



Cuarto Inventario
Nacional de Gases
de Efecto Invernadero
República de Nicaragua
2015



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

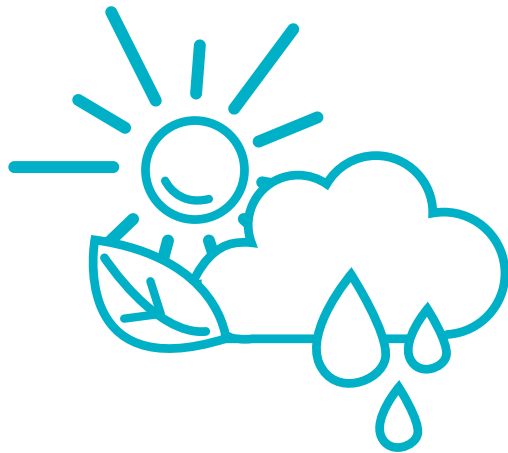


Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

República de Nicaragua
Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
Sistema Nacional de Gestión de Cambio Climático
Secretaría de Cambio Climático de la Presidencia

Cuarto Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Nicaragua 2015
Edit. IMPRIME S.A. Managua, 2023
174 páginas

Proyecto “Habilitación de la preparación de la Cuarta Comunicación Nacional de Nicaragua y el Primer Informe Bienal de Actualización a la CMNUCC”.
SCCP-GEF-FAO.



Cuarto Inventario
Nacional de Gases
de Efecto Invernadero
República de Nicaragua
2015

Managua, 2023

Acrónimos y Siglas

AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (por sus siglas en inglés)
AR4	Cuarto Reporte de Evaluación del IPCC (por sus siglas en inglés)
AR5	Quinto Reporte de Evaluación del IPCC (por sus siglas en inglés)
ARD	Aguas Residuales Domésticas
BCN	Banco Central de Nicaragua
BEN	Balance Energético Nacional
bep	Barriles equivalentes de petróleo
BUR	Reporte Bienal de Actualización (por sus siglas en inglés)
CC	Control de Calidad
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPALSTAT	Bases de Datos CEPAL
CH₄	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO	Monóxido de carbono
CO₂	Dióxido de carbono
CO₂-eq	Unidades de dióxido de carbono equivalentes
COP	Conferencia de las Partes
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano
DA	Datos de Actividad
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DGA	Dirección General de Servicios Aduaneros
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
ENDE-REDD+	Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones Provenientes de la Deforestación Evitada
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés)
FAOSTAT	Bases de Datos de la FAO
FAyFENCO₂	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂

Acrónimos y Siglas

FE	Factor de Emisión
FOD	Descomposición de Primer Orden (por sus siglas en inglés)
FR	Factor de Remoción
FUNICA	Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua
GC	Garantía de la Calidad
GEI	Gases de Efecto Invernadero
Gg	Gigagramos
GIZ	Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (por sus siglas en alemán)
GLP	Gas licuado de petróleo
Gt	Gigatoneladas
ha	Hectáreas
INAC	Instituto Nicaragüense de Aeronáutica Civil
INAFOR	Instituto Nacional Forestal
INE	Instituto Nicaragüense de Energía
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (ahora INIDE)
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INF	Inventario Nacional Forestal
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
INIDE	Instituto Nacional de Información del Desarrollo
INIFOM	Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal
INTA	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
IPPU	Procesos Industriales y Uso de Productos (por sus siglas en inglés)
ktep	Kilotoneladas equivalentes de petróleo
MAG	Ministerio Agropecuario
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MHCP	Ministerio de Hacienda y Crédito Público

Acrónimos y Siglas

MINSA	Ministerio de Salud
mm	Milímetro
MRV	Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación
MTI	Ministerio de Transporte e Infraestructura
NO_x	Óxidos de nitrógeno
N₂O	Óxido nitroso
NREF-N	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de Nicaragua
ONG	Organizaciones No Gubernamentales
PCG	Potenciales de Calentamiento Global
PIB	Producto Interno Bruto
PISASH	Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
REDD+	Reducción de emisiones provenientes de la deforestación y degradación de los bosques
SAN	Sistema Aislado Nacional
SAR	Segundo reporte de evaluación del IPCC (por sus siglas en inglés)
SCCP	Secretaría de Cambio Climático de la Presidencia de la República de Nicaragua
SEDS	Sitios de Eliminación de Desechos Sólidos
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SINGEI-NI	Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Nicaragua
SNGCC	Sistema Nacional de Gestión del Cambio Climático
SO₂	Dióxido de azufre
TOW	Carbono Orgánico Degradable (por sus siglas en inglés)
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura

Índice de Contenido

1. ANTECEDENTES	1
2. METODOLOGÍA	4
3. FUENTES DE INFORMACIÓN Y MÉTODOS	8
4. SISTEMA NACIONAL DE INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	12
4.1. Arreglos institucionales y entidades participantes	12
4.2. Métodos y documentación de datos	13
4.3. Garantía de calidad / control de calidad y verificación	14
4.4. Ciclo de Inventario	14
4.5. Mejoras implementadas en el Cuarto INGEI 2015	15
5. PANORAMA GENERAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	18
5.1. Tendencia de emisiones por gas	20
6. EMISIONES DE GEI 2015	22
6.1. Dióxido de carbono (CO ₂)	25
6.2. Metano (CH ₄)	25
6.3. Óxido nitroso (N ₂ O)	26
6.4. Consumo de halocarburos y hexafluoruro de azufre	26
6.5. Categorías principales 2015	26
6.6. Evaluación general de la incertidumbre	27
6.7. Indicadores asociados al INGEI 2015	29
7. RESULTADOS DE LAS EMISIONES POR SECTOR	31
7.1. Sector Energía	31
7.1.1. Resumen del sector	31
7.1.2. Panorámica del sector	33
7.1.3. Análisis de categoría/fuente de emisión	34
7.1.4. Descripción del método a ser utilizado	40
7.1.5. Datos de actividad	41
7.1.6. Factores de emisión	55
7.1.7. Resultado de la estimación de emisiones por método de nivel	56
7.1.8. Resultado de la estimación de emisiones por método de referencia	59
7.1.9. Análisis de las estimaciones y comparación del resultado entre método de nivel o sectorial y de referencia	60
7.1.10. Incertidumbre y coherencia temporal	61
7.1.11. Control de calidad y verificación	61
7.1.12. Realización de nuevos cálculos	61
7.1.13. Planes de mejora del sector Energía	63
7.2. Sector Procesos Industriales y Uso de los Productos (IPPU)	64
7.2.1. Resumen del sector	64
7.2.2. Panorámica del sector	65

Índice de Contenido

7.2.3.	Análisis de categoría/fuente de emisión	66
7.2.4.	Descripción del método a ser utilizado	68
7.2.5.	Datos de actividad	71
7.2.6.	Factores de emisión	76
7.2.7.	Resultado de la estimación de emisiones	77
7.2.8.	Incertidumbre y coherencia temporal	79
7.2.9.	Control de calidad y verificación	80
7.2.10.	Realización de nuevos cálculos	80
7.2.11.	Plan de mejora de sector IPPU	82
7.3.	Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra	83
7.3.1.	Resumen del sector	83
7.3.2.	Subsector Agricultura	84
7.3.2.1.	Panorámica del subsector	84
7.3.2.2.	Análisis de categoría/fuente de emisión	93
7.3.2.3.	Descripción del método a ser utilizado	94
7.3.2.4.	Datos de actividad	100
7.3.2.5.	Factores de emisión	102
7.3.2.6.	Resultado de la estimación de emisiones	103
7.3.2.7.	Realización de nuevos cálculos	106
7.3.3.	Subsector Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura	107
7.3.3.1.	Panorámica del subsector	107
7.3.3.2.	Análisis de categoría/fuente de emisión	111
7.3.3.3.	Descripción del método a ser utilizado	113
7.3.3.4.	Datos de actividad	116
7.3.3.5.	Factores de emisión	124
7.3.3.6.	Resultado de la estimación de emisiones	125
7.3.3.7.	Realización de nuevos cálculos	128
7.3.4.	Incertidumbre y coherencia temporal	129
7.3.5.	Control de calidad y verificación	130
7.3.6.	Plan de mejora del sector AFOLU	130
7.4.	Sector Desechos	132
7.4.1.	Resumen del sector	132
7.4.2.	Panorámica del sector	133
7.4.3.	Análisis de categoría/fuente de emisión	136
7.4.4.	Descripción del método a ser utilizado	136
7.4.5.	Datos de actividad	142
7.4.6.	Factores de emisión	143
7.4.7.	Resultado de la estimación de emisiones	145
7.4.8.	Incertidumbre y coherencia temporal	151
7.4.9.	Control de calidad y verificación	151
7.4.10.	Realización de nuevos cálculos	152
7.4.11.	Plan de mejora del sector Desechos	154

Índice de Tablas

Tabla 1.	Mejoras en la actualización del cuarto INGEI en relación al tercero	2
Tabla 2.	Resumen de nivel metodológico utilizado	5
Tabla 3.	Potencial de calentamiento global para tiempo dado de horizonte	7
Tabla 4.	Emisiones estimadas para la serie temporal 2000-2015	18
Tabla 5.	Tendencia de las emisiones por GEI (Gg CO ₂ -eq)	21
Tabla 6.	Emisiones netas, año de referencia 2015	22
Tabla 7.	Categorías principales INGEI 2015	27
Tabla 8.	Indicadores asociados a las emisiones de país 2015	30
Tabla 9.	Emisiones del sector Energía (Gg CO ₂ -eq)	32
Tabla 10.	Categorías sector Energía aplicables en Nicaragua y gases incluidos	34
Tabla 11.	Evolución de la generación eléctrica (2000 - 2015)	36
Tabla 12.	Evolución de los combustibles procesados en la refinería (2000-2015)	38
Tabla 13.	Categorías sector Energía IPCC y el BEN	42
Tabla 14.	Industrias de la energía, evolución del consumo de combustibles (ktep - Miles de Toneladas Equivalente de Petróleo), 2000-2015	44
Tabla 15.	Industrias manufactureras y de la construcción, evolución del consumo de combustibles (ktep - Miles de Toneladas Equivalente de Petróleo), 2000-2015	47
Tabla 16.	Evolución del parque vehicular de Nicaragua	50
Tabla 17.	Parque vehicular de Nicaragua	50
Tabla 18.	Sector Transporte, evolución del consumo de combustibles (ktep - Miles de Toneladas Equivalente de Petróleo), 2000-2015	51
Tabla 19.	Otros sectores, evolución del consumo de combustibles (ktep - Miles de Toneladas Equivalente de Petróleo), 2000-2015	53
Tabla 20.	Evolución generación de energía geotérmica en Nicaragua (ktep Miles de Toneladas Equivalente de Petróleo), 2000-2015	54
Tabla 21.	Factores de emisión e incertidumbre asociada	55
Tabla 22.	Emisiones del sector Energía (2000 - 2015)	58
Tabla 23.	Emisiones del sector Energía por categoría año 2015	58
Tabla 24.	Emisiones del sector Energía (2000 - 2015) método de referencia	59
Tabla 25.	Comparación de los resultados método de nivel y de referencia	60
Tabla 26.	Comparación resultados del tercer y cuarto INGEI del sector Energía	62
Tabla 27.	Comparación resultados del tercer y cuarto INGEI para NO _x , CO, COVDM y SO ₂	63
Tabla 28.	Emisiones del sector IPPU (Gg CO ₂ -eq)	65
Tabla 29.	Categorías sector IPPU aplicables en Nicaragua y gases incluidos	67
Tabla 30.	Volumen de producción e importaciones de cemento y clinker (2000-2015)	72
Tabla 31.	Volumen de producción de cal viva (2000-2015)	73
Tabla 32.	Consumo de carbonatos (2000-2015)	73
Tabla 33.	Consumo de lubricantes y cera de parafina (2000-2015)	74

Índice de Tablas

Tabla 34.	Consumo de asfalto (2000-2015)	75
Tabla 35.	Volumen de producción de bebidas alcohólicas (ron y cervezas) período 2000-2015	75
Tabla 36.	Volumen de producción de azúcar y embutidos (2000-2015)	76
Tabla 37.	Factores de emisión utilizados por categoría/subcategoría/gas	76
Tabla 38.	Emisiones del sector IPPU 2015	77
Tabla 39.	Comparación entre inventarios del sector IPPU	80
Tabla 40.	Comparación entre inventarios para la producción de cemento	81
Tabla 41.	Comparación entre inventarios para la producción de cal	81
Tabla 42.	Comparación entre inventarios para la producción de asfalto	82
Tabla 43.	Emisiones del sector AFOLU (Gg CO ₂ -eq)	83
Tabla 44.	Instalaciones de ganado estabulado (Feedlot)	89
Tabla 45.	Categorías subsector Agricultura aplicables en Nicaragua y gases incluidos	94
Tabla 46.	Datos de actividad del subsector Agricultura (2000-2015)	101
Tabla 47.	Factores de emisión subsector Agricultura	103
Tabla 48.	Emisiones por tipo de gas subsector Agricultura	104
Tabla 49.	Emisiones del subsector Agricultura para el año de inventario 2015	105
Tabla 50.	Peso porcentual por tipo de gas (2015)	106
Tabla 51.	Comparación entre inventarios del subsector Agricultura	107
Tabla 52.	Uso de suelo histórico 2000-2015	109
Tabla 53.	Categorías del subsector UTCUTS aplicables en Nicaragua y gases incluidos	111
Tabla 54.	Conceptualización de categorías de uso de suelo	112
Tabla 55.	Homologación de categorías y subcategorías del subsector UTCUTS	112
Tabla 56.	Depósitos de carbono incluidos en el inventario de GEI Nicaragua	113
Tabla 57.	Fuentes de información de las superficies de la tierra del subsector UTCUTS	116
Tabla 58.	Distribución de los usos de la tierra en función de los resultados de la homologación (hectáreas)	119
Tabla 59.	Matriz de cambio de uso de suelo 2000-2005 (hectáreas)	121
Tabla 60.	Matriz de cambio de uso de suelo 2000-2010 (hectáreas)	122
Tabla 61.	Matriz de cambio de uso de suelo 2000-2015 (hectáreas)	123
Tabla 62.	Densidades de carbono estimadas a partir de los datos del Inventario Nacional Forestal	124
Tabla 63.	Emisiones totales del subsector UTCUTS por categoría (Gg CO ₂ -eq)	125
Tabla 64.	Emisiones y absorciones del subsector UTCUTS	127
Tabla 65.	Comparación entre inventarios del subsector UTCUTS	129
Tabla 66.	Emisiones del sector Desechos (Gg CO ₂ -eq)	132
Tabla 67.	Categorías sector Desechos aplicables en Nicaragua y gases incluidos	136
Tabla 68.	Factores de emisión utilizados por categoría/subcategoría/gas	144
Tabla 69.	Comparación entre inventarios del sector Desechos	154

Índice de Figuras

Figura 1.	Gases evaluados en el cuarto INGEI	4
Figura 2.	Estructura propuesta para el SINGEI-NI	13
Figura 3.	Esquema del ciclo de inventario	15
Figura 4.	Tendencia de las emisiones de GEI por sector (Gg CO ₂ -eq)	18
Figura 5.	Emisiones quinquenales por sector (Gg CO ₂ -eq)	19
Figura 6.	Tendencia de las emisiones por GEI (Gg CO ₂ -eq)	20
Figura 7.	Emisiones nacionales de CO ₂ por sector, 2015	25
Figura 8.	Emisiones nacionales de CH ₄ por sector, 2015	25
Figura 9.	Emisiones nacionales de NO ₂ por sector, 2015	26
Figura 10.	Emisiones del sector Energía por subcategoría (Gg CO ₂ -eq)	31
Figura 11.	Emisiones por subcategoría año 2000 y 2015	32
Figura 12.	Evolución de la generación eléctrica en Nicaragua por tipo de energía	37
Figura 13.	Combustibles procesados en la refinería	39
Figura 14.	Evolución del carbón producido (2000-2015)	40
Figura 15.	Consumo de combustible en la producción de electricidad y calor	45
Figura 16.	Consumo de combustible en la refinación del petróleo	45
Figura 17.	Consumo de leña en otras industrias de la energía	46
Figura 18.	Consumo de combustibles en el procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	48
Figura 19.	Consumo de combustibles en la construcción	48
Figura 20.	Consumo de combustibles en la industria no especificada	49
Figura 21.	Consumo de combustibles en el transporte	52
Figura 22.	Consumo de combustible total en el sector Energía	55
Figura 23.	Emisiones del sector Energía por tipo de gas (Gg)	57
Figura 24.	Emisiones totales del sector Energía (Gg CO ₂ -eq)	57
Figura 25.	Emisiones del sector IPPU (Gg CO ₂ -eq)	64
Figura 26.	Tendencia de las emisiones totales del sector IPPU (2000-2015)	78
Figura 27.	Emisiones de COVDM (Gg)	79
Figura 28.	Emisiones del sector AFOLU (Gg CO ₂ -eq)	84
Figura 29.	Evolución del hato bovino (2000-2015)	85
Figura 30.	Población porcina en Nicaragua (2000-2015)	86
Figura 31.	Evolución de la población de ovinos y caprinos en Nicaragua (2000-2015)	87
Figura 32.	Población del ganado equino en Nicaragua (2000-2015)	88
Figura 33.	Cantidad de aves anuales producidas (2000-2015)	88
Figura 34.	Consumo de fertilizantes en Nicaragua (2000-2015)	90
Figura 35.	Producción total de arroz en Nicaragua ciclo 1999/2000 a 2014/15	91
Figura 36.	Rendimientos de la cosecha de arroz en Nicaragua (2000-2015)	92
Figura 37.	Superficie cultivada de arroz en Nicaragua (2000-2015)	93

Índice de Figuras

Figura 38.	Emisiones por tipo de gases (Gg)	105
Figura 39.	Cobertura del suelo para el año 2015	108
Figura 40.	Cambio históricos en el peso de las categorías de uso de suelo	109
Figura 41.	Recuperación de cobertura forestal para el período 2005-2015	110
Figura 42.	Emisiones por categoría del subsector UTCUTS	126
Figura 43.	Emisiones del sector Desechos por categoría (Gg CO ₂ -eq)	132
Figura 44.	Cantidad de aguas residuales domésticas tratadas en el período 2000-2015 en las plantas de tratamiento operadas por ENACAL	135
Figura 45.	Diagrama de flujo del proceso de tratamiento	143
Figura 46.	Emisiones totales de GEI en Nicaragua (Gg CO ₂ -eq) 2000-2015	146
Figura 47.	Emisiones de metano provenientes de la eliminación de desechos sólidos en Nicaragua (2000-2015)	146
Figura 48.	Emisiones de dióxido de carbono provenientes de la incineración abierta de desechos en Nicaragua (2000-2015)	147
Figura 49.	Emisiones de metano provenientes de la incineración abierta de desechos en Nicaragua (2000-2015)	148
Figura 50.	Emisiones de metano provenientes del tratamiento de aguas residuales domésticas en Nicaragua (2000-2015)	150
Figura 51.	Emisiones de óxido nitroso provenientes del tratamiento de aguas residuales domésticas en Nicaragua (2000-2015)	151

PRÓLOGO

El Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN) de Nicaragua, ha ratificado con posición firme su voluntad de contribuir a la lucha contra el cambio climático a través del diseño e implementación de un modelo de desarrollo sostenible, compuesto por políticas y estrategias con enfoques nacionales e intersectoriales. En respuesta a este compromiso y garantizando la justicia climática, el GRUN implementa una política de cambio climático basada en preparar una sociedad con mayor capacidad de respuesta, más consciente y responsable ante este desafío.

En el marco de los compromisos voluntarios adquiridos ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y el Acuerdo de París, el GRUN con el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) y asistencia técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) presenta, en el contexto de la Cuarta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, el Cuarto Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) con año de referencia 2015.

El Cuarto INGEI confirma el bajo nivel de emisiones de Nicaragua, que representa el 0.05% de las emisiones mundiales. Esto es indicativo de la necesidad urgente de que los países desarrollados reduzcan sus emisiones en un 50% para el año 2050 para lograr cambiar la tendencia de incremento de la temperatura global. No obstante, a pesar del ínfimo nivel de responsabilidad respecto a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), Nicaragua trabaja activamente en la mitigación y adaptación de sus sistemas socioeconómicos y en la promoción activa del reconocimiento y aceptación mundial de elevar al mismo nivel de prioridad las pérdidas y daños causados por eventos climáticos extremos.

En este documento se presentan las estimaciones de las emisiones y absorciones de GEI que corresponden a 28,967.07 Gg de CO₂-eq, siendo el sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de Suelos (AFOLU, por sus siglas en inglés) el principal sector emisor (78.68%), seguido de Energía (18.38%), Desechos (2.37%) y por último el sector Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU, por sus siglas en inglés) (0.57%). Es importante destacar que el único reservorio de carbono son los bosques, razón por la cual es necesario que el GRUN continúe orientando esfuerzos para la conservación y restauración de los bosques del país.

Secretaría de Cambio Climático de la Presidencia
Gobierno de Nicaragua

1. ANTECEDENTES

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) entró en vigor en marzo de 1994 y fue ratificada por Nicaragua, mediante el Decreto Legislativo A. N. No. 1010, aprobado el 26 de abril de 1995, de esta forma, el país se comprometió a cumplir con los lineamientos establecidos en ese instrumento, entre ellos, desarrollar y actualizar un Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), de forma periódica y voluntaria.

El INGEI estima las emisiones y absorciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas por actividades antropogénicas durante un período de tiempo determinado. La mayoría de los principales GEI se producen de manera natural, pero el aumento de su concentración en la atmósfera se debe a las actividades humanas. El aporte de cada GEI se determina por el cambio en su concentración atmosférica, durante un período de tiempo y la efectividad del gas para modificar el equilibrio climático (IPCC, 2007).

El primer INGEI de Nicaragua fue publicado en el 2001, en la Primera Comunicación Nacional, este reporte contiene las emisiones y absorciones para el año de referencia 1994. El segundo INGEI fue publicado en el 2012, en la Segunda Comunicación Nacional, este contiene las emisiones y absorciones para el año de referencia 2000. Ambos inventarios fueron elaborados utilizando la guía metodológica del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) del año 1996.

El tercer INGEI fue publicado en el 2018, en la Tercera Comunicación Nacional y contiene las emisiones y absorciones por períodos quinquenales 2000 – 2005 y 2005 – 2010. A partir de este inventario, Nicaragua inicia la aplicación de las Directrices del IPCC del 2006, las cuales mejoran considerablemente los reportes de país, al disponer de estimaciones de GEI con mayor alcance sectorial, estructura robusta y nuevos métodos.

El presente INGEI, es el cuarto elaborado por Nicaragua y contempla la estimación de los niveles de emisiones y absorciones de GEI para el año de referencia 2015. Se recalculó la serie temporal y su tendencia para el período 2000-2015, lo que fue posible gracias a la disponibilidad en el país de estadísticas más completas, a la introducción de nuevas categorías, subcategorías, variables, factores de emisión o absorción. Se utilizan las Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento 2019 en los cuatro sectores: Energía, Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU por sus siglas en inglés); Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) y Desechos.

En la Tabla 1, se presenta las principales variaciones realizadas en el proceso de actualización del cuarto INGEI, donde se justifican los cambios en la estimación de las emisiones reportadas en relación con el tercer INGEI.

Tabla 1. Mejoras en la actualización del cuarto INGEI en relación al tercero

Criterio	TERCER INGEI	CUARTO INGEI
Metodología	Uso de las Directrices IPCC 2006 en todos los sectores.	Uso de las Directrices IPCC 2006 y base conceptual del Refinamiento 2019 en los sectores que fue posible.
Serie histórica	Serie temporal quinquenal para los años 2000, 2005 y 2010, debido a la dificultad de acceder a datos de actividad, que no pudieron ser obtenidos en el proceso de elaboración del inventario.	Serie histórica completa que abarca del año 2000 al 2015.
Presentación de resultados de acuerdo con la clasificación del IPCC	La clasificación de los sectores, categorías, subcategorías y fuentes de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, de manera consistente en toda la serie 2000-2010, conforme a la Decisión 2/CP.17 Anexo III, párrafo 3 y 4.	Se mantiene el mismo procedimiento.
Factores de emisión	<p>Se utilizaron factores de emisión por defecto y de Nivel 2, según la disponibilidad por sector para cada año analizado, tal como se especifica a continuación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sector Energía: por defecto. • Sector IPPU: por defecto. • Sector AFOLU: por defecto y factores de emisión propios generados para la primera versión de los NREF-N-2018. • Sector Desechos: por defecto y estimados a través de estudios nacionales. 	<p>Sector AFOLU: factores de emisión por defecto y factores de emisión propios, generados para los NREF-N (2020).</p> <p>Sector Desechos: factores de emisión por defecto, según especificaciones de las Directrices.</p>

Criterio	TERCER INGEI	CUARTO INGEI
Datos de actividad	Se utilizaron los datos de actividad disponibles para los años evaluados.	Se realizó un análisis de los datos utilizados en el inventario anterior y se revisaron en función de la actualización de datos de las estadísticas nacionales. Esto generó pequeñas diferencias, ya que se identificaron actualizaciones de los datos realizadas desde la fuente generadora y se identificaron nuevas categorías debido a la disponibilidad de información.
Socialización de la metodología y de los resultados	Se realizaron reuniones con grupos de expertos, principalmente del subsector uso y cambio de uso de suelo.	En el marco de la implementación de la Política Nacional de Cambio Climático, se realizaron reuniones con las instituciones que conforman el Sistema Nacional de Gestión del Cambio Climático (SNGCC) y se crearon comisiones de trabajo por sector, las cuales están en proceso de institucionalización.
Aseguramiento de calidad	Se realizaron revisiones técnicas internas.	Se realizó una revisión de pares, con el apoyo de un experto externo en elaboración de inventarios.

Fuente: Elaboración propia.

2. METODOLOGÍA

El INGEI de Nicaragua se realizó utilizando las metodologías y directrices establecidas por el IPCC, mismas que se formulan y aplican para facilitar que los resultados de las emisiones y absorciones, reportados por los países, sean comparables entre sí y consistentes en el tiempo.

Para el cuarto INGEI, Nicaragua utiliza las Directrices del IPCC del 2006 (IPCC, 2006); la base conceptual del Refinamiento del 2019 (IPCC, 2019) y la guía de orientación del IPCC sobre las buenas prácticas; la gestión de la incertidumbre en los INGEI (IPCC, 2000) y la guía de orientación sobre las buenas prácticas para Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) (IPCC, 2003).

El inventario abarca todo el territorio nacional y los GEI evaluados son: CO₂, CH₄, N₂O y los gases precursores como son el CO, NO_x, COVDM y SO₂ (Figura 1).

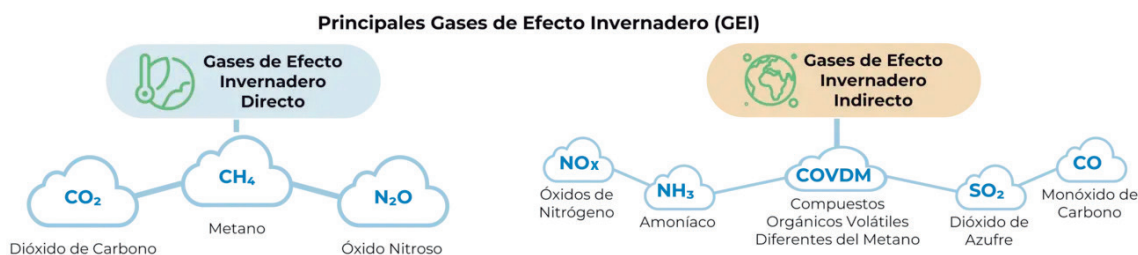


Figura 1. Gases evaluados en el cuarto INGEI

Fuente: Elaboración propia.

Según las Directrices del IPCC 2006, el abordaje metodológico más sencillo consiste en la combinación de la información generada por las actividades humanas (Datos de Actividad), combinado con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones (Factores de Emisión) por categoría, subcategoría o actividad.

Para el efecto se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

(Ecuación 1)

Donde:

Datos de actividad (DA)= Magnitud del cambio positiva o negativa de la actividad, en cada categoría de emisión y absorción. Dicha información debe ser proporcionada por las estadísticas nacionales sistematizadas, medidas, generadas o calculadas por las instituciones del Estado u otra fuente de información oficial del país.

Factores de emisión (FE) / Factores de remoción (FR)= Son los coeficientes que relacionan los datos de actividad, con la magnitud del compuesto químico que conforma la emisión o absorción.

De acuerdo a las Directrices del IPCC 2006, se utilizan tres niveles para la estimación de los GEI: El Nivel 1 o método básico, permite usar estadísticas nacionales o internacionales disponibles y combinarlos con factores de emisión y parámetros por defecto (proporcionados por las Directrices del IPCC); el Nivel 2 o de complejidad intermedia, donde se utilizan estadísticas nacionales o internacionales disponibles con factores de emisión y absorción elaborados por el país; y el Nivel 3 o de complejidad avanzada, que requiere el uso de datos, parámetros y factores de emisión nacionales e incluye la modelación de datos de actividad, detallados o provenientes de mediciones (IPCC, 2006).

En el caso de Nicaragua, para el cuarto INGEI, se utilizan FE por defecto para los sectores Energía, IPPU, Desechos y el subsector Agricultura, bajo un Nivel 1. Para el subsector UTCUTS, se utilizan FE y FR por defecto y elaborados por el país, bajo un Nivel 2 (Tabla 2). Para el cálculo de las emisiones/absorciones del cuarto INGEI se utilizó el IPCC Inventory Software versión 2.691¹, así como las hojas de trabajo proporcionadas por el IPCC, según la necesidad del cálculo.

Tabla 2. Resumen del nivel metodológico utilizado

Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1 – Energía	N1	D	N1	D	N1	D
1.A - Quema de combustibles	N1	D	N1	D	N1	D
1.A.1 - Industrias de la energía	N1	D	N1	D	N1	D
1.A.2 - Industrias manufactureras y de la construcción	N1	D	N1	D	N1	D
1.A.3 - Transporte	N1	D	N1	D	N1	D
1.A.4 - Otros Sectores (comercial, residencial, agricultura)	N1	D	N1	D	N1	D
1.A.5 -Otros	NA	D	NA	D	NA	D
1.B - Emisiones fugitivas de combustibles	N1	D	NO	NO	NO	NO
1.B.1 - Combustible sólido	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2 - Petróleo y gas natural	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.3 - Otras emisiones de producción de energía	N1	D	NO	NO	NO	NO

¹ Consultar en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/software/index>.

Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2 - Procesos Industriales y Uso de Productos	N1	D	NE	NE	NA	NA
2.A - Industria mineral	N1	D	NE	NE		
2.B - Industria química	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.C - Industria de metales	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D - Otros productos	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.E - Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2F - Usos de productos como sustitutos para las sustancias que agotan la capa de Ozono	NE	NE				
3 - Agricultura, Silvicultura y Otros Uso de la Tierra	N1, N2	D	N1	D	N1	D
3.A - Ganado			N1	D	N1	D
3.A.1 - Fermentación entérica	N1	D	N1	D		
3.A.2 - Manejo del estiércol	N1	D	N1	D	N1	D
3.B - Tierras	N1, N2	D,N2	NE	NE	NE	NE
3.B.1 - Tierras forestales	N1, N2	D,N2	NE	NE	NE	NE
3.B.2 - Tierras de cultivo	N1, N2	D,N2	NE	NE	NE	NE
3.B.3 - Pastizales	N1, N2	D,N2	NE	NE	NE	NE
3.B.4 - Humedales	N1, N2	D,N2	NE	NE	NE	NE
3.B.5 - Asentamientos	N1, N2	D,N2	NE	NE	NE	NE
3.B.6 - Otras tierras	N1, N2	D,N2	NE	NE	NE	NE
3.C - Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra	N1	D	N1	D	N1	D
3.C.1 - Quema de biomasa	NE	NE	N1	D	N1	D
3.C.2 - Encalado	NO	NO				
3.C.3 - Aplicación de urea	N1	D				
3.C.4 - Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados	N1	D	N1	D	N1	D
3.C.5 - Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados	N1	D	N1	D	N1	D
3.C.6 - Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol	N1	D	N1	D	N1	D
3.C.7 - Cultivo de arroz	N1	D	N1	D	NE	NE
3.C.8 - Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4 - Desechos	N1	D	N1	D	N1	D
4.A - Eliminación de desechos sólidos			N1	D	NE	NE
4.B - Tratamiento biológico de los desechos sólidos			NE	NE	NE	NE
4.C - Incineración e incineración abierta de desechos	N1	D	N1	D	N1	D
4.D - Tratamiento y eliminación de aguas residuales			NO	NO	NO	NO
4.E - Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Partidas Informativas	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Bunkers internacional	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Emisiones de CO ₂ de la biomasa	NE	NE	NE	NE	NE	NE

NE: (No estimado) para las emisiones y absorciones existentes que no se estimaron por falta de información.

NA: (No aplicable) para las actividades de una determinada categoría de fuente o sumidero que no den lugar a emisiones o absorciones de un gas específico.

NO: No ocurre.

N1: Método de Nivel 1; N2: Método de Nivel 2; D: Factor de Emisión por Defecto del IPCC.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices IPCC 2006.

El resultado del balance muestra las emisiones y absorciones de los GEI directos evaluados en gigagramos (Gg), los cuales no son comparables entre sí, debido a su potencial de calentamiento global, en este sentido se realizó una conversión a CO₂-eq (unidades de CO₂ equivalentes) utilizando los Potenciales de Calentamiento Global (PCG) proporcionados por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación (SAR, por sus siglas en inglés) basados en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de 100 años (Tabla 3).

El PCG es la medida en la cual se expresa la cantidad de retención de calor en la atmósfera de los GEI, ya que no todos los GEI tienen la misma capacidad de absorción de la radiación infrarroja, ni tienen la misma vida media en la atmósfera (IPCC, 2018). Este potencial indica la cantidad de calor que es atrapado por una tonelada CO₂, emitido hacia la atmósfera en relación con otra tonelada de gas emitido y la cantidad de calor que este desprende, durante el mismo período de tiempo (IPCC, 2006).

Tabla 3. Potencial de calentamiento global para tiempo dado de horizonte

Nombre industrial o común	Fórmula química	Vida (años)	Eficacia radiativa (W m ⁻² ppb ⁻¹)	SAR GWPs 100 - años
Dióxido de carbono	CO ₂	Ver nota al pie ²	1.4x10 ⁻⁵	1
Metano	CH ₄	12	3.7x10 ⁻⁴	21
Óxido nitroso	N ₂ O	114	3.03x10 ⁻³	310

² La función de la respuesta del CO₂ utilizada en este informe se basa en la versión revisada del modelo del ciclo de carbono de Bern (Bern2.5CC; Joos et al. 2001) utilizando una concentración de CO₂ con un valor de 378 ppm. t₁ = 172,9 años, t₂ = 18,51 años, y t₃ = 1.186 años, para t < 1.000 años.

3. FUENTES DE INFORMACIÓN Y MÉTODOS

En este apartado se describen los métodos de Nivel y las principales fuentes de información utilizados para la captura de los datos de actividad de cada sector:

Sector Energía

Las fuentes principales de información utilizadas para obtener los datos de actividad fueron:

- Balance Energético Nacional (BEN), publicado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM, 2016).
- Estadísticas del Instituto Nicaragüense de Energía (INE).
- Estadísticas del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).
- Instituto Nicaragüense de Aeronáutica Civil (INAC).
- Policía Nacional – Dirección General de Seguridad de Tránsito (PN-DGST).
- Estadísticas del Banco Central de Nicaragua (BCN).
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).

Para la estimación de emisiones de GEI del sector Energía, se utilizó el método de Nivel 1 para todas las categorías fuente, empleando para los cálculos los factores de emisión y parámetros por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC 2006 (IPCC, 2006), en combinación con las estadísticas nacionales disponibles.

Para el cálculo se utilizaron hojas de trabajo proporcionadas por las Directrices del IPCC 2006 y el IPCC Inventory software versión 2.691.

Sector Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU)

Las fuentes principales de información utilizadas para obtener los datos de actividad fueron:

- Balance Energético Nacional (BEN), publicado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM, 2016).
- Estadísticas del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).
- Estadísticas del Banco Central de Nicaragua (BCN).
- Estadísticas del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).

Para la estimación de las emisiones de GEI del sector IPPU, se utilizó el método de Nivel 1 para todas las categorías fuente, empleando para los cálculos los factores de emisión y parámetros por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC 2006 (IPCC, 2006), en combinación con las estadísticas nacionales disponibles.

Para el cálculo se utilizaron hojas de trabajo proporcionadas por las Directrices del IPCC 2006 y el IPCC Inventory software versión 2.691.

Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU)

En el caso de este sector, se realizó por separado la estimación del subsector Agricultura y la del subsector Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra.

Subsector Agricultura

Las fuentes principales de información utilizadas para obtener los datos de actividad para el subsector Agricultura fueron:

- Plan de Producción, Consumo y Comercio, publicado por el Ministerio Agropecuario (MAG).
- Estadísticas del Banco Central de Nicaragua (BCN).
- Estadísticas del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).
- Bases de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT).
- Investigaciones académicas y publicaciones sectoriales como artículos, tesis de grado, entre otras.

Para la estimación del subsector Agricultura, se utilizó el método de Nivel 1 para todas las categorías fuente, empleando para los cálculos los factores de emisión y parámetros por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC 2006, en combinación con las estadísticas nacionales disponibles.

Para el cálculo se utilizaron hojas de trabajo y el IPCC Inventory software versión 2.691.

Subsector Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra (UTCUTS)

Las fuentes principales de información utilizadas para obtener los datos de actividad para el subsector UTCUTS fueron:

- Mapas de Cobertura y Uso Actual de la Tierra 2000, 2005, 2010, 2015, elaborados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).
- Cartografía base y temática elaborada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).
- Niveles de Referencia de las Emisiones Forestales de Nicaragua (NREF-N) (MARENA, 2020).

Para la estimación del subsector UTCUTS se utilizó el método de pérdidas y ganancias, que abarca todos los cambios anuales de las existencias de carbono para los depósitos de carbono relativos a biomasa aérea y subterránea. La estimación de emisiones y absorciones se realizó con el método de Nivel 1 y 2, utilizando datos de actividad nacionales.

Como parte del proceso de preparación para implementar la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones Provenientes de la Deforestación Evitada (ENDE-REDD+) en Nicaragua y del trabajo interinstitucional entre Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), INETER y el Instituto Nacional Forestal (INAFOR), se desarrollaron los Niveles de Referencia de las Emisiones Forestales de Nicaragua (NREF-N) a través de la Mesa de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV). A partir de estos, se calcularon los factores de emisión/ remoción de Nivel 2 con los datos del Inventario Nacional Forestal (INF), lo que permitió la estimación de la precisión de las estimaciones del subsector en la categoría tierras forestales (MARENA, 2020). En todas las categorías se analizaron los depósitos de carbono de biomasa aérea y subterránea. En el caso de las otras categorías del subsector, se utilizaron los factores, variables y parámetros por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC 2006 (IPCC, 2006).

Para los datos de actividad, se utilizó la serie cartográfica de uso del suelo 2000, 2005, 2010 y 2015 oficializada por INETER. Para que el subsector fuera consistente, exacto y preciso, se realizó una homologación entre las categorías de uso de suelo nacionales y las Directrices del IPCC 2006.

Además, para este subsector, se elaboró un mapa climático sobre la base de los mapas de temperatura y precipitación con datos proporcionados por INETER y los árboles de decisión, según Directrices IPCC 2006. Para el cálculo se utilizaron hojas de trabajo diseñadas sobre la base de las hojas proporcionadas por las Directrices IPCC 2006.

Sector Desechos

Las fuentes principales de información utilizadas para obtener los datos de actividad fueron:

- Estadísticas del Banco Central de Nicaragua (BCN).
- Estadísticas del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).
- Base de datos y Publicaciones Estadísticas de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2018).
- Estadísticas de desechos líquidos proporcionados por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL).

Para la estimación de emisiones de GEI del sector Desechos, se utilizó el método de Nivel 1 para todas las categorías fuente, empleando para los cálculos los factores de emisión y parámetros por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC 2006, en combinación con las estadísticas nacionales disponibles. Para el cálculo se utilizaron hojas de trabajo, el IPCC Inventory software versión 2.691 y el IPCC Waste Model proporcionadas por las Directrices del IPCC 2006.

4. SISTEMA NACIONAL DE INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

En el marco del cuarto INGEI, se diseña una propuesta del Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Nicaragua (SINGEI-NI) con el objeto de priorizar las acciones orientadas al fortalecimiento de capacidades; recopilación, evaluación y sistematización de información referida a la emisión y absorción de GEI.

A continuación, se describen los aspectos clave para constituir el SINGEI: arreglos institucionales y entidades participantes; métodos y documentación de datos; garantía de calidad/control de calidad y verificación; ciclo de inventario y planificación de mejoras.

4.1. Arreglos institucionales y entidades participantes

Como parte de la implementación del “Decreto de Creación del Sistema Nacional de Gestión del Cambio Climático (SNGCC) y el establecimiento de los Principios y Lineamientos de la Política Nacional de Cambio Climático” (Decreto Presidencial N°15-2021), publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 120 del 30 de junio de 2021, se han desarrollado los primeros pasos para formalizar la participación de las instituciones nacionales que conformarán el SNGCC, las cuales contribuirán en:

- Validar y someter a aprobación del Presidente de la República las Comunicaciones Nacionales y los INGEI, esto bajo la coordinación de la Secretaría de Cambio Climático de la Presidencia de la República (SCCP).
- Revisar y validar de forma periódica las fuentes de información, DA, FE, FR, variables, parámetros; supuestos y los resultados obtenidos en la estimación de las emisiones y absorciones del INGEI.
- Asistir a las comisiones y procesos de capacitación que sean convocados.
- Promover y adoptar mecanismos para la generación, recopilación y sistematización de información vinculada a los GEI.
- Transmitir a sus instituciones los acuerdos, recomendaciones y resultados alcanzados por las mesas interinstitucionales.

Durante el proceso de preparación del cuarto INGEI, se realizaron sesiones de trabajo en comisiones sectoriales e interinstitucionales, las cuales contribuyeron a revisar y

validar los datos de actividad utilizados para la construcción del inventario, así como los resultados en la cuantificación de los GEI.

Considerando los avances en los procesos de coordinación de las mesas sectoriales, se definió una propuesta de estructura para el SINGEI-NI conformada por 18 instituciones. Se considera la participación del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP) por su rol estratégico en la movilización de recursos financieros y a la SCCP para el acompañamiento técnico en los diferentes sectores (Figura 2).

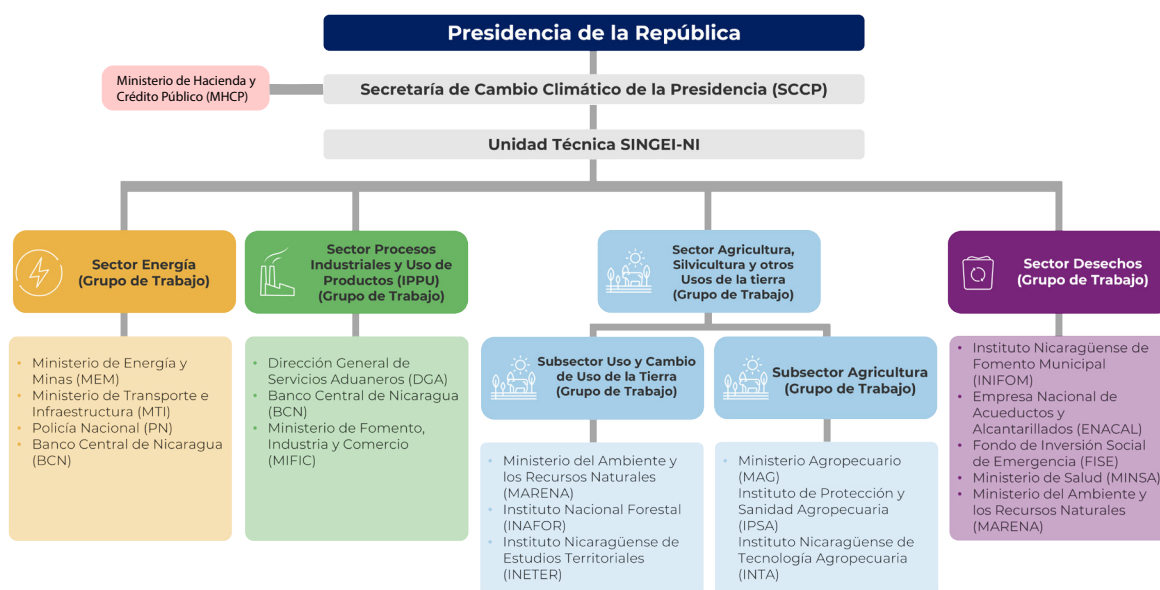


Figura 2. Estructura propuesta para el SINGEI-NI

Fuente: Elaboración propia.

El GRUN continuará desarrollando esfuerzos para lograr la institucionalización del SINGEI-NI mediante acuerdos de colaboración interinstitucional. Esto garantizará la sostenibilidad del INGEI y contribuirá en la transparencia de los reportes del país ante la CMNUCC.

4.2. Métodos y documentación de datos

A partir del tercer INGEI, Nicaragua utiliza el software para inventarios del IPCC en su versión más actualizada, la cual implementa los métodos de Nivel 1 más simples para todos los sectores. En el caso del sector AFOLU, se desarrollaron plantillas en Microsoft Excel para realizar las estimaciones debido a que el país cuenta con FE y FR de Nivel 2, además, se construyeron matrices de cambio de uso de suelo, utilizando el método pérdidas y ganancias (comparación de la cobertura de mapas en dos fechas históricas).

La base de datos de cada sector para los FE, FR y DA se realizó en Microsoft Excel, la cual contiene información por categoría y subcategoría del inventario. En el quinto INGEI, Nicaragua tendrá la información requerida para las estimaciones de GEI organizada en un sistema de archivo codificado por cada sector, el cual contribuirá en seguir garantizando el control, calidad y transparencia de los reportes de país.

4.3. Garantía de calidad / control de calidad y verificación

Siguiendo las orientaciones de las Directrices del IPCC 2006, el INGEI de Nicaragua implementó el procedimiento general de control de calidad de Nivel 1, el cual contempla los aspectos básicos requeridos para dar garantía y verificar la correcta aplicación de las Directrices y la veracidad de los resultados presentados, en concordancia con los principios de transparencia, exhaustividad, coherencia de la serie temporal, comparabilidad y exactitud.

Además, de forma voluntaria, el INGEI se ha sometido a una revisión de pares que dejó como resultado un plan de mejoras. Los resultados del plan antes mencionado se verificarán en el quinto INGEI donde Nicaragua presentará su Primer Reporte Bienal de Actualización (BUR, por sus siglas en inglés) en el 2023.

4.4. Ciclo de inventario

La elaboración del INGEI es considerado un proceso cíclico, con un enfoque de mejora continua. El proceso de preparación del INGEI de Nicaragua conllevó el desarrollo de 12 actividades vinculadas entre sí.

Para iniciar el inventario, en las actividades de planificación, se retoman las lecciones aprendidas y el plan de mejora del ciclo anterior. La segunda actividad del inventario es la recopilación de los DA, para el cuarto INGEI, se realizó un proceso de intercambio y garantía de la calidad (GC) y control de calidad (CC) de la información requerida para estimar los GEI. Este proceso se realizó en tres etapas:

1. Transmisión de conocimiento y sensibilización sobre la importancia del INGEI.
2. Revisión y discusión de los datos e información.
3. Programación de encuentros para discusión a profundidad de los hallazgos.

Luego, se continúa el desarrollo del ciclo del inventario con las 10 actividades restantes, relacionadas a la estimación de las emisiones y absorciones; análisis de incertidumbre, evaluación de las categorías principales; preparación de los informes por sector; aplicación de GC/CC a los procedimientos; preparación del plan de

mejora para el próximo ciclo del inventario y finalmente elaboración del BUR o la Comunicación Nacional (Figura 3).

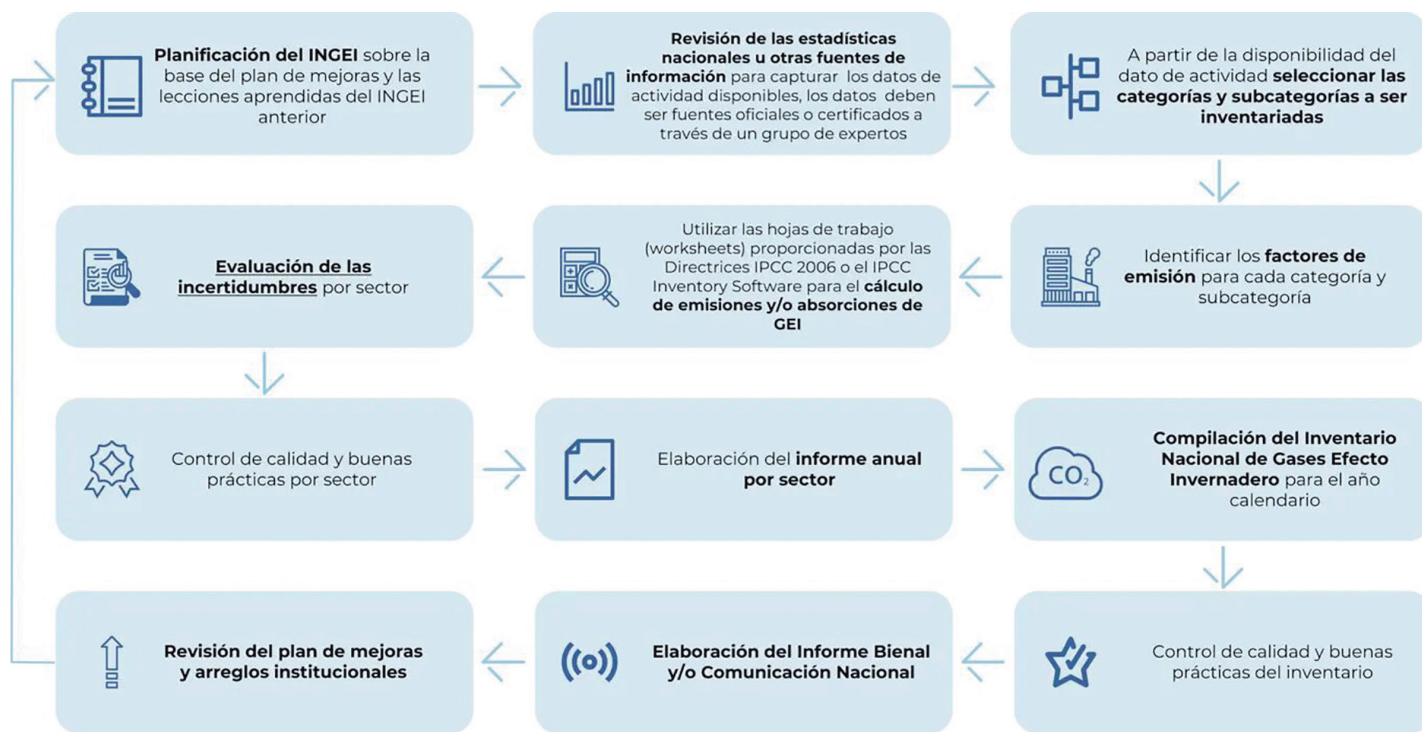


Figura 3. Esquema del ciclo de inventario

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices IPCC 2006.

4.5. Mejoras implementadas en el cuarto INGEI 2015

Como parte de las mejoras implementadas en el presente inventario, se realizó una revisión de los datos de actividad y factores de emisión utilizados en el tercer INGEI para la serie histórica 2000-2010, para detección de errores de digitación y actualización en todos los sectores.

A partir de la revisión y las lecciones aprendidas, se describen las principales mejoras implementadas por sector:

Energía

- En el tercer INGEI, las emisiones de gas de refinación se clasificaron en la subcategoría Otras emisiones provenientes de la producción de energía. Para el cuarto INGEI, se clasifican en la subcategoría Refinación de petróleo considerando una buena práctica orientada en las Directrices del IPCC 2006.

- En el tercer INGEI, se utilizó el mismo FE para estimar las emisiones de los gases NO_x, CO, CO₂ y SO₂ en todas las actividades de quema de combustibles. En el cuarto INGEI, se utilizan FE específicos para cada gas, debido a esto, existe una diferencia de emisiones considerable.

IPPU

- Cambio del porcentaje de clinker en cemento de 75% a 95%, porque el cemento que se produce en Nicaragua es cemento Portland. Se realizaron nuevos cálculos para el período 2000-2010.
- Se actualizaron los datos de volumen de producción de cal para el período 2005-2010.
- Se incluyó la subcategoría Otros usos de carbonatos, en los procesos. Nicaragua utiliza ceniza de sosa y carbonato de calcio en la producción de jabones para lavar ropa, pinturas y otros.
- Se incluyeron las subcategorías Uso de lubricantes y Uso de la cera de parafina. Estos son productos utilizados en los motores y fabricación de velas respectivamente.
- Se incluyó el porcentaje de CO₂ por peso de asfalto. Se definió el tipo de asfalto que se utiliza en la pavimentación de rutas en el país. Se realizaron nuevos cálculos para el período 2000-2010.
- Se eliminó la producción de carne y se incluyó la producción de embutidos. La carne consumida en Nicaragua proveniente de ganado vacuno, porcino o avícola es carne fresca y no sufre ningún proceso de cocción o transformación, que emita gases a diferencia de la que corresponde a embutidos.
- Se eliminó la producción de pan, ya que los datos de producción no corresponden a este producto y no existe información pública de este rubro.

AFOLU

- Se revisaron los datos de actividad correspondientes al consumo de urea y se identificó que hubo una sobre estimación de la cantidad de fertilizante utilizado, esto se corrigió utilizando las estadísticas del BCN y FAOSTAT.
- En el caso de las emisiones de CH₄, NO_x y CO se revisaron y actualizaron las emisiones generadas por estos gases.
- Se realizó una homologación de las categorías de tierras del IPCC, los NREF-N y las de uso de suelo oficiales de Nicaragua.
- Se cuenta con nuevos FE y FR de Nivel 2 para estimar las emisiones y absorciones por el cambio de uso de suelo. Se realizó el recálculo de las emisiones.

Desechos

- Para la serie temporal 2000 al 2015, se utilizó nueva información sobre los censos poblacionales y sus proyecciones para los últimos 50 años, la generación de desechos per cápita por día. Esto debido a la falta de estudios fiables que determinen este parámetro. Lo mismo se realizó con la composición de los desechos.
- Se utilizó el incremento del Producto Interno Bruto (PIB) del país, para estimar el aporte de desechos de origen industrial, tal como lo especifica la hoja de trabajo del IPCC-Waste Model, permitiendo aplicar el método FOD (Método por descomposición del primer orden, por sus siglas en inglés) para las estimaciones de los GEI provenientes de la categoría Eliminación de desechos.
- Se utilizaron los valores de la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (promedio anual) de cada sistema de tratamiento, control efectuado por ENACAL, empresa que administra los sistemas de tratamiento municipales y de una gran parte de los residenciales. Estos valores, junto a los registros de conexiones de viviendas a los sistemas, dieron como resultado la determinación de la carga orgánica total aplicada a cada sistema, de esta forma se logró obtener por medio de un cálculo la DBO per cápita ($\text{kgDBO} \cdot \text{hab} / \text{día}$) de cada sistema.
- Se incluye el metano proveniente de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), debido al cambio tecnológico de algunos sistemas se restó la quema de metano en antorcha, en los casos que lo ameritaban, también se excluyó el lodo extraído durante los mantenimientos reportados de los sistemas, por parte de ENACAL.
- Se utilizaron los valores por defecto para el FE de metano, descrito en las Directrices del IPCC 2006 (IPCC, 2006). Se utilizó el valor de $0.25 \text{ kgCH}_4 / \text{kg DQO}$ para la tecnología aerobia de tratamiento y para las letrinas y de $0.6 \text{ kgCH}_4 / \text{kg DBO}$ para la tecnología anaeróbica de tratamiento (biodigestores, reactores UASB).

5. PANORAMA GENERAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El comportamiento de las emisiones del país generadas por todos los sectores muestra una leve disminución a partir del año 2005 hasta el 2015. Con respecto al período 2000 (año base) - 2015 (año de referencia), las emisiones disminuyeron en 0.97%. En la Figura 4, se observa el comportamiento de las emisiones por sector, en donde el sector AFOLU es el principal emisor en toda la serie temporal, seguido de Energía, Desechos y por último el IPPU.

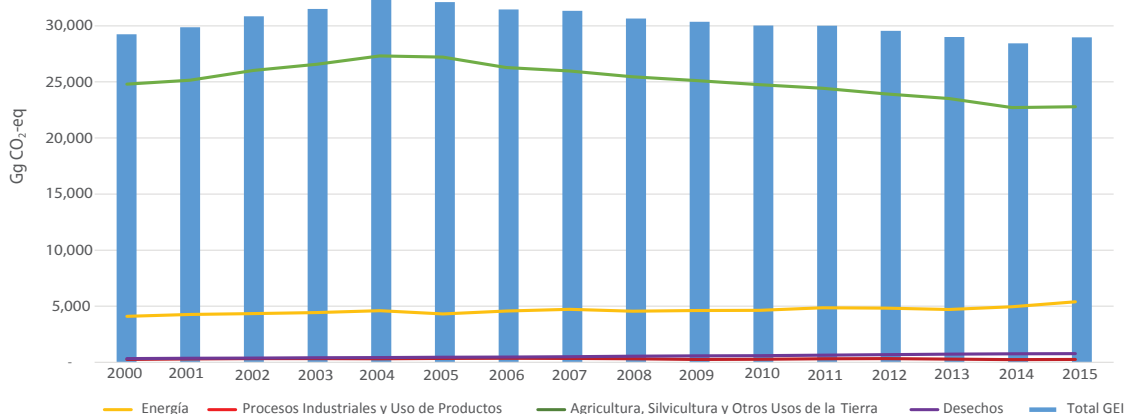


Figura 4. Tendencia de las emisiones de GEI por sector (Gg CO₂-eq)

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones del año 2000 (año base) se estimaron en 29,251.27 Gg CO₂-eq y en el 2005 se observa un aumento de un 9.77%; del año 2005 al 2010, hay una disminución en las emisiones de un 6.49%, que continúa descendiendo del 2010 al 2015 en un 3.52%. Para el año 2015 se estiman 28,967.07 Gg de CO₂-eq (Tabla 4).

Tabla 4. Emisiones estimadas para la serie temporal 2000-2015

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Emisiones Gg de CO ₂ -eq	29,251.27	29,867.73	30,850.16	31,508.29	32,440.86	32,109.15	31,460.67	31,333.69
Años	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Emisiones Gg de CO ₂ -eq	30,647.19	30,354.86	30,024.22	30,005.78	29,543.06	29,004.02	28,438.54	28,967.07

En la Figura 5, se presentan los pesos porcentuales de las emisiones por sector.

- En el sector AFOLU, las emisiones representan el mayor peso porcentual en toda la serie temporal, con un total de 78.68%, sin embargo, se puede observar una disminución de un 6.13% del 2000 al 2015. Las emisiones de este sector reflejan claramente que Nicaragua es un país agropecuario, que procura garantizar la soberanía y seguridad alimentaria de su población y exporta los excedentes de su producción. Esto se evidencia en la participación del sector agropecuario, con un 30% de las exportaciones netas, equivalente al 18% del PIB. Con respecto al sector forestal, este contribuye con el 1% del PIB del país (BCN, 2016).
- Las emisiones del sector Energía se mantuvieron estables para los años 2000 y 2005, representando 13.76% y 13.22% respectivamente; a partir del 2007 aumentaron hasta representar el 18.38% en el 2015.

Apartir del año 2007, si bien se incorporan plantas termoeléctricas para solventar la crisis energética mundial que impactó fuertemente a Nicaragua, el país realizó importantes inversiones de carácter público y privado orientadas hacia la transformación de la matriz energética. Se potenciaron las hidroeléctricas y la instalación de plantas generadoras de electricidad con fuentes renovables.

- En los sectores IPPU y Desechos son bajas, de 0.57% y 2.37% respectivamente para el año 2015. Se observa que el sector Desechos aumentó un 1.52% sus emisiones, con respecto al 2000 y esto corresponde al aumento de la población y, por ende, mayores desechos generados y tratados.

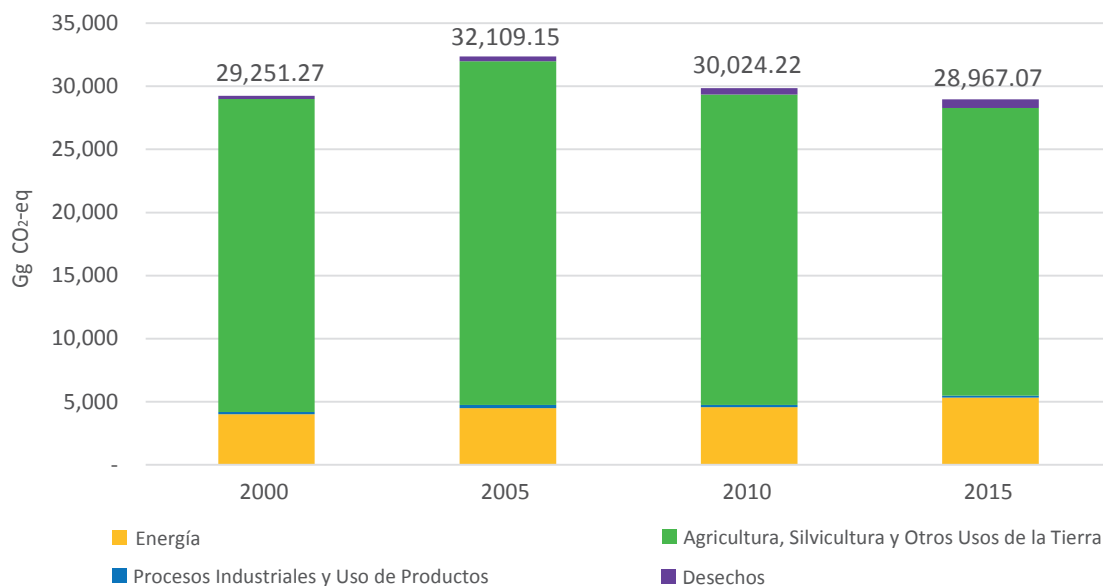


Figura 5. Emisiones quinquenales por sector (Gg CO₂-eq)

Fuente: Elaboración propia.

