

INE, Instituto Nacional de Ecología, 2006. México, Tercera Comunicación Nacional ante el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático. S. y G. editores, S. A. de C. V. México: 5, 6, 7, 27-35,

INE, SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología - Secretaria de Medio Ambiente y Recursos naturales, 2000. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1994-1998. INE, Semarnat:

IPCC, 1997. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de efecto invernadero, versión revisada en 1996. Volumen 2. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC), Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y Agencia Internacional de la Energía (AIE). Londres, Reino Unido: 06, 08, 11.

IPCC, 2007. Resumen para Responsables de Políticas. En cambio climático 2007: Bases de las Ciencias Físicas. Contribución del grupo de Trabajo I al cuarto Informa de Evaluación del IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, USA: 02, 03, 04, 08, 09.

IPCC, 2007. Resumen para Responsables de Políticas. En cambio climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del grupo de Trabajo II al cuarto Informa de Evaluación del IPCC, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden

y C.E. Hanson, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido: 05-11, 15, 16, 17, 21, 22.

Magaña R. Víctor. 1999. Los impactos del Niño en México. Secretaría de Gobernación. México: 04.

Oropeza G. N. 2006. Lodos Residuales: estabilización y manejo. Revista Caos Conciencia 1. Vol. 21: 51-58.

PNUD, 2008. Manejo del proceso de elaboración del inventario nacional de gases de efecto invernadero. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Nueva York, EEUU: 18-24.

Ramahlo R. S. 1996. Tratamiento de aguas Residuales. Editorial Reverté, S. A., Sevilla España: 35,40

SEDESU, Secretaría de Desarrollo Sustentable del estado de Querétaro, 2006. Anuario Estadístico del Estado de Querétaro 2005. Gobierno del Estado de Querétaro. México: 48-52.

SEMARNAT, INE y UAM, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales-Instituto Nacional de Ecología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, 2008. Manejo del proceso de elaboración del inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, México.

SEMARNAT, 2003. NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. México: 4, 5.

SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2005. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html. Compendio de la producción y el manejo de los residuos sólidos urbanos y peligrosos en México. México.

Stanley, E. Manahan. 2007. Introducción a la Química Ambiental. 1era ed. Reverté Ediciones. Barcelona España: 356.

Valdez C. Enrique. 2003. Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales. 1era ed., Fundación ICA, A. C. México: 25.

ANEXOS.

Anexo 1. Tabla 6 – 1, Datos de generación, composición y disposición de desperdicios por países (IPCC, 2008).

| Tabla 6 – 1 | | | | |
|--|--|--|-----------------------------|--|
| Datos de generación, composición y disposición de desperdicios por país. | | | | |
| Región /País | Tasa de generación de RSU (kg/cap/día) | Fracción de los RSU eliminados en los VRS. | Fracción de COD de los RSU. | Tasa de disposición de los RSU (kg/cap/día). |
| América del Norte | | | 0,18 - 0,21 | |
| EE UU. | 2,0 | 0,62 | | 1,24 |
| Canadá | 1,81 | 0,75 | | 1,35 |
| Oceanía | | | | |
| Australia | 1,26 | 1,00 | 0,15 | 1,26 |
| Nueva Zelandia | 1,33 | 1,00 | 0,19 | 1,33 |
| RU/Europa Occidental/ países escandinavos | | | 0,08 - 0,19 | |
| RU | 1,9 | 0,9 | 0,10 | 1,7 |
| Irlanda | 0,85 | 1,00 | | 0,85 |
| Austria | 0,92 | 0,40 | | 0,36 |
| Bélgica | 1,10 | 0,43 | | 0,47 |
| Dinamarca | 1,26 | 0,20 | | 0,25 |
| Finlandia | 1,70 | 0,77 | | 1,3 |
| Francia | 1,20 | 0,46 | | 0,60 |
| Alemania | 0,99 | 0,66 | | 0,65 |
| Grecia | 0,85 | 0,93 | | 0,79 |
| Italia | 0,94 | 0,88 | | 0,83 |
| Luxemburgo | 1,34 | 0,35 | | 0,47 |
| Países Bajos | 1,58 | 0,67 | 0,14 | 1,06 |
| Noruega | 1,40 | 0,75 | | 1,05 |
| Portugal | 0,90 | 0,86 | - | 0,78 |
| España | 0,99 | 0,85 | - | 0,83 |
| Suecia | 1,01 | 0,44 | - | 0,44 |
| Suiza | 1,10 | 0,23 | - | 0,25 |
| Europa Oriental | | | | |
| Polonia | - | - | 0,15 | 0,54 |
| Rusia | 0,93 | 0,94 | 0,17 | 0,87 |

