



INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO

Jalisco 2014

Carbon Trust

CONTENIDO

Antecedentes	8
Panorama general	9
Información general de las emisiones por gas, fuentes y sumideros.....	11
Energía	11
Procesos Industriales.....	12
AFOLU	12
Desechos.....	12
Conclusión	12
Energía.....	14
Datos de actividad	15
Metodología	17
Industria Manufactureras y de la Construcción [1A2]	17
Transporte [1A3]	20
Incertidumbre.....	21
Procesos industriales.....	23
Datos de actividad	24
Industria de los minerales [2A].....	24
Industria Química [2B]	27
Industria de los metales [2C].....	27
Uso de productos no energéticos de combustibles y uso de solventes (2D).....	29
Industria electrónica (2E).....	30
Emisiones de los sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono (2F)	30
Manufactura y utilización de otros productos (2G)	32
Metodología	33
Industria de los minerales [2A].....	33
Industria Química (2B)	41
Industria de los Metales (2C)	43
Uso de productos no energéticos de combustibles y uso de solventes (2D).....	49
Emisiones de los sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono (2F)	53

Incertidumbre.....	59
AFOLU.....	61
Datos de actividad	62
Ganadería (3A).....	62
Tierra (3B).....	64
Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO2 en la tierra (3C)	68
Metodología	72
Ganadería (3A).....	72
Tierra (3B).....	74
Factores de Emision (FE) de Biomasa para Jalisco.....	80
Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO2 en la tierra (3C)	85
Incertidumbre	87
Desechos.....	89
Datos de actividad	90
Eliminación de desechos sólidos (4A)	90
Tratamiento biológico de los desechos sólidos (4B).....	91
Incineración de desechos (4C).....	92
Tratamiento y eliminación de aguas residuales (4D)	92
Metodología	96
Eliminación de desechos sólidos [4A].....	97
Tratamiento biológico de los desechos sólidos (4B).....	99
Incineración de desechos (4C).....	101
Tratamiento y eliminación de aguas residuales (4D)	102
Incertidumbre.....	104
Carbono negro.....	105
Datos de actividad	105
Metodología	107
Fuentes fijas.....	107
Fuentes Móviles	109
Quema de biomasa	110

Tabla 1. Tabla resumen de las emisiones de GEI por tipo de gas en fuente y sumideros en Gg de CO ₂ eq en 2014	11
Tabla 2. Emisiones de la categoría energía en Jalisco en 2014.....	14
Tabla 3. Consumo energético sectorial (TJ).....	16
Tabla 4. Factores de emisión para fuentes fijas	18
Tabla 5. Factores de emisión para fuentes móviles.....	21
Tabla 6. Incertidumbre de la categoría Energía.....	21
Tabla 7. Emisiones de la categoría procesos industriales en Jalisco en 2014.....	23
Tabla 8. Emisiones de la industria de los minerales en Jalisco en 2014.....	25
Tabla 9. Datos de actividad por la producción de cemento en Jalisco [2A1].....	25
Tabla 10. Datos de actividad por la producción de cal en Jalisco [2A2].....	26
Tabla 11. Datos de actividad por la producción de vidrio en Jalisco [2A3].....	26
Tabla 12. Datos de actividad por procesos de producción de carbonatos en Jalisco [2A4].....	26
Tabla 13. Emisiones de CO ₂ e debido a la producción de Metanol en Jalisco.....	27
Tabla 14. Datos de actividad por producción de metanol en Jalisco [2B8a].....	27
Tabla 15. Emisiones de CO ₂ e debido a la producción de metales en Jalisco.....	28
Tabla 16. Datos de actividad por producción de hierro y acero en Jalisco [2C1]	28
Tabla 17. Datos de actividad por producción de plomo en Jalisco [2C5].....	28
Tabla 18. Datos de actividad por producción de zinc en Jalisco [2C6]	28
Tabla 19. Emisiones de CO ₂ debido a productos no energéticos en Jalisco.....	29
Tabla 20. Datos de actividad por uso de lubricantes en Jalisco [2D1].....	29
Tabla 21. Datos de actividad por uso de ceras y parafinas en Jalisco [2D2].....	30
Tabla 22. Emisiones de CO ₂ debido a los sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono en Jalisco en 2014.....	31
Tabla 23. Datos de actividad de los sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono en Jalisco [2F1]	31
Tabla 24. Datos de actividad de los agentes espumantes [2F2]	32
Tabla 25. Cantidad de clínker por la producción de cemento	34
Tabla 26. Emisiones de CO ₂ en la producción de cemento en Jalisco.....	34
Tabla 27. Parámetros básicos para el cálculo de los factores de emisión en la producción de cal.....	36
Tabla 28. Emisiones de CO ₂ por tipo de cal producida en Jalisco.....	36
Tabla 29. Emisiones de CO ₂ debido a la producción de vidrio en Jalisco en 2014.....	38

Tabla 30. Fórmulas, pesos moleculares de fórmula y contenido de CO ₂ de las especies comunes de carbonatos.	39
Tabla 31. Emisiones de CO ₂ debido a procesos de producción de carbonatos en Jalisco... 40	40
Tabla 32. Factor de emisión para la producción de metanol	41
Tabla 33. Emisiones de CO ₂ debido a la producción de metanol en Jalisco.....	42
Tabla 34. Emisiones de CH ₄ debido a la producción de metanol en Jalisco.	43
Tabla 35. Factores por defecto de emisión de CO ₂ para la producción de hierro y acero.45	45
Tabla 36. Emisiones de CO ₂ debido a la producción de hierro y acero en Jalisco.	45
Tabla 37. Factores genéricos de emisión de CO ₂ para la producción de plomo en Jalisco. 46	46
Tabla 38. Emisiones de CO ₂ debido a la producción de plomo en Jalisco.	47
Tabla 39. Factor de emisión de CO ₂ para la producción de zinc en Jalisco.	48
Tabla 40. Emisiones de CO ₂ debido a la producción de zinc en Jalisco.	48
Tabla 41. Fracciones de oxidación por defecto para aceites lubricantes, grasas y lubricantes en general.	50
Tabla 42. Emisiones de CO ₂ de lubricantes y grasas en Jalisco en 2014.....	50
Tabla 43. Contenido por defecto de carbono en parafinas.	52
Tabla 44. Emisiones de CO ₂ debido al uso de ceras parafinas en Jalisco en 2014.	52
Tabla 45. Estimaciones para la carga, vida útil y factores de emisión en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.	55
Tabla 46. Emisiones de CO _{2e} por la recarga de refrigerantes en aire acondicionado y refrigeración en Jalisco en 2014.	57
Tabla 47. Emisiones de CO _{2e} por los agentes espumantes en Jalisco.	59
Tabla 48. Incertidumbre de la categoría Desechos.	59
Tabla 48. Emisiones de AFOLU en Jalisco en 2014.	61
Tabla 49. Población ganadera por especie en Jalisco en el año 2014 (fuente OEIDRUS, 2017).	63
Tabla 50. Factores de emisión por fermentación entérica y CH ₄ por manejo de estiércol. ..	63
Tabla 51. Categorías y depósitos considerados en el presente informe.....	64
Tabla 52. Comparación de métodos e insumos utilizados para la cartografía 1:250,000 de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Series I a V	67
Tabla 53. Incendios registrados en Jalisco de 2014.....	68
Tabla 54. Cultivos seleccionados para el estado de Jalisco, año base 2014, superficie sembrada y producción.....	70

Tabla 55. Relación de kilogramos de fertilizantes nitrogenados aplicados por tonelada o hectárea para cultivo seleccionados producidos en Jalisco.....	71
Tabla 56. Toneladas aplicadas de Nitrógeno por cultivo en Jalisco.....	71
Tabla 57. Factores de emisión por fermentación entérica y CH ₄ por manejo de estiércol. ..	73
Tabla 58. Factor de emisión de emisiones directas e indirectas de N ₂ O por manejo de estiércol (fuente, IPCC (2006)).....	73
Tabla 59. Factores de Emisión de Tierra Forestales a Otras Tierras, Praderas, Cultivos y Asentamientos Humanos (Deforestación).....	80
Tabla 60. Factores de Emisión de Tierra Forestales de una condición Primaria a una Secundaria (Degradación).....	82
Tabla 61. Factores de captura de carbono por el cambio de cobertura de Otras Tierras a Tierras Forestales (reforestación)	83
Tabla 62. Asignación de factores de emisión y absorción en tierras forestales y praderas	84
Tabla 63. Factor de emisión por aplicación de fertilizantes nitrogenados.	86
Tabla 64. Factor de emisión por producción de arroz	86
Tabla 65. Niveles de incertidumbre por método empleado en la estimación según subcategorías de vegetación para deforestación.....	87
Tabla 66. Niveles de incertidumbre por método empleado en la estimación según subcategorías de vegetación para degradación	88
Tabla 67. Emisiones de la categoría desechos en Jalisco en 2014.	89
Tabla 68. Generación de RSU en Jalisco	90
Tabla 69. Plantas de composta en Jalisco.	91
Tabla 70. PTAR municipales en Jalisco.....	92
Tabla 71. PTAR industriales en Jalisco.	96
Tabla 72. MCF para los diferentes sitios de disposición	98
Tabla 73. Estimación de emisiones de metano por tratamiento biológico.....	100
Tabla 74. Estimación de emisiones de óxido nitroso por tratamiento.....	100
Tabla 75. Factores de emisión por tipo de tecnología	102
Tabla 76. Incertidumbre de la categoría Desechos.	104
Tabla 77. Consumo de combustibles en el sector energía para la estimación de emisiones de carbono negro.....	106
Tabla 78. Factores de emisión de carbono negro para fuentes fijas.....	108
Tabla 79. Factores de emisión de carbono negro para fuentes móviles	109
Tabla 80. Factor de emisión de carbono negro para biomasa.....	110

Ecuación 1. Emisiones de GEI para la categoría 1A2.....	17
Ecuación 2. Emisiones de GEI de la categoría transporte	20
Ecuación 3. Emisiones basadas en la producción de cemento	33
Ecuación 4. Factor de emisión para el Clínker	33
Ecuación 5. Emisiones basadas en los datos de producción nacional de cal, por tipos.....	35
Ecuación 6. Emisiones basadas en la producción de vidrio.	37
Ecuación 7. Factor de emisión por defecto para la producción de vidrio.	38
Ecuación 8. Emisiones basadas en la masa de los carbonatos consumidos.....	39
Ecuación 9. Emisiones de CO ₂ provenientes de la producción de metanol.....	41
Ecuación 10. Emisiones de CH ₄ provenientes de la producción de metanol	42
Ecuación 11. Emisiones de CO ₂ provenientes de la producción de hierro y acero	44
Ecuación 12. Emisiones de CO ₂ provenientes de la producción de pellets.....	44
Ecuación 13. Emisiones de CO ₂ provenientes de la producción de plomo.....	46
Ecuación 14. Emisiones de CO ₂ provenientes de la producción de zinc.	47
Ecuación 15. Lubricantes	49
Ecuación 16. Ceras	51
Ecuación 17. Resumen de las fuentes de emisión	53
Ecuación 18. Fuentes de emisiones de la gestión de los contenedores	54
Ecuación 19. Fuentes de emisiones durante la carga de equipos nuevos	54
Ecuación 20. Fuentes de emision durante la vida útil de los equipos	54
Ecuación 21. Emisiones al fin de la vida útil del sistema.....	55
Ecuación 22. Método de cálculo genérico para las emisiones provenientes de las espumas de celdas abiertas	59
Ecuación 23. Emisiones por incendios forestales	85
Ecuación 24. Emisiones de metano provenientes de los sitios de disposición final.....	97
Ecuación 25. Carbono orgánico degradable de los residuos	97
Ecuación 26. DDOCm acumulado.....	98
Ecuación 27. Metano generado a partir del DDOCm en descomposición.....	98
Ecuación 28. Emisiones de metano del tratamiento biológico	99
Ecuación 29. Emisiones de óxido nitroso del tratamiento biológico	99
Ecuación 30. Estimación de las emisiones de CO ₂ basada en la cantidad total de desechos quemados.....	101

Ecuación 31. Estimación de las emisiones de CH ₄ y N ₂ O basada en la cantidad total de desechos quemados	101
Ecuación 32. Emisiones totales de CH ₄ procedentes de las aguas residuales domésticas..	102
Ecuación 33. Emisiones totales de CH ₄ procedentes de las aguas residuales industriales..	103
Figura 1. Contribución por categoría al Inventario Estatal de GEI de Jalisco.	9
Figura 2. Contribución por categoría al Inventario Estatal de CN de Jalisco.	10
Figura 3. Representación gráfica de la propuesta de agrupación de las clases de uso de suelo y vegetación del INEGI de acuerdo a las categorías de USCUS	68
Figura 4. Representación de los límites estatales del Marco Geo-Estadístico de INEGI.....	74
Figura 5. Tipo de Datos de SIG	75
Figura 6. Comparación de Resoluciones Espaciales de insumos para las series II, III, IV y V.	76
Figura 7. Concepto SNAP-RASTER, comparación de celdas alineadas que representan una misma extensión de superficie.....	77
Figura 8. Modelo cartográfico para conversión de vector a raster.	78
Figura 9. Modelo Cartográfico para combinación de datos raster.....	78
Figura 10. Imagen del archivo raster y tabla de atributos resultado de la combinación de las series 2, 3, 4 y 5, con 3614 registros.	79

ANTECEDENTES

El Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (Inventario) contiene la estimación de las emisiones antropogénicas de gases y compuestos de efecto invernadero y de la absorción por los sumideros en el Estado de Jalisco.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático han reconocido que las Entidades Federativas son actores fundamentales para la construcción y fortalecimiento de la política nacional de cambio climático y con el propósito de apoyar a las Entidades Federativas en el desarrollo de sus Programas de Cambio Climático publicaron el documento Elementos mínimos para la elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas, en donde se menciona la necesidad de elaborar inventario para contar con información detallada sobre los contaminantes, gases y compuestos de efecto invernadero. Esta información servirá para la elaboración de políticas, estrategias y líneas de acción específicas para mitigar la emisión de dichos gases.

La Ley para la Acción ante el Cambio Climático del Estado de Jalisco, en su artículo 13, frac. V, establece la atribución para la Secretaría la elaboración de un reporte bianual sobre los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero en el Estado y las absorciones y almacenamiento de carbono en sumideros.

Información general de las emisiones por gas, fuente y sumideros, y tendencias

La estimación de las emisiones y sumideros se realizó para el año 2014, para las cuatro categorías que se establecen en las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero:

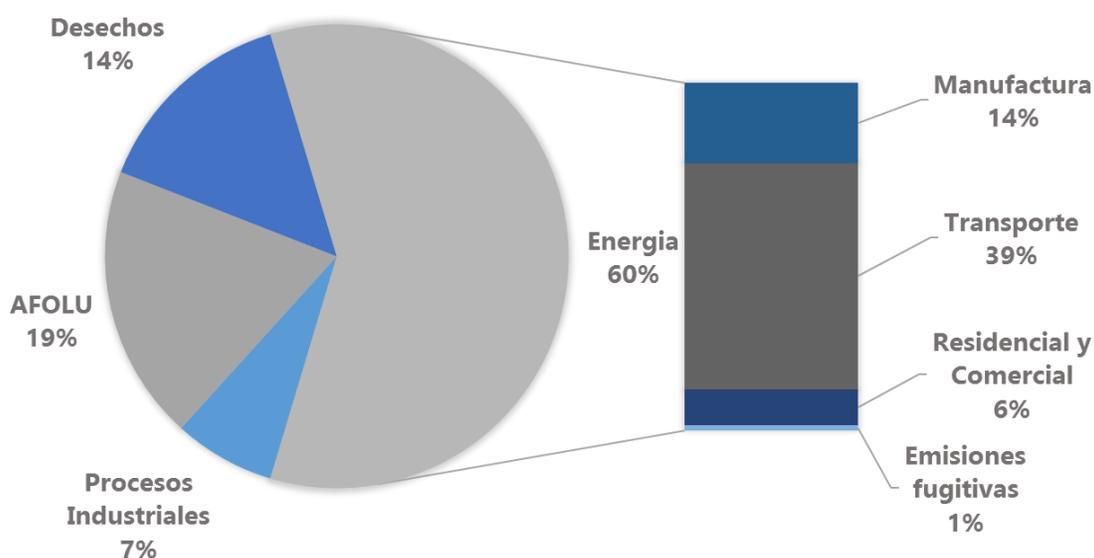
1. Energía
2. Procesos industriales y uso de productos
3. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por siglas en inglés)
4. Desechos

PANORAMA GENERAL

Las emisiones de GEI en 2014 estimadas en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO₂ eq.) totalizaron 28.4 millones de toneladas incluyendo permanencias del sector usos de la tierra.

La contribución de emisiones de GEI por categoría es como sigue: Energía 60% (16,860 Gg CO₂e), AFOLU 19% (5,465Gg CO₂e), Residuos: 14% (4,108 Gg CO₂e) y Procesos Industriales 7% (2,014 Gg CO₂e). (Fig. 1)

Figura 1. Contribución por categoría al Inventario Estatal de GEI de Jalisco.



Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Estatal de CyGEI de Jalisco 2014.

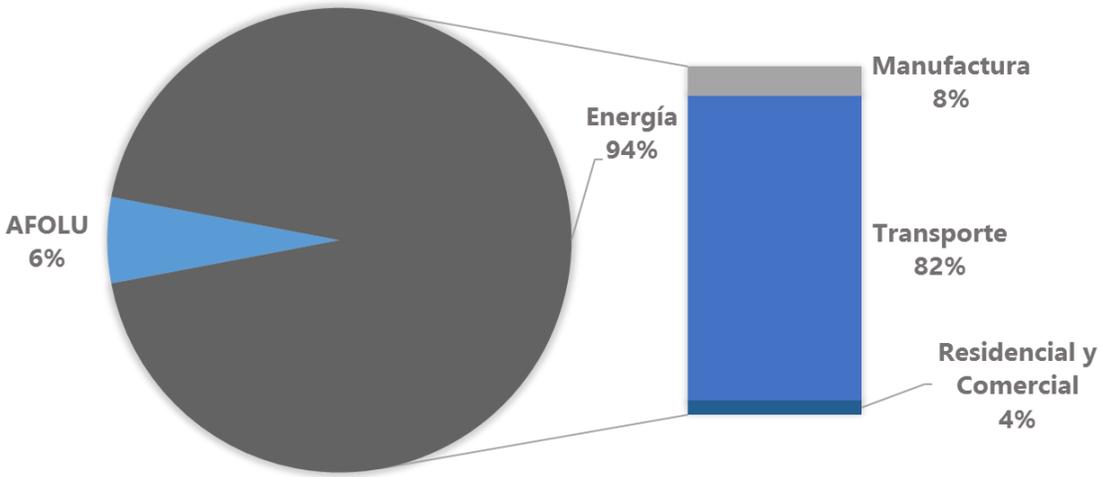
Es importante mencionar que siendo Energía la categoría con mayor contribución a las emisiones del estado, es la subcategoría de transporte la de mayor contribución con un 43% del total estatal.

Las emisiones per cápita del estado son de 3.63 tCO₂e, comparado con el promedio nacional de 4.16 tCO₂e en 2013, incluyendo permanencias (INECC, 2015).

Las emisiones de Carbono Negro (CN) en 2014 estimadas totalizaron 1 409 toneladas, que son equivalentes a 1.27 millones de toneladas de CO₂.

La contribución de emisiones de GEI por categoría es como sigue: Energía 94% (1,192 tCN), AFOLU 6% (84 tCN). (Fig. 2)

Figura 2. Contribución por categoría al Inventario Estatal de CN de Jalisco.



Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Estatal de CyGEI de Jalisco 2014.

INFORMACIÓN GENERAL DE LAS EMISIONES POR GAS, FUENTES Y SUMIDEROS.

En 2014, en Jalisco se emitieron 16.2 millones de toneladas de CO₂ que representan el 66% del total de emisiones GEI. Estas emisiones provienen principalmente del transporte, la industria y los sectores comercial y residencial.

Las emisiones de metano (CH₄) totalizaron 7 millones de toneladas de CO₂e que contribuyen con el 25% de las emisiones estatales de GEI. Las principales fuentes de metano son la disposición final de residuos sólidos urbanos y la ganadería.

Las emisiones de óxido nitroso (N₂O) en 2014 en Jalisco fueron 2.5 millones de toneladas de CO₂e que equivalen al 9% del total de emisiones estatales de GEI. Estas emisiones provienen principalmente de la ganadería y el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura.

Tabla 1. Tabla resumen de las emisiones de GEI por tipo de gas en fuente y sumideros en Gg de CO₂ eq en 2014

Emisiones de CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Emisiones totales	Emisiones de CN
Gg CO ₂ e				
18,898.44	7,029.72	2,519.00	28,447.28	1,408.88

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Estatal de CyGEI de Jalisco 2014.

ENERGÍA

Las emisiones de GEI por tipo de combustible se concentran principalmente en gasolina y diésel, 43% (7,242 Gg CO₂e) y 27% (4,578 Gg CO₂e) de las emisiones de la categoría energía, seguidos por el gas LP con el 12% (2,039 Gg CO₂e) y el gas natural con el 11% (1,845 Gg CO₂e).

En términos de subcategorías, transporte es la principal aportando el 65% (10,950 Gg CO₂e), mientras que la industria aporta el 23% (3,924 Gg CO₂e) y el sector comercial y residencial aportan el 10% (1,747 Gg CO₂e) y con el 1.4% las emisiones fugitivas (237 Gg CO₂e).

PROCESOS INDUSTRIALES

En 2014 las emisiones en Jalisco en la categoría de procesos industriales se concentraron principalmente en la producción de cemento, 60% (1,212 Gg CO₂e); y la producción de cal con el 25% (514 Gg CO₂e). Por otro lado, otros usos de carbonatos contribuyeron con el 7% (142 Gg CO₂e) y la industria de los metales con el 0.4% (120 Gg CO₂e).

AFOLU

Las subcategorías de AFOLU incluyen emisiones y sumideros de ganadería, agricultura y uso de suelo. En 2014 las emisiones totales (incluyendo permanencias) de la categoría AFOLU totalizaron 5,465 Gg de CO₂e, la principal fuente de emisión de la categoría AFOLU fue la ganadería, que contribuye con el 65% (3,571 Gg CO₂e), y en segundo lugar las fuentes agregadas y fuentes de emisión No-CO₂ en la tierra con el 26% (1,437 Gg CO₂e).

Las permanencias ocurren en tierras forestales que permanecen como tales, por reforestación y recuperación, y sumaron 188 Gg CO₂e de captura de carbono. En un inventario las permanencias se restan del total de emisiones y se registran como emisiones netas.

DESECHOS

En la categoría Desechos, la principal fuente de emisión en Jalisco en 2014 fue la disposición final de residuos con el 88% (3,615 Gg CO₂e) derivadas de la emisión de metano, y la segunda fuente fue el tratamiento de agua residual doméstica con el 8% (341 Gg CO₂e) y el tratamiento de agua residual industrial con el 3.5%(145 Gg CO₂e).

En esta categoría se incluye la incineración de residuos hospitalarios y el tratamiento biológico de los residuos, que en su conjunto aportan el 0.15% del total de la categoría, mientras que a cielo abierto de residuos no se estimó por falta de información confiable.

CONCLUSIÓN

La categoría de energía es definitivamente la mayor contribuyente de emisiones de GEI y Carbono Negro, principalmente por el transporte. La categoría AFOLU se reduce casi a la

mitad cuando se consideran las permanencias, y el sector desechos retiene su importancia por la generación de metano.

La intensidad de carbono es el indicador de cuantas emisiones de GEI se necesitan para producir una unidad monetaria del Producto Interno Bruto (PIB), en 2014 para Jalisco fue de 0.024 kg CO₂e /\$ PIB, menor a la que se estimó a nivel nacional en 2010 para México en el INEGI 2010 de 0.048 kg CO₂e /\$ PIB.¹

Es importante mencionar que la generación eléctrica en el estado ocurre principalmente en hidroeléctricas, pues no existen en operación grandes centrales térmicas, además que la generación en el estado no es suficiente para cubrir la demanda total de fluido eléctrico, por lo que el estado tiene que importar de la Sistema Interconectado Nacional el resto de electricidad para satisfacer la demanda.

En el sector forestal es donde se presentan los únicos sumideros del estado, y representan una captura importante de casi la décima parte del inventario. Este sector es fundamental tanto a nivel estatal como para la federación, pues están involucradas dependencias como CONAFOR con diversos proyectos en el estado.