5.1. Tendencia de emisiones por gas

Como puede verse en la Figura 6 y Tabla 5, el principal gas emitido en Nicaragua es el CO₂ durante el período 2000 - 2015.

- Para el 2000, el CO₂ representó el 77.61% de las emisiones, seguido del CH₄ con 15.16% y N₂O con 7.23%. En 2015, la distribución porcentual cambia debido a una disminución en las emisiones de CO₂ y un aumento de las emisiones de CH₄, presentando la siguiente composición 59.54% CO₂, 27.88% CH₄ y 12.58% N₂O.
- Con respecto a los pesos porcentuales representativos de cada gas, se observa lo siguiente:
 - Del año 2000 al 2015, se identifica una disminución en el CO₂ de un 18.07%. Con respecto al CH₄ y N₂O, estos incrementan en un 12.72% y 5.35% respectivamente.
 - Del año 2000 al 2005, las emisiones del CO₂ incrementan en 1.27%, mientras que el CH₄ y N₂O disminuyen en 0.63% y 0.64% respectivamente.
 - Del año 2005 al 2010, se observa una disminución del 8.88% en el CO₂ y un aumento en las emisiones de CH₄ y N₂O de 6.17% y 2.72% respectivamente.
 - Del año 2010 al 2015, nótese que el CO₂ disminuye en un 10.46%; mientras que el CH₄ y el N₂O aumentan en 7.18% y 3.27% respectivamente.

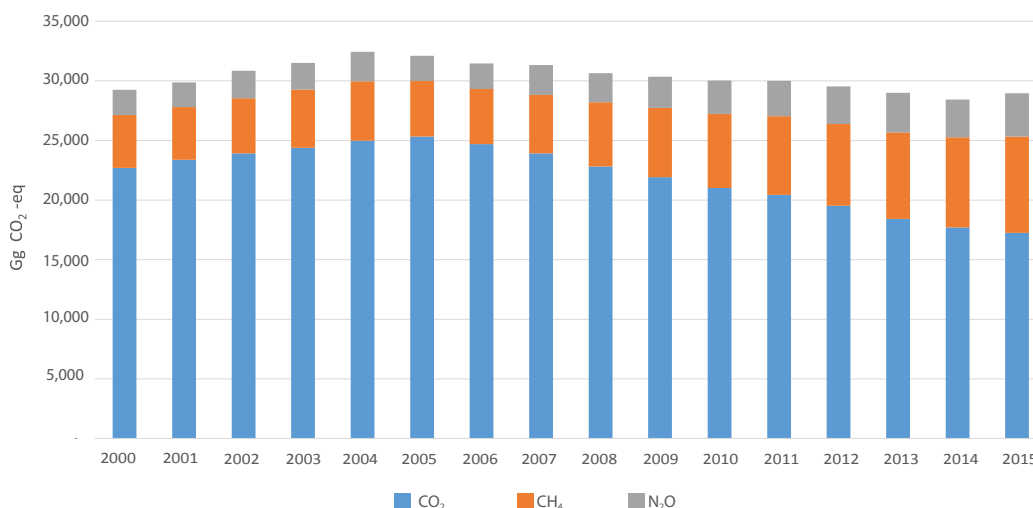


Figura 6. Tendencia de las emisiones por GEI (Gg CO₂-eq)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Tendencia de las emisiones por GEI (Gg CO₂-eq)

GAS	Año (Gg CO ₂ -eq)							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	22,702.87	23,379.32	23,919.40	24,389.92	24,987.71	25,326.11	24,691.48	23,918.44
CH ₄	4,433.28	4,424.52	4,628.63	4,885.17	4,984.20	4,666.07	4,632.06	4,898.64
N ₂ O	2,115.12	2,063.89	2,302.13	2,233.20	2,468.95	2,116.97	2,137.13	2,516.51
Total	29,251.27	29,867.73	30,850.16	31,508.29	32,440.86	32,109.15	31,460.67	31,333.59

GAS	Año (Gg CO ₂ -eq)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO ₂	22,822.32	21,921.02	21,015.56	20,445.28	19,520.36	18,416.60	17,701.48	17,247.41
CH ₄	5,389.42	5,806.38	6,214.17	6,592.96	6,867.22	7,261.60	7,572.15	8,076.60
N ₂ O	2,435.45	2,627.46	2,794.49	2,967.54	3,155.48	3,325.82	3,164.91	3,643.06
Total	30,647.19	30,354.86	30,024.22	30,005.78	29,543.06	29,004.02	28,438.54	28,967.07

Fuente: Elaboración propia.

6. EMISIONES DE GEI 2015

Las emisiones netas de GEI directas e indirectas en Nicaragua para el año de referencia 2015 (Tabla 6), se presentan desagregadas por sectores, siguiendo las Directrices del IPCC 2006 (IPCC, 2006) y su Refinamiento del 2019 (IPCC, 2019).

Tabla 6. Emisiones netas, año de referencia 2015

	Categorías	CO ₂ neto (1) (2)	CH ₄	NO ₂	HFC _s	PFC _s	SF ₆	NF ₃	Otros gases halogenados con factor de conversión CO ₂ -eq	Otros gases halogenados sin factor de conversión	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
		Gg												
	Emisiones y absorciones nacionales	17,247.41	384.60	11.75	NE	NE	NE	NE	NE	NE	40.59	639.95	68.89	15.78
1	ENERGÍA	4,923.29	13.86	0.36							32.90	366.15	48.09	15.78
1A	Actividades de quema de combustible	4,842.61	13.86	0.36							32.90	366.15	48.09	15.78
1A1	Industrias de la energía	1,729.22	0.33	0.05							5.39	9.08	0.55	5.66
1A2	Industrias manufactureras y de la construcción	417.09	0.27	0.04							1.95	29.16	0.44	1.28
1A3	Transporte	2,108.94	0.47	0.10							20.44	114.44	21.69	1.62
1A4	Otros sectores	587.36	12.79	0.17							5.12	213.47	25.41	7.22
1B	Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	80.68	NE, NO	NE, NO							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1B1	Combustibles sólidos	NO	NO	NO							NO	NO	NO	NO
1B2	Petróleo y gas natural	NO	NO	NO							NO	NO	NO	NO
1B3	Otras emisiones provenientes de la producción de energía	80.68	NE	NE							NE	NE	NE	NE
2	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	164.23	NA, NE, NO	NA, NE							NE, NO	NE, NO	20.80	NE, NO
2A	Industria de los minerales	152.62	NA								NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2A1	Producción de cemento	147.32	NA								NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2A2	Producción de cal	3.29	NA								NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2A4	Otros usos de carbonatos en los procesos	2.01	NA								NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2A4b	Otros usos de la ceniza de sosa	0.68	NA								NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2A4d	Otros (uso del carbonato de calcio)	1.33	NA								NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2D	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	11.61	NA	NA							NE, NO	NE, NO	8.81	NE, NO
2D1	Uso de lubricantes	10.63									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2D2	Uso de la cera de parafina	0.98	NA	NA							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2D4	Otros (asfalto para pavimentación de rutas)	NA	NA	NA							NE, NO	NE, NO	8.81	NE, NO

	Categorías	CO ₂ neto (1) (2)	CH ₄	NO ₂	HFC _s	PFC _s	SF ₆	NF ₃	Otros gases halogenados con factor de conversión CO ₂ -eq	Otros gases halogenados sin factor de conversión	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
		Gg												
2F	Usos de productos como sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono	NE			NE	NE		NE	NE	NE	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2F1	Refrigeración y aire acondicionado	NE			NE	NE		NE	NE	NE	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2F2	Agentes espumantes	NE			NE	NE		NE	NE	NE	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2F3	Productos contra incendios	NE			NE	NE		NE	NE	NE	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2F4	Aerosoles				NE	NE		NE	NE	NE	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2F5	Solventes				NE	NE		NE	NE	NE	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2F6	Otras aplicaciones	NE	NE	NE	NE	NE		NE	NE	NE	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
DH	Otros	NO	NO								NE, NO	NE, NO	11.99	NE, NO
2H2	Industria de la alimentación y las bebidas	NO	NO								NA	NA	11.99	NA
3	AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	12,159.01	339.15	11.32							7.69	273.80	NE, NO	NE, NO
3A	Ganado		325.20	0.14							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3A1	Fermentación entérica		316.88								NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3A2	Gestión del estiércol		8.32	0.14							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3B	Tierra	12,062.28									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3B1	Tierras forestales	-934.96									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3B2	Tierras de cultivo	1,304.14									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3B3	Pastizales	11,116.56									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3B4	Humedales	414.20									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3B5	Asentamientos	86.83									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3B6	Otras tierras	75.51									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra (2)	96.73	13.95	11.18							7.69	273.80	NE, NO	NE, NO
3C1	Quemado de biomasa		8.08	0.23							7.69	273.80	NE, NO	NE, NO
3C2	Encalado	NE, NO									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3C3	Fertilización con urea	96.73									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados (3)			8.92							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados			1.98							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3C6	Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol			0.05							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3C7	Cultivo del arroz		5.87								NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3C8	Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3D	Otros	NO	NO	NO							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3D1	Productos de madera recolectada	NE									NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
3D2	Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO

	Categorías	CO ₂ neto (1) (2)	CH ₄	NO ₂	HFC _s	PFC _s	SF ₆	NF ₃	Otros gases halogenados con factor de conversión CO ₂ -eq	Otros gases halogenados sin factor de conversión	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
		Gg												
4	DESECHOS	0.88	31.59	0.07							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
4A	Eliminación de desechos sólidos		25.49	NE, NO							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
4B	Tratamiento biológico de los desechos sólidos		NE, NO	NE, NO							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
4C	Incineración e incineración abierta de desechos	0.88	0.01	0.00							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales		6.09	0.07							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
4E	Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
Elementos recordatorios (5)		NE	NE	NE							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
	Tanques de combustible internacional	NE	NE	NE							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
	Aviación internacional (Tanques de combustible internacional)	NE	NE	NE							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
	Transporte marítimo y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	NE	NE	NE							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
	Operaciones multilaterales													

- (1) Emisiones netas de CO₂ (emisiones menos absorciones).
- (2) La cantidad total de CO₂ que se captura para almacenamiento se debe declarar por separado en el caso del almacenamiento doméstico y para las exportaciones en el recuadro de documentación.
- (3) Los demás gases halogenados para los cuales no se encuentra disponible el factor de conversión de equivalente de CO₂ no deben incluirse en esta columna. Dichos gases deben declararse en la columna "Otros gases halogenados sin factores de conversión de equivalente de CO₂".
- (4) Cuando se utilice esta columna, los gases deben enumerarse por separado (en los Cuadros de antecedentes de IPPU y el Cuadro 2.11) y se debe proporcionar el nombre del gas en el recuadro de documentación.
- (5) Las emisiones que no se encuentren incluidas en el total nacional se deben declarar como elementos recordatorios.
- (6) Las celdas sombreadas significan que el gas no se produce en esa actividad, categoría o subcategoría (IPCC, 2006).

*Las celdas para declarar emisiones de NO_x, CO₂, COVDM y SO no se encuentran sombreadas a pesar de que falta el potencial físico para emisiones para algunas categorías.

Notación: NO: No Ocorre/ NE: No Estimado / NA: No Aplica.

COVDM: Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices del IPCC, 2006 Volumen 1, Anexo 8A.2.

6.1. Dióxido de carbono (CO₂)

Para el 2015, se emitieron 18,182.37 Gg de CO₂ y se absorbieron 934.96 Gg de CO₂. Esto genera una emisión neta de 17,247.41 Gg de CO₂.

Las emisiones de CO₂ provienen mayormente de las actividades del sector AFOLU. En el año 2015, este sector aportó 12,159.01 Gg de CO₂ y representó el 70.49% del total de las emisiones de CO₂. Este sector absorbió 934.96 Gg de CO₂ en la subcategoría de Tierras forestales (Figura 7).

Por su parte, el sector Energía aportó 4,923.29 Gg de CO₂ representando el 28.55% de las emisiones totales de este gas. Los sectores IPPU y Desechos contribuyeron con el 0.95% y 0.01% de las emisiones de CO₂.

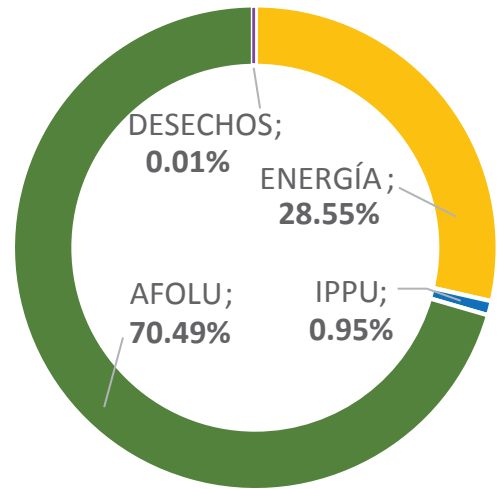


Figura 7. Emisiones nacionales de CO₂ por sector, 2015

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Metano (CH₄)

Las emisiones de CH₄ para el año 2015 en Nicaragua fueron de 384.60 Gg, lo que equivale a 8,076.60 Gg de CO₂-eq.

El sector que emite con mayor intensidad este gas es AFOLU, aportando 339.15 Gg de CH₄ lo que representa el 88.18% del total de las emisiones de este gas. En segundo lugar, el sector Desechos con 31.59 Gg de CH₄ representando el 8.22% y el sector Energía con 13.86 Gg de CH₄, representando el 3.60%. El sector IPPU no contabilizó emisiones de este gas (Figura 8).

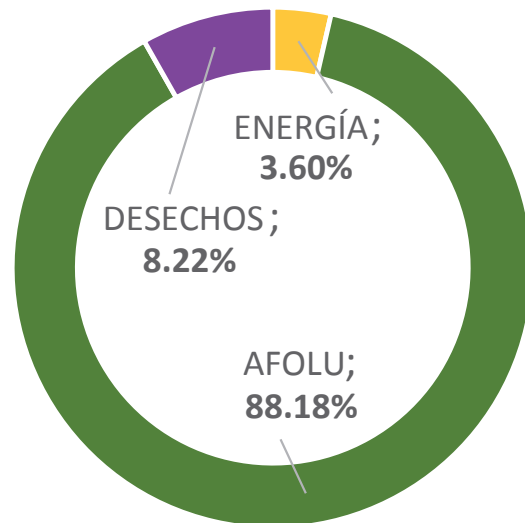


Figura 8. Emisiones nacionales de CH₄ por sector, 2015

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Óxido nitroso (N₂O)

Las emisiones de N₂O para el año 2015 fueron de 11.75 Gg, lo que equivale a 3,643.06 Gg de CO₂-eq.

El sector que emite con mayor intensidad este gas es AFOLU, aportando 11.32 Gg de N₂O representando el 96.33% del total de las emisiones de dicho gas. En segundo lugar, el sector Energía con 0.36 Gg de N₂O representando el 3.06% y el sector Desechos con 0.07 Gg de N₂O representando el 0.61%. El sector IPPU no contabilizó emisiones de este gas (Figura 9).

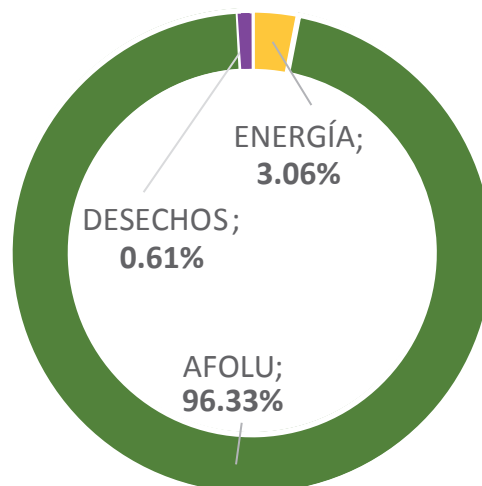


Figura 9. Emisiones nacionales de NO₂ por sector, 2015

Fuente: Elaboración propia.

6.4. Consumo de halocarburos y hexafluoruro de azufre

Nicaragua se encuentra en proceso de incluir la categoría Usos de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, en la cual se realiza el análisis de estos gases, sin embargo, hasta la fecha no ha sido estimada por falta de datos.

Como parte de los esfuerzos nacionales, se coordina con la Oficina Técnica de Ozono del MARENA, los arreglos institucionales para la recopilación de los datos de actividad que correspondan a estos tipo de gases. En el próximo inventario se realizará el reporte de las emisiones, dando cumplimiento a los compromisos asumidos por Nicaragua en el marco del Protocolo de Montreal y la Enmienda de Kigali.

6.5. Categorías principales 2015

La identificación de las categorías clave permiten jerarquizar aquellas que sean prioritarias en el inventario nacional y cuya estimación influye significativamente sobre el inventario total de GEI del país.

En el cuarto INGEI, se utilizó la metodología de Nivel 1 orientada por las Directrices del IPCC 2006. Esto facilitó un análisis cuantitativo de las relaciones entre el nivel, la tendencia de las emisiones y absorciones de cada categoría. Las categorías principales son aquellas que, al sumarse juntas en orden de magnitud descendente, suman 95% del nivel total (Evaluación de nivel de clasificación 1).

En la Tabla 7, se presentan los resultados del análisis, identificando la contribución que tienen cada categoría y subcategoría al total del inventario. En este sentido, las categorías que deben ser priorizadas con mayores esfuerzos para el próximo ciclo del inventario son: 3.B.3b Tierras convertidas a pastizal; 3.A.1 Fermentación entérica y 3.B.1.b Tierras convertidas a tierras forestales.

Tabla 7. Categorías principales INGEI 2015

Categoría del IPCC		Estimación del último año 2015 [Gg de CO ₂ -eq]	Total acumulativo al 95%
3.B.3.b	Tierras convertidas a pastizal	11,116.56	31%
3A1	Fermentación entérica	6,654.41	18%
3.B.1.b	Tierras convertidas a tierras forestales	-3,678.99	10%
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados	2,768.92	8%
3.B.1.a	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	2,744.03	8%
1.A.3.b	Transporte terrestre	2,073.89	6%
1.A.1.a	Producción de electricidad y calor como actividad principal	1,660.94	5%
3.B.2.b	Tierras convertidas a cultivo	1,313.14	4%
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados	612.27	2%
3.B.4.b	Tierras convertidas a humedales	563.88	2%
4A	Eliminación de desechos sólidos	535.32	1%
1.A.4.b	Residencial	436.40	1%
1.A.4.a	Comercial/Institucional	423.26	1%

Fuente: Elaboración propia.

6.6. Evaluación general de la incertidumbre

La incertidumbre, desde el punto de vista de los inventarios, se puede considerar “como un término general e impreciso que refleja la ausencia de certidumbre (en los componentes del inventario), como consecuencia de cualquier factor causal, tal como fuentes y sumideros no identificados, ausencia de transparencia, etc.” (IPCC, 2000).

De acuerdo con las Directrices del IPPC 2006 (IPCC, 2006), la evaluación de la incertidumbre es un elemento fundamental de un inventario de emisiones, esencialmente para comparar las emisiones estimadas. Sin embargo, esta evaluación es una tarea compleja, ya que los valores de emisión calculados dependen de una gran cantidad y variedad de variables, parámetros y datos.

Para el análisis de incertidumbre del INGEI, se empleó el método del Nivel 1 (IPCC, 2019), que estima las incertidumbres utilizando la Ecuación 2 de propagación del error, la cual, primero combina la incertidumbre del factor de emisión, los datos de actividad y otros rangos de parámetros de estimación por categoría y las estimaciones totales GEI y luego se agregan las incertidumbres, para llegar a una incertidumbre general de las emisiones y absorciones nacionales.

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

(Ecuación 2)

Donde:

U = el porcentaje de incertidumbre del producto de las cantidades

U_i = el porcentaje de incertidumbre asociado con la cantidad *i*

La estimación de la incertidumbre constituye un elemento esencial de un inventario exhaustivo de emisiones y absorciones de GEI. Se debe calcular tanto para el nivel nacional como para la tenencia, combinando las emisiones del año base (2000), como para el año de referencia (2015), asociando las incertidumbres de los datos de actividad y de los factores de emisión de cada uno para cada categoría, subcategoría y GEI evaluado.

Según las Directrices del IPCC y su Refinamiento (IPCC, 2019), el propósito es identificar las fuentes significativas de incertidumbre en el inventario, para priorizar la recopilación de datos, variables y factores de emisión y los esfuerzos destinados a mejorar el mismo.

En relación con los parámetros, datos de actividad y factores de emisión que se utilizaron estos son principalmente por defecto, seleccionados en base al conocimiento de especialistas sectoriales y en el caso de la categoría de uso y cambio de uso, se utilizó una combinación entre variables y factores de emisión por defecto y nacionales. En el caso de los datos de actividad, se identificó la incertidumbre, según la fuente o método de estimación de cada uno de ellos.

La incertidumbre estimada para el INGEI 2015 es de $\pm 42\%$ y en la tendencia de un $\pm 49\%$ ³; según el análisis desarrollado, la incertidumbre está asociada principalmente a los factores de emisión por defecto aplicados para cada fuente o sumidero y en menor medida a los datos de actividad.

3 Tabla de Incertidumbres (2020). Elaboración propia. https://docs.google.com/spreadsheets/d/1TNSGN3J92wizuttZF711wh4LoDFK2_KK/edit?usp=sharing&ouid=118230235062246336181&rtopof=true&sd=true

La incertidumbre del sector Energía alcanzó el $\pm 7.3\%$, dominada principalmente por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto utilizados para realizar las estimaciones. La incertidumbre de la tendencia del sector es de $\pm 6.3\%$.

La incertidumbre del sector IPPU alcanzó el $\pm 34.1\%$, dominada principalmente por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto utilizados para realizar las estimaciones. La incertidumbre de la tendencia del sector es de $\pm 45.9\%$.

La incertidumbre del sector AFOLU alcanzó el $\pm 53\%$, dominada principalmente por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto, variables y parámetros utilizados para realizar las estimaciones.

En el caso de los datos de actividad, la principal incertidumbre proviene del subsector Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra, ya que para estimar las emisiones del año 2000 fue necesario realizar estimaciones para calcular las emisiones por cambio de uso de la tierra, debido que no se cuenta con mapas de cobertura y uso de la tierra validados previos que cuenten con los metadatos requeridos. La incertidumbre de la tendencia del sector es de $\pm 58\%$.

La incertidumbre del sector Desechos alcanzó el $\pm 71\%$, dominada principalmente por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto y datos de actividad, estimado a partir de estadísticas nacionales e internacionales utilizados para realizar las estimaciones, la incertidumbre de la tendencia del sector es de $\pm 234\%$, siendo la más alta del INGEI.

6.7. Indicadores asociados al INGEI 2015

Las emisiones globales de GEI a nivel mundial causadas por las actividades humanas han mantenido su aumento desde 1970, según el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2014), a pesar de los esfuerzos expresados en un mayor número de políticas de mitigación al cambio climático, las emisiones anuales han aumentado en un promedio de 1 Gt CO₂-eq por año entre el 2000 y 2010.

A nivel mundial, las emisiones totales para el año 2010 equivalen a 49 Gt CO₂-eq, de los cuales el 67% son del consumo de combustibles fósiles e industria (IPCC, 2014).

Debido al panorama mundial y a los compromisos suscritos ante la CMNUCC, como el Acuerdo de París, donde Nicaragua enfatiza abordar el tema sin perder de vista el principio de responsabilidades comunes, pero diferenciadas, es necesario generar una serie de indicadores asociados a las emisiones en función de visibilizar el aporte del país en las emisiones globales (Tabla 8).

Tabla 8. Indicadores asociados a las emisiones de país 2015

Indicador	Valor
Sector Energía: Toneladas de CO ₂ equivalente por habitante	0.86
Sector IPPU: Toneladas de CO ₂ equivalente por habitante	0.03
Sector Desechos: Toneladas de CO ₂ equivalente por habitante	0.11
Sector Agricultura: Toneladas de CO ₂ equivalente por habitante	1.72
Sector UTCUTS: Toneladas de CO ₂ equivalente por habitante	1.94
Toneladas de CO ₂ equivalente por km ²	222.82
Toneladas de CO ₂ equivalente por PIB (en millones US\$)	2,270.72
*Porcentaje de participación en las emisiones globales	0.05

**Nota: los indicadores se calcularon usando como base 49 Gt CO₂-eq*

Fuente: Elaboración propia.

7. RESULTADOS DE LAS EMISIONES POR SECTOR

7.1. Sector Energía

7.1.1. Resumen del sector

El consumo energético en Nicaragua ha experimentado un incremento del 20.37% del año 2000 al 2015. Los combustibles más consumidos corresponden a leña, diesel oil y fuel oil; los cuales son utilizados principalmente en los subsectores residencial, producción de electricidad y transporte (MEM, 2001; 2002; 2016).

A continuación, se presentan los principales resultados del sector (Figura 10 y Tabla 9):

- Desde el año 2000 al 2015, las emisiones han incrementado en un 32.40%, este aumento se produce por el aporte de los combustibles fósiles y el consumo de leña.
- A partir del año 2009, se identifica un incremento en las emisiones debido a una alta dependencia de los derivados del petróleo para la generación de energía eléctrica. Esto permitió incrementar el índice de cobertura de viviendas electrificadas, pasando de un 69.8% en el 2010, a un 85.3% en el 2015 (MEM, 2022).
- En el año 2015, las emisiones de GEI se contabilizaron en 5,325.96 Gg CO₂-eq. Las categorías con mayor contribución son Transporte (combustión móvil) con 40.39% e Industrias de la energía (combustión estacionaria) con 32.88%.

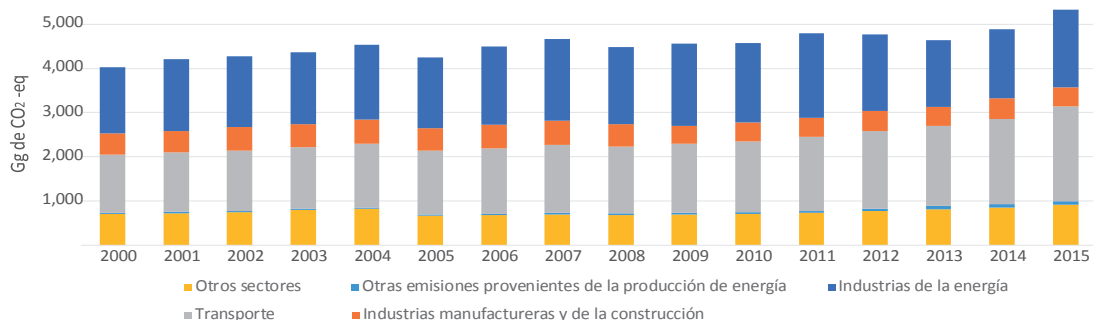


Figura 10. Emisiones del sector Energía por subcategoría (Gg CO₂-eq)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Emisiones del sector Energía (Gg CO₂-eq)

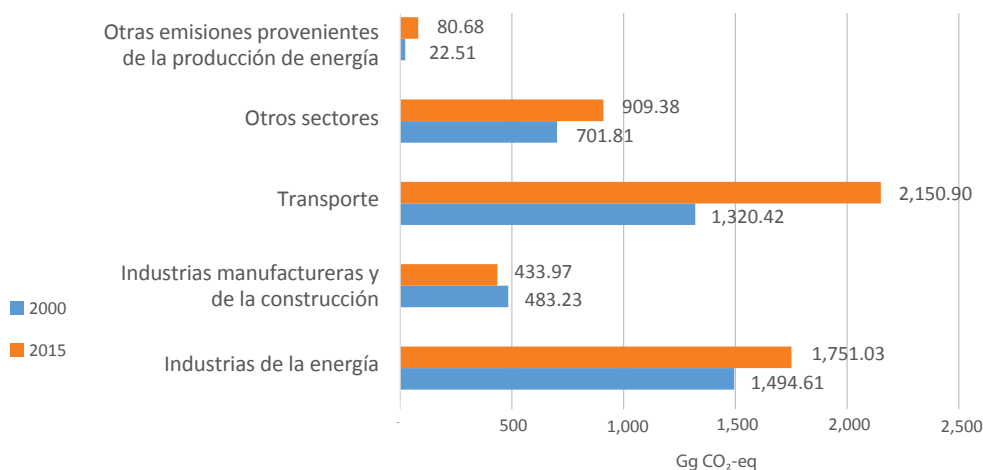
Categorías	Años/Gg CO ₂ -eq							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1 Energía	4,022.58	4,204.65	4,274.58	4,361.18	4,535.71	4,245.56	4,499.36	4,660.00
1A Actividades de quema de combustible	4,000.07	4,169.46	4,247.64	4,336.81	4,515.64	4,220.24	4,465.60	4,625.05
1B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	22.51	35.19	26.94	24.37	20.07	25.32	33.76	34.95

Categorías	Años/Gg CO ₂ -eq							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1 Energía	4,482.71	4,555.76	4,570.75	4,789.22	4,769.59	4,637.90	4,885.15	5,325.96
1A Actividades de quema de combustible	4,448.47	4,521.43	4,535.27	4,754.51	4,716.57	4,562.56	4,805.66	5,245.28
1B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	34.24	34.33	35.48	34.71	53.02	75.34	79.49	80.68

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 11, se presentan las emisiones de cada subcategoría del sector durante los años 2000 y 2015, donde se identifican los siguientes resultados:

- Transporte: las emisiones han incrementado en un 62.90%, debido a un aumento de consumo de combustibles de un 63.44% durante el período.
- Industrias de la energía: las emisiones se redujeron en un 17.16% por la incorporación de plantas de producción de energía a base de fuentes renovables.
- Otros sectores: las emisiones incrementaron en un 29.58%. Se incluyen las categorías comercial e institucional; residencial y agricultura, silvicultura y pesca.
- Industrias manufactureras y de la construcción: las emisiones disminuyeron en un 10.19%. Se incluyen las categorías comercial e institucional; residencial y agricultura, silvicultura y pesca.
- Otras emisiones provenientes de la producción de la energía: las emisiones han incrementado en un 258.42%.

**Figura 11. Emisiones por subcategoría año 2000 y 2015**

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2. Panorámica del sector

El sector Energía considera las emisiones de GEI generadas por la combustión de combustibles y la volatilización de gases, ya que, en la mayoría de los países, la energía es generada a través de la quema de combustibles fósiles.