Anexo 2. Tabla 6 – 1 (continuación), Datos de generación, composición y disposición de desperdicios por países (IPCC, 2008).

| Tabla 6 - 1 (CONTINUACIÓN) | | | | |
|--|--|--|-----------------------------|--|
| Datos de generación, composición y disposición de desperdicios por país. | | | | |
| Región /País | Tasa de generación de RSU (kg/cap/día) | Fracción de los RSU eliminados en los VRS. | Fracción de COD de los RSU. | Tasa de disposición de los RSU (kg/cap/día). |
| Asia | - | - | - | - |
| Japón | 1,12 | 0,38 | - | 0,43 |
| India | 0,33 | 0,6 | 0,18 | 0,2 |
| China | - | - | 0,09 | 0,84 |
| Indonesia | - | - | 0,17 | 0,51 |
| Centroamérica | | | | |
| Guatemala | - | - | 0,13 | 0,46 |
| América del Sur | | | | |
| Brasil | - | - | 0,12 | 1,47 |
| Perú | - | - | 0,15 | 0,98 |
| Chile | - | - | 0,18 | 0,59 |
| África | | | | |
| Egipto | - | - | 0,21 | 0,40 |
| Nigeria | - | - | 0,11 | 0,40 |
| Sudáfrica | - | 1,00 | - | - |

Anexo 3. Tabla 6 – 5, Valores estimados de DBO₅ en las aguas residuales por región (IPCC, 2008).

| Tabla 6 – 5 | | |
|--|--|--|
| Valores estimados de DBO ₅ en las aguas residuales por región | | |
| Región | Valor de DBO ₅ (kg/cap/día) | Valor de DBO ₅ (kg/1000 personas/año) |
| África | 0,037 | 13 505 |
| Asia, Oriente Medio, América Latina | 0,040 | 14 600 |
| Norteamérica, Europa, Antigua URSS, Oceanía | 0,050 | 18 250 |

Anexo 4. Tabla 6 – 2, Calculo del factor de corrección para el metano (IPCC, 2008).

| Tabla 6 - 2 | | | | |
|--|---|--|---|---|
| CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN PARA EL METANO | | | | |
| Región /País | X | W | Y | Z |
| Tipo de vertedero | Proporción de desperdicios (por peso) en cada tipo de vertedero | Factor de corrección para el metano (FCM): Valores por defecto | Factor de corrección para el metano (FCM): Valores específicos para el país | FCM medio ponderado para cada tipo de VRS |
| | | | | $Z = W \times X$ (o $W \times Y$) |
| Controlados | X | 1,0 | a | = x o (a x x) |
| No Controlados - profundos (> o = 5 m de desperdicios) | Y | 0,8 | b | = 0,8y o (b x y) |
| No controlados - poco profundos (< 5m de desperdicios) | Z | 0,4 | C | = 0,4z o (c x z) |
| Total | Verificar que $x + y + z = 1$ | - | - | - |
| Valores por defecto | 1.0 | 0,6 | - | 0,6 |

Anexo 5. Tabla 6 – 3, Valores por defecto del carbono orgánico degradable en las principales tipos de desechos (IPCC, 2008).