¹ INECC – INEGI 1990-2010, disponible en:
http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegi_public_2010.pdf

ENERGÍA

En esta categoría se analizan las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de los combustibles fósiles (1A) y de las emisiones fugitivas (1B), las cuales liberan principalmente emisiones de bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), respectivamente. En el consumo de combustibles fósiles, las emisiones de GEI dependen del contenido de carbono del combustible, sin embargo, una parte del carbono no logra oxidarse por completo principalmente con combustibles pesados y en motores a diésel, y se emite carbono negro.

Este inventario sigue la metodología de las Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

En el estado de Jalisco, durante el año 2014, las emisiones de GEI en la categoría de energía fueron de 16,859.51 GgCO₂e (Tabla 1). De acuerdo con la metodología del IPCC 2006 y los datos de actividad, el 64.9% de las emisiones corresponden a la subcategoría de transporte con 10,950.07 GgCO₂e, con el 23.3% sigue la subcategoría de Industrias de la manufactura y de la construcción con 3,924.76 GgCO₂e, el 10.4% en otros sectores (que incluye el residencial, comercial y de servicios) con 1,747.33 GgCO₂e y por último las emisiones fugitivas del sector petróleo y gas con el 1.4% que equivalen a 237.34 GgCO₂e.

Tabla 2. Emisiones de la categoría energía en Jalisco en 2014.

Categorías	Emisiones (Gg)			Emisiones (Gg CO ₂ e)			Emisiones (Gg CO ₂ e)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
1 - Energía	16,254.37	11.59	1.06	16,254.37	324.60	280.54	16,859.51
1.A - Actividades de quema de combustible	16,254.33	3.12	1.06	16,254.33	87.30	280.54	16,622.16
1.A.1 - Industrias de la energía	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción	3,903.89	0.31	0.05	3,903.89	8.79	12.09	3,924.76
1.A.3 - Transporte	10,604.64	2.78	1.01	10,604.64	77.73	267.71	10,950.07
1.A.4 - Otros Sectores	1,745.81	0.03	0.00	1,745.81	0.78	0.74	1,747.33
1.A.5 - No-Especificados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.B - Emisiones fugitivas	0.04	8.48	0.00	0.04	237.30	0.00	237.34
1.B.1 - Combustibles sólidos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1.B.2 - Petróleo y Gas Natural	0.04	8.48	0.00	0.04	237.30	0.00	237.34
1.B.3 - Otras emisiones provenientes de la producción de energía	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.C - Transporte y almacenamiento de bióxido de carbono	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.C.1 - Transporte de CO2	0.00			0.00			0.00
1.C.2 - Inyección y Almacenamiento	0.00			0.00			0.00
1.C.3 - Otros	0.00			0.00			0.00

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad para la categoría Energía se obtienen de diferentes fuentes de información:

- Datos de actividad a nivel instalación (COA Federal 2014)
 - Emisiones GEI recalculadas
- Sistema de información energética de SENER
- Datos sobre venta de combustibles en el estado de Jalisco de Pemex

Para el sector industrial la principal fuente de información es la Cédula de Operación Anual (COA) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de la federación, la cual recopila información de los sectores industriales catalogados como fuentes fijas de jurisdicción federal en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), además con la publicación del Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en octubre de 2014, también se incluyen otros sectores, como comercio y servicios que deben reportar sus emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.

De los datos de la COA se obtiene una base de datos de Excel de las empresas que reportaron ubicadas en Jalisco, y de ella se utilizan las tablas siguientes:

Sección 1:

- Tabla 1.3.1
- Tabla 1.4
- Tabla 1.4.1

- Tabla 1.4.2

Estas detallan el consumo energético en fuentes fijas, móviles de combustibles fósiles y de electricidad de las industrias.

Para el sector transporte los indicadores más adecuados para analizar las tendencias de la actividad del sector tonelada-km, para el transporte de carga y para pasajeros (pasajero-km). Sin embargo, dicha información no se encuentra disponible para el estado, pues es necesario además de la caracterización de la flota vehicular local, la flota que ingresa diariamente al estado, y de esta puede obtenerse un modelo que refleje el comportamiento, el consumo de combustible y las emisiones del sector. En ausencia de estos datos se debe emplear el consumo de combustible que puede obtenerse de las ventas de petrolíferos para transporte en el estado como son gasolina y diésel.

Para el sector comercio, residencial y agropecuario se utilizó la información del Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía, y datos de INEGI.

Los poderes caloríficos utilizados son los que publica la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) en el Diario Oficial de la Federación (DOF) e para identificar a los usuarios con un Patrón de Alto Consumo. (http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5417918&fecha=30/11/2015).

En la siguiente tabla se presentan los datos en unidades de energía (terajoules).

Tabla 3. Consumo energético sectorial (TJ)

	Total	Manufactura	Transporte	Comercial, residencial y agropecuario
Combustibles	TJ			
Líquidos				
Combustóleo ligero	2,248.35	2,248.35	-	-
Combustóleo pesado	3,465.77	3,465.77	-	-
Diesel	51,538.87	5,318.20	46,220.67	-
Sólidos				
Carbón mineral	269.52	269.52	-	-
Gaseosos				
Gas licuado de petróleo	32,293.20	6,523.39	-	25,769.81
Gas natural (promedio asociado y no asociado)	11,761.85	11,761.85	-	-
Gas natural asociado	9,260.63	9,260.63	-	-
Gas natural no asociado	9,616.47	9,616.47	-	-
Gas seco	2,224.46	90.22	-	2,134.25

Biomasa				
Bagazo de caña	5,650.38	5,650.38	-	-
Caña de maíz	19.83	19.83	-	-
Leña	21.45	21.45	-	-
Madera en astillas/pellets	687.15	687.15	-	-
Papel ordinario o kraft	47.11	47.11	-	-

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, SENER e INEGI.

METODOLOGÍA

INDUSTRIA MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN [1A2]

La metodología utilizada para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energía, para fuentes fijas fue la siguiente:

Ecuación 1. Emisiones de GEI para la categoría 1A2

$$E_{CO_2,i} = V_{Comb,i} * PC_i * FE_{Comb,i}^{CO_2}$$

$$E_{CH_4,i} = V_{Comb,i} * PC_i * FE_{Comb,i}^{CH_4}$$

$$E_{N_2O,i} = V_{Comb,i} * PC_i * FE_{Comb,i}^{N_2O}$$

$$E_{CO_2e(CO_2)} = E_{CO_2,i}$$

$$E_{CO_2e(CH_4)} = E_{CH_4,i} * PCG_{CH_4}$$

$$E_{CO_2e(N_2O)} = E_{N_2O,i} * PCG_{N_2O}$$

Donde:

- i El i-ésimo tipo de combustible empleado
- $E_{CO_2,i}$ Emisión de bióxido de carbono para el i-ésimo tipo de combustible empleado (ton CO₂)
- $E_{CH_4,i}$ Emisión de metano para el i-ésimo tipo de combustible empleado (kg CH₄)
- $E_{N_2O,i}$ Emisión de óxido nitroso para el i-ésimo tipo de combustible empleado (kg N₂O)
- $V_{Comb,i}$ Volumen consumido del i-ésimo tipo de combustible empleado (metros cúbicos o litros o toneladas, según el tipo de combustible)
- PC_i Poder calorífico del i-ésimo combustible (MJ/m³ o MJ/ton)

$FE_{Comb,i}^{CO_2}$	Factor de emisión de bióxido de carbono para el i-ésimo tipo de combustible empleado (ton CO ₂ /MJ)
$FE_{Comb,i}^{CH_4}$	Factor de emisión de metano para el i-ésimo tipo de combustible empleado (kg CH ₄ /MJ)
$FE_{Comb,i}^{N_2O}$	Factor de emisión de óxido nitroso para el i-ésimo tipo de combustible empleado (kg N ₂ O/MJ)
$E_{CO_2e(CO_2)}$	Emisión de bióxido de carbono equivalente proveniente del mismo gas para el i-ésimo tipo de combustible empleado (ton CO ₂ e)
$E_{CO_2e(CH_4)}$	Emisión de bióxido de carbono equivalente proveniente del metano para el i-ésimo tipo de combustible empleado (kg CO ₂ e)
$E_{CO_2e(N_2O)}$	Emisión de bióxido de carbono equivalente proveniente del óxido nitroso para el i-ésimo tipo de combustible empleado (kg CO ₂ e)
PCG_{CH_4}	Potencial de calentamiento global para el metano (kg CO ₂ /kg CH ₄)
PCG_{N_2O}	Potencial de calentamiento global para el óxido nitroso (kg CO ₂ /kg N ₂ O)

Los factores de emisión fueron tomados de SEMARNAT y que fueron publicados en el Acuerdo secretarial que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías en el DOF en septiembre de 2015.

Para fuentes fijas se utilizaron los siguiente:

Tabla 4. Factores de emisión para fuentes fijas

Combustible	Factor de emisión		
	CO ₂ (ton/MJ)	CH ₄ (kg/MJ)	N ₂ O (kg/MJ)
Algodón	1.00E-04	3.00E-08	4.00E-09
Alquitrán	8.07E-05	1.00E-09	1.50E-10
Bagazo de caña	1.00E-04	3.00E-08	4.00E-09
Bagazo de Malta	1.00E-04	3.00E-08	4.00E-09
Basura (residuos sólidos urbanos)	9.17E-05	3.00E-08	4.00E-09
Biocombustible líquido	7.96E-05	3.00E-09	6.00E-10
Caña de maíz	1.00E-04	3.00E-08	4.00E-09
Carbón antracita	9.83E-05	1.00E-09	1.50E-09
Carbón bituminoso	9.46E-05	1.00E-09	1.50E-09
Carbón mineral	9.61E-05	1.00E-09	1.50E-09
Carbón siderúrgico de importación	9.46E-05	1.00E-09	1.50E-09
Carbón siderúrgico nacional	9.46E-05	1.00E-09	1.50E-09
Carbón térmico de importación	9.46E-05	1.00E-09	1.50E-09
Carbón térmico nacional	9.46E-05	1.00E-09	1.50E-09
Carbón vegetal	1.12E-04	3.00E-08	4.00E-09
Cartón ordinario-empaques-envases	1.00E-04	3.00E-08	4.00E-09

Combustóleo ligero	7.74E-05	3.00E-09	6.00E-10
Combustóleo pesado	7.74E-05	3.00E-09	6.00E-10
Coque de carbón	9.46E-05	1.00E-09	1.50E-09
Coque de petróleo	9.75E-05	3.00E-09	6.00E-10
Diáfano	7.19E-05	3.00E-09	6.00E-10
Diésel	7.41E-05	3.00E-09	6.00E-10
Etano	6.16E-05	1.00E-09	1.00E-10
Gas de alto horno	2.60E-04	1.00E-09	1.00E-10
Gas de coque	4.44E-05	1.00E-09	1.00E-10
Gas licuado	6.31E-05	1.00E-09	1.00E-10
Gas natural (promedio asociado y no	5.61E-05	1.00E-09	1.00E-10
Gas natural asociado	5.61E-05	1.00E-09	1.00E-10
Gas natural no asociado	5.61E-05	1.00E-09	1.00E-10
Gas seco	5.61E-05	1.00E-09	1.00E-10
Gas seco de exportación	5.61E-05	1.00E-09	1.00E-10
Gas seco de importación	5.61E-05	1.00E-09	1.00E-10
Gasóleo	7.41E-05	3.00E-09	6.00E-10
Gasolinas naturales	6.93E-05	3.00E-09	6.00E-10
Gasolinas y naftas	6.93E-05	3.00E-09	6.00E-10
Lana y seda	1.12E-04	3.00E-08	4.00E-09
Leña	1.12E-04	3.00E-08	4.00E-09
Licor negro	9.53E-05	3.00E-09	2.00E-09
Lubricantes	7.33E-04	3.00E-09	6.00E-10
Madera (20% de humedad)	1.12E-04	3.00E-08	4.00E-09
Madera en astillas/pellets	7.33E-05	3.00E-09	6.00E-10
Mezcla de parafinas	1.00E-04	3.00E-08	4.00E-09
Paja de arroz	1.00E-04	3.00E-08	4.00E-09
Paneles-fibras-partículas y pedacería de	1.00E-04	3.00E-08	4.00E-09
Papel ordinario o kraft	7.33E-05	3.00E-09	6.00E-10
Petróleo crudo (promedio de la producción)	7.33E-05	3.00E-09	6.00E-10
Petróleo crudo ligero	7.33E-05	3.00E-09	6.00E-10
Petróleo crudo pesado	7.33E-05	3.00E-09	6.00E-10
Petróleo crudo súper ligero	7.19E-05	3.00E-09	6.00E-10
Querosenos	7.15E-05	3.00E-09	6.00E-10
Turba (35 % de humedad)	1.00E-04	3.00E-08	4.00E-09

Fuente: SEMARNAT, 2015.

TRANSPORTE [1A3]

La metodología para fuentes móviles fue:

Ecuación 2. Emisiones de GEI de la categoría transporte

$$E_{CO_2} = \sum_{i=1}^n VC_i * PC_i * FE_{CO_2i}$$

$$E_{CH_4} = \sum_{i=1}^n VC_i * PC_i * FE_{CH_4i}$$

$$E_{N_2O} = \sum_{i=1}^n VC_i * PC_i * FE_{N_2O_i}$$

$$E_{CO_2e(CO_2)} = E_{CO_2}$$

$$E_{CO_2e(CH_4)} = E_{CH_4} * PCG_{CH_4}$$

$$E_{CO_2e(N_2O)} = E_{N_2O} * PCG_{N_2O}$$

Dónde:

E_{CO_2}	Emisión de bióxido de carbono (ton CO ₂)
E_{CH_4}	Emisión de metano (kg CH ₄)
E_{N_2O}	Emisión de óxido nitroso (kg N ₂ O)
VC_i	Consumo del i-ésimo combustible (ton o m ³)
PC_i	Poder calorífico del i-ésimo combustible (MJ/m ³ o MJ/ton)
FE_{CO_2i}	Factor de emisión de bióxido de carbono del i-ésimo combustible (ton/MJ)
FE_{CH_4i}	Factor de emisión de metano del i-ésimo combustible (kg/MJ)
$FE_{N_2O_i}$	Factor de emisión de óxido nitroso del i-ésimo combustible (kg/MJ)
i	El i-ésimo combustible empleado en el año de reporte
n	El número de combustibles que se emplearon en el año de reporte
$E_{CO_2e(CO_2)}$	Emisión de bióxido de carbono equivalente (ton CO ₂ e)
$E_{CO_2e(CH_4)}$	Emisión de bióxido de carbono equivalente proveniente de las emisiones de metano (kg CO ₂ e)
$E_{CO_2e(N_2O)}$	Emisión de bióxido de carbono equivalente proveniente de las emisiones de óxido nitroso (kg CO ₂ e)
PCG_{CH_4}	Potencial de calentamiento global del metano (kg CO ₂ /kg CH ₄)
PCG_{N_2O}	Potencial de calentamiento global del óxido nitroso (kg CO ₂ /kg N ₂ O)

Para fuentes móviles se utilizó la misma fuente que para fuentes fijas.

Tabla 5. Factores de emisión para fuentes móviles

Descripción	Factores de emisión		
	CO ₂ (ton/TJ)	CH ₄ (ton/TJ)	N ₂ O (ton/TJ)
Diésel	74.1	0.0039	0.0039
Gasolinas	69.3	0.0250	0.0080

Fuente: SEMARNAT, 2015.

INCERTIDUMBRE

Tabla 6. Incertidumbre de la categoría Energía

Categorías IPCC 2006	Gas	Emisiones Año base (2014) (Gg CO ₂ equivalente)	Incertidumbre de los Datos de Actividad (%)	Incertidumbre del Factor de Emisión (%)	Incertidumbre Combinada (%)
1 – Energía					
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles líquidos	CO ₂	1,676.386	3	5	5.831
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles líquidos	CH ₄	1.654	3	50	50.090
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles líquidos	N ₂ O	3.331	3	10	10.440
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles sólidos	CO ₂	86.990	3	5	5.831
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles sólidos	CH ₄	0.644	3	50	50.090
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles sólidos	N ₂ O	0.898	3	10	10.440
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles gaseosos	CO ₂	2,140.510	3	5	5.831
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles gaseosos	CH ₄	1.089	3	50	50.090
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles gaseosos	N ₂ O	1.045	3	10	10.440
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles de biomasa	CH ₄	5.401	3	50	50.090
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la Construcción - Combustibles de biomasa	N ₂ O	6.815	3	10	10.440
1.A.3 - Transporte - Combustibles líquidos	CO ₂	10,604.639	5	5	7.071
1.A.3 - Transporte - Combustibles líquidos	CH ₄	77.726	5	10	11.180
1.A.3 - Transporte - Combustibles líquidos	N ₂ O	267.710	5	10	11.180
1.A.4 - Otros Sectores - Combustibles gaseosos	CO ₂	1,745.807	5	5	7.071

1.A.4 - Otros Sectores - Combustibles gaseosos	CH4	0.781	5	50	50.249
1.A.4 - Otros Sectores - Combustibles gaseosos	N2O	0.739	5	10	11.180

Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC.

PROCESOS INDUSTRIALES

En la categoría procesos industriales se estiman las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que son provocadas por los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles, por el uso de los GEI en los productos y por los procesos industriales resultado de la transformación de las materias por medios químicos y físicos.

Este inventario sigue la metodología de las Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

En esta categoría pueden producirse generalmente los siguientes GEI: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Los datos de actividad de las diferentes subcategorías de la categoría Procesos industriales y uso de productos fueron proporcionados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Las empresas de jurisdicción federal reportan a la SEMARNAT, a través de la Cédula de Operación Anual (COA), su información sobre materias primas, producción, consumo de refrigerantes.

En el estado de Jalisco, durante el año 2014, las emisiones de GEI en la categoría de procesos industriales fueron de 2,143.56 GgCO₂e (Tabla 1). De acuerdo con la metodología del IPCC 2006 y los datos de actividad reportados en la COA 2014, el 88.1% de las emisiones corresponden a la industria de los minerales con 1,888.22 GgCO₂e, el uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono con el 6.0% (129.17 GgCO₂e), la industria de los metales con 5.6% (120.01 GgCO₂e), el uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes con 0.3 % (6.17 GgCO₂e), y la industria química menor a 0.1% (0.0037 GgCO₂e).

Tabla 7. Emisiones de la categoría procesos industriales en Jalisco en 2014.

Subcategorías		Total GgCO ₂ e
2A Industria de los minerales	2A1 Producción de cemento	1,212.74
	2A2 Producción de cal	513.97
	2A3 Producción de vidrio	19.28
	2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos	2.90
	2A4b Otros usos de la ceniza de sosa	

		2A4d Otros (especificar)	139.31
2B Industria química	2B8 Producción petroquímica y de negro de humo	2B8a Metanol	0.0037
2C Industria de los metales	2C1 Producción de hierro y acero		108.20
	2C5 Producción de plomo		2.75
	2C6 Producción de zinc		9.05
2D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2D1 Uso de lubricantes		4.34
	2D2 Uso de la cera de parafina		1.82
2F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	2F1 Refrigeración y aire acondicionado		101.49
	2F2 Agentes espumantes		27.68
Total			2,143.56

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad para la categoría Energía e Industria se obtienen de diferentes fuentes de información:

- Datos de actividad a nivel instalación (COA Federal 2014)

INDUSTRIA DE LOS MINERALES [2A]

La industria de los minerales genera emisiones de CO₂ relacionados con los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y uso de una gran variedad de productos industriales.

Los procesos que generan emisiones en la industria de los minerales (Tabla 8. Emisiones de la industria de los minerales en Jalisco en 2014.) en el Estado de Jalisco son: cemento, cal, vidrio, y otros usos de los carbonatos.

En el año 2014, la industria de los minerales tuvo una emisión de 1,888.20 GgCO₂e. El 64.2% de las emisiones correspondió a la producción de cemento, seguida con el 27.2% a la producción de cal. Juntas, la producción de cemento y de cal suman el 91.4% de emisiones en la industria de los minerales por la transformación de las materias primas por medios físicos y químicos.

Tabla 8. Emisiones de la industria de los minerales en Jalisco en 2014.

Total GgCO ₂ e		
2A Industria de los minerales	2A1 Producción de cemento	1,212.74
	2A2 Producción de cal	513.97
	2A3 Producción de vidrio	19.28
	2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos	179.16
Total		1,888.20

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

En la COA 2014 se reporta la siguiente producción de cemento:

Tabla 9. Datos de actividad por la producción de cemento en Jalisco [2A1]

Tipo individual de cemento producido	Masa del Tipo de cemento producido	Fracción de Clinker en el cemento
	(toneladas)	(fracción)
Cemento Portland Compuesto	886,664.00	0.735
Cemento Portland Compuesto	1,708,136.00	0.690
Cemento Portland Compuesto	714,940.60	0.702

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

Los datos de actividad para la producción de cal son los siguientes:

Tabla 10. Datos de actividad por la producción de cal en Jalisco [2A2]

Tipo de Cal producida	Masa Cal producida
	(toneladas)
Cal con fuerte proporción de Calcio	418,071.06
Cal de dolomita	70,943.00
Cal hidráulica	247,104.00

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

Para la producción de vidrio en 2014 se consideró lo siguiente:

Tabla 11. Datos de actividad por la producción de vidrio en Jalisco [2A3]

Producción Total de Vidrio
(toneladas)
192,831.49

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

Tabla 12. Datos de actividad por procesos de producción de carbonatos en Jalisco [2A4]

Tipo de Uso	Masa del Carbonato Consumido
	(toneladas)
Dolomita	5,395.00
Otros usos del carbonato de sodio	7,000.94
Arcilla	1.37
Otros usos del carbonato de calcio	310,971.52

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

INDUSTRIA QUÍMICA [2B]

La industria química genera emisiones de GEI por la producción de los diferentes químicos. El principal proceso que genera emisiones en la industria química (Tabla 10) en el Estado de Jalisco es la producción de metanol. En el año 2014, la industria química en el Estado de Jalisco tuvo una emisión de 0.0037 GgCO₂e.

Tabla 13. Emisiones de CO₂e debido a la producción de Metanol en Jalisco.

Total GgCO ₂ e		
2A Industria de los minerales	2B8 Producción petroquímica y de negro de humo 2B8a Metanol	0.0037
Total		0.0037

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

La producción de metanol reportada fue:

Tabla 14. Datos de actividad por producción de metanol en Jalisco [2B8a]

Configuración del proceso	Cantidad de metanol producido (ton)
Reformado al vapor convencional, sin unidad de reformado primario (Proceso por defecto y Alimentación en gas natural por defecto)	4.977

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

INDUSTRIA DE LOS METALES [2C]

La industria de los metales genera emisiones de CO₂ relacionados con la función del carbono, tanto como reactivo en los procesos y como fuente de calor para sostener las reacciones químicas involucradas en los procesos metalúrgicos.

En el año 2014, las emisiones de la industria de los metales fueron 120.01 GgCO₂ en el estado de Jalisco. Las emisiones de hierro y acero corresponden al 90% de las emisiones de la industria de los metales.

Tabla 15. Emisiones de CO₂e debido a la producción de metales en Jalisco.

Total GgCO ₂ e		
2C Industria de los metales	2C1 Producción de hierro y acero	108.20
	2C5 Producción de plomo	2.75
	2C6 Producción de cinc	9.05
Total		120.01

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Los datos de actividad se describen a continuación:

Tabla 16. Datos de actividad por producción de hierro y acero en Jalisco [2C1]

Tipo de fabricación del Hierro y/o acero	Cantidad de producción de Hierro y/o Acero
	(toneladas)
Producción de acero	120
Producción de pellets	3,602,390

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

Tabla 17. Datos de actividad por producción de plomo en Jalisco [2C5]

Cantidad de plomo producido
(Toneladas)
5,293.42

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

Tabla 18. Datos de actividad por producción de zinc en Jalisco [2C6]

Cantidad de zinc producido
(Toneladas)
5,263.81

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

USO DE PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y USO DE SOLVENTES (2D)

El uso de productos no energéticos de combustibles y el uso de solventes se refiere a las emisiones generadas por los primeros usos de los combustibles fósiles como productos con fines primarios, exceptuando la combustión con fines energéticos y el uso como sustancia de alimentación a procesos o como agente reductor.

En el año 2014, las emisiones en el estado de Jalisco por el uso de productos no energéticos de combustibles y uso de solventes fueron 6.17 GgCO_{2e}.

Tabla 19. Emisiones de CO₂ debido a productos no energéticos en Jalisco.