Durante la combustión completa, se oxida el contenido de carbono, el cual se transforma en CO₂ y agua (H₂O), liberando la energía química del combustible en forma de calor. En cambio, cuando ocurre una combustión incompleta, también se emiten pequeñas concentraciones de CH₄, N₂O, NO_x, CO, SO₂, y COVDM. En general, se utiliza el calor directamente (o con cierta pérdida por conversión) para producir energía mecánica, muchas veces para generar electricidad o para el transporte (IPCC, 2006).

En este sentido, las emisiones surgen como resultado de la quema de combustibles, las cuales se clasifican según su fuente:

- Fuentes estacionarias.
- Fuentes móviles.
- Fuente de emisiones fugitivas.

Según las Directrices del IPCC 2006, las emisiones del sector surgen de las siguientes actividades de combustión: emisiones fugitivas o por escape sin combustión y comprenden las siguientes actividades:

- La exploración y explotación de las fuentes primarias de energía.
- La conversión de las fuentes primarias de energía en formas más utilizables en refinerías y centrales eléctricas.
- La transmisión y distribución de los combustibles.
- El uso de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles.

La energía primaria corresponde a todas aquellas fuentes de energía que se extraen o se capturan tal cual la naturaleza las provee. En el caso de Nicaragua, las fuentes de energía primaria son:

- Leña.
- Eólica.
- Hidráulica.
- Biomasa.
- Solar fotovoltaica.
- Geotérmica.

Las fuentes primarias: hidráulica, eólica y solar no generan ningún tipo de emisiones. Respecto a la energía secundaria, esta es producida en centros de transformación a partir de energía primaria o bien a partir de energía secundaria. Los centros de transformación en Nicaragua de la energía secundaria son:

- Centrales de generación eléctrica.
- Refinería de petróleo.
- Carboneras.

A continuación, se presentan los diferentes tipos de combustibles consumidos en Nicaragua, dentro de la clasificación de energía secundaria:

- Fuel oil.
- Diesel oil.
- Gasolina.
- Gas Licuado del Petróleo (GLP).
- Carbón Vegetal.
- Gas de Refinería.
- Kero turbo.

7.1.3. Análisis de categoría/fuente de emisión

La Tabla 10, presenta la lista de las categorías y subcategorías que se realizan en Nicaragua, especificando si fueron o no incluidas en el inventario. Las categorías que no aparecen en la tabla, significan que no aplican para el país.

Tabla 10. Categorías sector Energía aplicables en Nicaragua y gases incluidos

Categorías	Clave	Definición	Explicación	Gases						
				CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
1.A - Actividades de quema del combustible										
1.A.1 - Industrias de la energía										
1.A.1.a Producción de electricidad y calor como actividad principal										
1.A.1.a.i - Generación de electricidad	IN	Incluida	Datos publicados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.1.a.ii - Generación combinada de calor y energía (CHP)				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.1.b - Refinación del petróleo				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.1.c - Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas										
1.A.1.c.ii - Otras industrias de la energía	IN	Incluida	Datos publicados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.2 - Industrias manufactureras y de la construcción										
1.A.2.e - Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	IN	Incluida	Datos publicados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.2.k - Construcción				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.2.m - Industria no especificada				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.2.a - Hierro y acero	IE	Incluida en otro lugar	No hay datos disponibles por separado. Incluida en 1.A.2.m.	-	-	-	-	-	-	-
1.A.2.b - Metales no ferrosos				-	-	-	-	-	-	-
1.A.2.c - Productos químicos				-	-	-	-	-	-	-
1.A.2.d - Pulpa, papel e imprenta				-	-	-	-	-	-	-
1.A.2.f - Minerales no metálicos				-	-	-	-	-	-	-
1.A.2.h - Maquinaria				-	-	-	-	-	-	-
1.A.2.i - Minería (con excepción de combustibles) y cantería				-	-	-	-	-	-	-
1.A.2.j - Madera y productos de madera				-	-	-	-	-	-	-
1.A.2.l - Textiles y cuero				-	-	-	-	-	-	-
1.A.3 - Transporte										
1.A.3.a - Aviación civil										
1.A.3.a.i - Aviación internacional	NE	No estimada	No hay datos publicados	-	-	-	-	-	-	-
1.A.3.a.ii - Aviación de cabotaje	IN	Incluida	Datos publicados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Categorías	Clave	Definición	Explicación	Gases							
				CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVDM	SO ₂	
1.A.3.b - Transporte terrestre											
1.A.3.b.i - Automóviles	IN	Incluida	Datos publicados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.3.b.ii - Camiones para servicio ligero				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.3.b.iii - Camiones para servicio pesado y autobuses				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.3.b.iv - Motocicletas				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.3.d - Navegación marítima y fluvial											
1.A.3.d.i - Navegación marítima y fluvial internacional	NE	No estimada	No hay datos publicados	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.3.d.ii - Navegación marítima y fluvial nacional	IE	Incluida en otro lugar	No hay datos disponibles por separado. Incluida en 1.A.3.b	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4 - Otros Sectores											
1.A.4.a - Comercial/Institucional	IN	Incluida	Datos publicados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.4.b - Residencial				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.4.c - Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías											
1.A.4.c.i - Estacionaria	IN	Incluida	Datos publicados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.A.4.c.ii - Vehículos todo terreno y otra maquinaria	IE	Incluida en otro lugar	No hay datos disponibles por separado. Incluida en 1.A.3.b	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4.c.ii - Pesca (combustión móvil)	NE	No estimada	No hay datos publicados	-	-	-	-	-	-	-	-
1.B - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles											
1.B.3 - Otras emisiones provenientes de la producción de energía	IN	Incluida		✓	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices IPCC, 2006.

A continuación, se presenta un análisis de las fuentes de energía de Nicaragua, que corresponden a:

Centrales de Generación Eléctrica

El sistema de generación eléctrico de Nicaragua está constituido por plantas generadoras conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y por plantas conectadas al Sistema Aislado Nacional (SAN). La información sobre la generación de energía eléctrica por año de la serie histórica 2000-2015 fue obtenida de las estadísticas del INE (INE, 2017).

La generación de energía eléctrica se realiza con plantas renovables y no renovables. Las plantas renovables utilizan fuentes de energía primaria: biomasa, geoenergía, hidroenergía, eólica y solar. Las no renovables utilizan fuentes de energía secundaria: diesel oil y fuel oil.

Durante las series temporales 2000-2005 y 2005-2010, Nicaragua, en ambos sistemas eléctricos, mostró una alta dependencia de los derivados del petróleo para la generación de energía eléctrica. Es así que la generación con diesel oil y fuel oil durante la serie 2001-2005 representó entre el 65% y el 82% y para la serie 2005-2010 representó entre el 63% y el 65% (INE, 2017).

La generación renovable con hidroelectricidad y geotermia tuvo una participación minoritaria en este período. En el año 2009 se construyó la primera central renovable de generación eólica de carácter privado en Nicaragua.

Durante el período 2010 – 2015, en el SIN, el uso de los derivados del petróleo para la generación de energía disminuyó hasta 50%, debido a la entrada en operación de tres plantas eólicas y al incremento de potencia de una planta geotérmica. Adicionalmente, en el año 2013, se instaló la primera planta solar en Nicaragua, generando una disminución en el uso de derivados del petróleo, de hasta el 42%, en el período comprendido entre el 2010 al 2015.

El SIN representa el 98.81% de la generación total de energía en Nicaragua, mientras que la generación del SAN, representa apenas el 1.19%. Es por ello que, la generación del SIN es la que verdaderamente repercute en las emisiones de GEI. En la Tabla 11, se presenta la evolución de la generación por tipo de fuente de energía para el SIN y SAN (INE, 2015).

Tabla 11. Evolución de la generación eléctrica (2000 - 2015)

Tipo de Generación	Generación bruta, GWh*															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SIN																
Térmica (Fuel Oil + Diesel Oil)	1,826.0	1,992.0	1,946.0	1,991.0	2,078.0	1,958.0	2,154.0	2,236.0	2,119.0	2,344.0	2,261.0	2,478.0	2,249.0	1,927.0	1,989.0	2,237.0
Térmica (Residuos vegetales)	71.0	48.0	131.0	182.0	234.0	352.0	323.0	381.0	338.0	363.0	385.0	373.0	454.0	482.0	492.0	455.0
Geotérmica	134.0	206.0	210.0	271.0	255.0	271.0	311.0	243.0	322.0	297.0	302.0	273.0	523.0	679.0	662.0	678.0
Hidroeléctrica	210.0	197.0	303.0	297.0	321.0	433.0	308.0	306.0	534.0	297.0	503.0	444.0	417.0	455.0	394.0	294.0
Eólica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112.0	163.0	211.0	330.0	562.0	846.0	865.0
Solar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	2.0
Sub total	2,241.0	2,443.0	2,590.0	2,741.0	2,888.0	3,014.0	3,096.0	3,166.0	3,313.0	3,413.0	3,614.0	3,779.0	3,973.0	4,106.0	4,384.0	4,531.0
SAN																
Térmica (Fuel Oil + Diesel Oil)	21.0	29.0	29.0	31.0	33.0	37.0	42.0	43.0	48.0	42.0	45.0	47.0	47.0	52.0	52.0	53.0
Hidroeléctrica			0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.1	0				1.5	1.5	1.5	1.5
Sub total	21.0	29.0	29.5	31.6	33.6	37.5	42.4	43.1	48.0	42.0	45.0	47.0	48.5	53.5	53.5	54.5
Total	2,262.0	2,472.0	2,619.5	2,772.6	2,921.6	3,051.5	3,138.4	3,209.1	3,361.0	3,455.0	3,659.0	3,826.0	4,021.5	4,159.5	4,437.5	4,585.5

*Gigawatt-hora

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del INE.

En la Tabla 11 y en la Figura 12, se observa el tipo de energía utilizado para la generación eléctrica en el país, así como la evolución en el uso de energías renovables, alcanzando un 50% en el año 2015 con respecto al 2005. Esto evidencia el cumplimiento previsto en el Plan Nacional de Desarrollo Humano de Nicaragua 2012-2018.

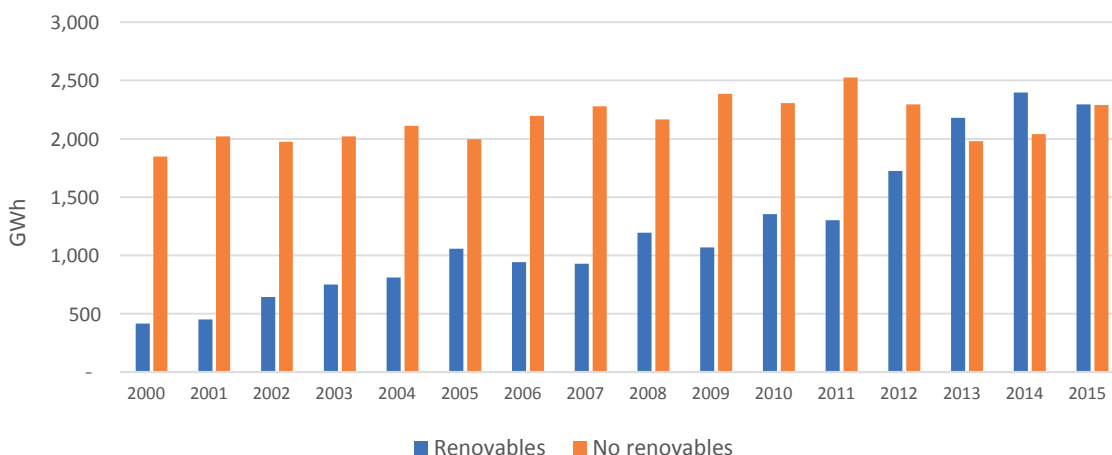


Figura 12. Evolución de la generación eléctrica en Nicaragua por tipo de energía

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del INE.

Refinería de petróleo

Nicaragua cuenta con una refinería de petróleo donde se realiza el proceso de fraccionamiento y transformación del petróleo crudo en sus derivados. Esta refinería se clasifica como del tipo hydroskimming, la cual es la más simple y antigua y se limita a la destilación, reformación e hidro-tratamiento del petróleo crudo (CEPAL, 2015).

Una refinería del tipo hydroskimming incluye la destilación del crudo y el reformado catalítico, diferentes unidades de hidrotatamiento y mezcla de productos. En países con una alta demanda de gasolina, no tienen la capacidad de alterar los patrones de rendimiento natural de los crudos que procesan (CEPAL, 2012). Estos procesos permiten:

- (1) Convertir la nafta en gasolina.
- (2) Controlar el contenido de azufre de los productos refinados.

Los derivados de petróleo obtenidos por el fraccionamiento y transformación del petróleo crudo en Nicaragua son los siguientes:

- Gas licuado de petróleo.
- Gasolinas (gasolina Motor y gasolina de Aviación).
- Querosenos (kerosene y turbo combustible).
- Diesel oil.
- Fuel oil.
- Gas de refinería (fuel gas).
- No energéticos (asfaltos, solventes y lubricantes).

En la Tabla 12, se presenta la evolución de los derivados del petróleo procesados en la refinería de Nicaragua durante el período 2000-2015, donde puede verse que por ser la refinería del tipo hydroskimming, la mayor producción se da en los combustibles más pesados, como el fuel oil y el diesel oil.

Tabla 12. Evolución de los combustibles procesados en la refinería (2000-2015)

Tipo de Generación	Combustible procesado (miles de barriles de petróleo)															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gas licuado de petróleo	217	217	197	238	189	167	178	185	110	142	172	192	100	127	112	155
Gasolinas (gasolina motor y gasolina de aviación)	869	886	849	820	840	735	752	721	703	844	809	822	578	830	814	847
Querosenos (kerosene y turbo combustible)	291	281	235	247	241	215	196	239	184	209	195	202	178	225	217	256
Diesel oil	1,608	1,782	1,620	1,565	1,556	1,356	1,501	1,509	1,436	1,660	1,622	1,738	1,166	1,556	1,067	1,422
Fuel oil	2,718	3,176	2,744	2,744	2,857	2,524	2,693	2,633	2,283	2,645	2,484	2,373	1,559	2,004	1,943	2,237
Gas de refinería (fuel gas)	82	112	105	105	136	128	175	175	146	95	106	89	65	77	80	98
No energéticos (asfaltos, solventes y lubricantes)	271	285	258	258	323	357	275	293	210	195	185	200	116	196	240	255

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN 2000-2015.

Para la serie temporal 2000-2005, 2005-2010 y 2010-2015, se identificó que los volúmenes de producción de cada derivado del petróleo son similares en cada año. El fuel oil representó en promedio el 44.59%, el diesel oil el 27.40% y las gasolinas el 14.49%; el resto de los combustibles representaron aproximadamente el 13.53%.

La evolución de los derivados del petróleo procesados en la refinería se presenta en la Figura 13, donde se aprecia una disminución paulatina de los combustibles procesados.

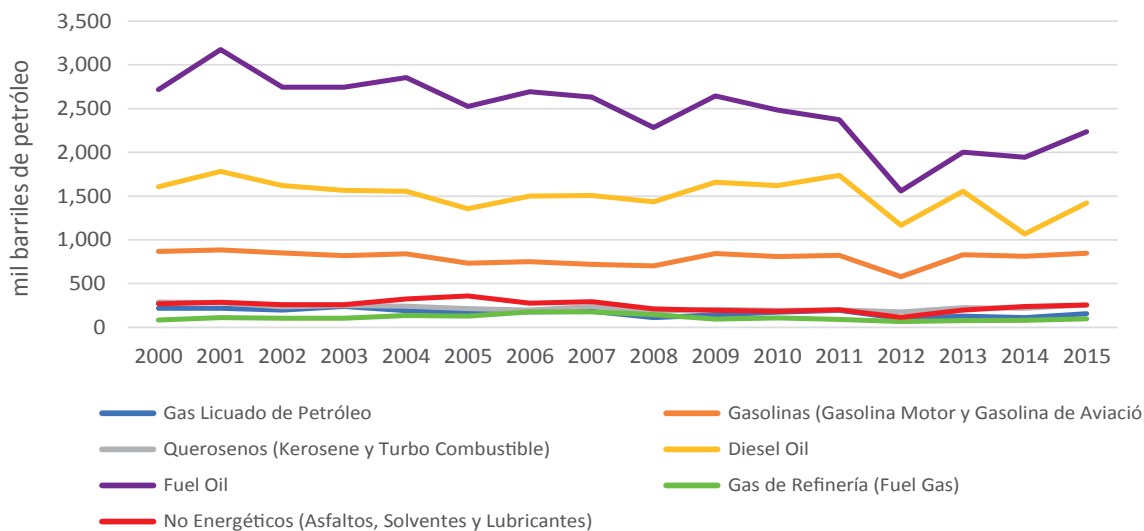


Figura 13. Combustibles procesados en la refinería

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN 2000-2015.

Carboneras

En Nicaragua la actividad de producción de carbón vegetal se realiza a partir de leña. La forma más común de producción de carbón vegetal es a través de la colocación de la leña en fosas, las cuales tienen generalmente una profundidad de 9 a 10 pulgadas y dimensiones de 2.5 por 3 metros. Esta leña es quemada dentro de la fosa, la cual es cubierta con tierra y en algunos casos, también con zacate.

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Leña realizada en 2007 (MEM,2007), la forma de producción de carbón vegetal es artesanal, con rendimientos en peso del 51.93% de producción de carbón con respecto a la leña y un porcentaje de humedad del 20% al 22%.

La evolución de la producción de carbón vegetal durante el período 2000-2015, ha disminuido significativamente, de 17.4 ktep (kilotoneladas equivalentes de petróleo) en 2000 a 7.5 ktep en 2015 (Figura 14). Según la Estrategia Nacional de Leña y Carbón Vegetal de Nicaragua (2011-2021), esta reducción de la producción de carbón vegetal es debido a:

- Cambios en la metodología de cálculo.
- Incremento de la eficiencia energética en el uso final.
- Introducción de otras fuentes de energías modernas.

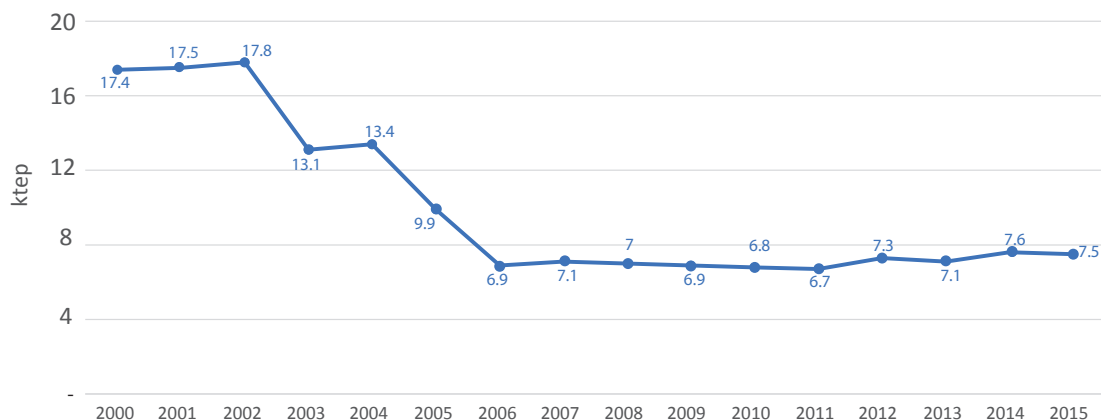


Figura 14. Evolución del carbón producido (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN 2000-2015.

7.1.4. Descripción del método a ser utilizado

La selección del método a utilizar se relaciona con los recursos disponibles para estimar el inventario, de manera que los esfuerzos sean dirigidos a las categorías de emisiones y absorciones más representativas en el país.

Nicaragua no dispone de factores de emisión específicos de país, por tal razón no se puede utilizar el método de Nivel 2 y las estadísticas sistemáticas del sector Energía no incluyen ninguna información para aplicar el Nivel 3, excepto el tipo de combustible utilizado. La tecnología de combustión y la antigüedad, es información disponible solamente en el caso del subsector Industrias de la Energía. Por consiguiente, el método de Nivel 1 es el que se aplicó para estimar las emisiones de GEI del sector Energía de Nicaragua.

Para aplicar el método Nivel 1, se requiere la siguiente información para cada categoría de fuente y combustible:

- Datos sobre la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente.
- Factor de emisión por defecto.

La metodología del Nivel 1 se basa en la multiplicación de los consumos de cada tipo de combustibles, por el correspondiente factor de emisión, mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

$$E = FE \times P$$

(Ecuación 3)

Donde:

E = Emisión del gas contaminante.

FE = Factor de emisión, factor del IPCC por defecto.

P = Consumo del combustible.

7.1.5. Datos de actividad

Los datos de la actividad se refieren a las cantidades y los tipos de combustibles quemados en los años de la serie temporal, en este caso, 2000-2015 y que corresponden a la variable P de la Ecuación 3.

La metodología orienta como buena práctica utilizar en la medida de lo posible:

- Las cantidades de combustible quemado, en vez de las cantidades de combustible entregado.
- Asignar emisiones a la categoría de fuentes para la producción de electricidad.
- Reflejar las variaciones de los valores caloríficos de los combustibles a través del tiempo.

El INGEI ha sido realizado con datos provenientes del BEN para los años 2000-2015. Este balance sistematiza de forma integrada la información sobre la oferta, transformación y consumo final de las diferentes fuentes energéticas primarias y secundarias que se utilizan en el país, sean estas importadas o producidas localmente.

Además, el BEN proporciona información del consumo de combustible quemado para cada una de las actividades de quema de combustible y la generación de energía geotérmica para la categoría de emisiones fugitivas que requieren las Directrices del IPCC 2006 para estimar las emisiones.

En el BEN se presentan los valores caloríficos de los combustibles los cuales son los mismos durante la serie temporal 2000-2015, por lo que es factible aplicar las buenas prácticas que recomienda el IPCC (IPCC, 2006). La Tabla 13 relaciona la información que solicita la metodología IPCC 2006 y el BEN.

Tabla 13. Categorías sector Energía IPCC y el BEN

Categoría del IPCC	Descripción	Ubicación en el BEN
1.A. Actividades de quema del combustible		
1.A.1 Industrias de la Energía	Emisiones por la extracción de combustibles o por las industrias de producción energética.	TRANSFORMACIÓN: <ul style="list-style-type: none"> • Carboneras • Auto productores • Centrales termoeléctricas (excepto geoenergía) • Refinerías
1.A.2 Industrias manufactureras y de la construcción	Emisiones en la industria la cual incluye generación de electricidad y calor para el uso propio	CONSUMO FINAL: <ul style="list-style-type: none"> • Industria y otros.
1.A.3 Transporte	Emisiones de la quema y la evaporación de combustible para todas las actividades de transporte.	CONSUMO FINAL: <ul style="list-style-type: none"> • Transporte.
1.A.4 Otros sectores	Emisiones en los sectores Comercial/Institucional, Residencial, Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías.	CONSUMO FINAL: <ul style="list-style-type: none"> • Comercio y servicios • Agropecuario • Residencial
1.A.5 No especificado	Todas las emisiones de quema de combustibles que no se hayan especificado en otra categoría.	No aplica
1.B. Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles		
1.B.1 Combustibles sólidos	Emisiones intencionales y no intencionales emanadas de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles.	No aplica
1.B.2 Petróleo y gas natural	Emisiones fugitivas provenientes de todas las actividades de petróleo y gas natural.	No aplica
1.B.3 Otras emisiones provenientes de la producción de energía	Otras emisiones fugitivas, por ejemplo, de producción de energía geotérmica, turba y otra producción de energía no incluida anteriormente.	TRANSFORMACIÓN: <ul style="list-style-type: none"> • Centrales termoeléctricas (geoenergía)
1.C. Transporte, inyección y almacenamiento de dióxido de carbono		
1.C.1 Transporte de CO ₂	Emisiones fugitivas de los sistemas usados para transportar CO ₂ capturado desde la fuente hasta el sitio de inyección.	No aplica
1.C.2 Inyecciones y almacenamiento	Emisiones fugitivas de actividades y equipos en el sitio de inyección y de contención final después de que el CO ₂ es almacenado.	No aplica
1.C.3 Otros	Cualquier otra emisión de almacenamiento de CO ₂ no declarada en otro rubro.	No aplica

Fuente: Elaboración propia sobre de las Directrices IPCC 2006 (IPCC, 2006) y BEN 2000-2015.

Los DA para el sector Energía se refieren a las cantidades y los tipos de combustibles quemados en los años de estudio. Respecto al consumo de combustible en Nicaragua, corresponden a:

- Las centrales de generación eléctrica (generación de electricidad, generación combinada de calor y energía): diesel oil, fuel oil, residuos vegetales.
- La refinería de petróleo: diesel oil, fuel oil, GLP, gasolinas, kerosene/keroturbo, gas de refinería.
- Las carboneras para producir carbón vegetal: leña.
- El consumo final de los diferentes sectores socioeconómicos (industria, construcción, comercio y servicios que incluye gobierno, residencial, agricultura): diesel oil, fuel oil, GLP, gasolinas, kerosene/keroturbo, residuos vegetales, leña, carbón vegetal, coque de petróleo y otras biomásas.
- El consumo de combustible del sector transporte (aviación civil en Nicaragua y transporte terrestre): diesel oil, gasolinas, kerosene/keroturbo.
- El consumo de energía geotérmica, como fuente primaria de energía, es incluida a efectos de posteriormente calcular en base a un factor de emisión específico, las emisiones fugitivas producto de esta actividad.

A continuación, se presenta la estructuración del consumo de combustible del país distribuido en las categorías orientadas por el IPCC.

Industrias de la energía (1A1)

Dentro de Industrias de la energía se identificaron tres subcategorías:

- Producción de electricidad y calor como actividad principal.
- Refinación del petróleo.
- Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias de la energía.

La Tabla 14 presenta la evolución del consumo de combustibles de las tres subcategorías antes indicadas.

Tabla 14. Industrias de la energía, evolución del consumo de combustibles (ktep - Miles de Toneladas Equivalente de Petróleo), 2000-2015

Categoría / Combustible	Año															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1.A.1 - Industrias de la energía																
1.A.1.a - Producción de electricidad y calor como actividad principal																
1.A.1.a.i - Generación de electricidad																
Diesel oil	22.4	19.0	8.6	10.4	11.5	14.6	22.5	64.6	24.8	16.8	8.1	8.4	12.2	10.9	12.3	15.8
Fuel oil	409.0	450.0	454.0	457.0	476.0	443.0	486.0	465.0	477.0	526.0	512.0	548.0	497.0	424.0	43.06	491.0
1.A.1.a.ii - Generación combinada de calor y energía (CHP)																
Residuos vegetales	51.4	46.1	66.0	82.9	103.0	116.0	115.0	142.0	137.0	141.0	169.0	128.0	152.0	204.0	192.0	182.0
1.A.1.b - Refinación del petróleo																
Diesel oil	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0.7	0.7	3.6	3.8	2.1	1.6	1.1	0.8
Fuel oil	15.5	15.0	13.9	11.6	12.7	12.7	11.4	11.9	11.7	11.4	11.1	11.2	7.0	10.3	13.0	11.3
Gas de refinería	14.1	19.4	18.2	19.5	23.4	22.0	30.2	32.0	25.1	16.4	18.3	15.4	11.2	12.7	13.8	16.9
Gas licuado de petróleo	1.1	1.0	1.3	1.9	2.3	2.3	1.4	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	2.5	4.0	2.5	3.0
Gasolinas	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0.3	0.2	0	0	0	0	0	0
Kerosene y keroturbo	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0
1.A.1.c - Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias energéticas																
1.A.1.c.iii - Otras industrias de la energía																
Leña	53.5	53.7	54.9	40.5	41.5	30.3	25.0	25.7	25.5	25.0	24.5	24.4	26.5	26.7	27.5	27.3

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015.

La Producción de electricidad y calor presenta el mayor consumo de combustible, debido principalmente al consumo de las plantas de generación termoeléctricas, con derivados del petróleo y a autoprodutores con el consumo de residuos vegetales (bagazo de caña y un pequeño uso de cascarilla de maní) (INE, 2017).

Es importante indicar que gran parte de la generación de energía de los autoprodutores es suministrada al SIN, la cual es contabilizada dentro de la subcategoría Producción de electricidad y calor. La parte restante de la energía generada es utilizada como consumo propio y esta se incluye dentro de la categoría Industrias manufactureras y de la construcción.

El combustible con mayor consumo dentro de la producción de electricidad y calor corresponde al fuel oil. Para el período 2000-2005 y 2005-2010, las centrales termoeléctricas con derivados del petróleo y autoprodutores representan los consumos de combustibles más importantes. Esto se debió especialmente:

- Al incremento de la generación de autoprodutores que utilizan biomasa como combustible, habiendo casi duplicado este consumo entre una serie y la otra.
- Al incremento del consumo de fuel oil, que es el combustible mayormente utilizado para la generación de energía eléctrica en Nicaragua.

Durante 2006-2007, hubo racionamiento severo en el país por la falta de generación eléctrica, sin embargo, no es evidente en las estadísticas una disminución del consumo de combustible en esos años.

Para el período 2010-2015, se observa una disminución promedio de fuel oil (Figura 15) debido a:

- Alza del precio internacional del petróleo.
- Entrada en operación de cuatro plantas eólicas.



Figura 15. Consumo de combustible en la producción de electricidad y calor

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015.

Respecto a la refinación del petróleo (Figura 16), el combustible mayormente consumido durante este proceso corresponde al gas de refinería, fuel oil y gas licuado de petróleo. En el período 2005-2010, se identificó que a partir del año 2007 se empezó a consumir diesel oil en la refinería. Es importante resaltar que en los años 2006, 2008 y 2009 se consumió ligeramente gasolina y kerosene/keroturbo. En la Figura 16, se presenta el consumo de combustible por la refinación del petróleo, donde se aprecia una disminución del consumo de fuel oil.

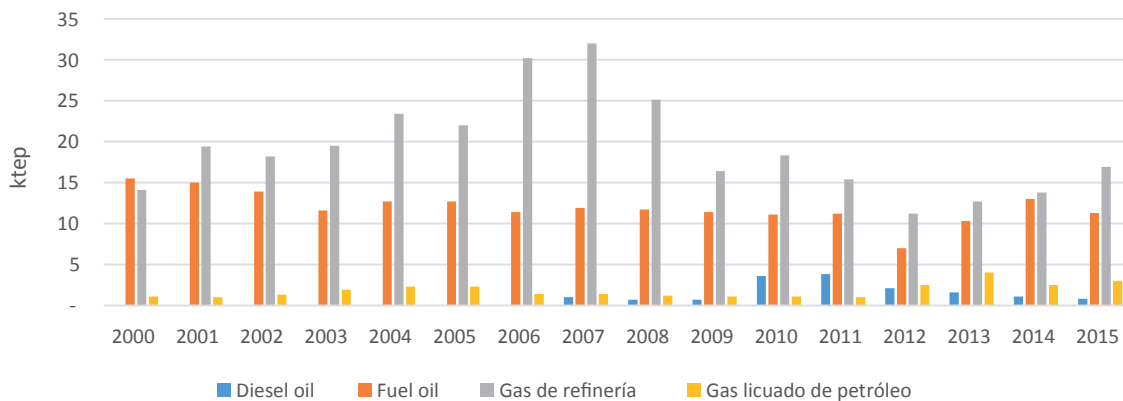


Figura 16. Consumo de combustible en la refinación del petróleo

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015.