| Tabla 6 – 3 | | |
|--|--|--------------------------|
| VALORES POR DEFECTO DEL CARBONO ORGÁNICO DEGRADABLE EN LAS PRINCIPALES TIPOS DE DESECHOS | | |
| | Tipo de desechos | Porcentaje de COD (peso) |
| A | Papel y textiles | 40 |
| B | Desechos de jardines y parques y otros desechos orgánicos putrescibles (excluidos los alimentos) | 17 |
| C | Restos de alimentos | 15 |
| D | Desechos de madera y paja | 30 |

Anexo 6. Tabla 6 – 4, Métodos de tratamiento de las aguas residuales (IPCC, 2008).

| Tabla 6 – 4 | |
|--|--|
| Métodos de tratamiento de las aguas residuales | |
| Método de tratamiento | Excepciones a la producción esperada de CH ₄ |
| Métodos de disposición y tratamiento mayormente aerobios (poca o ninguna producción de CH ₄) | |
| Países en desarrollo | |
| Fosas abiertas/letrinas | Las fosas abiertas/letrinas pueden ser fuente de metano cuando la temperatura y el tiempo de retención son favorables. |
| Lagunas aeróbicas poco profundas | Las lagunas aeróbicas poco profundas de más de 3 metros de profundidad pueden dar origen a emisiones de metano. |
| Descarga en los ríos | Los ríos de aguas estancadas, deficientes en oxígeno, permiten la descomposición anaeróbica |
| Países desarrollados | |
| Sistemas de alcantarillado con tratamiento aeróbico | El diseño o manejo inadecuado de los sistemas de tratamiento aeróbico dan origen a emisiones de metano. |
| Métodos de disposición y tratamiento mayormente anaerobios (elevada producción de CH ₄) | |
| Países en desarrollo | |
| Estanques profundos anaerobios | El diseño o el manejo incorrecto de los sistemas anaeróbicos pueden permitir aireación y producción reducida de metano |
| Sistemas de alcantarillado con tratamiento anaerobio | |
| Países desarrollados y en desarrollo | |
| Fosas Sépticas | La extracción frecuente de sólidos reduce la producción de metano. |

Anexo 7. Tabla 6 – 6, Datos sobre efluentes industriales por región (IPCC, 2008).

| Tabla 6 - 6 | | | |
|---|--|--|--------------|
| Datos sobre efluentes industriales por región | | | |
| Tipo de industria y Región | Efluente producido (m ³ /toneladas de producto) | Valor de la DQO (kg DQO/m ³ aguas residuales) | País |
| Bebidas - destiladas e industria | | | |
| Genéricas - etanol | 13 m ³ /m ³ etanol | 40 | |
| Genéricas - etanol | ND | 5000 kg/m ³ etanol | |
| América del Sur | ND | 22 | Brasil |
| Europa Occidental | ND | 4,0 - 5,0 | Países Bajos |
| Bebidas - malta y cerveza | | | |
| Genéricas | 5 m ³ /m ³ cerveza | 17 | |
| Genéricas | 5 - 9 m ³ /m ³ cerveza | 2,0 - 7,0 | |
| Europa Occidental | ND | 1,0 - 1,5 | Países Bajos |
| Alimentos - carne y aves | | | |
| Genéricos | 1,4 m ³ /animal | ND | |
| Europa Occidental | ND | 2,9 | Países Bajos |
| América del Norte | ND | 15,0 | EEUU |
| Alimentos – pescado | | | |
| América del Norte | ND | 2,5 | EEUU |
| Alimentos – café | | | |
| América del Norte | ND | 3,0 - 14,0 | EEUU |
| Alimentos - productos lácteos. | | | |
| Genéricos | 2,8 | ND | |
| Europa Occidental | ND | 1,5 | Países Bajos |
| Alimentos - frutas y verduras | | | |
| Genéricos (fábricas de conservas) | 26 | ND | |
| Genéricos elaboración de tomates | 26 | ND | |
| América del Norte, papas | ND | 3,0 | EEUU |
| Europa Occidental, blanqueado de frijoles | ND | 5,2 | Países Bajos |
| Alimentos – aceites | | | |
| Genéricos - Aceite de origen vegetal | 1,6 | 0,3 | |
| Oriente Medio | ND | 42 | Turquía |
| Asia | ND | 35 | Malasia |