Total GgCO_{2e}		
2D Uso de productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	2D1 Uso de lubricantes	4.34
	2D2 Uso de la cera de parafina	1.82
Total		6.17

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Los datos de actividad se describen a continuación:

Tabla 20. Datos de actividad por uso de lubricantes en Jalisco [2D1]

Tipo de Lubricante	Cantidad de Lubricante consumido
	(TJ)
Aceite lubricante	279.41

Grasa lubricante	67.30
------------------	-------

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

Tabla 21. Datos de actividad por uso de ceras y parafinas en Jalisco [2D2]

Cantidad de ceras y parafinas consumidas
(TJ)
124.33

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

INDUSTRIA ELECTRÓNICA (2E)

Algunos procesos de fabricación en la industria electrónica utilizan compuestos fluorados (CF) para realizar intrincados patrones de circuitos mediante decapado por plasma, para limpiar las cámaras de reacción y para controlar la temperatura. Los sectores que generan emisiones incluyen la fabricación de semiconductores, pantallas planas a transistores de película delgada (TFT-FPD, del inglés, thin-film-transistor flat panel display) y dispositivos fotovoltaicos (PV, del inglés, photovoltaic).

Entre los CF emitidos se encuentran CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , $c-C_4F_8$, $c-C_4F_8O$, C_4F_6 , C_5F_8 , CHF_3 , CH_2F_2 , trifluoruro de nitrógeno (NF_3) y hexafluoruro de azufre (SF_6), que se usan en dos etapas importantes de la fabricación de productos electrónicos.

En el Estado de Jalisco hay industria electrónica pero no se cuenta con la información para la estimación de emisiones.

EMISIONES DE LOS SUSTITUTOS FLUORADOS PARA LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO (2F)

Los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC), sirven como alternativas a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) que están siendo retiradas de acuerdo al Protocolo de Montreal². Las áreas de aplicación de las SAO son: refrigeración y aire

² Para más información consultar: <http://ozone.unep.org/es/manual-del-protocolo-de-montreal-relativo-las-sustancias-que-agotan-la-capa-de-ozono/5>

acondicionado; extinción de incendios y protección contra explosiones; aerosoles; limpieza con solventes; agentes espumantes; y otras aplicaciones.

En el año 2014, las emisiones de los SAO en el Estado de Jalisco fueron 129.17 GgCO_{2e}.

Tabla 22. Emisiones de CO₂ debido a los sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono en Jalisco en 2014.

Total GgCO _{2e}		
2F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	2F1 Refrigeración y aire acondicionado	101.49
	2F2 Agentes espumantes	27.68
Total		129.17

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Los datos de actividad se describen a continuación:

Tabla 23. Datos de actividad de los sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono en Jalisco [2F1]

Tipo de equipo	Gas	Kg de Gas
Refrigeración doméstica	R134a	43.00
	R410A	8.00
Aplicaciones comerciales autónomas	R404A	0.30
Refrigeración comercial mediana y grande	R134a	0.16
	R404A	200.00
Refrigeración industrial incluido el Procesamiento de alimentos y almacenamiento a baja temperatura	R125	55.03
	R134a	3,608.00
	R141b	34.00
	R143a	65.04
	R22	2,681.60
	R401A	1.00
	R404A	476.45
	R407A	459.66
	R410A	271.50
	HFE125	2.10

Aire acondicionado residencial y comercial, incluidas las bombas térmicas	HFE134	40.00
	R11	1.00
	R124	312.08
	R125	441.85
	R134	119,423.57
	R134a	629.51
	R141b	35,088.00
	R22	48,797.43
	R32	68.45
	R404A	197.60
	R407A	256.40
	R410A	205.46
	R411B	1.00
	R507A	26.00
R508B	9.00	
Aire acondicionado móvil	R134a	279,809.30

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

Tabla 24. Datos de actividad de los agentes espumantes [2F2]

Tipo de equipo	Gas	Kg de Gas
Espumas	R-507	1.00
	R-32	1.00
	R-141b	35,385.95

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT

MANUFACTURA Y UTILIZACIÓN DE OTROS PRODUCTOS (2G)

Se refieren a las emisiones del hexafluoruro de azufre (SF₆) y de los perfluorocarbonos (PFC) generados en la manufactura y utilización de los equipos eléctricos. En la mayoría de estas aplicaciones, el SF₆, el PFC o el N₂O se incorporan deliberadamente en los productos, para explotar una o varias de las propiedades físicas de la sustancia química, como la elevada constante dieléctrica del SF₆, la estabilidad de los PFC y los efectos anestésicos del N₂O. Las aplicaciones de SF₆ y PFC poseen una amplia gama de perfiles de emisión, que van desde la liberación inmediata e inevitable de toda la sustancia química (p. ej., el uso de los PFC

como trazadores atmosféricos), hasta una liberación retardada y muy evitable desde productos sellados contra las fugas, luego de 40 años de uso (p. ej., manufactura y utilización de equipos eléctricos de presión sellados).

Para esta subcategoría, en el Estado de Jalisco, no se cuenta con información para realizar la estimación de emisiones.

METODOLOGÍA

INDUSTRIA DE LOS MINERALES [2A]

PRODUCCIÓN DE CEMENTO (2A1)

De acuerdo con la metodología de las Directrices del IPCC 2006, se generan emisiones de CO₂ como resultado de la calcinación a altas temperaturas de la piedra caliza para la producción de clínker, un producto intermedio de la fabricación del cemento.

La ecuación para el cálculo de las emisiones de CO₂ fue la siguiente:

Ecuación 3. Emisiones basadas en la producción de cemento

$$EmisionesCO_2 = \left[\sum_i (M_{ci} \cdot C_{cli} - Im + Ex) \right] \cdot EF_{clc}$$

Donde:

EmisionesCO₂ = Emisiones de CO₂ provenientes de la producción de cemento.

M_{ci} = Masa de cemento producido de tipo i.

C_{cli} = Fracción de clínker del cemento de tipo i.

Im = importaciones de clínker para su consumo.

Ex = Exportaciones de clínker.

EF_{clc} = Factor de emisión del clínker en el cemento.

Para dicho cálculo se utilizó el siguiente factor de emisión:

Ecuación 4. Factor de emisión para el Clínker

$$EF_{clc} = 0.51 \cdot 1.02(\text{corrección CKD}) = 0.52 \frac{\text{toneladas de CO}_2}{\text{toneladas de clinker}}$$

Primero se determina la cantidad de clinker producida de acuerdo a los diferentes tipos de cemento que se producen en el estado de Jalisco. De acuerdo a la COA 2014, se produce cemento *portland* compuesto con las siguientes fracciones de clinker: 0.735, 0.690, 0.702.

Tabla 25. Cantidad de clinker por la producción de cemento

Sector	Procesos Industriales y Uso de Productos		
Categoría	Industria Mineral - Producción de Cemento		
Código de Categoría	2A1		
	A	B	C
Tipo individual de cemento producido	Masa del Tipo de cemento producido	Fracción de Clinker en el cemento	Masa de Clinker en el tipo de cemento producido
	(toneladas)	(fracción)	(toneladas)
			C = A * B
Cemento Portland Compuesto	886,664.00	0.735	651,698.04
Cemento Portland Compuesto	1,708,136.00	0.690	1,178,613.84
Cemento Portland Compuesto	714,940.60	0.702	501,888.30
Total			2,332,200.18

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Una vez realizado el cálculo de la masa de clinker por tipo de cemento producido, se procede a calcular las emisiones de CO₂ atribuidas a la producción del cemento.

Tabla 26. Emisiones de CO₂ en la producción de cemento en Jalisco.

Sector		Procesos Industriales y Uso de Productos			
Categoría		Industria Mineral - Producción de Cemento			
Código de Categoría		2A1			
D	E	F	G	H	I
Importaciones para el consumo de Clinker	Exportaciones de Clinker	Masa de Clinker producida en Jalisco	Factor de Emisión para el Clinker en el Cemento	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂

(toneladas)	(toneladas)	(toneladas)	(toneladas CO ₂ / toneladas clinker)	(toneladas CO ₂)	(GgCO ₂)
-	-	F = C - D + E		H = F * G	I = H/10 ³
-	-	2,332,200.18	0.52	1,212,744.09	1,212.74

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Las emisiones de CO₂, en el año 2014, por la producción de cemento en el estado de Jalisco fueron 1,212.74 GgCO₂.

PRODUCCIÓN DE CAL (2A2)

La producción de cal se deriva del calentamiento de piedra caliza con fuerte proporción de calcio (calcita) con el fin de la descomposición de carbonatos, generalmente en hornos a altas temperaturas y en dicho proceso se libera CO₂.

Basados en la información de la COA 2014; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en el estado de Jalisco se identificó la producción de tres diferentes tipos de cal, los cuales refieren a cal con fuerte proporción de calcio (CaO + impurezas), cal de dolomita (CaO·MgO + impurezas) y cal hidráulica (CaO + silicatos de calcio hidráulicos).

Dada la información obtenida, se utilizó la siguiente ecuación para el cálculo de las emisiones de CO₂:

Ecuación 5. Emisiones basadas en los datos de producción nacional de cal, por tipos

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (EF_{cal,i} \cdot M_{l,i} \cdot CF_{lkd,i} \cdot C_{h,i})$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de cal, toneladas

EF_{cal,i} = factor de emisión para la cal de tipo i, toneladas de CO₂/ toneladas de cal

M_{l,i} = producción de cal de tipo i, toneladas

$CF_{lkd,i}$ = factor corrector para el polvo de horno de cal (LKD, en inglés) para la cal de tipo i , sin dimensión. Esta corrección puede justificarse de una manera similar que para el polvo de horno de cemento (CKD, en inglés)

Ch_i = factor corrector para la cal hidratada del tipo de cal i , sin dimensión

i = cada una de las cales específicas

Para dicho cálculo se utilizaron los siguientes factores de emisión:

Tabla 27. Parámetros básicos para el cálculo de los factores de emisión en la producción de cal.

Tipo de cal	Cociente estequiométrico [toneladas de CO ₂ por tonelada de CaO o de CaO·MgO] (1)	Intervalo del contenido de CaO [%]	Intervalo del contenido en MgO	Valor por defecto para el contenido de CaO o de CaO·MgO [fracción] (2)	Factor de emisión por defecto [toneladas de CO ₂ por tonelada de cal] (1) • (2)
Cal con fuerte proporción de calcio	0.785	93-98	0.3-2.5	0.95	0.75
Cal de dolomita	0.913	55-57	38-41	0.95 ó 0.85 *	0.86 ó 0.77 *
Cal hidráulica	0.785	65-92	NA	0.75	0.59

*Este valor depende de la tecnología utilizada para la producción de cal. El valor más alto se sugiere para los países desarrollados, el más bajo para los países en desarrollo.

Fuente: Directrices del IPCC 2006

Tabla 28. Emisiones de CO₂ por tipo de cal producida en Jalisco.

Sector	Procesos Industriales y Uso de Productos			
Categoría	Industria Mineral - Producción de Cal			
Código de Categoría	2A2			
	A	B	C	D

Tipo de Cal producida	Masa Cal producida	Factor de emisión para la producción de Cal	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂
	(toneladas)	(toneladas CO ₂ /toneladas de cal)	(toneladas CO ₂)	(GgCO ₂)
			C = A * B	E = C/10 ³
Cal con fuerte proporción de Calcio	418,071.06	0.75	313,553.30	313.55
Cal de dolomita	70,943.00	0.77	54,626.11	54.63
Cal hidráulica	247,104.00	0.59	145,791.36	145.79
Total				513.97

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

En el año 2014, las emisiones de CO₂ por la producción de cal en el estado de Jalisco fueron 513.97 GgCO₂.

PRODUCCIÓN DE VIDRIO (2A3)

De acuerdo de las Directrices del IPCC 2006, la industria del vidrio se divide en cuatro categorías principales: recipientes, vidrios planos (ventanas), fibras de vidrio y vidrios especiales. Las principales materias primas que emiten CO₂ en la producción de vidrio son: la piedra caliza (CaCO₃), la dolomita (Ca,Mg(CO₃)₂) y la ceniza de sosa (Na₂CO₃).

En el proceso de producción de vidrio, es común que algunas industrias utilicen una cierta cantidad de chatarra de vidrio reciclada (cullet). Esto afecta directamente a las emisiones de GEI, en su caso, si se reutiliza el vidrio, las emisiones se verán reducidas a comparación de utilizar materia prima nueva.

La información de la Cédula de Operación Anual reporta la producción de vidrio, pero no reporta la proporción de cullet utilizada. Las emisiones en la producción de vidrio se calculan de la siguiente manera:

Ecuación 6. Emisiones basadas en la producción de vidrio.

$$Emisiones\ de\ CO_2 = M_g \cdot EF \cdot (1 - CR)$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = Emisiones de CO₂ proveniente de la producción de vidrio.

Mg = Masa del vidrio producido.

EF = Factor de emisión por defecto para la fabricación del vidrio.

CR = Proporción de Cullet para el proceso.

El factor de emisión utilizado para el cálculo fue el siguiente:

Ecuación 7. Factor de emisión por defecto para la producción de vidrio.

$$EF = \frac{0.167}{0.84} = 0.20 \frac{\text{toneladas de CO}_2}{\text{toneladas de vidrio}}$$

Las Directrices del IPCC 2006 establecen que cuando no sea posible conocer o calcular la proporción de Cullet (Reciclado) utilizado, se podrá utilizar una proporción de 0.5.

Tabla 29. Emisiones de CO₂ debido a la producción de vidrio en Jalisco en 2014.

Sector	Procesos Industriales y Uso de Productos			
Categoría	Industria Mineral - Producción de Vidrio			
Código de Categoría	2A3			
A	B	C	D	E
Producción Total de Vidrio	Factor de Emisión	Proporción media anual de vidrios rotos	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂
(toneladas)	(toneladas CO ₂ / toneladas de vidrio)	(fracción)	(toneladas de CO ₂)	(GgCO ₂)
			D = A * B * (1 - C)	E = D/10 ³
192,831.49	0.20	0.50	19,283.15	19.28
Total				19.28

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Las emisiones de CO₂ en la producción de vidrio en el estado de Jalisco fueron 19.28 GgCO₂ para el año 2014.

OTROS USOS DE CARBONATOS (2A4)

Los carbonatos se utilizan como materias primas en la industria con varias aplicaciones. La calcinación de los carbonatos a altas temperaturas produce CO₂. En el estado de Jalisco es común el uso de carbonatos como la caliza, la dolomita y el carbonato de sodio, entre otros.

Para el cálculo de emisiones por el uso de carbonatos, se utilizó la información de la Cédula de Operación Anual 2014 respecto a las materias primas utilizadas

Ecuación 8. Emisiones basadas en la masa de los carbonatos consumidos

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (M_i \cdot EF_i \cdot F_i)$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de otros usos de carbonatos en los procesos, toneladas

M_i = masa del carbonato i consumido, toneladas

EF_i factor de emisión para el carbonato i, toneladas de CO₂/ toneladas de carbonato

F_i = fracción de calcinación alcanzada para el carbonato particular i, fracción

Cuando se desconozca la fracción de calcinación alcanzada para un carbonato en particular, puede suponerse que la fracción de calcinación es igual a 1.

i = uno de los usos de carbonatos

Los factores de emisión de acuerdo a las Directrices del IPCC 2006 fueron los siguientes:

Tabla 30. Fórmulas, pesos moleculares de fórmula y contenido de CO₂ de las especies comunes de carbonatos.

Carbonato	Nombre del (o los) minerales	Peso molecular de fórmula	Factor de emisión (toneladas de CO ₂ /toneladas de carbonato)**
CaCO ₃	Calcita*** o aragonita	100,0869	0,43971
MgCO ₃	Magnesita	84,3139	0,52197
CaMg(CO ₃) ₂	Dolomita***	184,4008	0,47732
FeCO ₃	Siderita	115,8539	0,37987
Ca(Fe,Mg,Mn)(CO ₃) ₂	Ankerita (o espato)****	185,0225- 215,6160	0,40822- 0,47572
MnCO ₃	Rhodochrosita	114,9470	0,38286
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sodio o ceniza de sosa	106,0685	0,41492

Fuente: Directrices del IPCC 2006

Tabla 31. Emisiones de CO₂ debido a procesos de producción de carbonatos en Jalisco.

Sector	Procesos Industriales y Uso de Procesos			
Categoría	Industria Mineral - Otros usos de Carbonatos			
Código de Categoría	2A4			
	A	B	C	D
Tipo de Uso	Masa del Carbonato Consumido	Factor de Emisión	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂
	(toneladas)	(toneladas de CO ₂ /toneladas de carbonato)	(toneladas de CO ₂)	(GgCO ₂)
			C = A * B	D = C/10 ³
Dolomita	5,395.00	0.47732	2,575.14	2.58
Otros usos del carbonato de sodio	7,000.94	0.41492	2,904.83	2.90
Arcilla	1.37	0.10000	0.14	0.00
Otros usos del carbonato de calcio	310,971.52	0.43971	136,737.29	136.74

Total	142.22
--------------	---------------

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Las emisiones en el estado de Jalisco por el uso de los carbonatos fueron de 142.22 GgCO₂e. Es importante señalar que el uso de los carbonatos en la producción de cemento, cal y vidrio no está incluido en esta sección ya que las emisiones correspondientes en estos sectores ya fueron calculadas.

INDUSTRIA QUÍMICA (2B)

METANOL (2B8A)

La producción de metanol se realiza mundialmente por la vía del reformado al vapor del gas natural. El reformado al vapor y la reacción de desplazamiento producen «gas de síntesis» compuesto de CO₂, monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂). El proceso de producción del metanol a partir de gas natural produce metanol y los productos derivados del gas de síntesis, CO₂, CO, y H₂.

Se utilizaron las siguientes ecuaciones para el cálculo de las emisiones de CO₂ y CH₄. La ecuación utilizada para las emisiones de CO₂ fue la siguiente:

Ecuación 9. Emisiones de CO₂ provenientes de la producción de metanol

$$E_{CO_2} = PPi \cdot EFi$$

Donde:

ECO₂i = emisiones de CO₂ de la producción de la sustancia petroquímica *i*, toneladas

PPi = producción anual de la sustancia petroquímica primaria *i*, toneladas

EFi = factor de emisión de CO₂ para la sustancia petroquímica *i*, toneladas de CO₂/tonelada de producto producido

El factor de emisión es:

Tabla 32. Factor de emisión para la producción de metanol

Configuración del proceso	Toneladas de CO ₂ /tonelada de metanol producido
Reformado al vapor convencional, sin unidad de reformado primario (Proceso por defecto y Alimentación en gas natural por defecto)	0.67

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

La ecuación utilizada para las emisiones de CH₄ fue la siguiente:

Ecuación 10. Emisiones de CH₄ provenientes de la producción de metanol

$$E_{CH_4} = PPI \cdot EFi + PPI \cdot EFpi$$

Donde:

$E_{CH_4 \text{ total},i}$ = emisiones totales de CH₄ de la producción de metanol, kg.

PPI = producción anual de metanol, toneladas

EFfi = factor de emisión de CH₄ fugitivo para el metanol, kgCH₄/tonelada de producto

EFpi = factor de emisión de CH₄ de los venteos de proceso para el metanol, kg. de CH₄/tonelada de producto

El valor de 2.3 kg. de CH₄ por tonelada de metanol producido, debe aplicarse como factor de emisión de por defecto según el IPCC.

Tabla 33. Emisiones de CO₂ debido a la producción de metanol en Jalisco.

Sector	Procesos Industriales y Uso de Productos			
Categoría	Industria Química - Producción de petroquímicos			
Código	2B8 Emisiones de CO ₂ por la Producción de Metanol			
	A	B	C	D
Tipo de proceso	Cantidad de metanol producido	Factor de emisión	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂

	(toneladas)	(tonelada de CO ₂ /tonelada de metanol)	(toneladas CO ₂)	(GgCO ₂)
			$C = A * B$	$D = C / 10^3$
Proceso por defecto	4.977	0.67	3	0.0033
Total				0.0033

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Tabla 34. Emisiones de CH₄ debido a la producción de metanol en Jalisco.

Sector	Procesos Industriales y Uso de Productos			
Categoría	Industria Química - Producción de petroquímicos			
Código	2B8 Emisiones de CH ₄ por la Producción de Metanol			
	A	B	C	D
Tipo de proceso	Cantidad de metanol producido	Factor de emisión	Emisiones de CH ₄	Emisiones de CH ₄
	(toneladas)	(kgCH ₄ /tonelada de metanol)	(kgCH ₄)	(GgCH ₄)
			$C = A * B$	$D = C / 10^6$
Proceso por defecto	4.977	2.3	11	0.00011
Total				0.00011

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Las emisiones de GEI estimadas de la producción de metanol en el estado de Jalisco, fueron de e 0.0037 GgCO₂e en el año 2014. El potencial de calentamiento global usado para el CH₄ es 28 de acuerdo con el Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO (2C1)

La producción de hierro y acero genera emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O y está constituida por: 1) instalaciones principales que producen, a la vez, hierro y acero; 2) instalaciones secundarias de fabricación de acero; 3) plantas de producción de hierro; y 4) producción de coque metalúrgico fuera de la instalación. De acuerdo a la información obtenida de la COA 2014, en el estado de Jalisco se produce: acero, pellets, plomo y zinc.

A fin de estimar las emisiones de CO₂, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación 11. Emisiones de CO₂ provenientes de la producción de hierro y acero

$$\text{Hierro y acero: } E_{CO_2, \text{no-energía}} = BOF * EF_{BOF} + EAF * EF_{EAF} + OHF * EF_{OHF}$$

Ecuación 12. Emisiones de CO₂ provenientes de la producción de pellets

$$\text{Producción de pellets: } E_{CO_2, \text{no-energía}} = P * EF_P$$

Donde:

ECO₂, no-energía = emisiones de CO₂ a ser en la producción de hierro y acero, toneladas

BOF = cantidad de acero crudo producido en Horno Básico de Oxígeno (BOF, en inglés) expresado en toneladas

EAF = cantidad de acero crudo producido en Horno de Acero eléctrico (EAF, en inglés) expresado en toneladas

OHF = cantidad de acero crudo producido en Horno Martin-Siemens (OHF, en inglés), expresado en toneladas

P = cantidad de pellets producida nacionalmente, expresada en toneladas

EF_x = factor de emisión, toneladas de CO₂/tonelada de x producido

Los factores de emisión utilizados para el cálculo de las emisiones de CO₂ fueron los siguientes:

Tabla 35. Factores por defecto de emisión de CO₂ para la producción de hierro y acero.

Proceso	Factor de emisión
Factor promedio global (65% BOF, 30% EAF, 5% OHF) (tonelada de CO ₂ por tonelada de acero producido)	1.06
Producción de pellets (tonelada de CO ₂ por tonelada de pellets producido)	0.03

Fuente: Directrices del IPCC 2006.

Tabla 36. Emisiones de CO₂ debido a la producción de hierro y acero en Jalisco.

Sector	Procesos Industriales y Uso de Productos			
Categoría	Industria del Metal - Producción de Hierro y Acero			
Código	2C1 Emisiones de CO ₂			
	A	B	C	D
Tipo de fabricación del Hierro y/o acero	Cantidad de producción de Hierro y/o Acero	Factor de emisión	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂
	(toneladas)	(toneladas CO ₂ /toneladas producidas)	(toneladas CO ₂)	(GgCO ₂)
			$C = A * B$	$D = C/10^3$
Producción de acero	120	1.06	127	0.12
Producción de pellets	3,602,390	0.03	108,072	108.07
Total				108.20

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

En el año 2014, las emisiones por la producción de hierro y acero, en el estado de Jalisco fueron 108.20GgCO₂.

PRODUCCIÓN DE PLOMO (2C5)

Hay dos procesos para la producción primaria del plomo: el primer proceso es el de la sinterización o fundición; el segundo, el de la fundición directa, del cual ya no existe la etapa de sinterización de plomo.

Debido a la falta de datos para el cálculo de las emisiones de CO₂ liberadas por la producción de plomo, se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 13. Emisiones de CO₂ provenientes de la producción de plomo.

$$E_{CO_2} = DS \cdot EF_{DS} + ISF \cdot EF_{ISF} + S \cdot EF_S$$

Donde:

E_{CO_2} = emisiones de CO₂ generadas por la producción de plomo, expresadas en toneladas

DS = cantidad de plomo producido por fundición directa, expresadas en toneladas

EF_{DS} = factor de emisión para la fundición directa

ISF = cantidad de plomo producido en hornos Imperial Smelting Furnaces

EF_{ISF} = factor de emisión para los hornos Imperial Smelting Furnaces

S = cantidad de plomo producido a partir de materiales secundarios

EF_S = factor de emisión para los materiales secundarios

Los factores de emisión para la producción de plomo son los siguientes:

Tabla 37. Factores genéricos de emisión de CO₂ para la producción de plomo en Jalisco.