En la subcategoría Industrias de la energía, se identificó Otras industrias de la energía, que corresponde a las carboneras de Nicaragua. Para la serie temporal 2000-2015, se identificó que el consumo de leña en el país ha disminuido considerablemente.

En la Figura 17, se observa que en el período 2000-2010 hay una disminución significativa del consumo de leña para producción de carbón vegetal. Según datos publicados en la Estrategia Nacional de Leña y Carbón Vegetal de Nicaragua 2011-2021 (MEM, 2011) estas disminuciones son debido a:

- Cambios en la metodología de cálculo.
- Incremento de la eficiencia energética en el uso final.
- Introducción de otras fuentes de energías modernas.

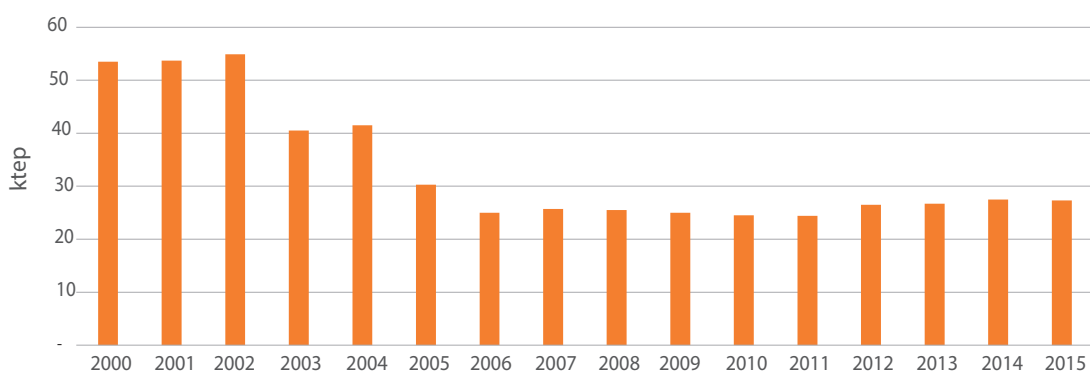


Figura 17. Consumo de leña en otras industrias de la energía

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015.

Industrias manufactureras y de la construcción (1.A.2)

Dentro de la categoría Industrias manufactureras y de la construcción existe información de las siguientes subcategorías:

- Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco.
- Construcción.
- Industria no especificada.

El BEN presenta el consumo final de energía para la subcategoría Industria y Otros. Dentro de la subcategoría Industria, están incluidas todas las categorías industriales de Nicaragua. En el caso de la subcategoría Otros, corresponde a la actividad Construcción. Siguiendo la metodología del IPCC 2006, ambas caben dentro de la categoría Industrias manufactureras y de la construcción.

Otro de los consumos finales y de gran importancia de energía identificados, corresponde al consumo propio de la energía generada por los autoprodutores. Este

consumo cabe dentro de la subcategoría Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, ya que los autoprodutores de Nicaragua son los ingenios azucareros.

El detalle del consumo de combustible para cada una de las categorías descritas anteriormente, se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15. Industrias manufactureras y de la construcción, evolución del consumo de combustibles (ktep - Miles de Toneladas Equivalente de Petróleo), 2000-2015

Categoría / Combustible	Año															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1.A.2 - Industrias manufactureras y de la construcción																
1.A.2.e - Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco																
Diesel oil	3.9	4.1	4.2	4.2	2.9	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuel oil	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leña	4.0	0.7	9.3	11.3	19.1	10.0	8.2	11.8	11.7	8.7	0.6	19.0	9.3	5.2	5.4	1.2
Residuos vegetales	57.9	19.7	24.1	29.5	84.8	84.6	75.8	87.6	97.3	107.0	121.0	98.3	126.0	153.0	164.0	135.0
1.A.2.k - Construcción																
Diesel oil	5.4	5.4	5.4	5.5	5.8	5.7	5.8	6.0	5.8	5.9	6.2	6.5	6.6	6.9	7.3	8.0
Fuel oil	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Gasolinas	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
Kerosene y keroturbo	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
1.A.2.m - Industria no especificada																
Coque de Petróleo	0	0	23.4	41.7	40.8	40.8	44.3	41.6	43.4	18.7	23.3	22.6	21.8	19.1	21.2	6.3
Diesel oil	49.3	49.5	49.3	50.1	53.1	52.1	53.8	54.7	53.4	54.5	56.6	59.7	60.6	63.0	67.0	73.6
Fuel oil	78.2	76.9	64.8	39.6	41.2	36.8	37.8	41.5	30.2	25.8	24.1	23.6	30.1	23.9	24.0	23.8
Gas licuado de petróleo	5.2	5.8	6.3	6.6	6.8	6.9	7.1	7.5	7.5	7.9	8.1	9.0	10.0	11.1	11.5	13.0
Gasolinas	3.9	4.1	4.3	4.4	4.6	4.6	4.7	5.0	5.0	5.4	5.4	5.6	6.1	3.2	6.6	7.6
Kerosene y keroturbo	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leña	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	56.3	57.8	56.2	51.2	53.0	54.3	51.5	52.9	48.4	47.0
Otras biomasas	0	0	0	0	0	0	2.8	2.9	2.8	2.5	2.6	2.7	2.5	2.9	2.4	2.3
Residuos vegetales	127.0	69.0	107.0	20.5	35.6	35.3	8.6	9.0	8.6	8.0	8.3	8.5	8.1	15.2	13.9	13.6

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015.

Se aprecia que, dentro del consumo propio de la energía generada por los autoprodutores, el consumo de residuos vegetales ha mostrado un incremento sostenido a través de los años. Esto debido a la entrada en operación y aumento de la capacidad de los ingenios azucareros.

Para el período 2000-2005, es interesante notar que hasta el año 2005 se presenta un consumo de diesel oil y fuel oil de los autoprodutores, si bien, el consumo de estos energéticos era modesto, a partir del año 2006 dejaron de ser consumidos, por lo que en el período 2010-2015 no se tiene consumo de diesel oil ni de fuel oil (Figura 18).

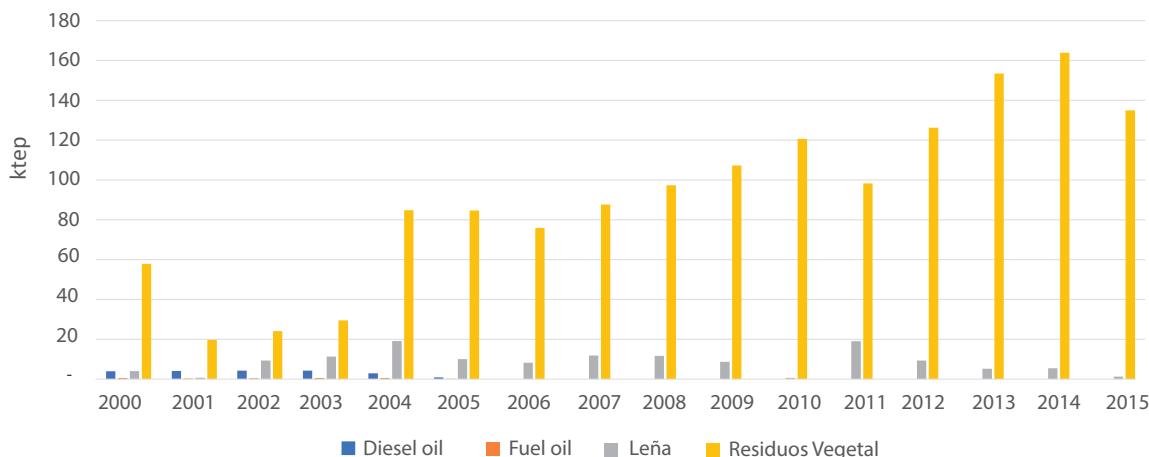


Figura 18. Consumo de combustibles en el procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco

Fuente: Elaboración propia sobre la base en el BEN del 2000 al 2015.

Respecto al subcategoría Construcción, se consume mayoritariamente diesel oil, seguido de gasolina. Se observa que, para todo el período analizado, el consumo de diesel oil y gasolina ha aumentado significativamente. Respecto al consumo del resto de combustibles, no ha habido variaciones significativas (Figura 19).

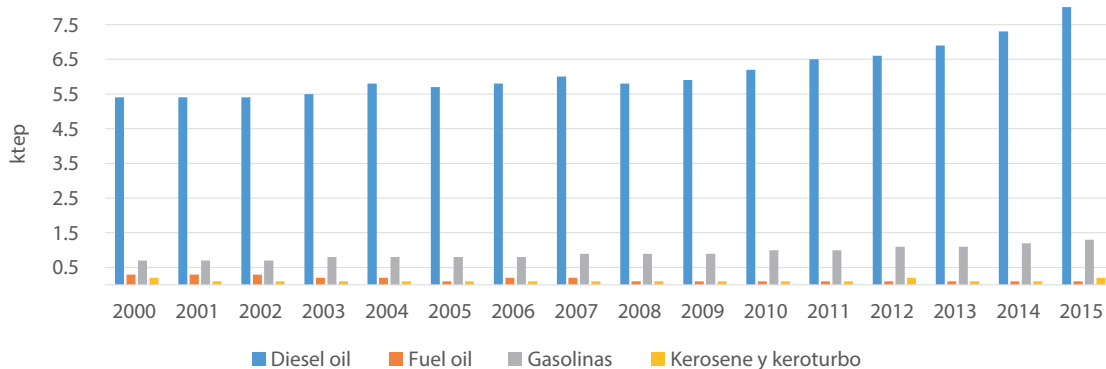


Figura 19. Consumo de combustibles en la construcción

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015.

En la subcategoría Industria no especificada, los combustibles que más se consumen corresponde a coque de petróleo, diesel oil, fuel oil y leña. En menor medida es consumido el gas licuado de petróleo, gasolinas, kerosene y keroturbo, otras biomásas y residuos vegetales (Figura 20).

En el año 2000, el combustible mayormente consumido correspondió a los residuos vegetales y a partir del año 2001, este consumo disminuyó significativamente; esta variación se debió a que en el año 2000 estaban operando siete (7) ingenios azucareros y a partir del año 2001 cuatro dejaron de hacerlo.

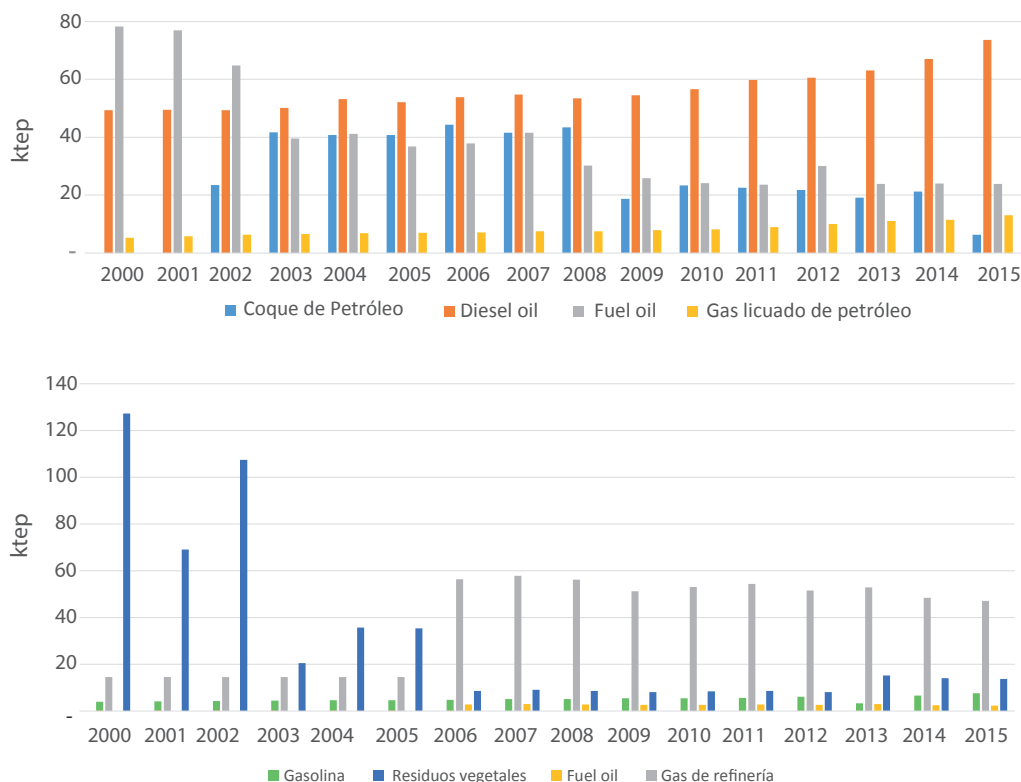


Figura 20. Consumo de combustibles en la industria no especificada

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015.

Transporte (1.A.3)

Parque vehicular

La División General de Planificación del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) presenta en sus anuarios estadísticos de transporte el parque vehicular automotor de Nicaragua (Tabla 16).

Según el anuario estadístico de 2015, el 48.5% del parque vehicular de Nicaragua se concentra en el departamento de Managua. En otros departamentos, el parque vehicular se comporta así: en Chinandega es del 6.8%, el 6.3% en León, 5.7% en Matagalpa y el 4.8% en Estelí. En el resto de los departamentos el parque vehicular es inferior al 4.8% (INIDE, 2015). En la Tabla 16, se detalla la evolución del parque vehicular de Nicaragua por tipo de vehículo.

Tabla 16. Evolución del parque vehicular de Nicaragua

Tipo	Autobús	Auto-móviles	Cabezal	Camiones	Camionetas	Furgonetas	Micro buses	Motos	Varu	Aplana-doras	Otros
2000	5,460	61,357	2,423	17,615	67,939	1,804	5,244	23,857	11,601		4,559
2001	6,078	70,372	2,863	19,301	74,769	1,916	5,620	26,654	11,784		4,993
2002	6,947	83,168	3,617	21,805	84,310	2,193	6,541	28,973	12,753		5,682
2003	7,026	86,020	3,865	22,135	86,225	2,309	6,756	29,324	12,829		5,874
2004	8,158	94,996	4,568	24,135	97,404	2,640	7,981	33,846	13,701		7,495
2005	8,299	99,902	5,148	25,486	104,310	2,990	8,063	36,987	13,715		7,281
2006	9,018	106,322	5,370	27,880	111,961	3,496	8,684	44,192	14,238		8,449
2007	9,428	115,432	6,092	29,982	120,221	4,030	9,240	56,525	14,414		8,932
2008	7,796	122,185	6,995	31,245	130,982	3,978	9,825	76,463	9,231		7,630
2009	7,892	121,665	7,252	32,190	132,195	4,017	9,923	87,247	9,274		7,822
2010	6,739	116,943	7,649	30,438	136,756	4,296	8,457	112,632	9,589		8,145
2011	6,904	112,373	6,816	32,532	131,439	3,871	9,008	134,456	9,583	484	8,092
2012	7,256	119,446	7,278	35,443	140,097	3,998	9,683	169,055	9,955	827	8,593
2013	7,404	125,000	7,636	37,001	141,751	4,138	10,106	181,781	9,950	864	9,100
2014	8,443	142,741	8,709	42,181	161,610	4,717	11,521	207,446	11,343	985	10,735
2015	7,076	134,691	8,469	41,470	151,986	4,551	10,785	266,589	9,653	800	10,865

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los anuarios estadísticos INIDE 2000-2015.

Desde el 2000 al 2015, el parque vehicular del país ha crecido en un 220.49%. La mayor cantidad de vehículos corresponde a camionetas, motos, automóviles y camiones, los cuales representan en promedio el 87.95% del total de vehículos. En la Tabla 17, se presenta los vehículos más representativos del parque total nacional.

Tabla 17. Parque vehicular de Nicaragua

Tipo	2000	2005	2010	2015
Camioneta	67,939	104,310	136,756	151,986
Motos	23,857	36,987	112,632	266,589
Automóviles	61,357	99,902	116,943	134,691
Camiones	17,615	25,486	30,438	41,470
Resto	31,091	45,496	44,875	52,199
Total	201,859	312,181	441,644	646,935

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los anuarios estadísticos INIDE 2000-2015.

Consumo de combustible

El consumo final de energía para la subcategoría Transporte se presenta en el BEN, el cual incluye el transporte terrestre y aéreo. Los combustibles consumidos vía terrestre corresponden a diesel oil y gasolinas, y en el aéreo corresponden a keroturbo.

Las Directrices del IPCC 2006 divide el consumo de combustible en los siguientes tipos de vehículos:

- Automóviles.
- Camiones para servicio ligero.
- Camiones para servicio pesado y autobuses.
- Motocicletas.

El diesel oil y gasolinas representan en promedio el 95.90% de consumo de combustibles durante el 2000 al 2015. El detalle del consumo de combustible para cada tipo de vehículo del transporte terrestre se presenta en la Tabla 18 y Figura 21.

Tabla 18. Sector transporte, evolución del consumo de combustibles (ktep - Miles de Toneladas Equivalente de Petróleo), 2000-2015

Categoría / Combustible	Año/ktep															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1.A.3-Transporte																
1.A.3.a - Aviación civil																
1.A.3.a.ii - Aviación de cabotaje																
Keroturbo	23.0	21.4	20.6	21.4	19.5	18.2	17.8	22.6	21.8	19.5	18.3	19.2	21.5	20.9	22.4	25.5
1.A.3.b - Transporte terrestre																
1.A.3.b.i - Automóviles																
Diesel oil	2.9	3.0	3.0	3.1	3.3	3.3	3.4	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.8	4.1	4.4
Gasolinas	99.3	107.0	115.0	118.0	121.0	122.0	125.0	132.0	130.0	138.0	134.0	135.0	143.0	148.0	157.0	171.0
1.A.3.b.ii - Camiones para servicio ligero																
Diesel oil	68.4	68.1	66.6	67.6	70.3	70.4	71.3	72.3	73.0	73.6	81.3	81.4	81.6	82.9	88.1	94.3
Gasolinas	43.2	44.4	45.2	45.8	47.8	48.7	49.8	51.6	50.3	54.4	56.6	57.0	60.7	60.5	64.5	69.5
1.A.3.b.iii - Camiones para servicio pesado y autobuses																
Diesel oil	183.0	185.0	185.0	188.0	201.0	196.0	203.0	207.0	200.0	205.0	208.0	223.0	228.0	239.0	254.0	282.0
Gasolinas	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.8	2.6	2.9	2.8	3.1	3.3	3.5	3.7	4.1
1.A.3.b.iv - Motocicletas*																
Diesel oil	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Gasolinas	5.6	5.9	5.8	5.8	6.3	6.6	7.5	9.3	11.8	14.4	18.7	23.3	29.3	31.1	33.2	49.1
Total, Keroturbo	23.0	21.4	20.6	21.4	19.5	18.2	17.8	22.6	21.8	19.5	18.3	19.2	21.5	20.9	22.4	25.5
Total Diesel oil	254.3	256.1	254.6	258.7	274.6	269.7	277.7	282.8	276.6	282.2	293.0	308.1	313.3	325.8	346.3	380.9
Total, Gasolinas	150.3	159.6	168.4	172.0	177.6	179.8	184.9	195.7	194.7	209.7	212.1	218.4	236.3	243.1	258.4	293.7

* Esta clasificación incluye todos los tipos de motocicleta tales como, minimotos, cuadraciclos, moto taxis, etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas departamentales y zonas urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor. Fuente: Anuario de aforos de tráfico – MTI

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015.

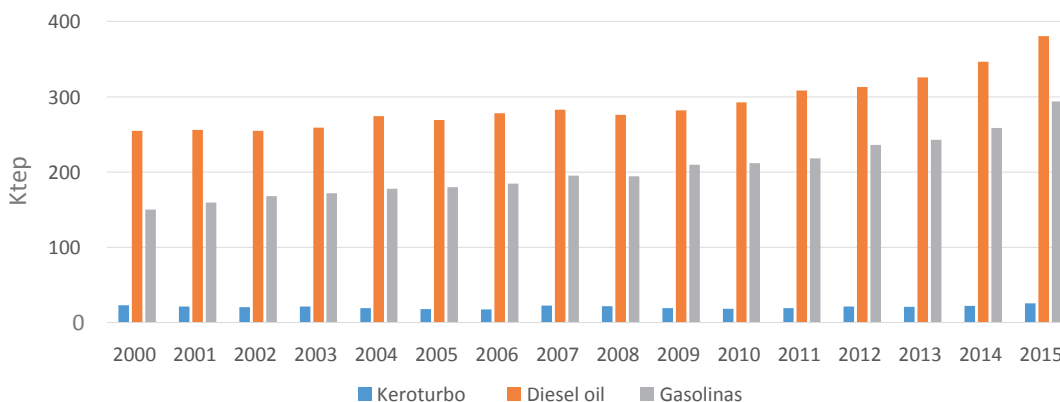


Figura 21. Consumo de combustibles en el transporte

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015.

Otros sectores (1.A.4)

Dentro de Otros sectores se identificaron tres categorías en Nicaragua que consumen combustibles, que corresponden a:

- Comercial/Institucional
- Residencial
- Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías

En la Tabla 19, se muestran las subcategorías, el tipo y cantidad de combustible utilizado. Para la subcategoría Comercial/Institucional, los combustibles más utilizados corresponden a diesel oil, gas licuado de petróleo y leña. Esta subcategoría tuvo un incremento en el consumo de todos los energéticos, a excepción del carbón vegetal que disminuyó significativamente. Para la serie temporal 2000-2005, no se cuenta con datos sobre el consumo de leña, ya que el BEN no incluía esta información la cual fue incluida a partir del año 2006.

La subcategoría Residencial es el gran consumidor, debido principalmente al uso de leña. En el año 2006 - 2007, se realizó la Encuesta Nacional de Leña, lo que representó un cambio significativo en los indicadores que se utilizaban a la fecha para la elaboración del BEN, por tal motivo se observa una fuerte disminución del consumo de este combustible, a partir del año 2006.

Para la subcategoría Agricultura, Silvicultura, Pesca y Piscifactorías, los combustibles con mayor consumo corresponden a diesel oil, leña y residuos vegetales. En el período del 2000 al 2015 el consumo de residuos vegetales se incrementó significativamente, como resultado de la nueva metodología de cálculo utilizada en la Encuesta Nacional de Leña (MEM, 2007).

Tabla 19. Otros sectores, evolución del consumo de combustibles (ktep - Miles de Toneladas Equivalente de Petróleo), 2000-2015

Categoría / Combustible	Año/ktep															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1.A.4-Otros Sectores																
1.A.4.a - Comercial/Institucional																
Carbón vegetal	12.9	13.0	13.0	9.0	9.0	5.8	3.0	2.9	2.8	2.6	2.6	2.6	2.5	2.6	2.8	2.9
Diesel oil	43.5	43.7	43.5	44.2	46.8	46.0	47.4	48.3	47.1	48.1	50.0	52.7	53.4	55.6	59.1	64.9
Fuel oil	1.5	1.4	1.2	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.6	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4
Gas licuado de petróleo	22.0	24.2	26.5	27.7	28.7	29.1	30.0	31.7	31.3	33.1	34.2	38.0	41.8	46.8	48.5	54.6
Gasolinas	8.2	8.7	9.2	9.4	9.7	9.8	10.1	10.6	10.6	11.4	11.5	11.9	12.9	13.2	14.1	16.0
Kerosene y keroturbo	4.7	4.4	4.3	4.5	4.1	3.8	3.7	4.7	4.6	4.1	3.8	4.0	4.5	4.4	4.7	5.4
Leña	0	0	0	0	0	0	36.6	35.5	34.9	32.4	32.2	31.9	31.4	31.7	34.8	36.1
1.A.4.b - Residencial																
Carbón vegetal	3.4	3.4	3.4	2.3	2.3	1.5	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	4.0	4.0
Gas licuado de petróleo	20.1	22.2	24.2	25.3	26.2	26.6	27.4	29	28.7	30.3	31.3	34.7	38.3	42.8	44.4	50.0
Kerosene y keroturbo	10.3	8.9	8.5	7.5	6.6	6.1	5.0	4.3	2.1	1.9	1.7	1.4	1.4	1.3	1.2	1.3
Leña	1,102.0	1,135.1	1,168.1	1,338.7	1,377.9	1,383.8	839.0	845.0	852.0	858.0	865.0	872.0	879.0	887.0	943.0	947.0
Otras biomásas	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	0.9	1.0	0.9	0.9
1.A.4.c - Agricultura/Silvicultura/pesca/Piscifactorías																
1.A.4.c.i - Estacionaria																
Carbón vegetal	1.1	1.1	1.4	1.8	2.1	2.6	0	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	1.0	0.7	0.7	0.6
Diesel oil	7.0	7.1	7.0	7.1	7.6	7.4	7.7	7.8	7.6	7.8	8.1	8.5	8.6	9.0	9.5	10.5
Fuel oil	0.9	0.9	0.8	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.3	0.3
Gas licuado de petróleo	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8
Gasolinas	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.2
Leña	0.8	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	6.9	5.9	4.4	5.9
Residuos vegetales	1.6	1.4	1.1	1.1	1.4	0.9	15.9	15.8	15.8	16.6	15.8	15.8	24.6	23.0	32.0	18.2

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015.

Emisiones fugitivas (1.B)

Existen emisiones antropogénicas asociadas con el uso de la energía geotérmica. Estas emisiones están clasificadas en las Directrices del IPCC 2006 como Emisiones fugitivas (IPCC, 2006). Estas emisiones tienden a ser difusas y pueden ser difíciles de monitorear de forma directa. El IPCC 2006 no presenta ninguna metodología para estimarlas, no obstante, se utilizó un factor de emisión de CO₂ por kWh de energía geotérmica generada para realizar las estimaciones.

La generación de energía geotérmica para los períodos 2000-2015 fue obtenida del BEN 2000-2015. En la Tabla 20, se muestra el detalle de la generación de energía geotérmica en Nicaragua en términos de ktep para el período en estudio 2000 - 2015.

Tabla 20. Evolución generación de energía geotérmica en Nicaragua (ktep Miles de Toneladas Equivalente de Petróleo), 2000-2015

Categoría combustible	Año/ktep							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Energía Geotérmica	47.2	73.8	56.5	51.1	42.1	53.1	70.8	73.3
Categoría combustible	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Energía Geotérmica	71.8	72	74.4	72.8	111.2	158	166.7	169.2

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015 y estadísticas de INE.

Para la serie temporal 2000-2005, la energía geotérmica presentó una ligera variación producto de la entrada en operación de la planta San Jacinto Tizate en el último cuatrimestre del 2005. Dicha variación es debido a la generación total anual de esta planta.

Consumo de combustible total en el sector Energía

El consumo de combustible ha crecido en un 16.03% durante el período comprendido del 2000 al 2015, distribuido en las diferentes categorías/fuentes evaluadas en el presente inventario, tal como se presenta en la Figura 22.

- Otros sectores es la subcategoría que más combustibles quemó con un 47.98% en el año 2000, aumentando al 52.15% en el año 2005 y decreciendo en el 2015 a 40.70%.
- En segundo lugar, la subcategoría Industrias de la energía, en el año 2000 representó el 21.90% del combustible del sector. En el año 2005 se mantuvo su consumo, mientras en el año 2015, incrementó a 24.91%.
- En tercer lugar, se encuentra la subcategoría Transporte, que en el año 2000 consumió el 16.54% hasta alcanzar un 23.30% en el año 2015, lo que se correlaciona directamente con el crecimiento de la flota vehicular y naviera del país en este período de tiempo.
- En el caso de la subcategoría Industrias manufactureras y de la construcción y otras emisiones provenientes de la producción de energía, durante la serie temporal se consumió un promedio de 13.57% y 11.09% del combustible respectivamente.

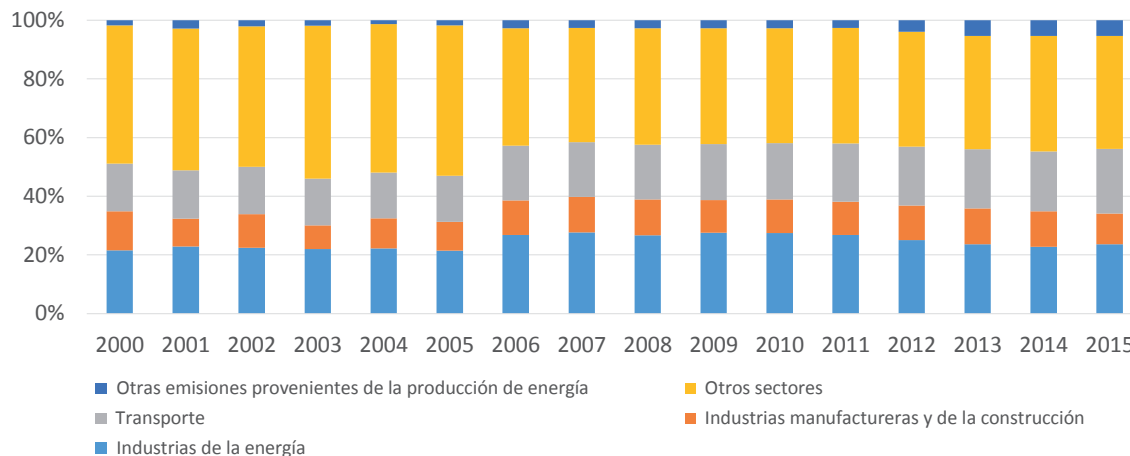


Figura 22. Consumo de combustible total en el sector Energía

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015 y estadísticas de INE.

7.1.6. Factores de emisión

Según las Directrices del IPCC de 2006, es una buena práctica que cada país identifique los factores de emisión, utilizados para las estimaciones de forma sistemática y objetiva (IPCC, 2006). Nicaragua no cuenta con FE específicos para cada uno de los gases evaluados sobre la base de sus actividades, en la Tabla 21 se presentan los FE utilizados y su incertidumbre asociada.