Anexo 8. Tabla 6 – 6 (continuación), Datos sobre efluentes industriales por región (IPCC, 2008).

| Tabla 6 - 6 (CONTINUACIÓN) | | | |
|---|--|--|--------------|
| DATOS SOBRE EFLUENTES INDUSTRIALES POR REGIÓN | | | |
| Tipo de industria y Región | Efluente producido (m ³ /toneladas de producto) | Valor de la DQO (kg DQO/m ³ aguas residuales) | País |
| Alimentos – azúcar | | | |
| Centroamérica (caña) | ND | 98 | México |
| Hierro y acero | | | |
| América del Sur | 0,1 | ND | Brasil |
| Productos químicos orgánicos | | | |
| Europa Occidental | ND | 20 - 40 | Países Bajos |
| Productos farmacéuticos | | | |
| Oriente Medio | ND | 1,3 | Egipto |
| Féculas | | | |
| Genéricas - fécula de papa | ND | 4,0 - 16 | - |
| Genéricas - fécula de trigo | ND | 5000 kg/m ³ etanol | - |
| Genérica - fécula de maíz | ND | 22 | - |
| Producción de petróleo | | | |
| América del Norte | ND | 0,3 - 0,4 | EEUU |
| América del Norte | ND | 1,8 | Canadá |
| Pulpa y papel | | | |
| Genérico (pulpa de papel) | 58 | 2,0 15 | - |
| América del Norte (fábrica de pulpa de papel) | 140 | ND | EEUU |
| Genérico (papel) | ND | 2,0 - 8,0 | - |
| América del Norte (papel virgen) | 97 | 1,6 | EEUU |
| América del Norte (papel reciclado) | 44 | 3,0 | EEUU |
| Europa Occidental (papel) | ND | 1,0 - 3,0 | Países Bajos |
| Textiles | | | |
| Rayón | 501 | ND | - |
| Grecia | ND | 0,09 | - |
| América del Norte, telares | ND | 1,0 | EEUU |
| Curtido de pieles | | | |
| América del norte, genérico | ND | 5,8 | EEUU |

Anexo 9. Tabla 6 – 7, Datos para la derivación de los factores de emisión para el tratamiento de las aguas residuales (IPCC, 2008).

| Tabla 6 – 7 | | | |
|---|---------------------|---|---------|
| DATOS PARA LA DERIVACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES | | | |
| Región | Tipo de tratamiento | Fracción de las aguas residuales tratadas (%) | FCM (%) |
| África | | | |
| Kenya | Estanques | 50 | ND |
| Túnez | Estanques | 20 | ND |
| Zimbabwe | Lodos activados | 50 | ND |
| Resto de África | Estanques | 5 | 80 |
| Asia | | | |
| Indonesia | no especificado | 1 | ND |
| Singapur | no especificado | 1 | ND |
| República de Corea | no especificado | 1 | ND |
| Taiwán | no especificado | 1 | ND |
| Resto de Asia | no especificado | 5 | 75 |
| América Latina y el Caribe | no especificado | 10 | 80 |
| Australia y Nueva Zelandia | no especificado | 80 | 70 |

Anexo 10.- Anexo I del protocolo de Kioto (IPCC, 2008).

| Anexo I del protocolo de Kioto. | | |
|--|---------------|---------------------------|
| Países desarrollados que han ratificado el protocolo de Kioto. | | |
| Alemania | Australia | Austria |
| Bélgica | Canadá | Comunidad Europea |
| Dinamarca | España | Estados Unidos de América |
| Finlandia | Francia | Grecia |
| Irlanda | Islandia | Italia |
| Japón | Liechtenstein | Luxemburgo |
| Mónaco | Noruega | Nueva Zelandia |
| Países Bajos | Portugal | Reino Unido |
| Suecia | Suiza | Turquía |