Producción en hornos <i>Imperial Smelt Furnace</i> (ISF)	Producción por fundición directa (DS)	Por tratamiento de materias primas secundarias	Factor de emisión por defecto (80% ISF, 20% DS)
(toneladas de CO ₂ /tonelada de producto)			
0.59	0.25	0,2	0.52

De acuerdo a las Directrices del IPCC 2006, cuando no se conoce el tipo de proceso de producción de plomo se utiliza el factor de emisión por defecto.

Los datos sobre la producción de plomo se obtuvieron de la Cédula de Operación Anual 2014 para el Estado de Jalisco.

Tabla 38. Emisiones de CO₂ debido a la producción de plomo en Jalisco.

Sector	Procesos Industriales y Uso de Productos			
Categoría	Industria del Metal – Producción de Plomo			
Código de Categoría	2C5			
	A	B	C	D
Fuente y Tipo de Horno	Cantidad de plomo producido	Factores de Emisión	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂
	(Toneladas)	(toneladas CO ₂ /toneladas de plomo producida)	(toneladas)	(Gg)
			C = A * B	D = C/10 ³
Proceso por defecto*	5,293.42	0.52	2,753	2.75
Total				2.75
* Proceso desconocido, por lo que se utiliza el factor de emisión por defecto del IPCC				

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Para el año 2014, las emisiones por la producción de plomo en el estado de Jalisco fueron 2.75GgCO₂e

PRODUCCIÓN DE ZINC (2C6)

Existen tres procesos de producción primaria del zinc. El primero es un proceso metalúrgico llamado destilación electro-térmica, el segundo es un proceso pirometalúrgico que implica el uso de un horno Imperial Smelting Furnace y el tercero es un proceso electrolítico.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ liberadas por la producción de zinc, se utilizó la siguiente ecuación.

Ecuación 14. Emisiones de CO₂ provenientes de la producción de zinc.

$$E_{CO_2} = Zn \cdot EF_{por\ defecto}$$

Donde:

ECO_2 = emisiones de CO_2 originadas por la producción de zinc, expresadas en toneladas

Zn = cantidad de zinc producido, expresadas en toneladas

$EF_{\text{por defecto}}$ = factor de emisión por defecto, toneladas de CO_2 /tonelada de zinc producido

El factor de emisión para la producción de zinc se presenta a continuación:

Tabla 39. Factor de emisión de CO_2 para la producción de zinc en Jalisco.

Proceso	Factor de emisión	Factor de emisión por defecto (80% ISF, 20% DS)
Factor por defecto (toneladas de CO_2 / tonelada de cinc)	1.72	ponderación de factores de emisión conocidos (60% Imperial Smelting, 40% Waelz Kiln)

Fuente: Directrices del IPCC 2006

Los datos sobre la producción de zinc se obtuvieron de la Cédula de Operación Anual 2014 para el Estado de Jalisco.

Tabla 40. Emisiones de CO_2 debido a la producción de zinc en Jalisco.

Sector	Procesos Industriales y Uso de Productos			
Categoría	Industria del Metal – Producción de Zinc			
Código de Categoría	2C6			
	A	B	C	D
Fuente y Tipo de Horno	Cantidad de zinc producido	Factores de Emisión	Emisiones de CO_2	Emisiones de CO_2
	(Toneladas)	(toneladas CO_2 /toneladas de zinc producida)	(toneladas)	(Gg)
			$C = A * B$	$D = C/10^3$
Factor por defecto	5,263.81	1.72	9,054	9.05
Total				9.05

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Para el año 2014, las emisiones de GEI por la producción de zinc en el estado de Jalisco fueron 9.05 GgCO₂.

USO DE PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y USO DE SOLVENTES (2D)

USO DE LUBRICANTES (2D1)

El principal uso de los lubricantes es en las aplicaciones industriales y transporte, dichos lubricantes son producidos en refinerías y en plantas petroquímicas por separación del petróleo crudo.

Los usos se dividen en: aceites que se utilizan principalmente en motores y en usos industriales y grasas en aplicaciones comerciales.

El cálculo de emisiones de GEI en la categoría de uso de lubricantes, difiere un poco a la forma usual del cálculo de emisiones del Sector Industrial, pues se necesitan diferentes datos, por ejemplo, la información necesaria para el cálculo de las emisiones de CO₂ sobre los lubricantes se requiere en TJ (Terajoules), información sobre su composición, el contenido de carbono del lubricante y el factor ODU (Oxidised During Use o su grado de oxidación por su uso).

Se utilizó la Ecuación 15. Lubricantes para calcular las emisiones de CO₂ utilizando el método establecido por el IPCC 2006, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en el cual se hace un cálculo con parámetros por defecto como son la composición de los aceites y grasas, así como el contenido de carbono de cada lubricante (en TJ). Esta selección se debió a que se tenía datos a nivel de planta sobre qué tipo de lubricante se utilizó (Aceites y Grasas).

Para calcular las emisiones de CO₂ a partir de la cantidad total de lubricantes que se pierde durante el uso, se supone que éstos se queman por completo y las emisiones se declaran directamente como emisiones de CO₂.

Ecuación 15. Lubricantes

$$CO_2 \text{ Emisiones} = \sum_i (LC_i \cdot CC_i \cdot ODU_i) \cdot \frac{44}{12}$$

Donde:

CO_2 Emisiones = emisiones de CO_2 generadas por los lubricantes

LC_i = consumo de lubricante de tipo i

CC_i = contenido de carbono del lubricante i

ODU_i = factor ODU (del inglés, Oxidised During Use) del lubricante i

$44/12$ = cociente de masa del CO_2/C

El valor por defecto del contenido de carbono es 20 tC/TJ

Los factores ODU utilizados para el cálculo de las emisiones de CO_2 fueron los siguientes:

Tabla 41. Fracciones de oxidación por defecto para aceites lubricantes, grasas y lubricantes en general.

Lubricante / tipo de uso	Fracción por defecto en el total de lubricantes (%)	Factor ODU
Aceite lubricante (aceite para motores / aceites industriales)	90	0.2
Grasas	10	0.05
Valor por defecto del IPCC para el total de lubricantes		0.2
* Suponiendo un consumo de aceites lubricantes del 90 por ciento y un consumo de grasas del 10 por ciento y redondeando a una cifra decimal significativa.		

Fuente: Directrices del IPCC 2006

La siguiente tabla expresa los cálculos para las emisiones CO_2 liberadas por el uso de lubricantes:

Tabla 42. Emisiones de CO_2 de lubricantes y grasas en Jalisco en 2014.

Sector	Procesos Industriales y Uso de Productos				
Categoría	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes - Uso de Lubricantes				
Código	2D1				
	A	B	C	D	E

Tipo de Lubricante	Cantidad de Lubricante consumido	Contenido de Carbono del Lubricante	Fracción oxidada durante el uso (Factor ODU)	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂
	(TJ)	(toneladas-C/TJ)	(fracción)	(toneladas de CO ₂)	(GgCO ₂)
				$D = A * B * C * \frac{44}{12}$	$E = D/10^3$
Aceite lubricante	279.41	20	0.20	4,098.08	4.10
Grasa lubricante	67.30	20	0.05	246.77	0.25
Total					4.34

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

En el año 2014, las emisiones por el uso de lubricantes fueron de 4.34 GgCO₂.

USO DE CERAS PARAFINAS (2D2)

Las emisiones del uso de las ceras parafinas se liberan gracias a la quema/incineración de éstas para sus diferentes usos. Las ceras parafinas se obtienen durante la separación del petróleo crudo en la producción de aceites lubricantes. Estas se incluyen en productos como vaselina, cera de parafina, ozocerita, entre otras.

Para el estado de Jalisco, se utilizó la información reportada en la COA 2014. El cálculo de las emisiones de CO₂ liberadas se realizó utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 16. Ceras

$$CO_2Emisiones = PW \cdot CC_{Cera} \cdot ODU_{Cera} \cdot \frac{44}{12}$$

Donde:

CO_2 Emisiones = emisiones de CO_2 generadas por las ceras

PW = consumo total de ceras

CC_{Cera} = contenido de carbono de las ceras de parafina

ODU_{Cera} = factor ODU de la cera de parafina

$44/12$ = cociente de masa del CO_2/C .

Citando a las guías del IPCC 2006, el factor ODU para el uso de las ceras parafinas se puede suponer que se encuentra en un 20 por ciento, principalmente a través de la quema de velas, lo cual significa un factor ODU por defecto de 0.2.

El valor del contenido de carbono por los lubricantes se obtuvo en el Volumen 2 (Capítulo 1, tabla 1.3):

Tabla 43. Contenido por defecto de carbono en parafinas.

Tipo de Combustible	Valor por defecto del contenido de carbono (kg/GJ)	Inferior	Superior
Ceras Parafinas	20.0	19.7	20.3

Fuente: Directrices del IPCC 2006

Para el cálculo de las emisiones se utilizó un factor ODU por defecto de 0.2 dado a que no se tiene un factor ODU específico del país y lo mismo sucede con el contenido de carbono, pues no se tiene uno específico del país.

La siguiente tabla expresa los cálculos para las emisiones CO_2 liberadas por el uso de ceras parafinas:

Tabla 44. Emisiones de CO_2 debido al uso de ceras parafinas en Jalisco en 2014.

Sector	Procesos Industriales y Uso de Productos
Categoría	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes - Uso de Ceras a Parafinas
Código	2D2

A	B	C	D	E
Cantidad de Ceras Parafinas Consumidas	Contenido de Carbono de las Ceras Parafinas	Fracción oxidada durante el uso (Factor ODU)	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂
(TJ)	(toneladas-C/TJ)	(fracción)	(toneladas CO ₂)	(GgCO ₂)
			$D = A * B * C * \frac{44}{12}$	$E = D/10^3$
124.33	20	0.20	1,823.48	1.82
Total				1.82

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Las emisiones por el uso de ceras parafinas, en el estado de Jalisco fueron 1.82 GgCO₂ para el año 2014.

EMISIONES DE LOS SUSTITUTOS FLUORADOS PARA LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO (2F)

REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO (2F1)

Para la estimación de las emisiones por refrigeración y aire acondicionado se utilizan las siguientes ecuaciones.

Ecuación 17. Resumen de las fuentes de emisión

$$E_{total,t} = E_{contenedores,t} + E_{carga,t} + E_{vida\ útil,t} + E_{fin\ de\ vida\ útil,t}$$

Donde:

$E_{contenedores,t}$ = emisiones relacionadas con la gestión de contenedores refrigerados

$E_{carga,t}$ = emisiones relacionadas con la carga de refrigerante: conexión y desconexión del contenedor refrigerado y del equipo nuevo a ser cargado.

$E_{\text{vida útil},t}$ = emisiones anuales desde los bancos de refrigerantes asociados con las seis sub-aplicaciones durante la operación (emisiones fugitivas y rupturas) y el mantenimiento.

$E_{\text{fin de vida útil},t}$ = emisiones durante la eliminación del sistema

Ecuación 18. Fuentes de emisiones de la gestión de los contenedores

$$E_{\text{contenedores},t} = RM_t * c/100$$

Donde:

$E_{\text{contenedores},t}$ = emisiones desde todos los contenedores de HFC en el año t , kg.

RM_t = mercado de los HFC para los equipos nuevos y el mantenimiento de todas las aplicaciones de refrigeración en el año t , kg.

c = factor de emisión de la gestión de los contenedores de HFC del mercado actual de los refrigerantes, porcentaje

Ecuación 19. Fuentes de emisiones durante la carga de equipos nuevos

$$E_{\text{carga},t} = M_t * k/100$$

Donde:

$E_{\text{carga},t}$ = emisiones producidas durante la fabricación/el ensamblado del sistema en el año t , kg.

M_t = cantidad de HFC cargado en los equipos nuevos en el año t (por sub-aplicación), kg.

k = factor de emisión de las pérdidas de HFC cargado en los equipos nuevos durante el ensamblado (por sub-aplicación), porcentaje

Ecuación 20. Fuentes de emision e durante la vida útil de los equipos

$$E_{\text{vida útil},t} = B_t * x/100$$

Donde:

$E_{\text{vida útil}, t}$ = cantidad de HFC emitido durante la operación del sistema en el año t , kg.

B_t = cantidad de HFC confinado en bancos de equipos existentes en el año t (por sub-aplicación), kg.

x = índice de emisión anual (es decir, factor de emisión) de HFC de cada banco de sub-aplicación durante el tiempo de operación que da cuenta de fugas y emisiones anuales promedio durante el mantenimiento, porcentaje

Ecuación 21. Emisiones al fin de la vida útil del sistema

$$E_{\text{fin de vida útil}, t} = M_{t-d} * p/100 * (1 - \eta_{\text{rec},d}/100)$$

Donde:

$E_{\text{fin de vida útil}, t}$ = cantidad de HFC emitido en el momento de la eliminación del sistema en el año t , kg.

M_{t-d} = cantidad de HFC cargada inicialmente en los sistemas nuevos instalados en el año $(t-d)$, kg.

p = carga residual de HFC en el equipo que se está eliminando, expresada en porcentaje de la carga total, porcentaje

$\eta_{\text{rec},d}$ = eficiencia de recuperación en el momento de la eliminación, que corresponde al cociente entre el HFC recuperado y el HFC confinado en el sistema, porcentaje.

Al estimar la cantidad de refrigerante (M_{t-d}) cargada inicialmente en los sistemas, deben tomarse en cuenta todos los sistemas cargados en el país (para el mercado nacional) y los sistemas importados precargados.

Los factores de emisión son:

Tabla 45. Estimaciones para la carga, vida útil y factores de emisión en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

Sub-aplicación	Carga (kg.)	Vida útil (años) ²	Factores de emisión (% de la carga inicial/año) ³		Emisión de fin de vida útil (%)	
			(k)	(x)	($\eta_{rec,d}$)	(p)
Factor de la Ecuación	(M)	(d)	Emisión inicial	Emisión durante la operación	Eficiencia de recuperación ⁴	Resto de la carga inicial
Refrigeración doméstica	$0,05 \leq M \leq 0,5$	$12 \leq d \leq 20$	$0,2 \leq k \leq 1$	$0,1 \leq x \leq 0,5$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 80$
Aplicaciones comerciales autónomas	$0,2 \leq M \leq 6$	$10 \leq d \leq 15$	$0,5 \leq k \leq 3$	$1 \leq x \leq 15$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 80$
Refrigeración comercial mediana y grande	$50 \leq M \leq 2000$	$7 \leq d \leq 15$	$0,5 \leq k \leq 3$	$10 \leq x \leq 35$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$50 < p < 100$
Transporte refrigerado	$3 \leq M \leq 8$	$6 \leq d \leq 9$	$0,2 \leq k \leq 1$	$15 \leq x \leq 50$	$0 < \eta_{rec,d} < 70$	$0 < p < 50$
Refrigeración industrial incluido el Procesamiento de alimentos y almacenamiento a baja temperatura	$10 \leq M \leq 10000$	$15 \leq d \leq 30$	$0,5 \leq k \leq 3$	$7 \leq x \leq 25$	$0 < \eta_{rec,d} < 90$	$50 < p < 100$
Congeladores	$10 \leq M \leq 2000$	$15 \leq d \leq 30$	$0,2 \leq k \leq 1$	$2 \leq x \leq 15$	$0 < \eta_{rec,d} < 95$	$80 < p < 100$
Aire acondicionado residencial y comercial, incluidas las bombas térmicas	$0,5 \leq M \leq 100$	$10 \leq d \leq 20$	$0,2 \leq k \leq 1$	$1 \leq x \leq 10$	$0 < \eta_{rec,d} < 80$	$0 < p < 80$
Aire acondicionado móvil	$0,5 \leq M \leq 1,5$	$9 \leq d \leq 16$	$0,2 \leq k \leq 0,5$	$10 \leq x \leq 205$	$0 < \eta_{rec,d} < 50$	$0 < p < 50$

¹ Sobre la base de la información contenida en *UNEP RTOC Reports* (UNEP-RTOC, 1999; UNEP-RTOC, 2003)

2, 3 Valor inferior para los países desarrollados y valor superior para los países en desarrollo
 4 El umbral inferior (0%) destaca el hecho de que en algunos países no hay recuperación.
 5 Schwarz y Harnisch (2003) estiman índices de fugas del 5,3% al 10,6%; estos índices se aplican sólo a los acondicionadores de aire móviles de segunda generación instalados en los modelos europeos a partir de 1996.

Fuente: Directrices del IPCC 2006.

De acuerdo a la información reportada en la COA 2014 sobre la recarga de los refrigerantes, se muestran en la siguiente tabla los cálculos para las emisiones en el estado de Jalisco.

Tabla 46. Emisiones de CO₂e por la recarga de refrigerantes en aire acondicionado y refrigeración en Jalisco en 2014.

Tipo de equipo	Gas	A	B	C	D	E	D
				$C = A * B$		$E = C * D$	$D = E / 1000000$
		Kg de Gas	Fracción	Emisión kg de Gas	GWP	kgCO ₂ e	GgCO ₂ e
Refrigeración doméstica	R134a	43.00	0.005	0.215	1,300.00	279.50	0.00
	R410A	8.00	0.005	0.040	1,923.50	76.94	0.00
Aplicaciones comerciales autónomas	R404A	0.30	0.150	0.045	3,942.80	177.43	0.00
Refrigeración comercial mediana y grande	R134a	0.16	0.350	0.056	1,300.00	72.80	0.00
	R404A	200.00	0.350	70.000	3,942.80	275,996.00	0.28
Refrigeración industrial incluido el Procesamiento de alimentos y almacenamiento	R125	55.03	0.250	13.758	3,170.00	43,611.28	0.04
	R134a	3,608.00	0.250	902.000	1,300.00	1,172,600.00	1.17
	R141b	34.00	0.250	8.500	782.00	6,647.00	0.01
	R143a	65.04	0.250	16.260	4,800.00	78,048.00	0.08
	R22	2,681.60	0.250	670.400	1,760.00	1,179,904.00	1.18
	R401A	1.00	0.250	0.250	1,129.92	282.48	0.00

a baja temperatura	R404A	476.45	0.250	119.113	3,942.80	469,636.77	0.47
	R407A	459.66	0.250	114.915	1,923.40	221,027.51	0.22
	R410A	271.50	0.250	67.875	1,923.50	130,557.56	0.13
Aire acondicionado residencial y comercial, incluidas las bombas térmicas	HFE125	2.10	0.100	0.210	12,400.00	2,604.00	0.00
	HFE134	40.00	0.100	4.000	5,560.00	22,240.00	0.02
	R11	1.00	0.100	0.100	4,660.00	466.00	0.00
	R124	312.08	0.100	31.208	527.00	16,446.62	0.02
	R125	441.85	0.100	44.185	3,170.00	140,066.45	0.14
	R134	119,423.57	0.100	11,942.357	1,120.00	13,375,439.84	13.38
	R134a	629.51	0.100	62.951	1,300.00	81,836.30	0.08
	R141b	35,088.00	0.100	3,508.800	782.00	2,743,881.60	2.74
	R22	48,797.43	0.100	4,879.743	1,760.00	8,588,347.68	8.59
	R32	68.45	0.100	6.845	677.00	4,634.07	0.00
	R404A	197.60	0.100	19.760	3,942.80	77,909.73	0.08
	R407A	256.40	0.100	25.640	1,923.40	49,315.98	0.05
	R410A	205.46	0.100	20.546	1,923.50	39,520.23	0.04
	R411B	1.00	0.100	0.100	1,658.59	165.86	0.00
	R507A	26.00	0.100	2.600	3,985.00	10,361.00	0.01
R508B	9.00	0.100	0.900	11,698.00	10,528.20	0.01	
Aire acondicionado móvil	R134a	279,809.30	0.200	55,961.860	1,300.00	72,750,418.00	72.75
Total						101,493,098.80	101.49

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Las emisiones por el uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono en refrigeración y aire acondicionado en el año 2014 fueron 101.49 GgCO_{2e}.

AGENTES ESPUMANTES (2F2)

Para la estimación de las emisiones por agentes espumantes se eligió el método Espuma de celdas abiertas.

Espuma de celdas abiertas: Dado que los HFC utilizados para soplar las espumas de celdas abiertas son liberados inmediatamente, en casi todos los casos las emisiones ocurrirán en el país de fabricación. Las emisiones se calculan según la ecuación siguiente:

Ecuación 22. Método de cálculo genérico para las emisiones provenientes de las espumas de celdas abiertas

$$\text{Emisiones}_t = M_t$$

Donde:

Emisiones_t = emisiones de las espumas de celdas abierta en el año t , expresadas en toneladas

M_t = total de HFC utilizado en la fabricación de espumas de celdas abierta nuevas en el año t , expresadas en toneladas.

De acuerdo a la COA 2014, los compuestos fluorados se usan en la fabricación de espumas y se muestran en la siguiente tabla los cálculos para las emisiones en el estado de Jalisco.

Tabla 47. Emisiones de CO₂e por los agentes espumantes en Jalisco.

Tipo de equipo	Gas	A	B	C	D
				C = A * B	D = C/1000000
		Kg de Gas	GWP	kgCO ₂ e	GgCO ₂ e
Espumas	R-507	1.00	3,985.00	3,985.00	0.00
	R-32	1.00	677.00	677.00	0.00
	R-141b	35,385.95	782.00	27,671,812.90	27.67
Total				27,676,474.90	27.68

Fuente: Elaboración propia con datos de la COA 2014 y las Directrices del IPCC 2006.

Las emisiones por el uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono en los agentes espumantes en el año 2014 fueron 27.68 GgCO₂e.

INCERTIDUMBRE

Tabla 48. Incertidumbre de la categoría Desechos.

Categorías IPCC 2006	Gas	Emisiones Año base (2014) (Gg CO2 equivalente)	Incertidumbre de los Datos de Actividad (%)	Incertidumbre del Factor de Emisión (%)	Incertidumbre Combinada (%)
2 - Procesos Industriales					
2.A.1 - Producción de cemento	CO2	1,212.744	2	2	2.828
2.A.2 - Producción de cal	CO2	513.971	2	8	8.246
2.A.3 - Producción de vidrio	CO2	19.283	2	10	10.198
2.A.4 - Otros usos de los carbonatos en los procesos	CO2	142.217	2	5	5.385
2.C.1 - Producción de hierro y acero	CO2	108.199	10	25	26.926
2.C.5 - Producción de plomo	CO2	2.753	10	20	22.361
2.C.6 - Producción de zinc	CO2	9.054	10	20	22.361
2.D - Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	CO2	6.168	5	50	50.249
2.F - Usos de productos como sustitutos de las SAO	HFC	0.114	5	50	50.249

Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC

La estimación de las emisiones de GEI en el estado de Jalisco se basa en el uso de las guía metodológica para Agricultura, Bosques y Otros Usos de Suelo (*Agriculture, Forestry and Other Land Use*, AFOLU) publicada por IPCC (2006) para la parte agropecuaria y la Guía de Buenas Prácticas IPCC (2003) en la sección correspondiente a Uso de Suelo, Cambio de uso de Suelo y Silvicultura las cuales fueron utilizadas en la elaboración del Primer Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC (INECC, 2015) por lo que se utilizan aquí para guardar la consistencia metodológica con los esfuerzos nacionales. Es importante reconocer que ambas metodologías toman en cuenta los procesos que ocurren relacionados con el manejo territorial, cambios de uso de suelo y producción agropecuaria de una forma sistemática mucho más completa que las guías anteriores (i.e. IPCC, 1996). Para fines prácticos a lo largo del documento se identifica esta sección como capítulo de AFOLU, en el contexto de las guías más recientes (salvo que se incluya una nota metodológica específica) y describe los principales procesos de emisión de GEI y captura de carbono por actividades agrícolas, ganaderas y cambio de uso de suelo, así como el almacenamiento de carbono en reservorios.

La Tabla siguiente se muestra un resumen de los resultados obtenidos de las emisiones del capítulo AFOLU. Las emisiones anuales para el 2014 el cual se considera como base son de 5,465.13 Gg CO₂e. El 65% de las emisiones corresponden al rubro de ganadería mientras que las emisiones asociadas a las fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ tierra son de 26% y las de la tierra representan otro 8.4%.

Tabla 49. Emisiones de AFOLU en Jalisco en 2014.