Tabla 21. Factores de emisión e incertidumbre asociada

Combustible	Gas evaluado	Factor de emisión	Unidad de medida	Incertidumbre	Fuente
Diesel oil	CO ₂	74,100	kg CO ₂ /TJ	± 7%	<ul style="list-style-type: none"> • Cuadro 2.2: Industrias de la energía. • Cuadro 2.3: Industrias manufactureras y de la construcción. • Volumen 2: Energía. • Directrices del IPCC 2006.
	CH ₄	3.0	kg CH ₄ /TJ	±100%	
	N ₂ O	0.6	kg N ₂ O/TJ	± 250%	
Fuel oil	CO ₂	77,400	kg CO ₂ /TJ	± 7%	
	CH ₄	3.0	kg CH ₄ /TJ	±100%	
	N ₂ O	0.6	kg N ₂ O/TJ	± 250%	
Residuos vegetales	CO ₂	100,000	kg CO ₂ /TJ	± 7%	
	CH ₄	30.0	kg CH ₄ /TJ	±100%	
	N ₂ O	4.0	kg N ₂ O/TJ	± 250%	
Gas licuado de petróleo	CO ₂	63,100	kg CO ₂ /TJ	± 7%	
	CH ₄	1.0	kg CH ₄ /TJ	± 100%	
	N ₂ O	0.1	kg N ₂ O/TJ	± 250%	
Leña	CO ₂	112,000	kg CO ₂ /TJ	± 7%	
	CH ₄	30.0	kg CH ₄ /TJ	± 100%	
	N ₂ O	4.0	kg N ₂ O/TJ	± 250%	
Gasolinas	CO ₂	69,300	kg CO ₂ /TJ	± 7%	
	CH ₄	3.0	kg CH ₄ /TJ	± 100%	
	N ₂ O	0.6	kg N ₂ O/TJ	± 250%	
Kerosene y keroturbo	CO ₂	71,900	kg CO ₂ /TJ	± 7%	
	CH ₄	3.0	kg CH ₄ /TJ	± 100%	
	N ₂ O	0.6	kg N ₂ O/TJ	± 250%	

Combustible	Gas evaluado	Factor de emisión	Unidad de medida	Incertidumbre	Fuente
Coque de Petróleo	CO ₂	97,500	kg CO ₂ /TJ	± 7%	
	CH ₄	3.0	kg CH ₄ /TJ	± 100%	
	N ₂ O	0.6	kg N ₂ O/TJ	± 250%	
Otras biomásas	CO ₂	112,000	kg CO ₂ /TJ	± 7%	
	CH ₄	30.0	kg CH ₄ /TJ	± 100%	
	N ₂ O	4.0	kg N ₂ O/TJ	± 250%	
Gas de refinería	CO ₂	57,600	kg CO ₂ /TJ	± 7%	
	CH ₄	1.0	kg CH ₄ /TJ	± 100%	
	N ₂ O	0.1	kg N ₂ O/TJ	±250%	

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices del IPCC 2006.

7.1.7. Resultado de la estimación de emisiones por método de nivel

Las emisiones GEI para el período 2000 – 2015 corresponden casi en su totalidad a las actividades de quema del combustible y en menor magnitud, a emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles. Los gases emitidos en este sector corresponden a CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, COVDM y SO₂.

Es importante destacar que las Directrices del IPCC 2006 indican que: “las emisiones de CO₂ de los combustibles de biomasa no se incluyen en el total nacional, pero se declaran como elemento informativo. Las emisiones o absorciones netas de CO₂ se estiman en el sector AFOLU y toman en cuenta estas emisiones”, por lo tanto, las emisiones de CO₂ por la quema de leña, otras biomásas y residuos vegetales no están incluidas en este sector, sin embargo, se presentan el consumo de estos combustibles como elemento informativo en la descripción de los DA.

Para el año 2015, las emisiones de CO₂ correspondieron el 91.16% del total, seguido del CO con 6.78%, y COVDM con el 0.89%. El resto de los gases representan en conjunto el 1.17%. El comportamiento de los gases se observa en la Figura 23 y Tabla 22.

En los períodos del 2000-2005 y 2005-2010 el incremento de las emisiones de CO₂ fue en promedio de un 7.94%. Para el período 2010-2015 el aumento de las emisiones de este gas fue del 16.93%, debido a que en el 2015 incrementó el consumo de combustible del sector transporte y de la generación de energía eléctrica a base de fuel oil.

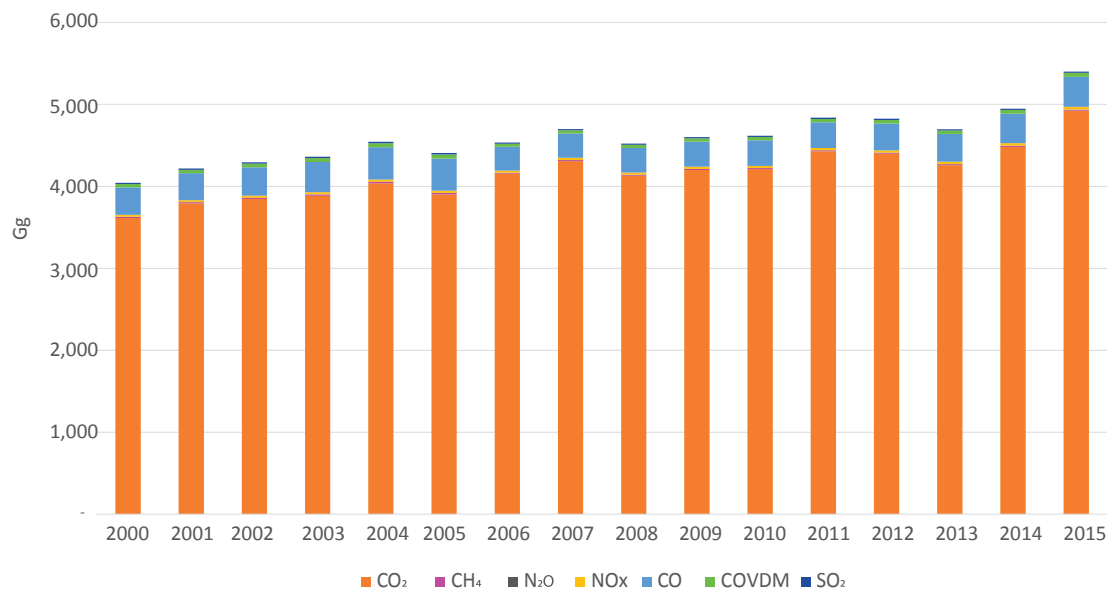


Figura 23. Emisiones del sector Energía por tipo de gas (Gg)

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de las emisiones de GEI procedentes del sector Energía para el período 2000 – 2015 se presenta en la Figura 24.

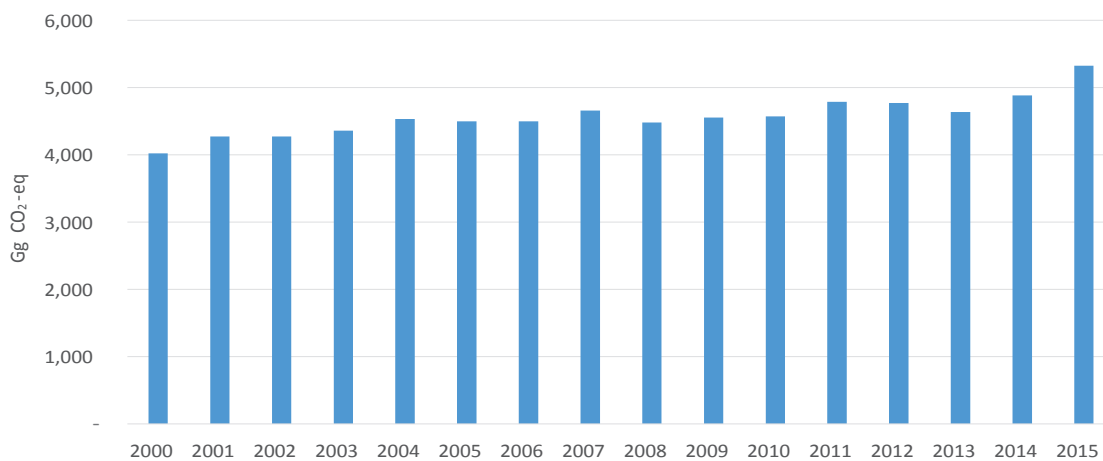


Figura 24. Emisiones totales del sector Energía (Gg CO₂-eq)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Emisiones del sector Energía (2000 - 2015)

Año	Emisiones (Gg)						
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
2000	3,613.7	14.8	0.3	24.2	334.9	40.2	15.4
2001	3,792.6	15.1	0.3	24.5	328.2	41.4	15.8
2002	3,845.9	15.6	0.3	25.2	346.8	42.9	16.6
2003	3,884.9	17.6	0.3	25.8	369.2	47.3	17.6
2004	4,037.6	18.2	0.4	27.3	393.6	49.0	18.4
2005	3,901.2	18.3	0.4	26.8	393.5	49.2	17.9
2006	4,155.0	12.1	0.3	25.7	289.5	37.3	15.2
2007	4,309.1	12.3	0.3	26.6	297.9	38.2	15.3
2008	4,130.8	12.3	0.3	26.0	299.6	38.3	15.2
2009	4,200.5	12.4	0.3	26.6	307.1	39.4	15.1
2010	4,210.4	12.5	0.3	27.1	312.3	39.8	15.2
2011	4,428.4	12.6	0.3	28.0	312.6	40.4	15.6
2012	4,398.3	12.9	0.3	28.5	327.7	42.2	15.3
2013	4,257.9	13.1	0.3	28.9	339.2	43.0	14.7
2014	4,482.1	13.9	0.4	30.5	360.0	45.8	15.4
2015	4,923.3	13.9	0.4	32.9	366.2	48.1	15.8

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 23, se presenta los resultados de las emisiones de GEI del año 2015 para cada una de las subcategorías del sector. Las subcategorías Transporte e Industrias de la energía son las mayores emisoras. En cambio, las subcategorías Industrias manufactureras, Construcción y Otros sectores emiten en menor magnitud.

Tabla 23. Emisiones del sector Energía por categoría año 2015

Año	Emisiones (Gg)						
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
1.A - Actividades de quema del combustible	4,842.61	13.86	0.36	32.90	366.15	48.09	15.78
1.A.1 - Industrias de la energía	1,729.22	0.33	0.05	5.39	9.08	0.55	5.66
1.A.2 - Industrias manufactureras y de la construcción	417.09	0.27	0.04	1.95	29.16	0.44	1.28
1.A.3 - Transporte	2,108.94	0.47	0.10	20.44	114.44	21.69	1.62
1.A.4 - Otros sectores	587.36	12.79	0.17	5.12	213.47	25.41	7.22
1.B - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	80.68	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1.B.3 - Otras emisiones provenientes de la producción de energía	80.68	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Fuente: Elaboración propia.

7.1.8. Resultado de la estimación de emisiones por método de referencia

La metodología del IPCC 2006 recomienda como buena práctica calcular, adicional a las emisiones del método de nivel o sectorial, las emisiones por el método de referencia, y luego, comparar los resultados de las emisiones de CO₂ de estas dos estimaciones independientes.

La estimación por método de referencia se realiza de manera directa sobre la base de las estadísticas nacionales. Es un método directo que utiliza los datos correspondientes a las importaciones, exportaciones y variación de inventario, también se utilizan los datos de la producción y el uso de tanques internacionales, sin embargo, estos datos no aplican a Nicaragua (IPCC, 2006).

La Tabla 24 presenta las estimaciones de CO₂ para cada uno de los años del período en estudio, mediante el método de referencia.

Tabla 24. Emisiones del sector Energía (2000 - 2015), método de referencia

Año	Consumo (TJ)	Emisión de CO ₂ (Gg)
2000	48,148.20	3,525.83
2001	54,884.76	4,018.89
2002	49,638.70	3,657.39
2003	57,493.14	4,276.07
2004	52,535.97	3,883.82
2005	56,685.09	4,199.21
2006	59,523.74	4,442.04
2007	62,492.18	4,622.55
2008	52,904.40	3,906.95
2009	60,469.95	4,416.74
2010	51,221.31	3,759.36
2011	66,507.32	4,910.10
2012	59,921.48	4,401.38
2013	60,214.56	4,447.54
2014	58,937.58	4,274.91
2015	74,219.40	5,480.43

Fuente: Elaboración propia.

7.1.9. Análisis de las estimaciones y comparación del resultado entre método de nivel o sectorial y de referencia

Se ha realizado un análisis comparativo entre las estimaciones de las emisiones de CO₂ del método de nivel y de referencia. Es importante indicar que ambos métodos suelen tener diferentes resultados, ya que el método de referencia utiliza los datos de provisión de energía de un país y no tiene información detallada acerca del modo como se utilizan los combustibles individuales en cada sector.

En la Tabla 25, se presentan las estimaciones de energía y emisiones de CO₂ y el porcentaje de diferencias entre estos métodos, para cada uno de los años del período analizado.

Tabla 25. Comparación de los resultados método de nivel y de referencia

Año	Método de referencia		Método de nivel		Diferencia	
	Consumo de energía (TJ)	Emisiones CO ₂ (Gg)	Consumo de energía (TJ)	Emisiones CO ₂ (Gg)	Consumo de energía (%)	Emisiones CO ₂ (%)
2000	48,148.20	3,525.83	48,453.84	3,591.15	0.63%	1.82%
2001	54,884.76	4,018.89	50,727.27	3,757.43	8.20%	6.96%
2002	49,638.70	3,657.39	51,309.23	3,818.93	3.26%	4.23%
2003	57,493.14	4,276.07	51,719.54	3,860.56	11.16%	10.76%
2004	52,535.97	3,883.82	53,875.74	4,017.56	2.49%	3.33%
2005	56,685.09	4,199.21	52,029.36	3,875.85	8.95%	8.34%
2006	59,523.74	4,442.04	55,311.81	4,121.21	7.61%	7.78%
2007	62,492.18	4,622.55	57,518.26	4,274.13	8.65%	8.15%
2008	52,904.40	3,906.95	55,022.93	4,096.55	3.85%	4.63%
2009	60,469.95	4,416.74	56,191.04	4,166.15	7.61%	6.01%
2010	51,221.31	3,759.36	56,312.46	4,174.91	9.04%	9.95%
2011	66,507.32	4,910.10	59,251.59	4,393.66	12.25%	11.75%
2012	59,921.48	4,401.38	58,778.49	4,345.26	1.94%	1.29%
2013	60,214.56	4,447.54	56,860.93	4,182.58	5.90%	6.33%
2014	58,937.58	4,274.91	59,858.68	4,402.63	1.54%	2.90%
2015	74,169.09	5,480.43	66,117.95	4,842.62	12.25%	13.17%

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 25, el porcentaje de diferencia en el consumo de energía y emisiones de CO₂ en términos absolutos, varió entre 0.63% y 10.91%. Los años con mayor porcentaje de diferencia en el consumo y emisiones de CO₂ corresponden al 2003, 2011 y 2015.

7.1.10. Incertidumbre y coherencia temporal

La metodología del IPCC indica que es esencial realizar una evaluación de la incertidumbre de los inventarios nacionales.

La estimación de la incertidumbre se calculó a partir de las Directrices del IPCC, siguiendo el siguiente proceso: primero, se determina la incertidumbre de los datos de actividad y del factor de emisión para cada categoría; segundo, se calculan las incertidumbres combinadas de los valores definidos en el primer paso, para estimar las incertidumbres del inventario de cada año y del período.

Para el caso del sector Energía, esta evaluación fue realizada tomando como base el porcentaje de incertidumbre de los datos de la actividad del sector, que según lo estipulado en los informes del BEN es del $\pm 5\%$. Debido a que Nicaragua no cuenta con FE propios, se han utilizado los propuestos por defecto por el IPCC.

En términos generales, las variables, los datos y los FE utilizados, tienen un alto grado de coherencia temporal ya que provienen del BEN, publicado por el MEM anualmente y por las Directrices IPCC respectivamente.

La incertidumbre del sector Energía alcanzó el $\pm 7.3\%$ dominada principalmente por la incertidumbre de los FE por defecto; la incertidumbre de la tendencia del sector es de $\pm 6.3\%$.

Cabe destacar que la serie temporal cubre el período seleccionado como inicio del cálculo, en el año 2000, en vez de 1990, esto se debe a que en los años previos al 2000 los datos de actividad no están disponibles y/o no se cuenta con la debida validación para asegurar la calidad de los mismos.

7.1.11. Control de calidad y verificación

El control de calidad y verificación de los datos utilizados se realizó en conjunto con el MEM; lo cual contribuyó en asegurar la fiabilidad y disminuir el margen de error provocado por el levantamiento y tratamiento de los datos, lo cual ocurre en el proceso de homologación de categorías y unidades de medidas utilizadas para realizar las conversiones y cálculos requeridos para este sector.

7.1.12. Realización de nuevos cálculos

El tercer INGEI de Nicaragua (año de referencia 2010) se realizó para una serie temporal incompleta, debido a que los datos disponibles en el momento de la preparación eran para los años 2000, 2005 y 2010.

Por tal razón, se realizó una revisión de las categorías y subcategorías identificadas en el tercer INGEI en función de validar y/o corregir los datos seleccionados y la homologación realizada con el BEN. De esta forma, se contribuye en verificar la precisión y exactitud del INGEI del sector energía. Este proceso generó una revisión y recálculo de las emisiones de las siguientes subcategorías 1.A.1.b, 1.A.3.b y 1.B.3.

Dichos recálculos se producen por los siguientes motivos:

- En el tercer INGEI, las emisiones de gas de refinería se asumieron dentro de la subcategoría Otras emisiones provenientes de la producción de energía, esto se ha corregido y este dato se incluyó en la subcategoría Refinación de petróleo según lo estipulado en las Directrices del IPCC 2006 (IPCC, 2006).
- En el tercer INGEI se han mejorado los datos de la actividad de transporte terrestre, debido a que se realizó un sondeo permitiendo especificar el consumo de combustible por tipo de vehículo.

La Tabla 26 compara los resultados del tercer y cuarto INGEI para el sector Energía. Se observa que para el año 2000 y 2005 las emisiones del cuarto INGEI son menores, 1.71% y 1.67% respectivamente, y para el año 2010 aumentan en 1.84%

Tabla 26. Comparación resultados del tercer y cuarto INGEI del sector Energía

Inventario	Emisiones (Gg CO ₂ -eq)		
	2000	2005	2010
Tercero	4,092.74	4,317.59	4,487.96
Cuarto	4,022.58	4,245.57	4,570.75
Diferencia	-70.16	-72.02	82.79
Diferencia en %	1.71	1.67	1.84

Fuente: Elaboración propia.

En relación con los gases NO_x, CO, COVDM y SO₂, la diferencia en las emisiones es considerable (Tabla 27), esto se debe a que en el tercer INGEI se utilizaron los mismos factores de emisión para todas las actividades de quema de combustible y para el presente INGEI se utilizaron factores de emisión específicos para cada actividad.

Tabla 27. Comparación resultados del tercer y cuarto INGEI para NO_x, CO, COVDM y SO₂

Año	Inventario	Emisiones (Gg)			
		NO _x	CO	COVDM	SO ₂
2000	Tercero	40.13	199.95	3.05	64.26
	Cuarto	24.20	334.90	40.20	15.40
	Diferencia	-15.93	134.95	37.15	-48.86
	Diferencia en %	39.70	67.49	1,218.03	76.03
2005	Tercero	17.33	281.43	3.77	66.30
	Cuarto	26.80	393.50	49.20	17.90
	Diferencia	9.47	112.07	45.43	-48.40
	Diferencia en %	54.65	39.82	1,205.04	73.00
2010	Tercero	16.73	223.07	3.06	65.50
	Cuarto	27.10	312.30	39.80	15.20
	Diferencia	10.37	89.23	36.74	-50.30
	Diferencia en %	61.98	40.00	1,200.65	76.79

Fuente: Elaboración propia.

7.1.13. Planes de mejora del sector Energía

Considerando los resultados del proceso de revisión y análisis realizado por expertos internacionales mediante los revisores de pares, a continuación, se presentan las acciones de mejora que serán desarrolladas en el sector:

1. Elaborar un formato de recolección de DA consensuado, validado y aprobado por los equipos técnicos, el cual será compartido con el MEM.
2. En la subcategoría Refinería del petróleo de Industrias de la energía, se deberá realizar una caracterización de la refinería nacional con el propósito de conocer los parámetros específicos, en los cuales funciona actualmente y poder implementar un Nivel 2, tanto en datos de actividad, como en factores de emisión.
3. Realizar un diagnóstico de las diferentes plantas termoeléctricas, con el propósito de conocer los parámetros específicos en los cuales funcionan actualmente y poder implementar un Nivel 2. También se deberá considerar un análisis de la pérdida de energía en su distribución y de esta forma contabilizarlo.
4. Mejorar la captura de datos de la subcategoría Transporte, desglosando los tipos, años y características generales de la flota vehicular, naviera y aérea del país.
5. Recopilar los datos disponibles de las mediciones obligatorias de gases automovilísticos para que sean incluidos en el reporte del inventario.

6. Mejorar el análisis de incertidumbre de los DA de este sector partiendo desde las incertidumbres del BEN de Nicaragua.
7. Desarrollar investigaciones para la estimación de factores de emisión de Nivel 2 y 3 para el país en todas las categorías del sector.
8. Proponer el desarrollo de un factor de emisión para consumo de energía eléctrica de Nicaragua, tomando en cuenta la ampliación de la matriz energética con energía renovable que existe en el país.

7.2. Sector Procesos Industriales y Uso de los Productos (IPPU)

7.2.1. Resumen del sector

Las emisiones del sector IPPU son generadas principalmente por la producción de cemento, las cuales representan el 89.75% del sector. La tendencia de las emisiones de CO₂ en el año 2005 experimentó un incremento de 53.21% respecto al año 2000. En el año 2015, se observa una disminución del 37.03% respecto al año 2005. En la Figura 25 y en la Tabla 28, se observa el comportamiento de las emisiones de este sector.

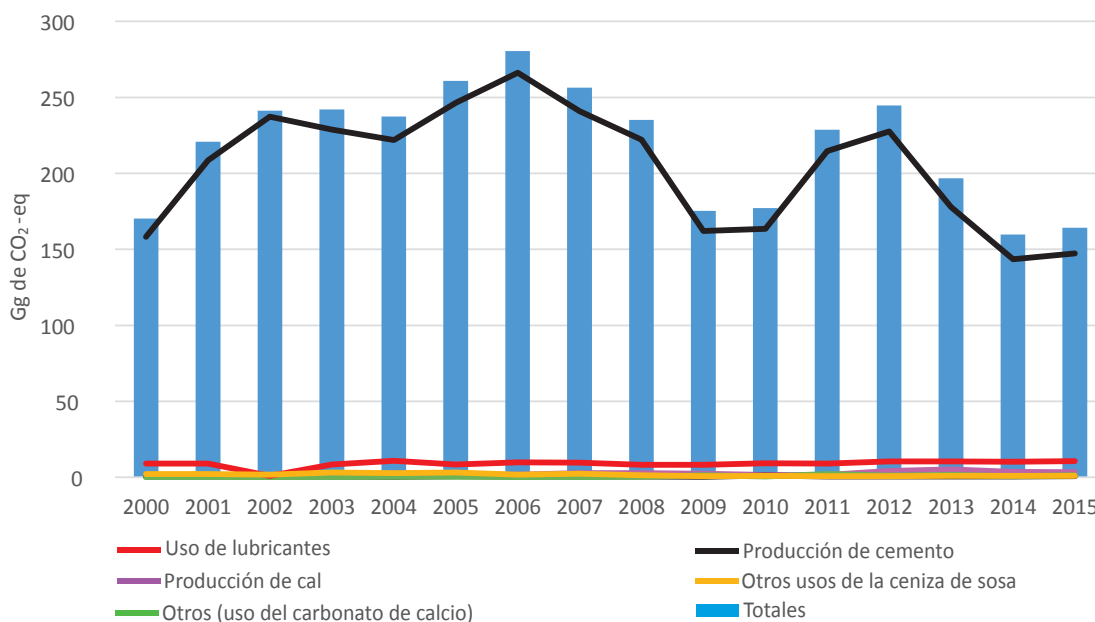


Figura 25. Emisiones del sector IPPU (Gg CO₂-eq)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Emisiones del sector IPPU (Gg CO₂-eq)

	Categorías	Años/Gg CO ₂ -eq							
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2	Procesos Industriales y Uso de Productos	170.22	220.88	241.23	242.12	237.38	260.79	280.42	256.49
2A	Industria de los minerales	159.01	209.67	238.53	230.46	223.80	249.05	268.71	244.49
2D	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	11.21	11.21	2.70	11.76	13.58	11.74	12.71	12.00

	Categorías	Años/Gg CO ₂ -eq							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2	Procesos Industriales y Uso de Productos	235.24	175.25	177.21	228.70	244.72	196.68	159.72	164.23
2A	Industria de los minerales	225.59	166.20	166.93	219.02	233.55	185.20	148.46	152.62
2D	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	9.56	9.05	10.28	9.68	11.17	11.48	11.26	11.61

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2. Panorámica del sector

Nicaragua no es un país industrializado, sin embargo, el valor agregado que genera la industria manufacturera ha representado en los últimos 17 años un 14.4% respecto al PIB total, teniendo la participación más alta entre todos los sectores del país. Si bien los valores del PIB industrial han crecido año a año (excepto en el año 2009 que decreció 5.5%), el porcentaje de crecimiento ha sido variable, oscilando entre 1% a 10% con el valor más alto en los años 2004, 2011 y 2012 (BCN, 2016).

Las actividades productivas industriales más importantes en Nicaragua, relativas a las emisiones de GEI son: la producción de cemento, cal, azúcar de caña, bebidas alcohólicas, embutidos y pan. Sin embargo, también se utilizan productos que son fuente de emisión en los procesos industriales como los carbonatos, productos no energéticos y productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.

Un porcentaje importante de las actividades industriales del país y que generan emisiones, son el uso de productos y no a la producción en sí misma. Por ejemplo, el uso de clinker, que es utilizado en la elaboración de cemento.

7.2.3. Análisis de categoría/fuente de emisión

En el caso de las Industrias manufactureras, las Directrices del IPCC 2006 brindan una lista de categorías industriales basadas en la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU). Las categorías que aplican en Nicaragua son:

1. Industria de los minerales.
2. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente.
3. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.
4. Otros.

Los gases incluidos en cada categoría corresponden a CO₂ y COVDM. Las Directrices del IPCC 2006 remiten a la guía de EMEP-CORINAIR, la cual mantiene los mismos gases para las categorías incluidas en el sector IPPU.

En la Industria de los minerales, CH₄ y el N₂O, podrían ser emitidos, sin embargo, las Directrices del IPCC 2006 considera estas emisiones como insignificantes, dados los conocimientos científicos actuales. De igual manera, en el caso de Lubricantes y parafina, las Directrices del IPCC 2006 considera que las emisiones de CH₄ y N₂O son muy pequeñas en comparación con las de CO₂ por lo que pueden ignorarse en los cálculos del INGEI (IPCC, 2006).

Nuevas categorías fueron agregadas en este inventario debido a un incremento en la capacidad de compilación. Se identificaron más actividades productivas y/o de consumo de productos. Es así como este inventario incluye las siguientes subcategorías, no incluidas en inventarios anteriores:

1. Otros usos de carbonatos en los procesos.
2. Uso de lubricantes.
3. Uso de la cera de parafina.
4. Producción de embutidos en sustitución de la producción de carne: la sustitución se justifica debido a que Nicaragua produce carne fresca, que luego es refrigerada sin pasar por un proceso de cocción, como ocurre con los embutidos.

Las categorías de emisiones en el sector IPPU corresponden a las emisiones generadas en la producción y el consumo de los productos en procesos. No incluyen los combustibles quemados utilizados en la producción de calor (directo o indirecto), generación de energía eléctrica, transporte de cualquier tipo o sustancia u otros que se clasifican en el sector Energía, aún cuando estos combustibles se utilicen en la planta industrial.

En el caso de la categoría Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, las Directrices IPCC 2006 incluyen factores de emisión por tipo de refrigerante (IPCC, 2006).

Nicaragua dispone de las estadísticas de importaciones de refrigerantes para las diferentes subcategorías, sin embargo, salvo pocos casos, estas estadísticas no presentan el tipo de refrigerante. De igual manera, hace falta determinar las cantidades eliminadas.

La Tabla 29 presenta las categorías y subcategorías que fueron consideradas en el inventario de este sector.

Tabla 29. Categorías sector IPPU aplicables en Nicaragua y gases incluidos

Código	Categoría	Clave	Definición	Explicación	Gases	
					CO ₂	COVDM
2A	Industria de los minerales					
2A1	Producción de cemento	IN	Incluida	Datos publicados	X	
2A2	Producción de cal	IN	Incluida	Datos publicados	X	
2A4	Otros usos de carbonatos en los procesos					
2A4a	Cerámicas (producción de ladrillos y tejas de barro)	NE	No Estimada	No hay datos publicados.	X	
2A4b	Otros usos de la ceniza de sosa	IN	Incluida	Datos publicados	X	
2A4d	Otros (uso carbonato de calcio)	IN	Incluida	Datos publicados	X	
2D	Uso de Productos no Energéticos de combustibles y de solvente					
2D1	Uso de lubricantes	IN	Incluida	Se obtuvo información	X	
2D2	Uso de la cera de parafina	IN	Incluida	Se obtuvo información	X	
2D3	Uso de solventes	NE	No Estimada	Se obtuvo información sin especificación de tipo de refrigerante		X
2D4	Otros (uso de asfalto)	IN	Incluida	Datos publicados		X
2F	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono					
2F1	Refrigeración y aire acondicionado	NE	No Estimada	Se obtuvo información sin especificación de tipo de refrigerante		X
2F2	Agentes espumantes	NE	No Estimada			X
2F3	Protección contra incendios	NE	No Estimada			X
2F4	Aerosoles	NE	No Estimada			X
2F5	Solventes	NE	No Estimada			X
2H	Otros					
2H2	Industria de la alimentación y las bebidas					
	Producción de ron	IN	Incluida	Datos publicados		X
	Producción de cerveza	IN	Incluida	Datos publicados		X
	Producción de embutidos	IN	Incluida	Datos publicados		X
	Producción de azúcar de caña	IN	Incluida	Datos publicados		X
	Producción de alimentos para animales	NE	No Estimada	Datos publicados incompletos		X
	Producción de margarina	NE	No Estimada	No hay datos publicados.		X
	Tostado de café	NE	No Estimada	No hay datos publicados.		X
	Producción de galletas	NE	No Estimada	Datos publicados incompletos		X
	Producción de pan	NE	No Estimada	No hay datos publicados.		X

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices IPCC, 2006.

7.2.4. Descripción del método a ser utilizado

Para todas las categorías aplicables a Nicaragua, el método de estimación utilizado fue el de Nivel 1. La selección del método toma en cuenta los árboles de decisión y, por ende, la disponibilidad de datos de la actividad y de los factores de emisión.

El método de Nivel 1 establece los pasos necesarios para los métodos de cálculo más simples o los métodos que requieren la menor cantidad de datos. En algunas categorías de IPPU, Nicaragua no tiene suficientes datos de actividad, como es el caso del uso de refrigerantes y solventes, además, no dispone de factores de emisión propios.

La metodología utilizada por categoría es la siguiente:

Industria de los minerales (2A)

Producción de cemento (2A1)

La producción de cemento ocasiona emisiones de GEI debido a la producción de clinker al calcinar la piedra caliza, principal insumo que contiene carbonato de calcio y dióxido de carbono.