Anexo 11. Tabla 6 – 8, Derivación de los factores de emisión para el tratamiento de los efluentes industriales (IPCC, 2008).

| Tabla 6 – 8 | | | | |
|---|--------------------|---------------------|--|---------|
| Derivación de los factores de emisión para el tratamiento de los efluentes industriales | | | | |
| Región | Tipo de industria | Tipo de tratamiento | Fracción de los efluentes tratados (%) | FCM (%) |
| África | | | | |
| Kenya | Textiles | Estanques | 60 | ND |
| Kenya | producción de café | Estanques | 5 | ND |
| Resto de África | todas | Estanques | 10 | 90 |
| Asia | | | | |
| Indonesia | todas | no especificado | 10 | ND |
| Malasia | aceite de palma | no especificado | 90 | ND |
| Singapur | todas | no especificado | 10 | ND |
| República de Corea | todas | no especificado | 10 | ND |
| Taiwán | todas | no especificado | 10 | ND |
| Tailandia | cervecerías | Lodos activados | 50 | ND |
| Resto de Asia | todas | no especificado | 20 | 90 |
| América del Norte | | | | |
| Canadá | todas | no especificado | 90 | 70 |
| EEUU | todas | no especificado | 90 | 70 |
| América Latina y el Caribe | | | | |
| - | todas | no especificado | 20 | 90 |
| Australia y Nueva Zelandia | | | | |
| - | todas | no especificado | 95 | 70 |

Anexo 12.- Anexo A del protocolo de Kioto (IPCC, 2008).

| Anexo A del protocolo de Kioto. |
|---|
| Gases de efecto invernadero. |
| Dióxido de Carbono (CO ₂) |
| Metano (CH ₄) |
| Óxido Nitroso (N ₂ O) |
| Hidrofluorocarbonos (HFC) |
| Perfluorocarbonos (PFC) |
| Hexafluoruro de azufre (SF ₆) |

Anexo 13. Tabla 6 – 9, Datos para la derivación de los factores de emisión para tipos no especificados de fuentes (IPCC, 2008).

| Tabla 6 – 9 | | | |
|--|---------------------|--|---------|
| DATOS DE LA DERIVACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN PARA TIPOS NO ESPECIFICADOS DE EFLUENTES | | | |
| Región | Tipo de tratamiento | Fracción de los efluentes tratados (%) | FCM (%) |
| África | | | |
| Sudáfrica | no especificado | 10 | ND |
| Asia | | | |
| Afganistán | no especificado | 1 | ND |
| América Latina y el Caribe | | | |
| Colombia | Estanques | 3 | ND |
| Argentina | Estanques | 3 | ND |
| Europa | | | |
| Austria | no especificado | 65 | ND |
| Bélgica | no especificado | 85 | ND |
| Bulgaria | no especificado | 10 - 100 | ND |
| Croacia | no especificado | 57 | ND |
| Rep. Checa | no especificado | 10 - 5 | ND |
| Dinamarca | no especificado | 90 | ND |
| Finlandia | no especificado | 68 | ND |
| Francia | no especificado | 50 - 85 | ND |
| Alemania | no especificado | 90 | ND |
| Hungría | no especificado | 44 | ND |
| Irlanda | no especificado | 66 | ND |
| Italia | no especificado | 92 | ND |
| Países Bajos | no especificado | 90 | ND |
| Noruega | no especificado | 94 | ND |
| Polonia | no especificado | 10 - 50 | ND |
| Rumania | no especificado | 10 - 46 | ND |
| Rusia | no especificado | 10 - 80 | ND |
| España | no especificado | 67 | ND |
| Suecia | no especificado | 98 | ND |
| Suiza | no especificado | 88 | ND |
| Turquía | no especificado | 38 | ND |
| Ucrania | no especificado | 10 - 80 | ND |
| Reino Unido | no especificado | 90 | ND |