Categorías	Emisiones (Gg)			Emisiones (Gg CO ₂ e)			Emisiones (Gg CO ₂ e)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
3 - Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra	629.39	95.95	8.11	629.39	2,686.48	2,149.27	5,465.13
3.A - Ganadería	0.00	91.52	3.81	0.00	2,562.66	1,008.35	3,571.01
3.A.1 - Fermentación entérica		80.10			2,242.74		2,242.74
3.A.2 - Gestión del estiércol		11.43	3.81		319.92	1,008.35	1,328.27
3.B - Tierra	457.12	0.00	0.00	457.12	0.00	0.00	457.12
3.B.1 - Tierras forestales	14.97			14.97			14.97
3.B.2 - Tierras de cultivo	203.33			203.33			203.33
3.B.3 - Pastizales	197.65			197.65			197.65
3.B.4 - Humedales	NE		NE	NE		NE	0.00

3.B.5 - Asentamientos	40.31			40.31			40.31
3.B.6 - Otras tierras	0.86			0.86			0.86
3.C - Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra	172.27	4.42	4.31	172.27	123.81	1,140.92	1,437.00
3.C.1 - Emisiones de la quema de biomasa	172.27	0.55	0.02	172.27	15.36	6.41	194.03
3.C.2 - Encalado	NE			NE			0.00
3.C.3 - Aplicación de Urea	NE			NE			0.00
3.C.4 - Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados			2.05			544.34	544.34
3.C.5 - Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados			1.05			278.29	278.29
3.C.6 - Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol			1.18			311.88	311.88
3.C.7 - Cultivo de arroz		3.87			108.46		108.46
3.C.8 - Otros		NE	NE		NE	NE	0.00
3.D - Otros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.D.1 - Productos de madera recolectada	0.00			0.00			0.00
3.D.2 - Otros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC, CONAFOR y Semarnat.

DATOS DE ACTIVIDAD

GANADERÍA (3A)

Las actividades de ganadería pueden resultar en procesos de emisión de CH₄ por el proceso de fermentación entérica, así como CH₄ y N₂O durante el manejo del estiércol. La fermentación entérica forma parte del sistema digestivo de los rumiantes en el cual los microorganismos del sistema digestivo desdoblan los carbohidratos en moléculas simples para su absorción en su sistema. Los procesos de fermentación entérica dependen del tracto del sistema digestivo de los animales y de la cantidad de alimento que recibe. De acuerdo con IPCC (2006), entre mayor sea la cantidad de alimento y, dependiendo de su composición, serán mayores las emisiones de CH₄. Por otro lado, las emisiones asociadas al manejo del estiércol varían significativamente de acuerdo al tipo de tratamiento que recibe. El factor principal de generación de CH₄ y de N₂O, es función de la cantidad de residuos que se descomponga en condiciones anaeróbicas y del tipo de gestión que reciba el estiércol (i.e. manejo como líquido/fango, en corral o deposición en pastizales). La generación de GEI

además varía de acuerdo a las tasas de excreción. De acuerdo con IPCC (2006), cuando el sistema de tratamiento es líquido, se da a lugar una producción mayor de CH₄ y una alta volatilización de compuestos nitrogenados. La metodología de cálculo que describe el IPCC (2006) toma en consideración la cantidad de animales por tipo de ganado. Las estimaciones se realizan desagregando la población animal por y por el tipo de tratamiento que recibe el estiércol.

FERMENTACIÓN ENTÉRICA (3A1)

Las poblaciones ganaderas en Jalisco para el año 2014 se obtienen a través del Inventario Ganadero la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Jalisco (OEIDRUS) de la SAGARPA, la cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 50. Población ganadera por especie en Jalisco en el año 2014 (fuente OEIDRUS, 2017).

Tipo de Ganado	Población (Cabezas)
Bovino para carne	2,413,874
Bovino lechero	995,298
Ovino	193,582
Caprino	200,358
Porcino	6,830,868
Ave para carne	22,042,833
Ave ponedora	80,352,803

Fuente: OEIDRUS Jalisco – SIAP

La Tabla siguiente muestra los valores de los factores de emisión utilizados para estimar las emisiones por este proceso.

Tabla 51. Factores de emisión por fermentación entérica y CH₄ por manejo de estiércol.

Tipo de categoría	Factor de emisión por fermentación entérica (kg CO _{2e} /cabeza-año)	Factor de emisión CH ₄ por estiércol (kg CO _{2e} /cabeza-año)	Fuente
Bovino para carne	1480	60	IPCC (2006)
Bovino para leche	3380	60	IPCC (2006)
Ovino	140	7.8	IPCC (2006)
Caprino	140	5.6	IPCC (2006)
Porcino	28	440	IPCC (2006)
Avícola	0.0044	0.56	Huang (2005); IPCC (2006)

Fuente: IPCC 2006

GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL (3A2)

No se cuenta con información estadística del tipo de manejo que recibe el estiércol de diferentes tipos de ganado a nivel estatal. Por este motivo se utiliza la información de la población ganadera y se hacen las siguientes suposiciones referentes al manejo de estiércol de acuerdo con las guías del IPCC. Para la estimación de las emisiones directas de N₂O se considera manejo de estiércol vacuno en pastizales, porcino en fango y las categorías de ovino, caprino y avícola en corral, de acuerdo a lo descrito en la sección “Emisiones Resultantes de la Gestión del Ganado y Estiércol”, sección 10.5 del IPCC (2006). Para estimar las emisiones indirectas de óxido nitroso es necesario especificar el tipo de manejo que recibe el estiércol de cada tipo de ganado. Para ganado vacuno se considera que el estiércol queda depositado en pastizales, lo cual corresponde de acuerdo a las especificaciones del IPCC (2006) a la región de América Latina (ver Tablas 10A4 a 10A9 de guías IPCC 2006). Por otro lado, se considera que el manejo del estiércol de ganado porcino es completamente en sistemas líquido/fango y el manejo del estiércol ovino, caprino y avícola es gestionado en corrales. El cálculo de emisiones de GEI se elabora en función de la cantidad de cabezas en pie, masa típica de cada categoría y valores por defecto del IPCC (2006).

TIERRA (3B)

De acuerdo a lo establecido en las GBP 2003, y lo publicado en el BUR, se reportan cinco de las seis categorías de uso de suelo. Como se puede observar en el Tabla 52, para tierras forestales y praderas los depósitos que no son reportados corresponden a suelos orgánicos. Para agricultura no se incluyeron los suelos orgánicos debido a que no se cuenta con información nacional sobre estos depósitos. Humedales es la única categoría de la que no se realizó ninguna estimación. Para asentamientos, no se cuentan con bases de datos nacionales ni del estado de Jalisco, sobre el arbolado urbano por lo que únicamente se hicieron las emisiones para otros usos de tierra que pasan a asentamientos, específicamente tierras forestales y praderas. Finalmente, para la categoría Otras Tierras únicamente se calculó suelos y biomasa para otros usos de la tierra que pasan a Otras tierras, en específico tierras forestales y pastizales.

Tabla 52. Categorías y depósitos considerados en el presente informe.

Categorías	Depósito	Nivel de Detalle	Justificación
Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales	Biomasa viva	2	Se utilizan datos de actividad y factores de emisión nacionales; para los factores de emisión se utiliza el método de ganancia y pérdida de biomasa.

Categorías	Depósito	Nivel de Detalle	Justificación
	Biomasa muerta/ detritus	1	Por defecto se asume que la variación de las reservas de carbono en materia orgánica muerta y detritus no es significativa y se considera nula, ya que las aportaciones compensan a las pérdidas y el valor de esos depósitos se consideran constantes a lo largo del tiempo.
	Suelos minerales	2	Se utilizan valores específicos del país, referentes a las reservas de carbono, obtenidos a través de trabajo de campo.
	Suelos orgánicos	No estimado	No se cuentan con datos de superficie, ni factores de emisión relativos a este tipo de suelos.
	Incendios	1	Se calculan los incendios con base en la información entregada que solo considera los datos de 2014.
Tierras convertidas a Praderas	Biomasa viva	2	Se utilizan datos de actividad y factores de emisión nacionales; para los factores de emisión se utiliza el método de ganancia y pérdida de biomasa.
	Suelos minerales	2	Se utilizan valores específicos del país, referentes a las reservas de carbono.
	Suelos orgánicos	No estimado	No se cuentan con datos de superficie, ni factores de emisión relativos a este tipo de suelos.
Tierras convertidas en Tierras Agrícolas	Biomasa viva	2	Se utilizan valores específicos del país para las reservas de carbono inmediatamente antes de la conversión. Los demás valores por defecto
	Suelos minerales	2	Se utilizan valores específicos del país, referentes a las reservas de carbono.
	Suelos orgánicos	No estimado	No se cuentan con datos de superficie, ni factores de emisión relativos a este tipo de suelos.
Tierras convertidas a Asentamientos	Biomasa viva	2	Se utilizan valores específicos del país para las reservas de carbono inmediatamente antes de la conversión. Los demás valores por defecto
Tierras convertidas a Otras Tierras	Biomasa viva	2	Se utilizan valores específicos del país para las reservas de carbono inmediatamente antes de la conversión. Los demás valores por defecto
	Suelos minerales	2	Se utilizan valores específicos del país, referentes a las reservas de carbono.

Fuente: INECC 2015, y CONAFOR 2016 y adaptado para este informe.

La serie temporal utilizada para la elaboración del Inventario Estatal de Emisiones de GEI (IEEGEI) para Jalisco, en esta categoría es de 1990 al 2012. Tomando en cuenta que el año 2014 es el año base para la elaboración de este inventario, sin embargo, los insumos para datos de actividad cubren solamente hasta el año 2012 por lo que los resultados se extrapolaron hasta el 2014.

REPRESENTACIÓN COHERENTE DE TIERRAS

Para la elaboración del inventario de GEI se utilizó como base los datos de actividad utilizados en el BUR 2015 pero adaptados al estado de Jalisco, es decir, se siguieron los protocolos y guías para la obtención de los datos de actividad utilizando el límite estatal utilizado por el Gobierno del Estado. Utilizando la información de la CONAFOR se utilizó la tabla de equivalencia de las categorías de uso de suelo con respecto a las series de INEGI, misma que se utilizó para definir las clases que se encuentran en el territorio del estado de Jalisco; estas clases son consistente con aquellas incluidas en el BUR.

Las GBP (2003), ofrecen dentro del capítulo 2 una serie de recomendaciones para la estimación de la superficie, que buscan reducir en medida de lo posible las duplicaciones y omisiones en las áreas de tierra sobre las que se informa; teniendo los siguientes principios:

1. Deben ser adecuados, permitiendo representar las variaciones en el carbono almacenado y en las emisiones y absorciones de GEI y sus relaciones con el uso de la tierra.
2. Deben ser coherentes, representando la gestión y el cambio de uso de la tierra de forma coherente en el tiempo.
3. Deben ser completos, lo que implica que se incluyan todas las superficies de área de la tierra de un país.
4. Deben ser transparentes, es decir se describen claramente las fuentes, definiciones metodologías y supuestos.

Para establecer los datos de actividad y las estimaciones de emisiones de gases de efecto invernadero del sector USCUSS se consideraron los siguientes pasos generales, primero se establecieron las clases de cobertura vegetal que se usan para cada una de las categorías del IPCC; el segundo paso fue obtener las matrices de cambio de uso de suelo con base en los mapas de series de vegetación que ha elaborado el INEGI, y que son los datos de vegetación y usos del suelo del país.

La representación coherente de las tierras es una parte fundamental en el proceso del inventario, para la elaboración del BUR del 2015 se desarrolló un sistema nacional, el cual se utilizó y adaptó para el estado de Jalisco, haciendo esta clasificación de tierras aplicable a las seis categorías de uso de la tierra (tierras forestales, tierras agrícolas, praderas, humedales, otras tierras y asentamientos).

Para hacer la clasificación de las clases de cobertura de la Tierra se siguió el protocolo de Representación coherente de las Tierras utilizado en el BUR 2015 (INECC 2015), el cual trabaja con las series II, III, IV y V del INEGI a escala 1: 250 000, información que es de carácter oficial y que es la base para la definición de la ubicación de los sitios del Inventario Nacional Forestal y de Suelos a cargo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) – elemento base para el desarrollo de factores de emisión nacionales-.

Uno de los elementos clave que el IPCC recomienda en sus Guías de las Buenas Prácticas, es que la información que se use cubra la totalidad del territorio a trabajar y tenga coherencia temporal –ya que se requieren estimaciones para una serie temporal de al menos 20 años-; por lo que podemos señalar que la información publicada por el INEGI, cumple con estas condiciones, pues tiene representada la totalidad del territorio nacional y se han realizado cinco series desde 1985 (serie I) hasta 2013 (serie V). Para la elaboración de este inventario, al igual que el nacional, se utilizaron únicamente de serie II a serie V (Tabla 53).

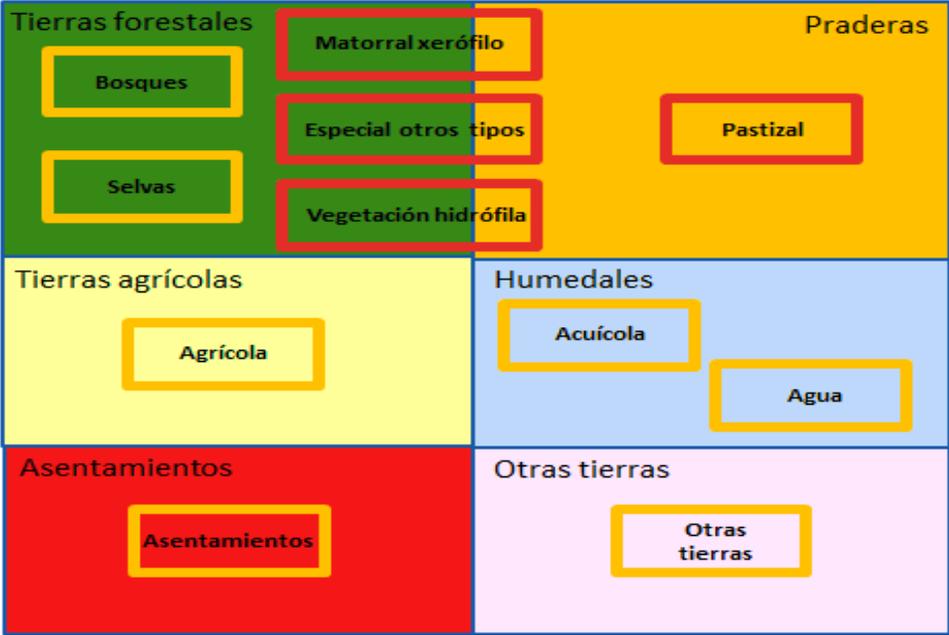
Tabla 53. Comparación de métodos e insumos utilizados para la cartografía 1:250,000 de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Series I a V

	SERIE I	SERIE II	SERIE III	SERIE IV	SERIE V
Fecha de referencia editorial	80's	90's	2002-2005	2007-2010	2011-2014
Fecha de datos de campo	(1986) 1971-1986	1993 -1998	2002-2003	2007-2008	2012-2013
Escala	1:250,000	1:250,000	1:250,000	1:250,000	1:250,000
Resolución	Grano de emulsión/escala de vuelo	Pixel de 50m de origen, interpretación sobre imagen impresa escala 1: 250,000	Pixel de 27.5m	Pixel de 10m	Pixel de 27.5m
Datos	Fotografías Aéreas	Espacio mapas Impresos	LANDSAT TM (30m)	SPOT 5 (10m)	LANDSAT TM (30m)
Metodología	Tecnología analógica	Tecnología analógica	Tecnología digital	Tecnología digital	Tecnología Digital
Información	Analógica	5 capas	14 capas	13 capas	14 capas

Fuente: INECC (BUR 2015)

La figura mostrada a continuación muestra la correspondencia entre las diferentes clases de uso de suelo y vegetación de INEGI y las seis categorías de uso de suelo definidas por el IPCC; esta es la clasificación propuesta por México como parte del BUR y la cual se adopta para la elaboración del inventario de emisiones de GEI y captura de carbono en el estado de Jalisco.

Figura 3. Representación gráfica de la propuesta de agrupación de las clases de uso de suelo y vegetación del INEGI de acuerdo a las categorías de USCUS



Fuente: INECC (BUR 2015)

FUENTES AGREGADAS Y FUENTES DE EMISIÓN NO CO2 EN LA TIERRA (3C)

EMISIONES DE LA QUEMA DE BIOMASA (3C1)

Esta forma de reporte no incluye los incendios que ocurrieron y no fueron combatidos, por lo que puede generarse una subestimación de este tipo de perturbación. Para realizar la cuantificación del combustible disponible o masa disponible se utiliza el concepto de “cama de combustible” que es una unidad de material vegetativo que representa uno o varios ambientes de combustión; para los incendios superficiales los estratos que la conforman son: el horizonte de fermentación, hojas superficiales, material leñoso caído, vegetación de baja altura (estrato herbáceo) y arbustos, (INECC, 2015).

Tabla 54. Incendios registrados en Jalisco de 2014

Tierras Forestales	Clasificación Incendios	2014
Bosque de Coníferas Primario	Adaptado	75.6
Bosque de Coníferas Secundario	Adaptado	437.8
Bosque de Coníferas herbáceo	Adaptado	-
Bosque de Encino primario	Adaptado	182.8
Bosque de Encino secundario	Adaptado	1,176.70
Bosque de encino herbáceo	Adaptado	0.3
Especial Otros tipos leñoso Primario	Adaptado	0.1
Especial Otros tipos leñoso Secundario	Adaptado	1.4
Bosque Mesófilo de Montaña Primario	Sensible	140.4
Bosque Mesófilo de Montaña Secundario	Sensible	15.1
Bosque Mesófilo de Montaña herbáceo	Sensible	-
Selva Perennifolia Primario	Sensible	-
Selva Perennifolia Secundario	Sensible	-
Selva Perennifolia herbáceo	Sensible	-
Selva Subcaducifolia Primario	Sensible	26.5
Selva Subcaducifolia Secundario	Sensible	315.8
Selva Subcaducifolia herbáceo	Sensible	-
Selva Caducifolia Primario	Sensible	500.4
Selva Caducifolia Secundario	Sensible	1,867.20
Selva Caducifolia herbáceo	Sensible	0.5
Matorral Xerófilo leñoso Primario	Independiente	-
Matorral Xerófilo leñoso Secundario	Independiente	-
TOTAL		4740.53

Fuente: CONAFOR

AGRICULTURA

La estimación de emisiones y absorción de carbono se realizó a partir de la búsqueda de información de los datos de actividad disponibles a nivel estatal y los factores de emisión por defecto publicados por el IPCC (2006) o producto de estudios nacionales o estudios específicos lo cual permite realizar estimaciones con un nivel de detalle 1 o 2. El cálculo de las emisiones se realiza primero para cada GEI (CO₂, N₂O o CH₄) y posteriormente se realiza la estimación a CO₂e en función a su Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés).

La superficie sembrada incluye la información de los cultivos perennes y de temporal. Dependiendo del tipo de cultivo y paquete tecnológico se puede estimar la cantidad de fertilizantes utilizada. La tabla siguiente muestra información desagregada para cultivos seleccionados para el año 2014.

Tabla 55. Cultivos seleccionados para el estado de Jalisco, año base 2014, superficie sembrada y producción.

Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Producción (Toneladas)
Maiz Grano	543,640.60	3,472,284.51
Maiz Forrajero	187,869.21	4,205,793.09
Sorgo Grano	47,667.15	295,730.10
Trigo Grano	23,510.88	132,450.81
Frijol	15,189.61	10,220.92
Sorgo Forrajero Verde	11,431.87	235,820.18
Cebada Forrajera en Verde	4,565.11	73,670.08
Arroz Palay	3,166.00	18,546.80
Maiz Grano Semilla	2,916.13	25,018.33
Cebada Grano	921.88	4,787.14
Trigo Forrajero Verde	250.00	5,000.00
Soya	1.00	1.25
Caña de Azucar	81,715.20	7,541,028.88
Caña de Azucar Semilla	1,555.50	156,961.95
Agave	76,181.76	1,779,310.74
Aguacate	14,976.00	100,250.33
Blueberry	835.00	7,834.07
Zarzamora	364.50	4,529.35
Frambuesa	1,538.95	22,261.34
Pastos y Forrajes	442,472.66	17,244,077.21
Otros Cultivos	129,609.80	2,777,720.58
Total	1,590,378.81	38,113,297.66

Fuente: OEIDRUS Jalisco - SIAP, con información de la Delegación Estatal de la SAGARPA.

En la categoría “Otros Cultivos”, se agrupan 69 cultivos que comprenden el 11% de la superficie y el 13% de la producción. Los valores presentados en la tabla anterior se utilizan para determinar las emisiones por la aplicación de fertilizantes por las actividades agrícolas en el estado.

FERTILIZANTES NITROGENADOS

El dato de actividad correspondiente a la cantidad de compuestos nitrogenados –incluyendo urea- aplicados a los diferentes cultivos en el estado de Jalisco se obtiene a partir de los requerimientos de fertilizantes para producir una tonelada de grano o según los valores requeridos por hectárea de acuerdo a las recomendaciones de paquetes tecnológicos específicos según se reporta en la literatura (Gavy, (s.f.); CONADESUCA (2015); Zúñiga, L. (2013); Hamlet (s.f); TecnoAgro (2016); Villanueva, J. (2004); SEDER (2014)).

Tabla 56. Relación de kilogramos de fertilizantes nitrogenados aplicados por tonelada o hectárea para cultivo seleccionados producidos en Jalisco.

Cultivo	Factor de conversión de Nitrógeno	Unidades	Fuente
Arroz	16.0	kg N/Ton Cultivo	Gavy (s.f.)
Cebada	31.3	kg N/Ton Cultivo	Gavy (s.f.)
Frijol	17.2	kg N/Ton Cultivo	Gavy (s.f.)
Maíz	23.8	kg N/Ton Cultivo	Gavy (s.f.)
Sorgo	29.8	kg N/Ton Cultivo	Gavy (s.f.)
Soya	87.5	kg N/Ton Cultivo	Gavy (s.f.)
Trigo	34.6	kg N/Ton Cultivo	Gavy (s.f.)
Caña de Azúcar	150	kg N/Hectárea-año	CONADESUCA (2015)
Agave	434	kg N/Hectárea-año	Zúñiga (2013)
Aguacate	192	kg N/Hectárea-año	Hamlet (s.f)
Berries	52	kg N/Hectárea-año	SEDER (2014)
Pastos	13	kg N/Hectárea-año	Villanueva. (2004)

Fuente: Elaboración propia con las fuentes señaladas en la misma tabla

La superficie sembrada de los cultivos incluidos en la tabla anterior corresponde al 89% del área sembrada y el 87% de la producción, en toneladas, obtenida en el año 2014. A continuación, se muestra la estimación del total de toneladas aplicadas de nitrógeno en las áreas agrícolas del estado de Jalisco a partir de la información recabada, esta información es utilizada para estimar las emisiones de GEI.

Tabla 57. Toneladas aplicadas de Nitrógeno por cultivo en Jalisco

Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Producción (Toneladas)	Aplicación de Nitrógeno (Toneladas)	%
Maiz grano	543,641	3,472,285	82,640.4	31.66%
Maiz forrajero	187,869	4,205,793	100,097.9	38.35%
Sorgo grano	47,667	295,730	8,812.8	3.38%
Trigo grano	23,511	132,451	4,582.8	1.76%
Frijol	15,190	10,221	175.8	0.07%
Sorgo forrajero verde	11,432	235,820	7,027.4	2.69%
Cebada forrajera en verde	4,565	73,670	2,305.9	0.88%
Arroz palay	3,166	18,547	296.7	0.03%
Maiz grano semilla	2,916	25,018	595.4	0.23%
Cebada grano	922	4,787	149.8	0.06%
Trigo forrajero verde	250	5,000	173.0	0.07%
Soya	1	1	0.0	0.00%
Caña de azucar	81,715	7,541,029	12,257.3	4.70%
Caña de azucar semilla	1,556	156,962	233.3	0.09%
Agave	76,182	1,779,311	33,062.9	12.67%
Aguacate	14,976	100,250	2,876.9	1.10%
Blueberry	835	7,834	43.4	0.02%
Zarzamora	365	4,529	19.0	0.01%
Frambuesa	1,539	22,261	80.0	0.03%
Pastos y Forrajes	442,473	17,244,077	5,808.4	2.23%
Total	1,460,769	35,335,577	261,239.2	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior no se incluye la información de “Otros Cultivos”, los cuales corresponden a 69 productos los cuales como se apuntó anteriormente corresponden al 11% de la superficie y 13% de la producción del estado pues requiere un estudio más especializado fuera del alcance de este trabajo.

METODOLOGÍA

GANADERÍA (3A)

FERMENTACIÓN ENTÉRICA (3A1)

Para la estimación de las emisiones de GEI se considera el tipo de ganado presente en el municipio, su población y el tipo de alimentación de acuerdo a lo descrito en la sección “Emisiones Resultantes de la Gestión del Ganado y Estiércol”, sección 10.5 del IPCC (2006). La Tabla que se presenta a continuación muestra los valores de los factores de emisión utilizados para estimar las emisiones por este proceso.