En Nicaragua operan dos industrias cementeras, Holcim que no produce clinker localmente e importa todas sus insumos y Cemex, que produce clinker en el país y también realiza importaciones. El tipo de cemento que se produce en el país es el Portland.

El árbol de decisión⁴ aplicado en la selección del método para calcular las emisiones de CO₂ debidas a la producción de cemento, se expresa a continuación:

- En Nicaragua se produce clinker.
- No hay datos detallados sobre entrada de carbonatos para producción de clinker.
- No hay datos publicados sobre producción de clinker.
- No se trata de una categoría principal respecto al total de emisiones del país.

Producción de cal (2A2)

La cal se produce en Nicaragua a nivel industrial y artesanal; al igual que en la producción de cemento, la piedra caliza es el insumo principal que, al calcinarse para obtener la cal, emite CO₂.

⁴ Directrices IPCC, 2006. Volumen 3, capítulo 2, Figura 2.1.

El árbol de decisión⁵ para la selección del método a aplicar para calcular las emisiones de CO₂ debidas a la producción de cal, se expresa a continuación:

- No hay datos detallados sobre entrada de carbonatos para producción de cal.
- Hay datos publicados sobre producción de cal.
- No se trata de una categoría principal respecto al total de emisiones del país.

Otros usos de carbonatos en los procesos (2A4)

Otros usos de la ceniza de sosa (2A4b)

Otros usos de carbonatos: carbonato de calcio (2A4d)

El carbonato de sodio y el carbonato de calcio se utilizan en la industria y en el sector comercio y servicios de Nicaragua. La ceniza de sosa o carbonato de sodio se utiliza en la producción de jabón para lavar ropa, en el control de la contaminación ambiental, en la industria de la minería metálica, en la maquila de luminarias y otros.

El árbol de decisión⁶ para la selección del método a aplicar para calcular las emisiones de CO₂ debidas a Otros usos de carbonatos, se expresa a continuación:

- No hay datos detallados sobre entrada de carbonatos.
- No hay datos disponibles de consumo de piedra caliza y dolomita.
- No se trata de una categoría principal respecto al total de emisiones del país.

Por ende, se utiliza el Nivel 1 debido a la falta de datos detallados requeridos por los otros niveles

Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente (2D)

Uso de lubricantes (2D1)

Los lubricantes son utilizados en la industria y en el transporte e incluye los rubros aceites y grasas. Las cantidades utilizadas en este inventario corresponden a un uso primario.

El árbol de decisión⁷ para la selección del método a aplicar, para calcular las emisiones de CO₂ debidas al uso de lubricantes, se expresa a continuación:

- Se tienen datos de los usos de lubricantes.
- No se tienen datos sobre el destino y composición de los lubricantes.
- No es una categoría principal respecto al total de emisiones del país.

5 Directrices IPCC, 2006. Volumen 3, capítulo 2, Figura 2.2.

6 Directrices IPCC, 2006. Volumen 3, capítulo 2, Figura 2.3.

7 Directrices IPCC, 2006. Volumen 3, capítulo 2, Figura 2.2.

Uso de la cera de parafina (2D2)

La industria de fabricación de velas en Nicaragua utiliza la cera de parafina que se quema durante el uso de la vela. Es el único uso considerado en este inventario.

El árbol de decisión⁸ para la escogencia del método a aplicar, para calcular las emisiones de CO₂ debidas al uso de lubricantes. Siguiendo el árbol, se expresa a continuación:

- Se tienen datos del uso de la cera de parafina.
- Se tienen datos sobre el destino de la cera de parafina.
- No es una categoría principal respecto al total de emisiones del país.

Uso de asfalto (2D4)

Las cantidades de asfalto consideradas se refieren a las consumidas para pavimentación de rutas. No se considera uso de asfalto para impermeabilización de techos.

El método aplicado para calcular las emisiones de COVDM debidas al uso de asfalto para pavimentación de rutas, es el indicado en el EMEP-CORINAIR *Emission Inventory Guidebook* (European Environment Agency, 2007).

Otros (2H)

Industria de la alimentación y las bebidas (2H2)

Esta categoría incluye las siguientes actividades:

- Producción de carne de origen animal.
- Producción de azúcar de caña.
- Producción de margarina y grasas alimenticias.
- Producción de pan, cereales y galletas.
- Producción de alimentos procesados para animales.
- Producción de café tostado.

El método aplicado para calcular las emisiones de COVDM en la industria de la alimentación y las bebidas es el indicado en el EMEP-CORINAIR *Emission Inventory Guidebook* (European Environment Agency, 2007).

8 Directrices IPCC, 2006. Volumen 3, capítulo 5, Figura 5.3.

Las actividades incluidas son la producción de embutidos, azúcar de caña, bebidas alcohólicas (ron y cervezas). Nicaragua produce margarina y grasas, galletas, alimentos procesados para animales y café tostado, sin embargo, o no se cuenta con la información de la producción de estos rubros o está incompleta, razones por las que no fue posible incluirlas en el inventario.

La metodología empleada para estimar las emisiones vinculadas con los procesos de producción de clinker, cal, ron y cervezas, embutidos y azúcar, así como el consumo de carbonatos se basa en la ecuación simple de multiplicación de los datos de la actividad (por ej., la cantidad de material producido o consumido) por el correspondiente factor de emisión por unidad de consumo/producción, de acuerdo con la Ecuación 4:

$$Total_{ij} = A_j \times FE_{ij}$$

(Ecuación 4)

Donde:

Total_{ij} = la emisión de procesos (en toneladas) de gas *i* del sector industrial *j*.

A_j = la cantidad de actividad o producción de material de procesos en el sector industrial *j* (toneladas/años).

FE_{ij} = el factor de emisión asociado con el gas *i* por unidad de actividad en el sector industrial *j* (tonelada/tonelada).

En el caso del consumo de lubricantes y cera de parafina, las cantidades consumidas se multiplican por el factor de emisión, que a su vez, es el producto del contenido de carbono, el factor ODU⁹ y el cociente de masa de CO₂/C.

Para el asfalto, se utilizan las cantidades consumidas multiplicadas por el porcentaje de COVDM por peso de asfalto.

7.2.5. Datos de actividad

La producción de cemento se desarrolla en dos plantas existentes en el país. Aunque una de ellas no produce clinker, no se tienen los datos de producción por cada una de las plantas, por ello, se hace uso de las importaciones de clinker para obtener el volumen de producción neto. La producción de cemento creció 30.54% durante el período 2000-2015.

El clinker, que es el principal producto generador de emisiones en la producción de cemento, tuvo incrementos constantes durante el período 2000-2013. Nicaragua experimentó un auge en el sector construcción hasta 2015 (BCN, 2016), lo que podría justificar el crecimiento en la importación de clinker en ese año.

9 Factor ODU =oxidado durante el uso, basado en la composición por defecto de aceites y grasas.

Los gases emitidos durante el proceso de elaboración de cemento debido a la producción de clinker se deben principalmente a la calcinación de la piedra caliza. No se incluye la combustión de productos energéticos como los derivados del petróleo, ya que están incluidos como emisiones en el sector Energía. Por lo tanto, el único gas considerado en la producción de cemento es el CO₂ (European Environment Agency, 2007).

Los datos del volumen de producción y consumo de clinker, cal, carbonato de sodio y carbonato de calcio durante el período 2000-2015 se presentan en la Tabla 30.

Tabla 30. Volumen de producción e importaciones de cemento y clinker (2000-2015)

Año	Tipo de cemento producido	Producción de cemento (Ton)	Fracción de clinker en cemento (%)	Clinker (Ton)	Importaciones de clinker (Ton)	Total, producción de clinker (Ton)
2000	Portland	566,872.07	95%	538,528.46	234,300.67	304,227.79
2001	Portland	586,908.33	95%	557,562.91	156,394.00	401,168.91
2002	Portland	541,595.55	95%	514,515.77	58,157.00	456,358.77
2003	Portland	568,721.57	95%	540,285.49	100,361.00	439,924.49
2004	Portland	653,490.36	95%	620,815.85	194,000.00	426,815.85
2005	Portland	665,203.87	95%	631,943.68	158,119.00	473,824.68
2006	Portland	672,601.88	95%	638,971.78	127,042.00	511,929.78
2007	Portland	678,150.38	95%	644,242.86	180,773.00	463,469.86
2008	Portland	675,376.13	95%	641,607.32	214,394.00	427,213.32
2009	Portland	613,726.09	95%	583,039.79	271,387.00	311,652.79
2010	Portland	600,000.00	95%	570,000.00	255,545.00	314,455.00
2011	Portland	700,000.00	95%	665,000.00	252,107.40	412,892.60
2012	Portland	730,000.00	95%	693,500.00	255,760.10	437,739.90
2013	Portland	650,000.00	95%	617,500.00	275,430.40	342,069.60
2014	Portland	640,000.00	95%	608,000.00	332,025.30	275,974.70
2015	Portland	740,000.00	95%	703,000.00	419,696.33	283,303.67

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los anuarios estadísticos del BCN e INIDE 2015.

La producción de cal tuvo incrementos importantes a partir del año 2012 hasta 2015 (Tabla 31). La cal es utilizada en la producción de azúcar de caña y en otros procesos que no se incluyen en este INGEI, como la producción de bebidas gaseosas, los cultivos agrícolas y cultivo de crustáceos.

Los gases emitidos durante el proceso de producción de cal, al igual que en la de clinker, se deben principalmente a la calcinación de la piedra caliza y a la producción de cal viva.

No se incluye la combustión de productos energéticos como los derivados del petróleo, ya que están incluidos en las emisiones en el sector Energía. De aquí que el único gas considerado en la producción de cal es el CO₂ (European Environment Agency, 2007).

Tabla 31. Volumen de producción de cal viva (2000-2015)

Año	Producción de cal viva (Ton)	Año	Producción de cal viva (Ton)
2000	173.00	2008	3,640.00
2001	490.00	2009	3,127.00
2002	1,075.00	2010	2,065.00
2003	1,412.00	2011	2,140.00
2004	1,532.00	2012	5,642.00
2005	2,180.00	2013	6,832.00
2006	2,350.00	2014	4,679.00
2007	3,660.00	2015	4,380.00

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los anuarios estadísticos del BCN e INIDE 2015.

La ceniza de sosa tiene diferentes usos en Nicaragua y uno de los más importantes es la producción de jabón fortificado para ropa. El comportamiento en el consumo de ceniza de sosa podría explicarse por la estabilidad en la producción de jabón en el país que representa un consumo básico de la población.

Los consumos de carbonatos (carbonato de sodio y carbonato de calcio) se presentan en la Tabla 32. La producción para los años 2000 y 2001 fue estimada tomando en cuenta el comportamiento de esta en el período 2002 a 2003.

Tabla 32. Consumo de carbonatos (2000-2015)

Año	Ceniza de sosa (Ton)	Año	Ceniza de sosa (Ton)	Año	Carbonato de calcio (Ton)	Año	Carbonato de calcio (Ton)
2000	1,376.70	2008	1,113.00	2000	251.00	2008	565.50
2001	1,376.70	2009	1,046.00	2001	264.20	2009	3,093.90
2002	689.90	2010	2,911.50	2002	278.10	2010	1,474.10
2003	1,237.60	2011	1,176.30	2003	292.30	2011	5,057.00
2004	1,053.30	2012	1,341.00	2004	618.60	2012	2,583.30
2005	1,672.00	2013	1,442.80	2005	750.40	2013	3,648.30
2006	1,368.40	2014	1,486.80	2006	405.40	2014	1,884.40
2007	1,298.50	2015	1,634.40	2007	460.80	2015	3,029.70

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los anuarios estadísticos del BCN.

En la Tabla 33, se encuentran los datos de los consumos de lubricantes, cera de parafina (BCN, 2002 al 2015) y el consumo de asfalto durante el período 2000-2015 (BEN, 2000 al 2015). La información del consumo de lubricantes y cera de parafina en 2000 y 2001 fue estimada por no haber obtenido los datos de importaciones de esos productos.

Los lubricantes son utilizados principalmente en el parque automotor y maquinaria industrial. El parque automotor ha crecido considerablemente, al igual que la maquinaria industrial. Sin embargo, no parece que este incremento tenga una relación directa con el aumento del equipamiento que los consume. Podría ocurrir que las importaciones realizadas no reflejen la totalidad del consumo.

En el caso de la cera de parafina, el consumo más importante ocurre en la fabricación de velas. En la Tabla 33, se observa que el consumo de cera de parafina ha disminuido de manera importante a partir del año 2009, lo que podría explicarse por mayores importaciones de velas.

Tabla 33. Consumo de lubricantes y cera de parafina (2000-2015)

Año	Cantidad de lubricante (Terajulios)	Año	Cantidad de lubricante (Terajulios)	Año	Cera de parafina (Terajulios)	Año	Cera de parafina (Terajulios)
2000	622.97	2008	562.83	2000	141.24	2008	95.06
2001	622.97	2009	559.28	2001	141.24	2009	58.01
2002	69.49	2010	635.83	2002	114.86	2010	65.12
2003	580.35	2011	614.86	2003	214.46	2011	45.36
2004	734.57	2012	709.03	2004	191.15	2012	52.24
2005	581.07	2013	715.85	2005	219.44	2013	67.11
2006	675.30	2014	703.52	2006	123.21	2014	64.18
2007	654.50	2015	724.48	2007	163.50	2015	66.57

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015 y estadísticas de BCN del 2000 al 2015.

La Tabla 34, muestra el consumo de asfalto que se utiliza para pavimentación de rutas. El consumo promedio de asfalto disminuyó durante el período 2011-2015 en relación con el del 2000-2010. Este producto mantiene una relación importante con los tipos de pavimentos que se utilizan en el país.

Nicaragua ha incrementado el uso de concreto hidráulico en la pavimentación de las rutas más importantes. El Plan para la Infraestructura Vial de Nicaragua establece como prioridades el incremento de la red vial en 640.7 kilómetros (MTI, 2015). El 46% de este incremento sería construido en concreto, el 38% en adoquín y solamente el 16% en asfalto. Al año 2015, el 60% de las rutas pavimentadas correspondían a asfalto, el 35% a adoquines y el 5% a concreto.

Tabla 34. Consumo de asfalto (2000-2015)

Año	Asfalto (Ton)	Año	Asfalto (Ton)
2000	27.06	2008	26.56
2001	26.96	2009	16.47
2002	20.91	2010	19.10
2003	38.62	2011	27.18
2004	32.31	2012	20.61
2005	44.35	2013	16.57
2006	18.69	2014	15.92
2007	28.20	2015	27.53

Fuente: Elaboración propia sobre la base del BEN del 2000 al 2015 y estadísticas de BCN del 2000 al 2015.

La Tabla 35, muestra el volumen de producción de bebidas alcohólicas (ron y cervezas) durante el período 2000-2015, el consumo de ron se ha mantenido en un promedio de 256,958 hl y para cerveza un promedio de 7,783,701 hl al año.

Tabla 35. Volumen de producción de bebidas alcohólicas (ron y cervezas) período 2000-2015

Año	Ron (hectolitros)	Cervezas (hectolitros)	Año	Ron (hectolitros)	Cervezas (hectolitros)
2000	178,004	575,381	2008	265,130	10,217,634
2001	187,323	619,142	2009	245,335	9,454,766
2002	177,156	639,360	2010	254,687	9,815,176
2003	198,247	694,086	2011	287,731	11,088,626
2004	206,810	725,276	2012	362,392	13,965,902
2005	223,358	7,966,944	2013	331,062	12,758,528
2006	257,493	9,923,299	2014	319,528	12,314,021
2007	259,052	9,983,368	2015	358,027	13,797,711

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas de BCN del 2000 al 2015 e INIDE para el mismo período.

La carne de origen animal (res, cerdo y pollo) representa consumos importantes en Nicaragua. Junto con el azúcar y el pan, forman parte de la canasta básica del país. Nicaragua produce carne fresca, por lo que las emisiones son consideradas despreciables, al igual que en el proceso de pasteurización de la leche y producción de quesos, actividades que también se desarrollan en Nicaragua (BCN, 2011; 2013; 2016). Los volúmenes de producción de carnes y azúcar se presentan en la Tabla 36; no existen datos publicados de producción de pan.

Tabla 36. Volumen de producción de azúcar y embutidos (2000-2015)

Año	Carnes (Ton)	Azúcar (Ton)	Año	Carnes (Ton)	Azúcar (Ton)
2000	104,382	414,198	2008	178,645	489,190
2001	114,609	349,311	2009	184,982	506,801
2002	1,237,293	333,753	2010	207,112	527,673
2003	1,268,403	340,784	2011	261,551	514,628
2004	141,358	462,310	2012	259,471	620,510
2005	146,256	463,535	2013	248,736	689,649
2006	146,256	417,225	2014	250,116	723,566
2007	162,752	512,019	2015	259,670	606,161

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas de BCN del 2000 al 2015.

7.2.6. Factores de emisión

Nicaragua no cuenta con factores de emisión propios, por tal razón se han utilizado FE de las Directrices del IPCC 2006 para cada tipo de categoría fuente y sus incertidumbres asociadas (Tabla 37).

En el caso de lubricantes y cera de parafina, se utiliza el factor ODU promedio ponderado y el contenido de carbono indicado en las Directrices del IPCC 2006.

Tabla 37. Factores de emisión utilizados por categoría/subcategoría/gas

Categorías		Nivel de cálculo	Gas	Factor de emisión	Unidad de medida	Incertidumbre (%)	Fuente de datos	
2A Industria de los minerales								
2A1	Producción de cemento	1	CO ₂	0.52	ton/ton clinker	4.50	Directrices IPCC 2006	
2A2	Producción de cal		CO ₂	0.75	ton/ton cal	2.00		
2A4	Otros usos de carbonatos en los procesos					1.00		
2A4b	Otros usos de la ceniza de sosa		CO ₂	0.41	ton/ton sosa			
2A4d	Otros (uso del carbonato de calcio)		CO ₂	0.44	ton/ton carbonato			
2D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente								
2D1	Uso de lubricantes	1	COVDM	14,666.67	kg C/TJ	50.09		
2D2	Uso de la cera de parafina		COVDM			100.12		
2D4	Otros (asfalto para pavimentación de rutas)		COVDM			0.32		% por peso
2H Otros								
2H2	Industria de la alimentación y las bebidas	1				2.00		
	Ron		COVDM	15.00	kg/hl			
	Cerveza		COVDM	0.035	kg/hl			
	Embutidos		COVDM	0.30	kg/ton			
	Azúcar		COVDM	10.00	kg/ton			

Fuente: Elaboración propia en base a Directrices IPCC 2006.

7.2.7. Resultado de la estimación de emisiones

Las emisiones corresponden a las generadas en los procesos y no a las relacionadas con generación o consumo de energía, tal como lo indican las Directrices el IPCC 2006.

Como se observa en la Tabla 38, el principal GEI emitido en este sector es el CO₂ la subcategoría que emite el 89.75% de las emisiones en el año 2015 es la Producción de cemento.

Tabla 38. Emisiones del sector IPPU 2015

Categorías	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Otros gases halogenados con factores de conversión de equivalente de CO ₂ (1)	Otros gases halogenados sin factores de conversión de equivalente de CO ₂ (2)	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
	Gg								
2 Procesos Industriales y Uso de Productos	164.23							20.80	
2A Industria de los minerales	152.62								
2A1 Producción de cemento	147.32								
2A2 Producción de cal	3.29								
2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos	2.01								
2A4b Otros usos de la ceniza de sosa	0.68								
2A4d Otros (uso del carbonato de calcio)	1.33								
2D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	11.61							8.81	
2D1 Uso de lubricantes	10.63								
2D2 Uso de la cera de parafina	0.98								
2D4 Otros (asfalto para pavimentación de rutas)								8.81	
2H Otros								11.99	
2H2 Industria de la alimentación y las bebidas								11.99	

Fuente: Elaboración propia.

En la Industria de los minerales, el cemento representa la mayor parte de las emisiones de CO₂ del período 2000-2015 y en cada año del mismo, con un promedio de 98.26% del total. La producción de cemento define el perfil de la tendencia de este gas, el comportamiento de la tendencia se explica en la producción de clinker.

A partir del año 2007, las emisiones disminuyeron producto de un incremento en las importaciones de clinker, con excepción de lo ocurrido en 2011 y 2012, cuando se incrementaron las emisiones, debido a un aumento en la producción de cemento, respecto a las importaciones de clinker.

El uso de lubricantes constituye la segunda fuente de generación de emisiones, si bien, las emisiones debidas a la producción de cal y a otros usos de carbonatos, no son significativas, respecto a las generadas por la producción de clinker y por el uso de lubricantes, dichas emisiones presentan una tendencia creciente durante el período,

a diferencia de las generadas por el uso de la cera de parafina que disminuyeron entre 2006-2009 manteniendo relativamente el mismo nivel hasta 2015 (Figura 26).

La tendencia de las emisiones en el año 2005 experimentó un incremento de 53.21% respecto al 2000. En el año 2015 se observa una disminución del 37.03%, respecto al año 2005 en este mismo año nuevamente disminuyen las emisiones, aunque en menor porcentaje.

Este comportamiento está influenciado significativamente por la disminución en la producción y uso de los productos industriales que emiten CO₂ como son, la producción del cemento e importaciones de clinker, así como la producción de cal y el uso de lubricantes. El uso de carbonatos se incrementó y el de cera de parafina se mantuvo prácticamente al mismo nivel, sin embargo, ambos no influyen de manera importante en las emisiones.

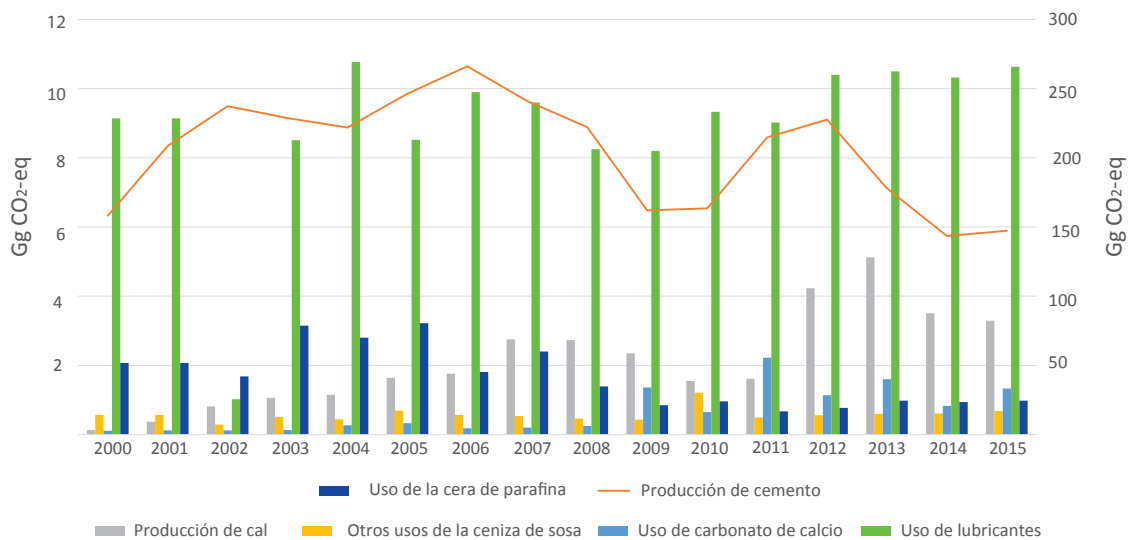


Figura 26. Emisiones totales del sector IPPU (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia.

En las categorías Uso de productos no energéticos y Otros (alimentación y bebidas); el asfalto, como producto individual, es el más representativo, no solo porque participa con el 45% del total de las emisiones de COVDM, sino que también define el perfil de la tendencia de las emisiones de este gas.

En la Figura 27 se observan los Otros productos de manufactura en la industria de la alimentación y bebidas que representan el 55% restante de las emisiones de COVDM. Sin embargo, en esta categoría se incluyen tres actividades como son: la producción de azúcar, la producción de bebidas alcohólicas (ron y cerveza) y la producción de embutidos.

A diferencia de lo que ocurre con las emisiones y la tendencia de éstas en la Industria de los minerales, donde el cemento representa casi todas las emisiones durante todo el período, la participación de cada producto en la categoría de Uso de productos no energéticos es homogénea.

La industria de la alimentación y bebidas ha generado emisiones crecientes durante el período contra un comportamiento variable del asfalto. Las emisiones de CO₂ representan el 92% del total de emisiones de GEI. El 8% restante corresponde a COVDM.

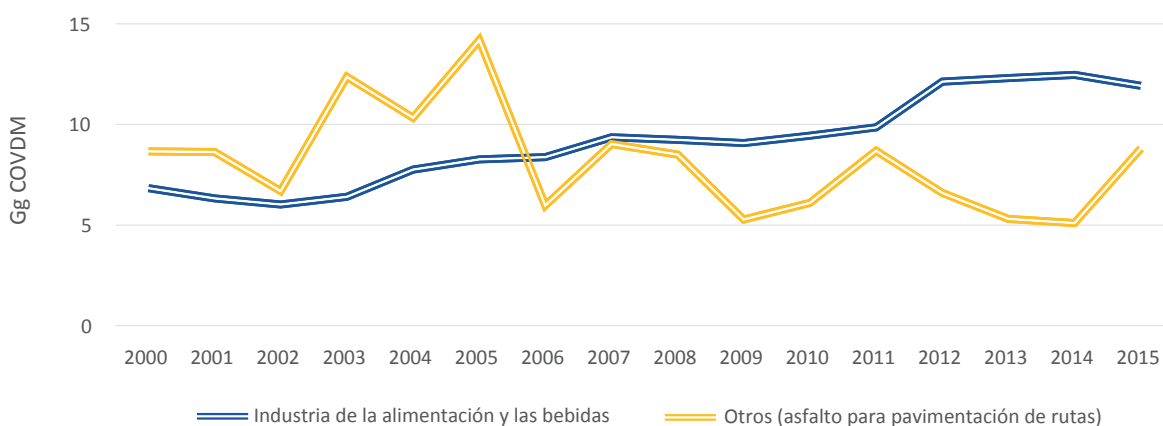


Figura 27. Emisiones de COVDM (Gg)

Fuente: Elaboración propia.

7.2.8. Incertidumbre y coherencia temporal

La evaluación de la incertidumbre fue realizada tomando como base el porcentaje de incertidumbre de los DA del sector, que según lo estipulado en los informes del BEN y de las estadísticas del BCN es del $\pm 5\%$. Debido a que Nicaragua no cuenta con FE propios, se han utilizado los propuestos por defecto por el IPCC en las Directrices 2006.

En términos generales, las variables, los datos y los factores de emisión utilizados tienen un alto grado de coherencia temporal, ya que provienen del Balance Energético Nacional publicado por el MEM anualmente, las estadísticas del Banco Central de Nicaragua y por las Directrices IPCC respectivamente (IPCC, 2006).

La incertidumbre del sector IPPU alcanzó el $\pm 34.1\%$ dominada principalmente por la incertidumbre los factores de emisión por defecto utilizados para realizar las estimaciones, la incertidumbre de la tendencia del sector es de $\pm 45.9\%$.

Cabe destacar que la serie temporal cubre el período seleccionado como inicio de cálculo que es el año 2000, en vez de 1990, esto se debe a que en los años previos al 2000 los datos de actividad no están disponibles y/o no se cuenta con la debida validación para asegurar la calidad de los datos.

7.2.9. Control de calidad y verificación

Este proceso se realizó en conjunto con el BCN, quien publica cada año las estadísticas del país para asegurar la fiabilidad y disminuir el margen de error provocado por el levantamiento y tratamiento de los datos en el proceso de homologación de categorías y unidades de medida utilizado para realizar las conversiones y cálculos requeridos para este sector.

7.2.10. Realización de nuevos cálculos

El tercer INGEI de Nicaragua se realizó para una serie temporal incompleta debido a que solo se identificaron datos disponibles para los años 2000, 2005 y 2010. Por tal razón, se realizó una revisión de las categorías y subcategorías identificadas en el tercer INGEI en función de validar y/o corregir los datos seleccionados, la homologación realizada con el BEN, así como verificar la precisión y exactitud de las estimaciones.

La Tabla 39 compara los resultados del tercer y cuarto INGEI para el sector IPPU, se observa que para el año 2000, 2005 y 2010 las emisiones del cuarto INGEI son mayores, 71.30%, 46.63% y 59.10% respectivamente.

Tabla 39. Comparación entre inventarios del sector IPPU

Inventario	Emisiones (Gg CO ₂ -eq)		
	2000	2005	2010
Tercero	99.37	177.86	111.38
Cuarto	170.22	260.79	177.21
Diferencia	70.85	82.93	65.83
Diferencia en %	71.30	46.63	59.10

Fuente: Elaboración propia.

Los ajustes a la información utilizada en la elaboración de los INGEI del sector IPPU, realizados anteriormente, radican en los siguientes:

- Cambio de porcentaje de clinker en cemento de 75% a 95%, debido a que el cemento que se produce en Nicaragua es cemento Portland. Se realizaron nuevos cálculos para el período 2000-2010 (Tabla 40).

- Actualización de los datos, que se tenían estimados para el volumen de producción de cal en el período 2005-2010 (Tabla 41).
- Inclusión de la subcategoría Otros usos de carbonatos en los procesos. Nicaragua utiliza la ceniza de sosa y carbonato de calcio en la producción de jabones para lavar ropa, pinturas y otros.
- Inclusión de las subcategorías Uso de lubricantes y Uso de la cera de parafina. Estos son productos utilizados en los motores y fabricación de velas.
- Se incluyó el porcentaje de COVDM por peso de asfalto. Se definió el tipo de asfalto que se utiliza en la pavimentación de rutas en el país. Se realizaron nuevos cálculos para el período 2000-2010 (Tabla 42).
- Eliminación de la producción de carne e inclusión de la producción de embutidos. La carne producida en Nicaragua proveniente de ganado vacuno, porcino o avícola es carne fresca y no sufre ningún proceso de cocción o transformación que emita gases a diferencia de la que corresponde a embutidos. Se realizaron nuevos cálculos para todo el período.
- Eliminación de la producción de pan, ya que los datos de producción no corresponden a este producto y no existe información pública de este rubro.

Tabla 40. Comparación entre inventarios para la producción de cemento

Inventario	Emisiones (Gg CO ₂ -eq)		
	2000	2005	2010
Tercero	99.24	177.21	110.68
Cuarto	158.20	246.39	163.52
Diferencia	58.96	69.18	52.84
Diferencia en %	59.41	39.04	47.74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Comparación entre inventarios para la producción de cal

Inventario	Emisiones (Gg CO ₂ -eq)		
	2000	2005	2010
Tercero	0.13	0.65	0.7
Cuarto	0.13	1.64	1.55
Diferencia	0	-0.99	0.85
Diferencia en %	0.00	152.31	121.43

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42. Comparación entre inventarios para la producción de asfalto

Inventario	Emisiones (Gg CO ₂ -eq)		
	2000	2005	2010
Tercero	0.0026	0.0043	0.0018
Cuarto	8.66	14.19	6.10
Diferencia	8.66	14.19	6.10
Diferencia en %	332,976.92	329,900.00	338,788.89

Fuente: Elaboración propia.