Tabla 58. Factores de emisión por fermentación entérica y CH₄ por manejo de estiércol.

Tipo de categoría	Factor de emisión por fermentación entérica (kg CO _{2e} /cabeza-año)	Factor de emisión CH ₄ por estiércol (kg CO _{2e} /cabeza-año)
Bovino para carne	1 480	60
Bovino para leche	3 380	60
Ovino	140	7.8
Caprino	140	5.6
Porcino	28	440
Avícola	0.0044	0.56

Fuente: IPCC (2006)

Para la selección de los factores de emisión por el manejo de estiércol para el ganado vacuno, ovino, caprino y aviar, se toma el valor correspondiente a “países en desarrollo” pues indica que en su mayoría el estiércol es depositado en pastos y pastizales. Por otro lado, para el ganado porcino se utiliza el factor correspondiente a un sistema de manejo de estiércol basado en líquido o fango para la generación de CH₄. Los factores se obtuvieron en la Tabla 3A2 contenidas en el Anexo 1 de IPCC (2006-2). Las guías del IPCC (2006), no incluyen factores de emisión por fermentación entérica para ganado aviar, sin embargo, ésta es una actividad económica importante en la región por lo que se procedió a buscar en la literatura académica una referencia. Se encontró que Huang (2005) determinó en 0.004 kgCO₂/animal-año el factor de emisión de fermentación entérica para ganado aviar, este valor es utilizado para estimar las emisiones correspondientes de la categoría. La propuesta metodológica IPCC (2006) subdivide el ganado vacuno en dos categorías y ambas tienen un factor de emisión por fermentación entérica distinto: Vacas lecheras (121 kgCH₄/año) y otro tipo de ganado vacuno (53 kgCH₄/año).

GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL (3A2)

La Tabla 59 a continuación muestra los factores de emisión utilizados para estimar las emisiones de GEI por este proceso.

Tabla 59. Factor de emisión de emisiones directas e indirectas de N₂O por manejo de estiércol (fuente, IPCC (2006)).

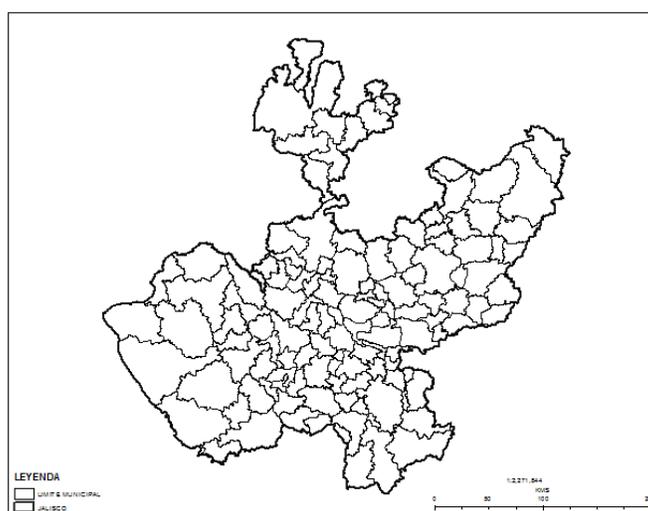
Tipo de manejo de estiércol	Emisiones Directas N ₂ O (kgCO _{2e} /cabeza-año)	Emisiones Indirectas N ₂ O (kgCO _{2e} /cabeza-año)	Tipo de Tratamiento
Vacuno	763.40	185.40	Pastizales
Porcino	54.53	12.00	Líquido/Fango
Ovino	174.49	20.72	Corral
Caprino	185.40	22.90	Corral
Avícola	0.03	1.74	Corral

Fuente: IPCC (2006)

TIERRA (3B)

La metodología utilizada para este reporte fue la Guía de las Buenas Prácticas del IPCC (2003), es la misma que se utilizó en el BUR 2015, base de este trabajo. Esta guía contiene las seis categorías de uso de suelo para certificar una representación coherente y sistemática a nivel territorial, las cuales abarcan todas las áreas geográficas del estado de Jalisco. Las seis categorías generales de uso de suelo son: tierras forestales, tierras agrícolas, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras. Las emisiones de GEI (deforestación, degradación e incendios). Para el procesamiento SIG se utilizó como base cartográfica los límites del estado de Jalisco de la IRE que utiliza los límites publicados por el INEGI, como parte del Marco Geo estadístico de 2015.

Figura 4. Representación de los límites estatales del Marco Geo-Estadístico de INEGI



Fuente: INEGI

MÉTODO DE ESTIMACIÓN Y NIVEL DE DETALLE

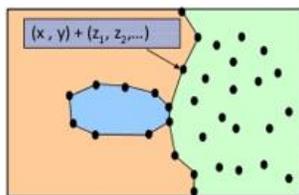
El método de estimación utilizado para determinar las emisiones de GEI y remociones de carbono corresponde al método de “cambio de existencias (en inglés “*stock changes*”) descrito en las guías del IPCC. Este método requiere para el cálculo de los factores de emisión la realización de al menos dos inventarios forestales o mediciones en campo para poder estimar las tasas de captura o de emisión en los diferentes reservorios de carbono. El nivel de detalle seguido no es mayor a un nivel 2, pues se utiliza información de estudios y fuentes de información generadas a nivel nacional entre el cual destaca el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFYS) de la CONAFOR, y el sistema de selección de ecuaciones alométricas desarrollado como parte del proyecto de Cooperación Sur-Sur (conocido como Proyecto México-Noruega); estas fuentes de información son los principales insumos tanto de la IRE como del BUR. Para poder transitar hasta un nivel de detalle 3 deberá de generarse información estatal de los factores de emisión y de contenido y captura de carbono en los

diferentes tipos de vegetación presentes en el estado; además deberán desarrollarse modelos de crecimiento y emisión calibrados con esta información obtenida localmente.

ANÁLISIS SIG

La información cartográfica contenida en las cartas de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250,000 en sus series II, III, IV y V, elaborados por el INEGI, fueron generadas y actualmente se distribuyen en formato vector, donde las unidades de uso de suelo y vegetación están representadas por polígonos. Los datos que constituyen esta información se clasifican de acuerdo a su naturaleza en tres tipos: vector, raster y alfanuméricos. El tipo raster representa los rasgos geográficos en forma de malla de píxeles, celdas o rejilla, que es el que se utilizó para generar este reporte.

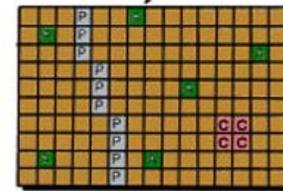
Figura 5. Tipo de Datos de SIG



Formato Vector

Parcel ID	Zoning	Address	Zip Code	State	Tax Region
1	Residential	1232 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
2	Residential	7110 SILVER MOON LN	90026	CA	2018
3	Residential	7110 SILVER MOON LN	90026	CA	2018
4	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
5	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
6	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
7	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
8	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
9	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
10	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
11	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
12	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
13	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
14	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
15	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
16	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
17	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
18	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
19	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018
20	Residential	1465 STRONGSIDE DR	90026	CA	2018

Formato Tabular



Formato Raster

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el BUR, para el procesamiento de los datos geospaciales del estado de Jalisco se utilizó el software ArcGIS 10.3[©] (ESRI[©], 2014). Como primer paso se integró la información cartográfica vectorial de las cartas de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250,000 en sus series II, III, IV y V. En la base de datos de cada serie, se generaron los campos para asignar todas las categorías y subcategorías del sistema nacional de tierras aplicable a las seis categorías de uso de la tierra USCUS del INEGI. Posteriormente las bases de datos de la información vectorial fueron reestructuradas, dejando solo la información del sistema nacional de clasificación de tierras aplicable a las seis categorías de USCUS del INEGI.

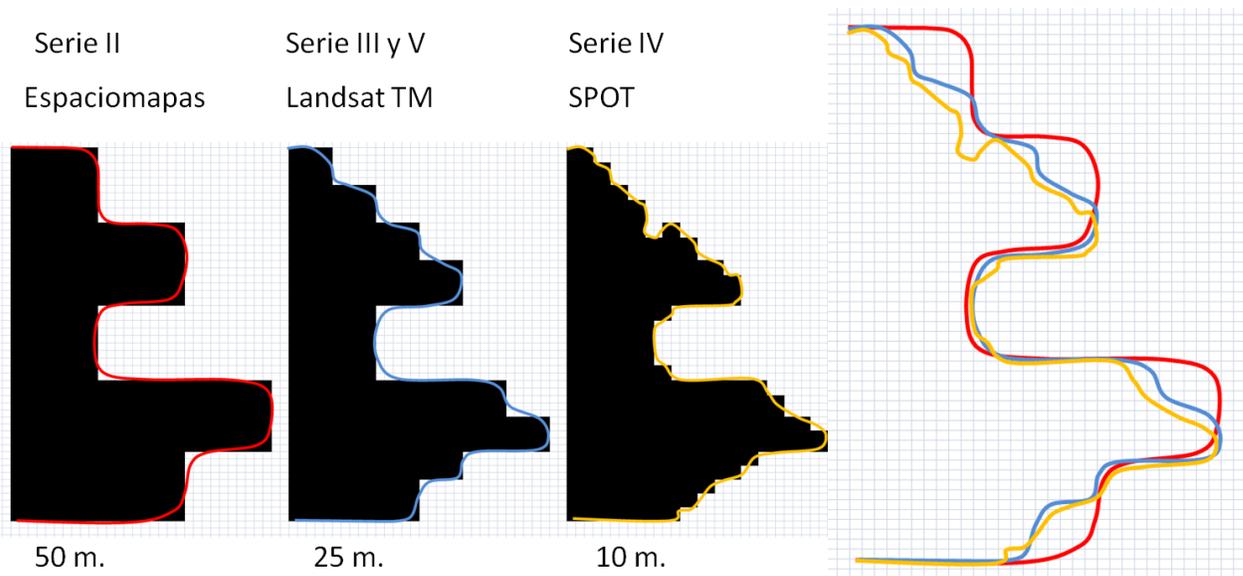
TIERRAS FORESTALES, TIERRAS AGRÍCOLAS, PRADERAS, HUMEDALES, ASENTAMIENTOS Y OTRAS TIERRAS

Como se mencionó anteriormente, las diferencias metodológicas y de insumos de datos espaciales en la elaboración de la cartografía de INEGI (Tabla 2) ha generado productos cuya información en formato vector registra trazos en sus contactos de unidades en la mayoría de los casos semejantes, más no son iguales, pues se trata de productos independientes. Dada

las diferencias espaciales de las fuentes de datos utilizados en la elaboración de las series de uso de suelo y vegetación de INEGI, es posible representar de forma esquemática el origen teórico de los desfases y las razones para cambiar a formato raster con un tamaño de celda de 100 x 100 metros (1 hectárea).

En la figura mostrada a continuación, se representa de manera teórica y con fines esquemáticos, en el primer dibujo, el tamaño de celda utilizado en los espacio-mapas de 50x50 m. para la serie II y en línea roja, el trazo teórico de su digitalización. En el segundo dibujo, se representa el tamaño de celda utilizado en por las imágenes Landsat de 27.5 x 27.5 m. para la serie III y en línea azul, el trazo teórico de su digitalización. En el tercer dibujo, se representa el tamaño de celda utilizado en las imágenes SPOT de 10 x10 m utilizadas para la serie IV y V de igual forma se muestra la línea amarilla, el trazo teórico de su digitalización. El cuarto dibujo, describe la sobreposición en el trazo de contactos entre usos de suelo y vegetación para las series II, III, IV y V, donde se puede apreciar los desfases generados por los insumos utilizados.

Figura 6. Comparación de Resoluciones Espaciales de insumos para las series II, III, IV y V.

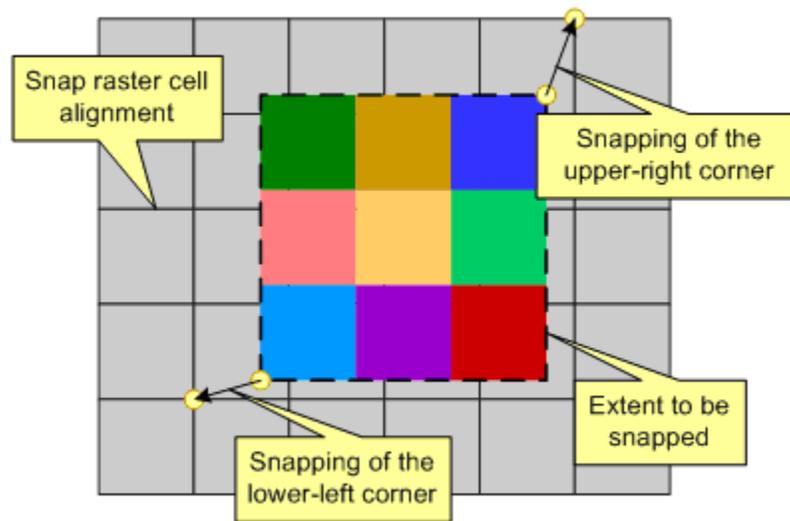


Fuente: BUR 2015

Los desfases generados por la comparación entre series de INEGI, producto de las diferencias espaciales de los insumos y técnicas de digitalización utilizados para la elaboración del uso de suelo y vegetación escala 1: 250,000, no pueden ser mayores a 100 metros. Debido a estos resultados, y esto de acuerdo con la metodología del BUR, se decide convertir la información de usos de suelo y vegetación en sus series II, III, IV y V de formato vector a formato raster de manera independiente, con el propósito de eliminar las diferencias de comparación, resultado del proceso de digitalización entre series, permitiendo una comparación adecuada.

Para la conversión del formato vector a raster de todas las series es importante considerar la correcta alineación de las celdas generadas, de tal forma que los valores o atributos de una celda de serie II (X1, Y1, SII), sea correctamente comparable con el mismo espacio que representan las celdas correspondientes de las series III, IV y V (X1, Y1, SIII – SIV – SV) (Ver figura siguiente). Esto se logra en ArcMap 10.3© mediante “SNAP-RASTER”, que es una opción de configuración de ambiente en el procesamiento de conversión entre formatos.

Figura 7. Concepto SNAP-RASTER, comparación de celdas alineadas que representan una misma extensión de superficie



Fuente: ESRI, 1995-2014

Para la conversión de formato vector a raster, se utilizó la función, parámetros y sintaxis siguientes (previamente definiendo la opción de ambiente snap-raster, tomando como referencia el archivo raster generado de la serie II para el estado de Jalisco):

Sintaxis:

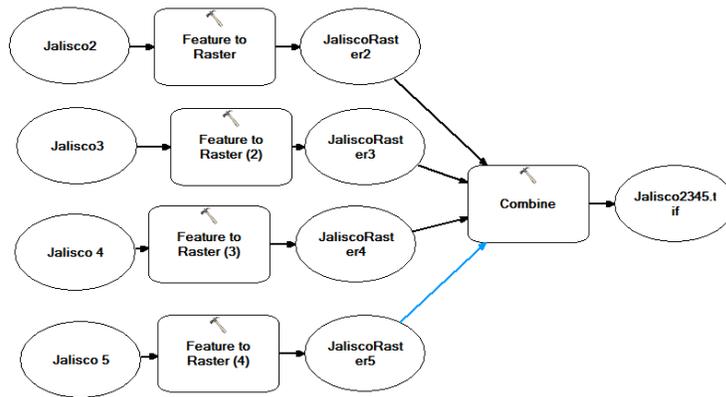
PolygonToRaster_conversion (in_features, value_field, out_rasterdataset, {cell_assignment}, {priority_field}, {cellsize})

De forma:

PolygonToRaster_conversion (serie2, cve_pmns2,s2pmns2.tif , {cell_center}, {priority_field}, {100})

Resultando una conversión de formato vector a raster utilizando como campo base la agrupación INEGI que corresponde al campo “pmns2”, tamaño de celda de 100 metros; el proceso se muestra en la figura presentada a continuación.

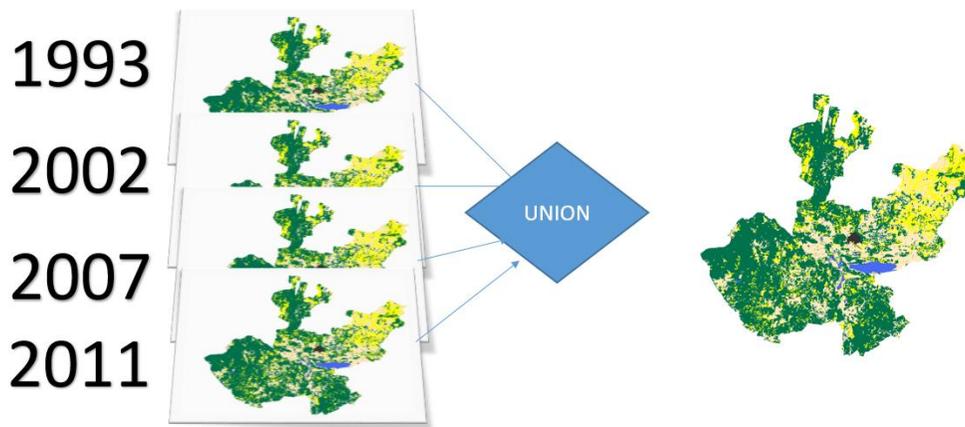
Figura 8. Modelo cartográfico para conversión de vector a raster.



Fuente: Elaboración propia

A partir de las series en formato raster y atributos de sus correspondientes categorías INEGI, se procede a su integración o unión de capas (ver figura a continuación), generando una nueva capa que contiene en su tabla de atributos en un campo por cada serie integrada y la información correspondiente a cada categoría INEGI.

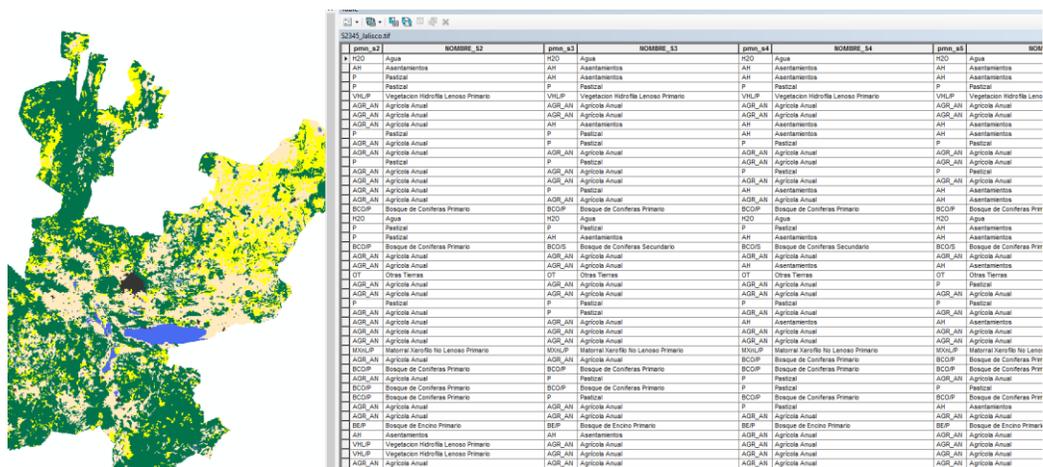
Figura 9. Modelo Cartográfico para combinación de datos raster.



Fuente: Elaboración propia

Como primer criterio de depuración de la información correspondiente al estado de Jalisco, dado que los trazos de límites con cuerpos de agua no son uniformes las celdas donde se registró en alguna de sus series las categorías Cuerpos de Agua (H₂O), se asignó en todas sus series dicho valor, con el propósito de comparar todas las series en una superficie común.

Figura 10. Imagen del archivo raster y tabla de atributos resultado de la combinación de las series 2, 3, 4 y 5, con 3614 registros.



Fuente: Elaboración propia

A partir de los cambios entre categorías de uso de suelo entre cada una de las series de INEGI se determina las áreas que permanecen en el mismo uso de suelo o aquellas que cambian entre categoría. Esta información permite obtener los datos de actividad para estimar en combinación con los factores de emisión, las emisiones por deforestación y degradación forestal y para estimar la captura de carbono en áreas forestales que permanecen como tales, bosques degradados que se recuperan, y por reforestación de áreas que se convierten en tierras forestales.

METODOLOGIA DE CALCULO

Los factores de emisión (FE) son coeficientes que relacionan los datos de actividad con la tasa de emisión de los compuestos que en última instancia generan las emisiones de GEI. Los datos de actividad muestran la magnitud de las actividades humanas que dan lugar a las emisiones o absorciones que se producen durante un periodo determinado (IPCC, 1996). Para el caso de México, y en particular del estado de Jalisco, los datos de actividad están expresados en superficie de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra. La orientación genérica consiste en multiplicar los datos de actividad por un coeficiente de reservas de carbono o "factor de emisión", para obtener las estimaciones de la fuente o del sumidero. En el caso particular de las emisiones de GEI en el sector USCUS, éstas están definidas como las fuentes que liberan

a la atmósfera CO₂; mientras que las remociones se refieren al CO₂, capturado por los sistemas vivos, es decir captura de carbono por crecimiento en biomasa viva.

En el manual de la GBP 2003, la metodología para el cálculo de las emisiones está fundamentada en dos ideas: primero, se presupone que el flujo de CO₂ hacia la atmósfera o desde ella, es igual a la variación de las reservas de carbono en la biomasa y el suelo existentes; y segundo, es posible estimar la variación de las reservas de carbono considerando los métodos de medición y la respuesta biológica a diferentes usos de la tierra. El método puede generalizarse y aplicarse a todos los depósitos de carbono (biomasa aérea, raíces, madera muerta, mantillo y suelos), convenientemente subdivididos para reflejar las diferencias entre ecosistemas, zonas climáticas y prácticas de gestión.

Las Directrices del IPCC (2006) describen el método de cambio de existencias, según el cual las reservas de carbono se miden en dos momentos diferentes para evaluar la variación de las reservas de carbono. Aunque a nivel nacional la notificación de las fuentes y sumideros debe hacerse anualmente, ello no significa que haya que realizar todos los años un inventario de todos los depósitos a nivel nacional, ya que los inventarios pueden hacerse por ciclos de cinco a diez años y posteriormente interpolar datos

FACTORES DE EMISION (FE) DE BIOMASA PARA JALISCO

Los factores de Emisiones de Biomasa Aérea y Biomasa en Raíces utilizados para la estimación de las emisiones de GEI en el estado de Jalisco fueron proporcionados por CONAFOR como parte de la Iniciativa de Reducción de Emisiones (CONAFOR, 2015).

Tabla 60. Factores de Emisión de Tierra Forestales a Otras Tierras, Praderas, Cultivos y Asentamientos Humanos (Deforestación)

Tipo de Vegetación Nacional	Tipo de Vegetación Nacional (Siglas)	BIOMASA AÉREA			BIOMASA RAÍCES			FE TOT
		FE del arbolado vivo (Ton C/ha/año)	Incertidumbre (%)	Origen de los Datos	FE del arbolado vivo (Ton C/ha/año)	Incertidumbre (%)	Origen de los Datos	
Bosque Cultivado	BC							-
Bosque de Coníferas Primario	BCO/P	37.63	7	Jalisco	8.905	7	Jalisco	46.5298

Tipo de Vegetación Nacional	Tipo de Vegetación Nacional (Siglas)	BIOMASA AÉREA			BIOMASA RAÍCES			FE TOT
		FE del arbolado vivo (Ton C/ha/año)	Incertidumbre (%)	Origen de los Datos	FE del arbolado vivo (Ton C/ha/año)	Incertidumbre (%)	Origen de los Datos	
Bosque de Encino Primario	BE/P	24.58	8	Jalisco	6.145	7	Jalisco	30.7262
Bosque Mesofilo de Montaña Primario	BM/P	37.39	10	NACIONAL	8.933	10	NACIONAL	46.3219
Especial Otros Tipos Leñoso Primario	EOTL/P	8.63	64	NACIONAL	2.110175463	61.53	NACIONAL	10.7501
Matorral Xerófilo Leñoso Primario	MXL/P	1.72	11	NACIONAL	0.475	10	NACIONAL	2.1936
Selva Caducifolia Primario	SC/P	15.04	20	Jalisco	3.763	18	Jalisco	18.8067
Selva Subcaducifolia Primario	SSC/P	27.05	17	Jalisco	6.667	16	Jalisco	33.7168
Vegetación Hidrófila Leñoso Primario	VHL/P	9.91	23	NACIONAL	2.427	22	NACIONAL	12.3364
Bosque de Coníferas Secundario	BCO/S	25.87	16	Jalisco	6.223	16	Jalisco	32.0929
Bosque de Encino Secundario	BE/S	19.79	11	Jalisco	5.031	11	Jalisco	24.8253
Bosque Mesofilo de Montaña Secundario	BM/S	17.83	20	NACIONAL	4.399	19	NACIONAL	22.2295
Especial Otros Tipos Leñoso Secundario	EOTL/S	5.67	43	NACIONAL	1.494	41	NACIONAL	7.1683
Matorral Xerófilo Leñoso Secundario	MXL/S	1.32	29	NACIONAL	0.368	27	NACIONAL	1.6865
Selva Caducifolia Secundario	SC/S	9.18	18	Jalisco	2.359	17	Jalisco	11.5395
Selva Subcaducifolia Secundario	SSC/S	18.37	22	Jalisco	4.584	20	Jalisco	22.9559

Tipo de Vegetación Nacional	Tipo de Vegetación Nacional (Siglas)	BIOMASA AÉREA			BIOMASA RAÍCES			FE TOT
		FE del arbolado vivo (Ton C/ha/año)	Incertidumbre (%)	Origen de los Datos	FE del arbolado vivo (Ton C/ha/año)	Incertidumbre (%)	Origen de los Datos	
Vegetación Hidrófila Leñoso Secundario	VHL/S	5.24	57	NACIONAL	1.354	55	NACIONAL	6.5986

Fuente: IRE, (CONAFOR, 2016), e INECC2015.

En el caso de los FE cuyo origen de datos es Nacional, indica que fue necesario utilizar información del INFYS de sitios ubicados en todo el país; en aquellos donde el origen es Jalisco, indica que la submuestra de sitios del INFYS para ese tipo de vegetación presentes en el estado, fue suficientemente grande para generar FE estatales.

Las tablas que se muestran a continuación contienen los factores de emisión y de captura de carbono utilizados para evaluar los procesos de degradación forestal, restauración, reforestación y la captura de carbono en áreas forestales que permanecen como tales.

Tabla 61. Factores de Emisión de Tierra Forestales de una condición Primaria a una Secundaria (Degradación)

Tipo de Vegetación T1	Tipo de Vegetación T2	FE del arbolado vivo (aérea) (Ton C/ha/año)	FE del arbolado vivo (subt.) (Ton C/ha/año)	FE TOT
Bosque de Coníferas Primario	Bosque de Coníferas Secundario	-3.61	-0.86	-4.47
Bosque de Encino Primario	Bosque de Encino Secundario	-2.28	-0.57	-2.85
Bosque Mesofilo de Montana Primario	Bosque Mesofilo de Montana Secundario	-2.67	-0.65	-3.32
Selva Caducifolia Primario	Selva Caducifolia Secundario	-1.46	-0.37	-1.83
Selva Subcaducifolia Primario	Selva Subcaducifolia Secundario	-2.04	-0.52	-2.56

Tipo de Vegetación T1	Tipo de Vegetación T2	FE del arbolado vivo (aérea) (Ton C/ha/año)	FE del arbolado vivo (subt.) (Ton C/ha/año)	FE TOT
Vegetación Hidrófila Leñoso Primario	Vegetación Hidrófila Leñoso Secundario	-0.073	-0.18	- 0.253

Fuente: INECC (2015).

Tabla 62. Factores de captura de carbono por el cambio de cobertura de Otras Tierras a Tierras Forestales (reforestación)

Tipo de Vegetación Nacional	FE del arbolado vivo (Ton/ha/año)	FE del arbolado vivo (Ton/ha/año)	FE TOT
Bosque Cultivado	-	-	-
Bosque de Coníferas Primario	0.62	0.14	0.76
Bosque de Coníferas Secundario	0.96	0.22	1.18
Bosque de Encino Primario	0.68	0.16	0.84
Bosque de Encino Secundario	0.73	0.19	0.92
Bosque Mesófilo de Montaña Primario	0.55	0.14	0.69
Especial Otros Tipos Leñoso Primario	0.09	0.02	0.11
Especial Otros Tipos Leñoso Secundario	0.09	0.02	0.11
Matorral Xerófilo Leñoso Primario	0.15	-	0.15
Selva Caducifolia Primario	0.81	0.18	0.99
Selva Caducifolia Secundario	0.68	0.16	0.84
Selva Subcaducifolia Primario	1.76	0.39	2.15
Selva Subcaducifolia Secundario	1.18	0.27	1.45
Vegetación Hidrófila Leñoso Primario	0.12	0.02	0.14

Fuente: INECC (2015).

CRITERIOS DE ASIGNACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN Y ABSORCIÓN

Se aplicaron los criterios que se describen en la tabla presentada a continuación para asignar los factores de emisión/absorción de carbono, de la biomasa viva y raíces, a las superficies de permanencia o transición (combinaciones de cambio entre subcategorías de las clases de cobertura) de las matrices construidas entre los periodos de serie 2-3, serie 3-4 y serie 4-5.

Tabla 63. Asignación de factores de emisión y absorción en tierras forestales y praderas

Transición	Estatus	Factor de emisión/absorción asignado de cada subcategoría
Tierra Forestal a Tierra Forestal	Permanencia tierra forestal	Factor de absorción de tierras forestales que permanece como tierra forestales
Tierra forestal a tierra forestal (diferente grupo de vegetación)	Permanencia tierra forestal	Factor de absorción de la tierra forestal final que permanece como tierra forestal
Tierra forestal primaria a tierra forestal secundaria	Degradación	Factor de emisión de la tierra forestal primaria
Tierra forestal secundaria a tierra forestal primaria	Recuperación	Factor de absorción de la tierra forestal final
Otros usos a tierra forestal	Reforestación	Factor de absorción de la tierra forestal final
Tierras forestales a praderas	Deforestación	Factor de emisión (almacén de carbono) de la tierra forestal inicial
Tierra forestal a otros usos	Deforestación	Factor de emisión (almacén de carbono) de la tierra forestal inicial
Pradera a pradera	Permanencia praderas	Se asigna el factor de absorción de pradera que permanece como pradera
Pradera a pradera (diferente grupo de vegetación)	Permanencia praderas	Se asigna el factor de absorción de pradera final que permanece como pradera
Otros usos a pradera	Recuperación pradera	Se asigna el factor de absorción de pradera
Pradera a otras tierras	Pérdida pradera	Factor de emisión (almacén de carbono) de la pradera inicial

Fuente: INECC (2015).

Para obtener las absorciones para cada subcategoría de las tierras forestales que permanecen como tierras forestales, la superficie total se multiplicó por su factor de absorción para cada periodo (serie 2-3, serie 3-4 y serie 4-5) y año de reporte (1995-2014). Se utilizó el mismo procedimiento a las superficies que pasaban de otros usos a tierras forestales, con su correspondiente factor de absorción, al igual que a las tierras forestales que pasaban de una condición secundaria a una primaria. En ambos casos se asumió que el carbono contenido en la biomasa forestal aumenta cada año de forma gradual en función de sus tasas de absorción de carbono anuales, obtenidas de los datos de crecimiento entre los dos periodos de medición del INFyS. Las superficies que representan pérdidas de cobertura en las subcategorías (emisiones) que se convirtieron de tierras forestales a praderas, a otros usos, a asentamientos y a tierras agrícolas se les asignaron los factores de emisión relacionados con los almacenes, donde se asume que todo el carbono contenido en la biomasa forestal y en

las praderas (árboles y arbustos) se pierde en el proceso de conversión, lo que resulta en las emisiones totales del almacén. De tal manera que la superficie anualizada para cada periodo se multiplicó por el factor de emisión relacionado al almacén y de esta forma el carbono del almacén inicial se pierde en su totalidad en el lapso del tiempo entre cada periodo.

FUENTES AGREGADAS Y FUENTES DE EMISIÓN NO CO₂ EN LA TIERRA (3C)

EMISIONES DE LA QUEMA DE BIOMASA (3C1)

La estimación de emisiones debidas a incendios se divide en dos grandes grupos, la primera parte son emisiones de CO₂, debidas a la pérdida de biomasa por incendios en tierras forestales y praderas, y el segundo apartado son las emisiones de gases distintos al CO₂ derivados de la combustión in situ de biomasa. Los procesos de combustión y descomposición de la biomasa son los principales generadores de gases distintos al CO₂, y se reportan únicamente aquellos que ocurren en tierras forestales o praderas, ya que los incendios derivados de quemaduras agrícolas se deben reportar dentro del sector agrícola.

Las GPG reconocen que es indispensable identificar las principales fuentes de GEI, comprender la naturaleza de los incendios, y en función de esto calcular las fuentes de emisión por tipo de cobertura forestal, componentes del bosque que dirigen la combustión, cantidad de combustible que la realiza, porción que es consumida y conocer el aporte de cada tipo de gases invernadero que emiten. Ya que generalizaciones nos pueden llevar a subestimaciones o sobreestimaciones alejadas de la realidad que nos orillen a tomar decisiones equivocadas.

El cálculo general de las emisiones de gases invernadero por incendios forestales (espontáneos) se hizo con la ecuación general correspondiente a los lineamientos del IPCC en la sección de Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS) que es la siguiente (IPCC, 2003):

Ecuación 23. Emisiones por incendios forestales

$$L_{fire} = A \times B \times C \times D \times 10^{-6}$$

En donde,

L_{fire} = Cantidad de gases de efecto invernadero debido a incendios forestales, megagramos.

A = Área quemada, hectáreas.

B = Masa de combustible “disponible”, kg de materia seca ha⁻¹.

C = Factor de combustión (fracción de biomasa consumida), sin dimensiones.

D = Factor de emisión.

AGRICULTURA

Las tablas que se presentan a continuación muestran los factores de emisión utilizados para la sección de agricultura. Los factores de emisión seleccionados de IPCC (2006), pueden utilizarse para hacer una estimación a un nivel de detalle 1.

APLICACIÓN DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

La Tabla 64 a continuación muestra los factores de emisión utilizados para el cálculo de emisiones por la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Tabla 64. Factor de emisión por aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Tipo	Factor de emisión	Unidades
Arrozales	0.003	kg N ₂ O/kg N
Abonos orgánicos y residuos agrícolas	0.01	kg N ₂ O/kg N

Fuente: IPCC (2006)

PRODUCCIÓN DE ARROZ

Para la estimación de las emisiones de esta sección se considera las hectáreas destinadas a cultivos de arroz en el estado de Jalisco el año de 2014, de acuerdo a lo descrito en el Primer Informe Bienal de la Actualización ante la CMNUCC. La Tabla 65, a continuación, muestra los factores de emisión seleccionados en el inventario, que puede utilizarse para hacer una estimación nivel 1 para este proceso.

Tabla 65. Factor de emisión por producción de arroz

Cultivo	Factor de emisión	Unidades
Arroz	1.3	kg CH ₄ /ha-día (180 días)

Fuente: INECC (2015)

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre asociada a todas las categorías corresponde a los datos por defecto del IPCC y aquellos que fueron utilizados en el BUR (Tablas siguientes) (INECC, 2015). Las incertidumbres se estiman bajo el método básico fundamentado en la propagación de errores y se utiliza para estimar las incertidumbres en las categorías individuales, a partir de las incertidumbres de los factores de emisión. Por el momento no se cuenta con la incertidumbre de los datos de actividad.

Tabla 66. Niveles de incertidumbre por método empleado en la estimación según subcategorías de vegetación para deforestación

Deforestación	Tipo de Vegetación Nacional (Siglas)	BIOMASA AÉREA		BIOMASA RAÍCES		FE TOT
		Incertidumbre (%)	Origen de los Datos	Incertidumbre (%)	Origen de los Datos	
Bosque Cultivado	BC					-
Bosque de Coníferas Primario	BCO/P	7	Jalisco	7	Jalisco	46.5298
Bosque de Encino Primario	BE/P	8	Jalisco	7	Jalisco	30.7262
Bosque Mesofilo de Montaña Primario	BM/P	10	NACIONAL	10	NACIONAL	46.3219
Especial Otros Tipos Lenoso Primario	EOTL/P	64.71	NACIONAL	61.52	NACIONAL	10.7501
Matorral Xerofilo Lenoso Primario	MXL/P	11	NACIONAL	10	NACIONAL	2.1936
Selva Caducifolia Primario	SC/P	20	Jalisco	18	Jalisco	18.8067
Selva Perennifolia Primario	SP/P					-
Selva Subcaducifolia Primario	SSC/P	17	Jalisco	16	Jalisco	33.7168
Vegetación Hidrofila Lenoso Primario	VHL/P	23	NACIONAL	22	NACIONAL	12.3364
Bosque de Coníferas Secundario	BCO/S	16	Jalisco	16	Jalisco	32.0929
Bosque de Encino Secundario	BE/S	11	Jalisco	11	Jalisco	24.8253
Bosque Mesofilo de Montaña Secundario	BM/S	20	NACIONAL	19	NACIONAL	22.2295
Especial Otros Tipos Lenoso Secundario	EOTL/S	43	NACIONAL	41	NACIONAL	7.1683

Matorral Xerofilo Lenoso Secundario	MXL/S	29	NACIONAL	27	NACIONAL	1.6865
Selva Caducifolia Secundario	SC/S	18	Jalisco	17	Jalisco	11.5395
Selva Perennifolia Secundario	SP/S					-
Selva Subcaducifolia Secundario	SSC/S	22	Jalisco	20	Jalisco	22.9559
Vegetacion Hidrofila Lenoso Secundario	VHL/S	57	NACIONAL	55	NACIONAL	6.5986

Fuente: CONAFOR, IRE

Tabla 67. Niveles de incertidumbre por método empleado en la estimación según subcategorías de vegetación para degradación

Tipo de Vegetación Nacional	Tipo de Vegetación Nacional (Siglas)	Serie 2-3	Serie 3-4	Serie 5-4
Bosque de Coníferas Primario	BCO/P	73.28	64.43	61.94
Bosque de Encino Primario	BE/P	83.98	71.37	67.97
Bosque Mesofilo de Montana Primario	BM/P	119.23	91.72	85.17
Matorral Xerofilo Lenoso Primario	MXL/P	514.09	355.78	322.65
Selva Caducifolia Primario	SC/P	124.57	108.91	104.55
Selva Subcaducifolia Primario	SSC/P	104.4	79.56	73.72
Vegetacion Hidrofila Lenoso Primario	VHL/P	174.42	135.31	125.92

Fuente: CONAFOR, IRE

DESECHOS

Esta categoría contempla las emisiones del tratamiento y eliminación de desechos. De acuerdo con las directrices del IPCC 2006, las subcategorías estimadas son la eliminación de desechos sólidos, el tratamiento biológico de los desechos sólidos, la incineración de desechos y el tratamiento y eliminación de aguas residuales; y los gases estimados incluyen CH₄ de la eliminación de desechos sólidos; CH₄ y N₂O del tratamiento biológico; CO₂, CH₄ y N₂O de la incineración, y finalmente CH₄ y N₂O del tratamiento y eliminación de aguas residuales.

Los datos de actividad de la categoría de desechos se obtuvieron de varias fuentes federales, como Semarnat y Conagua.

- COA Federal 2014 de Semarnat
- Inventario de plantas de tratamiento de agua de CONAGUA
- Información estadística estatal sobre generación de residuos de Inegi
- Bases de datos de Semarnat

En la categoría Desechos, la principal fuente de emisión en Jalisco en 2014 fue la disposición final de residuos con el 88% (3,615 Gg CO₂e) derivadas de la emisión de metano, y la segunda fuente fue el tratamiento de agua residual doméstica con el 8% (341 Gg CO₂e) y el tratamiento de agua residual industrial con el 3.5%(145 Gg CO₂e).

En esta categoría se incluye la incineración de residuos hospitalarios y el tratamiento biológico de los residuos, que en su conjunto aportan el 0.1% del total de la categoría, mientras que a cielo abierto de residuos no se estimó por falta de información confiable.

Tabla 68. Emisiones de la categoría desechos en Jalisco en 2014.

Categorías	Emisiones (Gg)			Emisiones (Gg CO ₂ e)			Emisiones (Gg CO ₂ e)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
4 - Desechos	0.29	143.52	0.34	0.29	4,018.65	89.20	4,108.14
4.A - Eliminación de desechos sólidos	0.00	129.13	0.00	0.00	3,615.54	0.00	3,615.54
4.B - Tratamiento biológico de los desechos sólidos	0.00	0.12	0.01	0.00	3.49	2.48	5.97
4.C - Incineración e incineración abierta de desechos	0.29	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.29

4.D - Tratamiento y eliminación de aguas residuales	0.00	14.27	0.33	0.00	399.62	86.72	486.34
4.D.1 - Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		9.10	0.33		254.69	86.72	341.41
4.D.2 - Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		5.18	0.00		144.93	0.00	144.93

Fuente: Elaboración propia con datos de Semarnat, Inegi y Conagua.

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad para la categoría Desechos se obtienen de diferentes fuentes de información:

- Datos de actividad a nivel instalación (COA Federal 2014)
 - Emisiones GEI recalculadas
- Indicadores de medioambiente de INEGI
- Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) de Semarnat.
- Inventario de plantas de tratamiento de Conagua (2014)

Para el sector industrial, específicamente para el tratamiento de aguas residuales industriales, la principal fuente de información es la Cédula de Operación Anual (COA) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de la federación, para el tratamiento de aguas residuales municipales, el inventario de Conagua proporciona la localización y la capacidad de tratamiento de las plantas ubicadas en Jalisco.

Para el cálculo de emisiones por la disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU) se emplearon estadísticas del SNIARN y se extrapolaron hacia años anteriores utilizando datos de población de CONAPO.

ELIMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS (4A)

Tabla 69. Generación de RSU en Jalisco

Año	Población	RSU / cápita	RSU Total
	Millones	kg/cap/año	Gg
1998	6.401	252.107	1,613.842
1999	6.452	255.946	1,651.410

2000	6.513	259.844	1,692.489
2001	6.592	263.801	1,739.083
2002	6.672	267.818	1,786.793
2003	6.753	271.897	1,836.088
2004	6.823	276.037	1,883.446
2005	6.904	280.241	1,934.647
2006	7.001	284.509	1,991.822
2007	7.102	288.841	2,051.250
2008	7.214	293.240	2,115.311
2009	7.332	297.706	2,182.775
2010	7.443	302.239	2,249.452
2011	7.543	306.842	2,314.579
2012	7.644	311.514	2,381.264
2013	7.742	338.669	2,622.074
2014	7.838	322.992	2,531.614
2015	7.931	327.837	2,600.161
2016	8.022	332.754	2,669.416
2017	8.111	337.746	2,739.436
2018	8.197	342.812	2,810.195
2019	8.282	347.954	2,881.656
2020	8.363	353.173	2,953.686

Fuente: Elaboración propia con datos de Semarnat y Conapo

TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS (4B)

Para esta subcategoría se empleo información de Semadet de 2010, y se hizo la consideración que las plantas continuaban operando en 2014.

Tabla 70. Plantas de composta en Jalisco.

Municipio	Proceso	Cantidad tratada (t/mes)
PDC EL Grullo	Compostaje Manual	42
PDC Autlán	Compostaje semi-mecanizado	70
PDC Atemajac	Compostaje manual	0.5
PDC San Juan de los Lagos	Compostaje semi-mecanizado	70
PDC Zapopan	Compostaje semi-mecanizado/Lombricultura	2400
TOTAL		2582.5

Fuente: SEMADET,

<http://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/compostaje.pdf>

INCINERACIÓN DE DESECHOS (4C)

Par esta actividad, se utilizó la Ista que publica la Semarnat de empresas autorizadas para realizar la incineración de residuos, en el caso de Jalisco solo existe una empresa autorizada con una capacidad autorizada anual de 172.936 t al año de residuos industriales³.

TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (4D)

Para el caso de plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) municipales:

Tabla 71. PTAR municipales en Jalisco

Municipio	Proceso	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)
Acatic	Lodos Activados	30.0	30.0
Acatic	Lodos Activados	5.0	5.0
Acatlán de Juárez	Lodos Activados	5.0	5.0
Ameca	Lodos Activados	150.0	100.0
Ameca	Rafa o Wasb	1.0	1.0
Ameca	Rafa o Wasb	2.0	2.0
Arandas	Lodos Activados	150.0	69.0
Arandas	Rafa o Wasb	3.0	3.0
Arandas	Lodos Activados	25.0	25.0
Arandas	Rafa o Wasb	4.0	4.0
Atemajac de Brizuela	Lodos Activados	10.0	10.0
Atenguillo	Rafa o Wasb	3.0	3.0
Atenguillo	Rafa o Wasb	1.0	1.0
Atotonilco el Alto	Lodos Activados	70.0	68.0
Atoyac	Lagunas de Estabilización	15.0	15.0
Autlán de Navarro	Lodos Activados	5.0	3.0
Ayutla	Lodos Activados	18.0	18.0
Bolaños	Primario o Sedimentación	3.0	2.0

³ SEMARNAT: Rubro 6 Directorio de empresas prestadoras de servicios de incineración de residuos peligrosos industriales: Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/transparencia-focalizada/residuos/empresas-autorizadas-para-el-manejo-de-residuos>

Bolaños	Rafa o Wasb	5.0	3.0
Cabo Corrientes	Rafa o Wasb	6.0	6.0
Cañadas de Obregón	Lodos Activados	8.0	8.0
Cañadas de Obregón	Lodos Activados	0.5	0.5
Casimiro Castillo	Lodos Activados	7.0	7.0
Chapala	Lodos Activados	80.0	80.0
Chapala	Lodos Activados	32.0	27.0
Chapala	Lodos Activados	8.0	8.0
Chapala	Lodos Activados	4.0	2.0
Chiquilistán	Lagunas de Estabilización	9.0	9.0
Concepción de Buenos Aires	Lodos Activados	6.0	6.0
El Salto	Lodos Activados	32.0	9.2
El Salto	Lodos Activados	5.0	3.1
Etzatlán	Tanque Imhoff+Filtro Biológico	40.0	38.0
Gómez Farías	Lodos Activados	11.0	11.0
Gómez Farías	Lodos Activados	19.0	16.0
Guadalajara	Dual	50.0	60.0
Guadalajara	Lodos Activados	20.0	20.0
Huejuquilla el Alto	Lodos Activados	9.0	9.0
Ixtlahuacán de los Membrillos	Lagunas de Estabilización	25.0	20.0
Ixtlahuacán de los Membrillos	Lodos Activados	16.0	12.0
Ixtlahuacán de los Membrillos	Lodos Activados	40.0	35.0
Jalostotitlán	Tanque Imhoff+Filtro Biológico	50.0	50.0
Jalostotitlán	Rafa o Wasb	5.0	3.0
Jalostotitlán	Lodos Activados	3.0	3.0
Jamay	Lodos Activados	40.0	40.0
Jamay	Rafa o Wasb	2.0	2.0
Jesús María	Rafa o Wasb	3.0	3.0
Jesús María	Humedales (Wetland)	1.0	1.0
Jocotepec	Lodos Activados	9.0	9.0
Jocotepec	Lodos Activados	80.0	67.0
Jocotepec	Lodos Activados	20.0	15.0
Juanacatlán	Lodos Activados	2.0	2.0
Juanacatlán	Lodos Activados	40.0	25.3
La Barca	Lodos Activados	80.0	62.0
La Huerta	Lagunas de Estabilización	3.0	3.0
La Huerta	Lagunas de Estabilización	12.0	12.0
La Huerta	Rafa o Wasb	3.0	3.0

La Huerta	Lodos Activados	1.5	1.5
La Manzanilla de la Paz	Lodos Activados	8.0	4.0
La Manzanilla de la Paz	Lodos Activados	8.0	5.0
Lagos de Moreno	Fosa Séptica	1.0	1.0
Lagos de Moreno	Lodos Activados	0.5	0.5
Lagos de Moreno	Lagunas de Estabilización	3.0	3.0
Lagos de Moreno	Fosa Séptica	1.0	1.0
Lagos de Moreno	Lodos Activados	285.0	200.0
Lagos de Moreno	Lodos Activados	3.0	2.0
Lagos de Moreno	Fosa Séptica	1.0	1.0
Lagos de Moreno	Fosa Séptica	1.0	1.0
Lagos de Moreno	Fosa Séptica	1.0	1.0
Lagos de Moreno	Lodos Activados	10.0	10.0
Magdalena	Filtros Biológicos o Rociadores o Percoladores	25.0	25.0
Mazamitla	Lodos Activados	40.0	20.0
Mexxicacán	Lodos Activados	8.0	8.0
Mixtlán	Rafa o Wasb	0.5	0.5
Mixtlán	Rafa o Wasb	2.0	2.0
Mixtlán	Rafa o Wasb	3.0	2.0
Ocotlán	Lodos Activados	190.0	180.0
Ojuelos Jalisco	Rafa o Wasb	3.0	3.0
Poncitlán	Lodos Activados	8.0	5.0
Puerto Vallarta	Lodos Activados	4.0	2.0
Puerto Vallarta	Rafa o Wasb	5.0	5.0
Puerto Vallarta	Rafa o Wasb	3.0	3.0
Puerto Vallarta	Rafa o Wasb	3.0	3.0
Puerto Vallarta	Lodos Activados	20.0	2.0
Puerto Vallarta	Lodos Activados	1,125.0	1,100.0
Puerto Vallarta	Lodos Activados	120.0	120.0
San Diego de Alejandría	Lagunas de Estabilización	7.0	7.0
San Julián	Lodos Activados	20.0	20.0
San Junaito de Escobedo	Lodos Activados	12.0	12.0
San Martín de Hidalgo	Lodos Activados	16.0	12.0
San Miguel el Alto	Rafa o Wasb	1.0	1.0
San Miguel el Alto	Rafa o Wasb	2.0	2.0
San Miguel el Alto	Rafa o Wasb	2.0	2.0
San Miguel el Alto	Lodos Activados	4.0	4.0
Santa María de los Angeles	Humedales (Wetland)	3.0	3.0

Talpa de Allende	Lodos Activados	34.0	30.0
Tapalpa	Lagunas de Estabilización	25.0	25.0
Tenamaxtlán	Lodos Activados	2.0	1.0
Tenamaxtlán	Rafa o Wasb	0.2	0.2
Tenamaxtlán	Lagunas de Estabilización	10.0	10.0
Teocaltiche	Tanque Imhoff+Filtro Biológico	7.0	7.0
Teocaltiche	Rafa o Wasb	8.0	4.0
Teocaltiche	Lodos Activados	80.0	80.0
Tepatitlán de Morelos	Lodos Activados	2.0	2.0
Tepatitlán de Morelos	Filtros Biológicos o Rociadores o Percoladores	200.0	236.0
Teuchitlán	Discos Biológicos o Biodiscos	20.0	10.0
Tizapán el Alto	Lodos Activados	50.0	44.0
Tizapán el Alto	Lodos Activados	6.0	6.0
Tlajomulco de Zuñiga	Lodos Activados	12.0	8.0
Tlajomulco de Zuñiga	Lodos Activados	8.0	8.0
Tlajomulco de Zuñiga	Lodos Activados	5.0	3.0
Tlajomulco de Zuñiga	Lodos Activados	10.0	10.0
Tlajomulco de Zuñiga	Lodos Activados	2,250.0	2,100.0
Tlajomulco de Zuñiga	Lodos Activados	120.0	45.0
Tolimán	Humedales (Wetland)	3.5	3.5
Tomatlán	Rafa o Wasb	5.0	3.0
Tomatlán	Lodos Activados	4.0	4.0
Tomatlán	Lodos Activados	4.0	3.0
Tomatlán	Lodos Activados	5.0	3.0
Tomatlán	Lodos Activados	31.0	30.0
Tonaya	Lodos Activados	8.0	8.0
Tototlán	Lodos Activados	26.0	16.0
Tuxcueca	Lodos Activados	24.0	12.0
Tuxcueca	Lodos Activados	12.0	6.0
Unión de Tula	Lodos Activados	21.0	21.0
Valle de Guadalupe	Zanjas de oxidación	18.0	18.0
Villa Corona	Lagunas de Estabilización	12.0	12.0
Villa Hidalgo	Rafa o Wasb	3.0	3.0
Villa Hidalgo	Lodos Activados	60.0	43.0
Yahualica de González Gallo	Lodos Activados	45.0	26.0
Zapopan	Lodos Activados	30.0	30.0
Zapopan	Rafa o Wasb	1.0	1.0
Zapopan	Fosa Séptica	1.0	1.0

Zapopan	Lodos Activados	8,500.0	6,030.0
Zapopan	Lodos Activados	29.0	15.0
Zapopan	Rafa o Wasb	2.0	2.0
Zapopan	Lodos Activados	150.0	75.0
Zapopan	Rafa o Wasb	2.3	2.0
Zapopan	Lodos Activados	10.0	10.0
Zapopan	Fosa Séptica	1.4	1.0
Zapopan	Rafa o Wasb	3.5	3.5
Zapopan	Fosa Séptica	1.0	1.0
Zapopan	Fosa Séptica	1.0	1.0
Zapopan	Fosa Séptica	1.0	1.0
Zapopan	Aerobio	5.0	5.0
Zapopan	Lodos Activados	12.0	12.0
Zapotlán el Grande	Lodos Activados	50.0	50.0
Zapotlán el Grande	Lodos Activados	150.0	150.0
Zapotlanejo	Lodos Activados	2.0	2.0
Zapotlanejo	Lodos Activados	73.0	33.0
Total de plantas	149	15,391.9	12,094.8

Fuente: CONAGUA

Tabla 72. PTAR industriales en Jalisco.

Tecnología (estandarizada)	Volumen de agua tratada (m3)
Anaerobio	94,174,243
Biodiscos	47,227
Filtros biológicos	1,720,126
Fosa séptica	427,583
Lagunas aireadas	3,354,353
Lagunas de estabilización	3,031,092
Lodos Activados	76,856,652
Otro	3,796,141
Primario o sedimentación	93,730,885
Tanque Imhoff	69,632,825
Zanjas de oxidación	178,469

Fuente: Semarnat (COA 2014)

ELIMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS [4A]

La metodología para el cálculo de las emisiones de metano por la disposición o eliminación de desechos sólidos es la indicada en las directrices del IPCC 2006, basadas en un modelo de descomposición de primer orden. Otras metodologías requieren contar con información específica para el sitio, como el modelo mexicano de biogás, sin embargo para el caso de este inventario, la información fue estimada con un enfoque *top-down*, por lo que se consideró apropiado utilizar la propuesta por el IPCC.

Ecuación 24. Emisiones de metano provenientes de los sitios de disposición final

$$\text{Emisiones de } CH_4 = \left[\sum_x CH_4 \text{ generado}_{x,T} - R_T \right] \times (1 - OX_T)$$

Donde:

Emisiones de CH_4	Metano emitido durante el año T, Gg
T	Año del Inventario
x	Categoría o tipo de desecho
R_T	Metano recuperado durante el año T, Gg
OX_T	Factor de oxidación durante el año T (fracción)

El CH_4 recuperado debe restarse de la cantidad de CH_4 generada. Sólo la fracción de CH_4 que no se recupera está sujeta a la oxidación en la capa de la cubierta de los SEDS.

El CH_4 potencial que se genera a través de los años puede estimarse sobre la base de las cantidades y la composición de los desechos eliminados en los SEDS y de las prácticas de gestión en los sitios de eliminación. La base para el cálculo es la cantidad de carbono orgánico degradable disuelto (DDOC, del inglés, *Decomposable Degradable Organic Carbon*) (DDOC_m) como se define en la Ecuación siguiente:

Ecuación 25. Carbono orgánico degradable de los residuos

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

Donde:

DDOC _m	Masa del DDOC depositado, Gg
W	Masa de los desechos depositados, Gg
DOC	Carbono orgánico degradable durante el año de disposición
DOC _f	Fracción del DDOC que puede descomponerse
MCF	Factor de corrección del metano

Para determinar la cantidad de metano generado, en una reacción de primer orden, la cantidad de producto es siempre proporcional a la cantidad de material reactivo, por lo se debe calcular la masa total de material en descomposición que existe actualmente en el sitio.

Ecuación 26. DDOCm acumulado

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} \times e^{-k})$$

$$DDOCm\ descomp_T = DDOCma_{T-1} \times (1 - e^{-k})$$

Donde:

- T Año del Inventario
- DDOCma_T DDOCm acumulado al final del año T, Gg
- DDOCma_T DDOCm acumulado al final del año T-1, Gg
- DDOCma_T DDOCm depositado durante el año T, Gg
- DDOCma_T DDOCm descompuesto durante el año T, Gg
- k Constante de reacción

Con estos datos es posible entonces calcular el metano generado, se multiplica la fracción de CH₄ contenida en el gas de vertedero generado por el cociente de pesos moleculares.

Ecuación 27. Metano generado a partir del DDOCm en descomposición

$$CH_4\ generado_T = DDOCm\ descomp_T \times F \times \frac{16}{12}$$

Donde:

- CH₄ generado_T Cantidad CH₄ generado a partir del material en descomposición
- DDOCm descomp_T CH₄ descompuesto durante el año T, Gg
- F Fracción volumétrica de CH₄ en el gas de vertedero generado (fracción)
- 16/12 Cociente de pesos moleculares CH₄/C (cociente)

Tabla 73. MCF para los diferentes sitios de disposición

	No manejado, poco profundo	No manejado, profundo	Relleno Sanitario	Semiaeróbico
	MCF	MCF	MCF	MCF
	0.4	0.8	1	0.5
1998	44%	6%	49%	1%
1999	43%	6%	50%	1%
2000	41%	6%	51%	1%

2001	40%	7%	53%	1%
2002	39%	7%	54%	1%
2003	37%	7%	55%	1%
2004	36%	7%	57%	1%
2005	34%	7%	58%	1%
2006	32%	7%	60%	1%
2007	31%	8%	61%	1%
2008	29%	8%	63%	1%
2009	27%	8%	64%	1%
2010	25%	8%	66%	1%
2011	24%	8%	67%	1%
2012	22%	9%	69%	1%
2013	20%	9%	71%	1%
2014	18%	9%	72%	1%

Fuente: Elaboración propia con datos de Semarnat.

TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS (4B)

Las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes del tratamiento biológico pueden estimarse utilizando el método por defecto proporcionado por las Ecuaciones que se presentan a continuación.

Ecuación 28. Emisiones de metano del tratamiento biológico

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R$$

Donde:	
Emisiones de CH ₄	Total de las emisiones de CH ₄ durante el año del inventario, Gg de CH ₄
M _i	Masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i, Gg
EF _i	Factor de emisión del tratamiento i, g de CH ₄ /kg. de desechos tratados
i	Preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica
R	Cantidad total de CH ₄ recuperado durante el año del inventario, Gg de CH ₄

Ecuación 29. Emisiones de óxido nitroso del tratamiento biológico

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O} = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3}$$

Donde:

Emisiones de N ₂ O	Total de las emisiones de N ₂ O durante el año del inventario, Gg de N ₂ O
M _i	Masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i, Gg
EF _i	Factor de emisión del tratamiento i, g de N ₂ O /kg. de desechos tratados
i	Preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica

Tabla 74. Estimación de emisiones de metano por tratamiento biológico

Sector	Desechos				
Categoría	Tratamiento biológico de los desechos				
Código de categoría	4B				
	A	B	C	D	E
Sistema de tratamiento biológico	Cantidad anual de desechos tratados	Factor de emisión	Generación bruta de metano	Recuperación de metano	Emisiones netas anuales de metano
	(Gg)	(g CH ₄ /kg waste treated)	(Gg CH ₄)	(Gg CH ₄)	(Gg CH ₄)
			C = (A x B) x 10 ⁻³		E = (C - D)
Compostaje	30.99	4	0.12396		0.12396

Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC y Semadet.

Tabla 75. Estimación de emisiones de óxido nítrico por tratamiento

Sector	Desechos		
Categoría	Tratamiento biológico de los desechos		
Código de categoría	4B		
	A	B	C
Sistema de tratamiento biológico	Cantidad anual de desechos tratados	Factor de emisión	Emisiones netas anuales de metano
	(Gg)	(g N ₂ O/kg waste treated)	(Gg N ₂ O)

			$E = (A \times B) \times 10^{-3}$
Compostaje	30.99	0.30	0.0093600

Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC y Semadet.

INCINERACIÓN DE DESECHOS (4C)

Para esta categoría, se utilizó la metodología IPCC para incineración de residuos basados en la cantidad total de desechos quemados.

Ecuación 30. Estimación de las emisiones de CO₂ basada en la cantidad total de desechos quemados

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \sum_i (SW_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times 44/12$$

Donde:	
Emisiones de CO ₂	Total de las emisiones de CO ₂ durante el año del inventario, Gg
SW _i	Cantidad total de desechos sólidos de tipo i (peso húmedo) incinerados
dm _i	Contenido de materia seca en los desechos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, (fracción)
CF _i	Fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción)
FCF _i	Fracción de carbono fósil en el carbono total, (fracción)
OF _i	Factor de oxidación, (fracción) CF _i
i	Tipo de desecho incinerado
44/12	Factor de conversión de C en CO ₂

Ecuación 31. Estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O basada en la cantidad total de desechos quemados

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

Donde:	
Emisiones de CH ₄	Total de las emisiones de CH ₄ durante el año del inventario, Gg
Emisiones de N ₂ O	Total de las emisiones de N ₂ O durante el año del inventario, Gg

IW_i	Cantidad de desechos sólidos de tipo i incinerados o quemados por incineración abierta, Gg/año
EF_i	factor de emisión de CH ₄ agregado, kg. de CH ₄ /Gg de desechos
i	Tipo de desecho incinerado
10^{-6}	Factor de conversión de kilogramos en gigagramos

TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (4D)

Esta categoría se divide en tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales y aguas residuales industriales. Cada subcategoría tiene metodología distinta, aunque comparten valores como el MCF.

TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Ecuación 32. Emisiones totales de CH₄ procedentes de las aguas residuales domésticas

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left[\sum_{i,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j) \right] (TOW - S) - R$$

Donde:	
Emisiones de CH ₄	Total de las emisiones de CH ₄ durante el año del inventario, Gg
TOW	Total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg. de BOD/año
S	Componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg. de BOD/año
U_i	Fracción de la población del grupo de ingresos i en el año de inventario
$T_{i,j}$	Grado de utilización de vía o sistema de tratamiento y/o eliminación j, para cada fracción de grupo de ingresos i en el año del inventario
i	Grupo de ingresos
j	Cada vía o sistema de tratamiento/eliminación
EF_j	Factor de conversión kg. de CH ₄ /kg. de BOD
R	Cantidad de CH ₄ recuperada durante el año del inventario, kg. de CH ₄ /año

Para calcular el factor de emisión correspondiente a cada tipo de planta, se utilizó un valor de DBO igual a 0.244 (kg/m³)y el MCF, así mismo se debe considerar el porcentaje de remoción de lodos.

Tabla 76. Factores de emisión por tipo de tecnología

Tecnología de tratamiento	Factor de emisión (kgCH ₄ / kgDBO)	MCF	% de remoción
Aerobio	0.47	0.79	85%
Anaerobio	0.66	1.10	70%
Biológico	0.18	0.30	85%
Discos Biológicos O Biodiscos	0.18	0.30	85%
Dual	0.42	0.71	85%
Filtros Biológicos O Rociadores O Percoladores	0.18	0.30	85%
Fosa Séptica	4.92	8.20	0%
Fosa Septica + Filtro Biologico	0.30	0.50	0%
Fosa Septica + Wetland	5.01	8.35	0%
Humedales (Wetland)	0.48	0.80	70%
Lagunas Aireadas	0.47	0.79	85%
Lagunas De Estabilización	1.06	1.76	70%
Lodos Activados	0.47	0.79	85%
Otro	0.48	0.80	70%
Primario Avanzado	0.18	0.30	85%
Primario O Sedimentación	0.48	0.80	70%
Rafa + Filtro Biologico	1.67	2.78	70%
Rafa O Wasb	1.50	2.50	70%
Rafa, Wasb + Humedal	1.50	2.50	70%
Reactor Enzimatico	0.25	0.41	85%
Sedimentación + Wetland	0.48	0.80	70%
Tanque Imhoff	1.50	2.50	70%
Tanque Imhoff + Filtro Biologico	1.50	2.50	70%
Tanque Imhoff + Wetland	1.50	2.50	70%
Terciario	0.06	0.10	0%
Zanjas De Oxidación	0.94	1.57	70%
No Tratada	0.06	0.10	0%

Fuente: Elaboración propia con datos de INECC (INEGI 2013)

TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Ecuación 33. Emisiones totales de CH₄ procedentes de las aguas residuales industriales

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i) EF_i - R_i]$$

Donde:	
Emisiones de CH ₄	Total de las emisiones de CH ₄ durante el año del inventario, Gg
TOW	Total de materia orgánica degradable en las aguas residuales de la industria i, en el año del inventario, kg. de COD/año
S _i	Componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg. de COD/año
i	Sector industrial
EF _j	Factor de emisión para la industria i, kg. de CH ₄ /kg. de COD para la vía o sistema(s) de tratamiento y/o eliminación utilizado(s) en el año del inventario
R _i	Cantidad de CH ₄ recuperada durante el año del inventario, kg. de CH ₄ /año

La cantidad de CH₄ que se recupera se expresa en la Ecuación anterior como R.

INCERTIDUMBRE

Tabla 77. Incertidumbre de la categoría Desechos.

Categorías IPCC 2006	Gas	Emisiones Año base (2014) (Gg CO ₂ equivalente)	Incertidumbre de los Datos de Actividad (%)	Incertidumbre del Factor de Emisión (%)	Incertidumbre Combinada (%)
4 - Waste					
4.A - Eliminación de desechos sólidos	CH ₄	3,615.535	30	30	42.426
4.B - Tratamiento biológico de los desechos sólidos	CH ₄	3.494	30	30	42.426
4.B - Tratamiento biológico de los desechos sólidos	N ₂ O	2.480	30	30	42.426
4.C - Incineración e incineración abierta de desechos	CO ₂	0.000	5	30	30.414
4.C - Incineración e incineración abierta de desechos	CH ₄	0.000	5	30	30.414
4.C - Incineración e incineración abierta de desechos	N ₂ O	0.000	5	30	30.414
4.D - Tratamiento y eliminación de aguas residuales	CH ₄	0.000	5	20	20.616
4.D - Tratamiento y eliminación de aguas residuales	N ₂ O	0.000	5	20	20.616

Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC

CARBONO NEGRO

En los últimos años, Canadá, Estados Unidos y México han elaborado inventarios de carbono negro (CN) de primera generación para evaluar la magnitud de las emisiones de este compuesto de efecto invernadero y facilitar el diseño de políticas que permitan atender esta problemática. Para las estimaciones de carbono negro incluidas en el Inventario Estatal se utilizaron las metodologías desarrolladas por la Comisión para la Cooperación Ambiental, que incluyen recomendaciones del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Las categorías estimadas en el Inventario Estatal incluyen:

1. Energía e Industria
2. Fuentes móviles
3. Quema de biomasa

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad para la categoría Energía e Industria se obtienen de diferentes fuentes de información:

- Datos de actividad a nivel instalación (COA Federal 2014)
 - Emisiones GEI recalculadas
- Sistema de información energética de SENER

Para el sector de fuentes móviles:

- Datos sobre venta de combustibles en el estado de Jalisco de Pemex

Y para la quema de biomasa se utilizó la base de datos de incendios de la CONAFOR para el Estado de Jalisco.

Tabla 78. Consumo de combustibles en el sector energía para la estimación de emisiones de carbono negro

	Total		Industria		Transporte		Comercial, residencial y agropecuario	
Combustible								
Líquidos								
Combustóleo ligero	56,524,120	l	56,524,120	l	-	-	-	-
Combustóleo pesado	87,116,786	l	87,116,786	l	-	-	-	-
Diesel	1,450,270,109	l	149,650,664	l	1,300,619,445	l	-	-
Gasolinas y naftas	3,216,455,101	l	-	-	3,216,455,101	l	-	-
Sólidos								
Carbón mineral	14,260	t	14,260	t	-	-	-	-
Gaseosos								
Gas licuado de petróleo	1,229,750,625	l	248,415,760	l	-	-	981,334,865	l
Gas natural (promedio asociado y no asociado)	291,719,872	m ³	291,719,872	m ³	-	-	-	-

Gas natural asociado	226,194,638	m ³	226,194,638	m ³	-	-	-	-
Gas natural no asociado	247,464,428	m ³	247,464,428	m ³	-	-	-	-
Gas seco	60,829,218	m ³	2,467,010	m ³	-	-	58,362,208	m ³
Biomasa								
Bagazo de caña	5,650	t	5,650	t	-	-	-	-
Caña de maíz	1,353	t	1,353	t	-	-	-	-
Leña	1,481	t	1,481	t	-	-	-	-
Madera en astillas/pellets	39,078	t	39,078	t	-	-	-	-
Papel ordinario o kraft	2,814	t	2,814	t	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, SENER e INEGI.

METODOLOGÍA

FUENTES FIJAS

La metodología utilizada para el cálculo de emisiones de carbono negro en fuentes fijas, para las distintas industrias dentro de los sectores energético e industrial, el método de nivel 1 permite calcular las emisiones de CN procedentes del consumo de combustible y un factor de emisión por defecto. El método de nivel 1 se basa en la siguiente ecuación:

$$E_{CN} = \sum_{i,I} (Q_{i,I} \times FE_{i,I,PM_{2.5}} \times FS_{i,I,CN/PM_{2.5}})$$

Donde:

E_{CN}	Emisiones de carbono negro procedentes del consumo de combustibles (la suma de emisiones de todos los combustibles)
i	Tipo de combustible (por ejemplo: gas natural y carbón)
I	Tipo de industria
$Q_{i,I}$	Cantidad de combustible tipo “i” consumido en industria “I”
$FE_{i,I,PM_{2.5}}$	Factor de emisión para $PM_{2.5}$ para combustible tipo “i” e industria “I”
$FS_{i,I,CN/PM_{2.5}}$	Factor de especiación para convertir $PM_{2.5}$ en carbono negro para combustible

Los factores de emisión empleados fueron tomados de las Directrices para la estimación de las emisiones de carbono negro de América del Norte de la CCA. Y para fuentes fijas fueron:

Tabla 79. Factores de emisión de carbono negro para fuentes fijas

Combustible	Factor de emisión $PM_{2.5}$		Factor de Especiación	
		Unidad		Unidad
Líquidos				
Combustóleo ligero	0.47	lb/1000	0.01	-
Combustóleo pesado	0.47	lb/1000	0.01	-
Diesel	1.55	lb/1000	0.10	-
Sólidos				
Carbón mineral	5.640	lb/ton	0.017	-
Gaseosos				
Gas licuado de petróleo	1.106	lb/1000	0.384	-
Gas natural (promedio asociado y no asociado)	7.600	lb/millón	0.384	-
Gas natural asociado	7.600	lb/millón	0.384	-
Gas natural no asociado	7.600	lb/millón	0.384	-
Gas seco	7.600	lb/millón	0.384	-

Biomasa				
Bagazo de caña	8.160	kg / Tl	1.000	-
Caña de maíz	8.160	kg / Tl	1.000	-
Leña	10.000	lb/ton	0.033	-
Madera en astillas/pellets	10.000	lb/ton	0.033	-
Papel ordinario o kraft	10.000	lb/ton	0.033	-

Fuente: Elaboración propia con datos de CCA.

FUENTES MÓVILES

Para fuentes móviles, se empleó de igual manera el Nivel 1 de estimación, el nivel 1 consiste en un método agregado, basado en combustibles, que parte de una única estimación nacional de consumo de combustible, por tipo (gasolina, diésel o gas natural comprimido) y por año calendario. El método 1 se basa en la siguiente ecuación:

$$E_{CN} = \sum_i (Q_i \times FE_{i,CE} \times 1/En_i)$$

Donde:

E_{CN}	Emissiones de carbono negro procedentes de fuentes móviles (gasolina y diésel)
Q_i	Cantidad de combustible tipo "i"
$FE_{i,CE}$	Factor de emisión para $PM_{2.5}$ para combustible tipo "i" e industria "i"
En_i	Contenido energético de combustible tipo "i"

Los factores de emisión fueron:

Tabla 80. Factores de emisión de carbono negro para fuentes móviles

Combustible	Factor de emisión Carbono negro	
	FE	Unidad
Diesel	3.185	g/gallon
Gasolinas y naftas	0.073	g/gallon

Fuente: Elaboración propia con datos de CCA.

QUEMA DE BIOMASA

Para la quema de biomasa se empleó un método de nivel 1 para calcular las emisiones que consta de un solo factor de emisión por unidad de superficie, superficie quemada y un factor de especiación, y se basa en la siguiente ecuación:

$$E_{CN} = A \times FE_{PM_{2.5}} \times FS_{CN/PM_{2.5}}$$

Donde:

E_{CN}	Emisiones de carbono negro procedentes de fuentes móviles (gasolina y diésel)
A	Superficie quemada
$FE_{PM_{2.5}}$	Factor de emisión para $PM_{2.5}$ por área
$FS_{CN/PM_{2.5}}$	Factor de especiación para convertir $PM_{2.5}$ en carbono negro

El factor de emisión utilizado fue:

Tabla 81. Factor de emisión de carbono negro para biomasa

Combustible	Factor de emisión $PM_{2.5}$		Factor de Especiación	
		Unidad		Unidad
Biomasa	324.00	kg/hectárea	9.5	%

Fuente: Elaboración propia con datos de CCA.