7.2.11. Plan de mejora del sector IPPU

Considerando los resultados del proceso de revisión y análisis realizado por expertos internacionales mediante los revisores de pares, a continuación, se presentan las acciones de mejora que serán desarrolladas en el sector:

1. Elaborar un formato de recolección de DA consensuado, validado y aprobado por los equipos técnicos responsables de la sistematización de información requerida para el sector.
2. Fortalecer la alianza interinstitucional con la Dirección General de Servicios Aduaneros (DGA) para mejorar la captura de los datos de importaciones en función de las necesidades del inventario.
3. Incorporar la categoría Usos de productos como sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono. Se deben realizar coordinaciones con MARENA y así dar cumplimiento con los compromisos del Protocolo de Montreal y con la CMNUCC.
4. Realizar un proceso de investigación para incluir las subcategorías Uso de solvente e Industria de la alimentación y la bebida, ya que son productos que se consumen en Nicaragua y que no están incluidos en este inventario por falta de datos.

7.3. Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra

7.3.1. Resumen del sector

El sector AFOLU genera la mayor contribución de emisiones a nivel nacional, lo que refleja de forma clara que Nicaragua es un país agropecuario y que depende de sus recursos naturales para garantizar la seguridad alimentaria de su población. Esto se evidencia en la participación del sector agropecuario con un 30% de las exportaciones netas equivalente al 18% del PIB. Con respecto al sector forestal, este contribuye con el 1% del PIB del país (BCN, 2016).

Para el año 2000 (año base), las emisiones fueron de 24,809.09 Gg de CO₂-eq, de los cuales, el 76.23% corresponde a la categoría Tierras, el 13.85% corresponde a la categoría Ganado, y el 9.92% a Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra (FAyFENCO₂), tal como se observa en la Tabla 43.

Para el año 2015, Las emisiones fueron de 22,790.47 Gg de CO₂-eq, de los cuales el 52.93% corresponde a la categoría Tierra, el 30.15% corresponde a la categoría Ganado, y el 16.92% a Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra (FAyFENCO₂) (Tabla 43).

Entre el 2000 y 2015, se evidencia una reducción del 8.14% del total de las emisiones del sector y una redefinición de los pesos porcentuales que cada una de las categorías aportan en las emisiones. Esto significa que las categorías Ganado y FAyFENCO₂ aumentaron en un 16.30% y 7.00%, respectivamente, pero la categoría Tierra presentó una reducción del 23.30%.

Tabla 43. Emisiones del sector AFOLU (Gg CO₂-eq)

Categorías		Años/Gg CO ₂ -eq							
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
3	AFOLU	24,809.09	25,170.95	26,041.48	26,587.34	27,333.09	27,229.31	26,294.05	25,996.16
3A	Ganado	3,436.02	3,539.23	3,667.64	3,828.00	3,986.09	3,417.40	3,701.27	3,952.35
3B	Tierra	18,910.94	19,358.05	19,805.16	20,252.27	20,699.38	21,146.49	20,238.20	19,329.91
3C	FAyFENCO ₂ *	2,462.13	2,273.67	2,568.68	2,507.07	2,647.62	2,665.42	2,354.58	2,713.90
Categorías		Años/Gg CO ₂ -eq							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
3	AFOLU	25,466.73	25,128.50	24,764.06	24,439.70	23,935.74	23,532.17	22,720.25	22,790.47
3A	Ganado	4,376.11	4,789.02	5,111.70	5,474.29	5,730.54	6,011.49	6,309.93	6,871.36
3B	Tierra	18,421.61	17,513.32	16,605.02	15,696.47	14,787.92	13,879.38	12,970.83	12,062.28
3C	FAyFENCO ₂ *	2,669.01	2,826.16	3,047.34	3,268.94	3,417.28	3,641.30	3,439.49	3,856.83

* Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 28, se observa el comportamiento de las emisiones en la serie temporal analizada. Se identifica una disminución de las emisiones que inicia a partir del año 2006 hasta el 2015. Esto ocurre debido al proceso natural de crecimiento de biomasa de los bosques y un incremento de área de las tierras de cultivo perennes en un 53% (66,515 ha). Durante este período, las tierras de cultivo perennes bajo sombra con una cobertura mayor al 30% de copa fueron clasificadas como tierras forestales e incrementaron en un 51% (44,748 ha). Lo anterior está vinculado al éxito de las estrategias y programas implementados por el GRUN, entre ellos: Programa Forestal Nacional de 2008, el Plan Nacional de Reforestación de 2007, la Estrategia Nacional de Leña y Carbón de 2011.

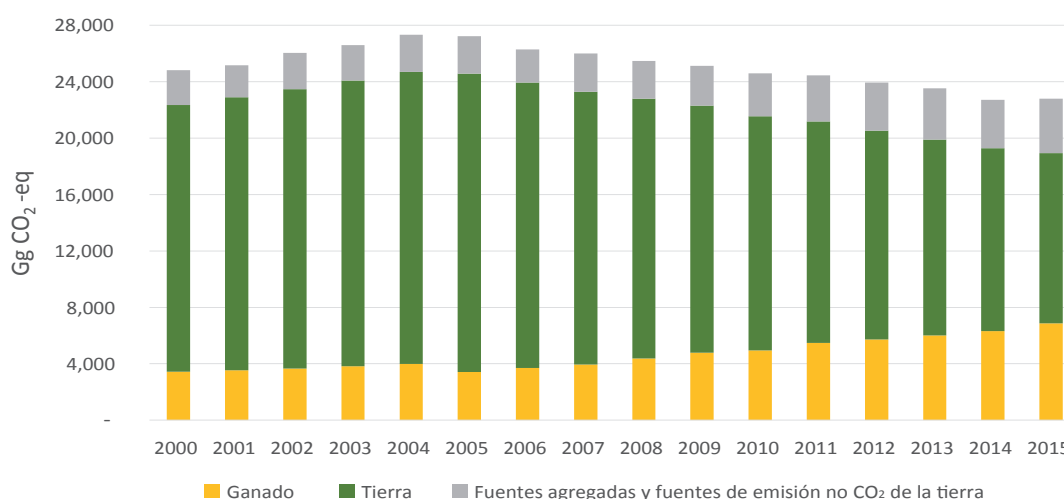


Figura 28. Emisiones del sector AFOLU (Gg CO₂-eq)

Fuente: Elaboración propia.

7.3.2. Subsector Agricultura

7.3.2.1. Panorámica del subsector

Para el período 2010-2015, se evidencia el dinamismo y crecimiento sostenido de la economía nicaragüense reflejado en el crecimiento del PIB de un 5.2% en promedio. Los sectores con mayor crecimiento en el período de análisis son: pecuario (12.7%), pesca y acuicultura (10.0%) y agricultura (10.0%). El sector agropecuario tiene una participación del 30% de las exportaciones netas y del 18 % del PIB del país (BCN, 2021).

En Nicaragua, según el IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO), existen alrededor de 262,546 explotaciones agropecuarias en el país con una superficie total de 6,183,695 ha, de las cuales, 2,803,075 ha corresponden a actividades agrícolas y

3,380,620 ha se destinan para actividades pecuarias (MAGFOR e INIDE, 2012). El ganado doméstico con hatos representativos en el país está compuesto por: bovinos, ovinos y caprinos, equinos (incluye; caballos, mulas, burros, asnos) y cerdos. Cada uno de ellos posee un factor de emisión propio en virtud de sus características metabólicas (IPCC, 2006).

Hato bovino

La ganadería es considerada uno de los rubros productivos del sector agropecuario con mayor potencial económico y que ha mostrado durante la última década (2005 – 2015) un fuerte crecimiento y dinamismo. En el año 2000, el hato bovino era de 2.58 millones y para el año 2006 era de 2.77 millones, mostrando un crecimiento promedio anual del 1.49%. A partir del año 2007 hasta el 2015, tuvo un crecimiento promedio de 7.32% anual debido a los programas y proyectos gubernamentales, entre ellos: Programa Productivo Alimentario, conocido como “Hambre Cero”; también incidió la apertura de nuevos mercados regionales, como el venezolano, incrementando la exportación de carne y ganado en pie a mejor precio. El crecimiento del hato bovino se mantuvo constante hasta el año 2015 (Figura 29).

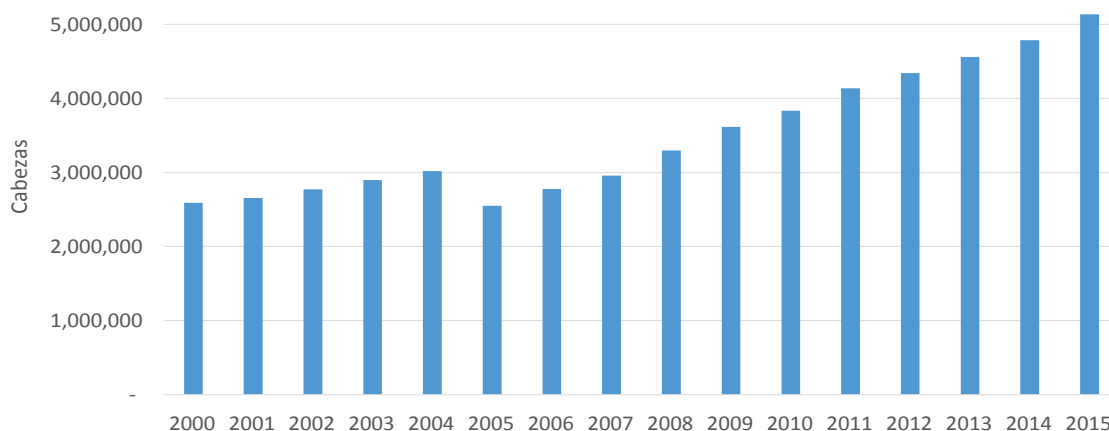


Figura 29. Evolución del hato bovino (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del BCN, Plan de Producción, Consumo y Comercio Ciclo (MAG) y FAOSTAT.

En Nicaragua se explotan tres sistemas de producción bovina:

1. Sistema doble propósito (producción de leche y carne), produce cerca del 95% de la producción de carne y leche del país.
2. Sistema de producción de carne bovina (carne), que representan el 5% de las fincas.
3. Sistema de lechería especializada (leche), con muy pocas unidades.

Prácticamente la totalidad del hato ganadero en el país es de doble propósito, registrándose vacas con baja productividad de leche, sin embargo, en los últimos años, se ha mejorado la genética con la introducción al país de razas con mejores rendimientos productivos. Los cambios en el sistema productivo se dieron partir del año 2012, cuando inicia la primera explotación de ganado estabulado (FeedLot) en Nicaragua con la instalación de corrales de engorde para 30 mil cabezas de ganado, las que luego se fueron expandiendo año con año.

Hato porcino

Los resultados del III CENAGRO, indican que la población porcina en Nicaragua en el año 2001 fue de 383,172 cabezas a nivel nacional (INEC, 2001). Este hato, al igual que el bovino, ha tenido un crecimiento sostenido durante el período 2005 - 2015, impulsado por políticas gubernamentales de apoyo a pequeños y medianos productores y a la industrialización del faenamiento de cerdos en plantas procesadoras (Matadero industrial).

El proyecto de inseminación artificial para cerdos inició en el 2005 en el Centro Genético Pecuario del MAG, donde se brindaba capacitación a grupos de productores de cerdos. Para el año 2015, había un hato porcino de más de 595,158 en 174,300 fincas con crianza de cerdos (MAG, 2016) (Figura 30).

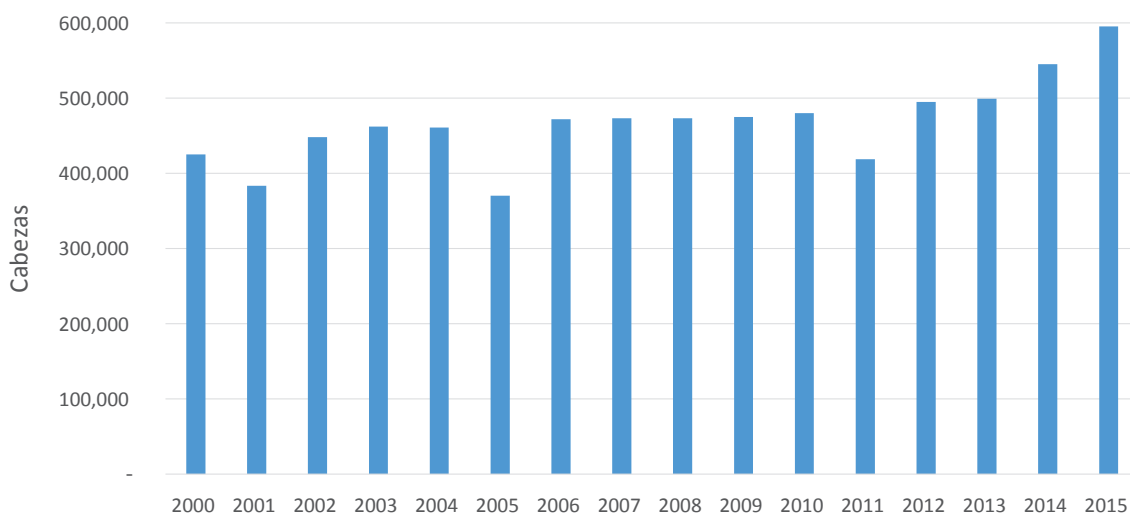


Figura 30. Población porcina en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del BCN, Plan de Producción, Consumo y Comercio Ciclo (MAG) y FAOSTAT.

Hato caprino y ovino

En la composición del rebaño caprino prevalecen las razas nativas, mantenidas desde hace centenares de años en un proceso de selección natural, así han adquirido notable resistencia a los ambientes exigentes (Ruíz y Marín, 2005).

El III CENAGRO proyectó un total de 22,390 ejemplares de caprinos y 29,903 ovejas (INEC, 2001). Las ovejas se distribuyeron en 2,626 fincas que poseen componente ovino en sus sistemas de producción, que a su vez son el 14.99% del total de fincas (199,549) censadas en el III CENAGRO. Los ovinos son manejados de forma extensiva con poco nivel tecnológico, lo que implica una reducción de los índices productivos y reproductivos en su explotación. En la Figura 31, se observa el crecimiento de estas poblaciones.

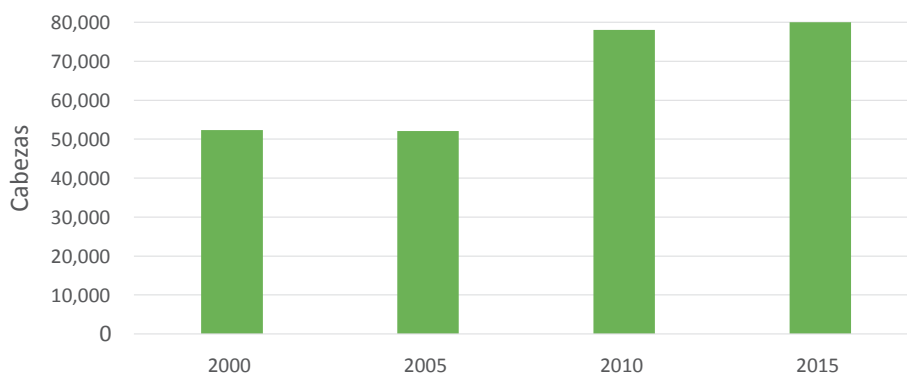


Figura 31. Evolución de la población de ovinos y caprinos en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del BCN, Plan de Producción, Consumo y Comercio Ciclo (MAG) y FAOSTAT.

Ganado equino

Esta categoría se compone de caballos y yeguas; mulas y machos, burros y sus crías. Para el año 2015 se alcanzó una población de 326,403 ejemplares distribuidos por todo el territorio nacional (MAG, 2016). El hato equino es utilizado para trabajo como animal de carga y para crianza de razas puras. En la Figura 32, se observa el comportamiento de estas poblaciones para el período evaluado.

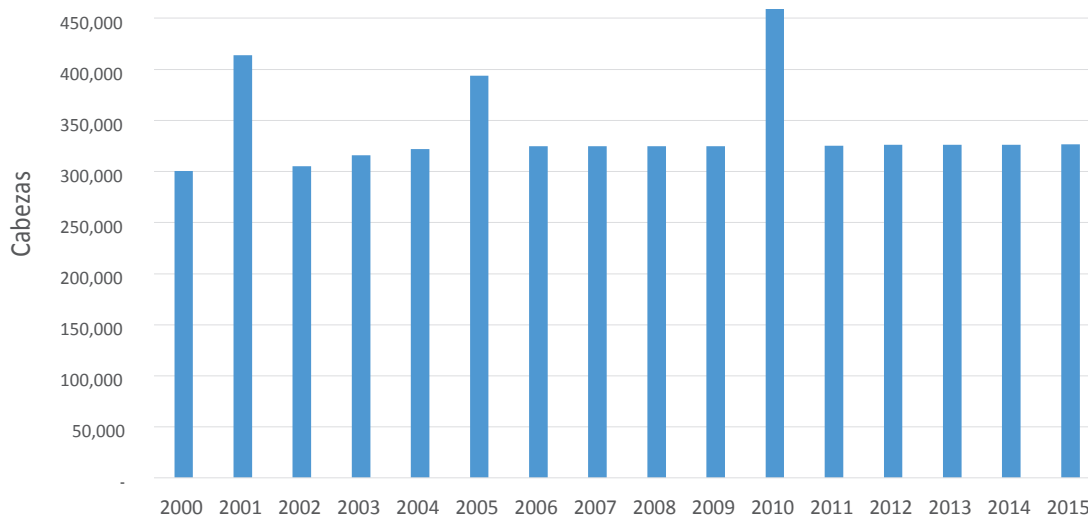


Figura 32. Población del ganado equino en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del BCN, Plan de Producción, Consumo y Comercio Ciclo (MAG) y FAOSTAT.

Avicultura

La avicultura ha tenido una dinámica cambiante en función de las políticas nacionales e internacionales del sector. En términos productivos, Nicaragua ha incrementado constantemente el volumen de producción de aves, acompañado por el avance tecnológico en las plantas procesadoras y de las técnicas de crianza y engorde. En el período 2005 – 2015, se registró un crecimiento del 60.65% en los índices de producción, la Figura 33, presenta la evolución de la población para la serie temporal estudiada.

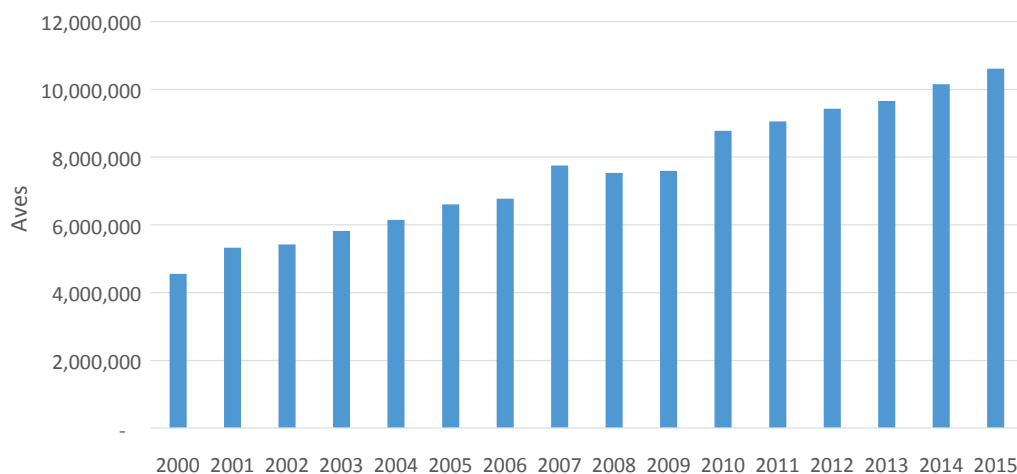


Figura 33. Cantidad de aves anuales producidas (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del BCN, Plan de Producción, Consumo y Comercio Ciclo (MAG) y FAOSTAT.

Gestión del estiércol

En Nicaragua la mayor parte del estiércol excretado por los bovinos queda en las praderas y pasturas donde se cría el ganado. Solo en las instalaciones de ganado estabulado se almacenan grandes cantidades de estiércol, en base sólida y líquida, tanto en los corrales mismos, como en los sistemas de tratamiento de aguas pluviales provenientes de los corrales de engorde y solo un porcentaje menor es transformado por el método de compostaje en abono orgánico (Jarquín, 2012).

En el país, actualmente existen tres instalaciones de corrales de engorde que manejan inventarios permanentes que suman en total 100,000 cabezas. En la Tabla 44, se detallan los establecimientos, número de inventario de cabezas, porcentaje y sistema de tratamiento que se le brinda al estiércol generado por los bovinos.

Tabla 44. Instalaciones de ganado estabulado (Feedlot)

Ganadera	Cantidad de bovinos	% de estiércol tratado	Sistema de manejo y tratamiento del estiércol
Sukarne	55,000	10	Composteo por método de volteo
San Martín	30,000	90	Biodigestor Anaerobio, para cogeneración energética (calor/electricidad)
El Nuevo Carnic	15,000	ND	ND

ND: datos no disponibles

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las granjas avícolas y porcinas, las excretas se destinan en su mayoría para su descomposición a cielo abierto, ya que en Nicaragua no existe una práctica arraigada de uso de fertilizantes orgánicos en cultivo.

Uso de urea

La urea es el fertilizante nitrogenado de mayor uso a nivel mundial, Nicaragua no es la excepción, sin embargo, es considerado según la FAO, como el país de la región Centroamericana que menos aplica urea y lo hace a razón de 39 kg/ha con base al consumo promedio de Centroamérica (FAO, 2015).

En el año 2015, por ejemplo, se sembraron aproximadamente 874,928 ha, entre ellas, 247,911 ha fueron de frijoles y 312,713 ha de maíz. Estos dos rubros representan el 64.08% del total de áreas sembradas. La mayoría de las áreas sembradas están en manos de pequeños productores que no tienen acceso a altos volúmenes de

fertilizante. No obstante, en el caso de los rubros de exportación, se encuentran en manos de grandes productores privados, donde el consumo de fertilizantes es mucho mayor, llegando a aplicar hasta 270 kg/ha, en el caso de la industria azucarera.

El consumo de fertilizantes en el país se ha incrementado en el último quinquenio (2010-2015), tanto de urea como de otros fertilizantes nitrogenados, partiendo de 30,156 toneladas en el año 2010, hasta su pico más alto en 2015 de 131,910 toneladas de urea. Con respecto a los fertilizantes nitrogenados, en el 2010 eran 15,127 toneladas, pasando a 82,339 toneladas en el 2015 (Figura 34).

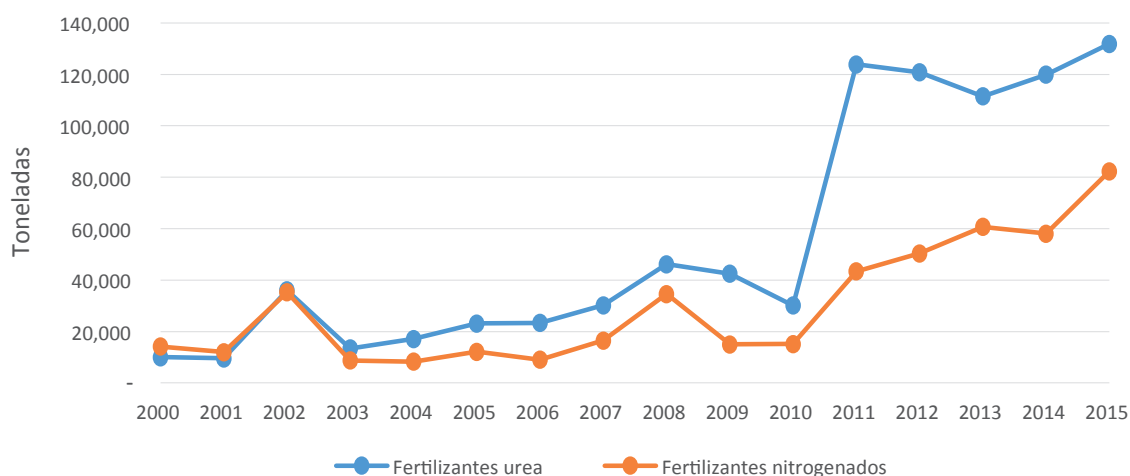


Figura 34. Consumo de fertilizantes en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del BCN, Plan de Producción, Consumo y Comercio (MAG) y FAOSTAT.

A partir del año 2011, es notorio el aumento del consumo de fertilizantes incrementando en un 311.00% y 186.99% el fertilizante de urea y otros fertilizantes nitrogenados respectivamente, coincidiendo con niveles de rendimientos y productividad más elevados que el histórico nacional del sector en general.

Cultivo de arroz

El arroz es uno de los cultivos más importantes dentro del sector agropecuario nacional y al mismo tiempo, uno de los principales alimentos en la dieta de los nicaragüenses. Su aporte energético dentro de la canasta básica es del 14% (Sandoval y Velásquez, 2017).

En la Figura 35, se presenta la producción de arroz en el país, la cual ha crecido un 18.20% durante el período 2000 al 2015, pasando de una producción del 40% del consumo interno en el ciclo 2001/02, al 80% en el ciclo 2014/15 (BCN, 2016; 2013; 2011).

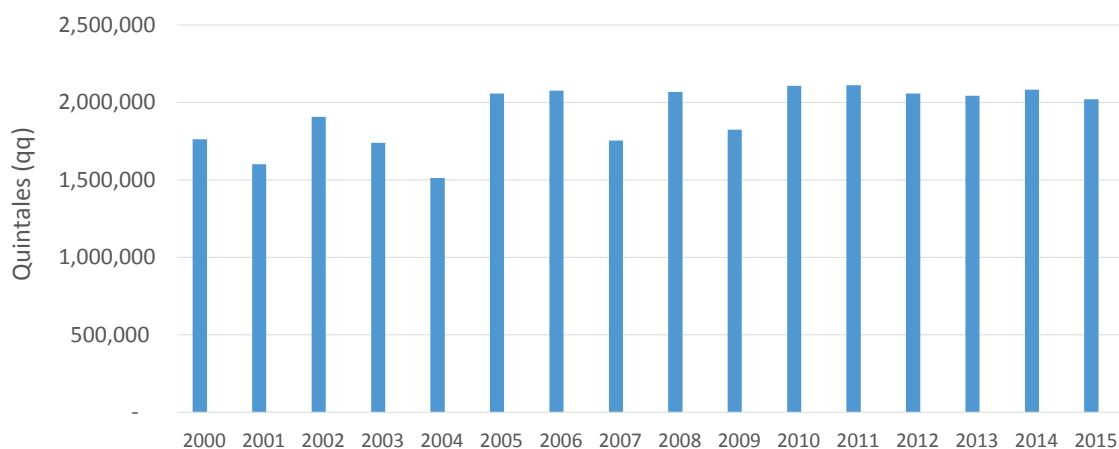


Figura 35. Producción total de arroz en Nicaragua ciclo 1999/2000 a 2014/15

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del BCN.

El cultivo de arroz, por ser de gran importancia para garantizar la dieta de los nicaragüenses, ha experimentado a lo largo de los años mejoras técnicas para el incremento de su rendimiento. Investigaciones realizadas en el país reportan que durante el período 2001-2010 el sector agropecuario representó 17.2% del PIB. El subsector agrícola aportó el 10% y el pecuario un 7.2%. El arroz aporta aproximadamente el 11% del PIB agrícola (FUNICA, 2012), no obstante, se ha visto afectado por sequías e inundaciones.

El cultivo del arroz es producido en diferentes zonas del país, las temperaturas para germinar como mínimo deben de ser de 10 a 13°C de 25-30°C llegando a un máximo de 40°C. A nivel nacional, la producción de arroz de riego está concentrada en Granada, Matagalpa y Managua, mientras que el arroz seco se produce principalmente en la Rivas y Chinandega y Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (Sandoval y Velásquez, 2017).

El arroz seco tiene presencia en las distintas zonas del país. Se establece en las zonas húmedas y se siembra en meses lluviosos para no hacer mal uso de los recursos hídricos. La producción bajo riego se realiza en las regiones del Pacífico y Norte del país, donde hay mayor dinámica económica y disponen de maquinaria y tecnología para la recolección de la cosecha. El Ministerio Agropecuario (MAG) estima que la producción de arroz de riego genera aproximadamente el 55% del total nacional y cerca del 40% del área cultivada (BCN, 2016).

El rendimiento del arroz de riego se aproxima a 51 qq/mz y se ha incrementado en la última década, no así la producción de seco que se ha mantenido en 27 qq/ mz (BCN, 2016). El rendimiento de arroz seco y arroz de riego ha aumentado en los últimos años, como se puede observar en la Figura 36.

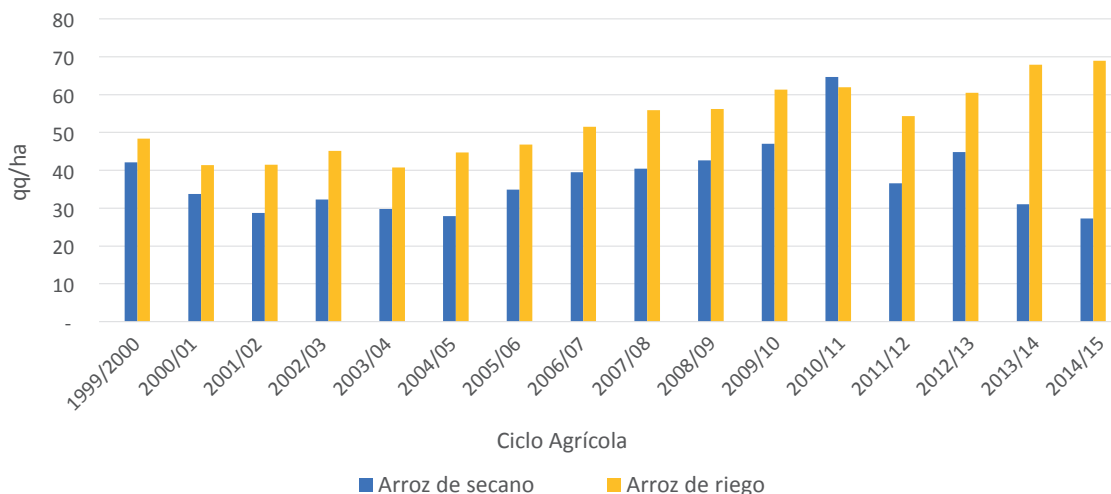


Figura 36. Rendimientos de la cosecha de arroz en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del BCN.

El arroz de riego se cultiva en 822 explotaciones con un área total promedio de 41,655.63 ha. Se obtienen dos cosechas al año en primera y postrera, en esta última se obtienen los mejores rendimientos por lo que es temporada seca, minimizando infecciones por hongos y plagas al cultivo.

Los departamentos que destinan mayor área de producción de arroz de riego son Granada con 6,831 ha, Matagalpa con 6,162 ha, Managua con 4,930 ha, Boaco con 3,732 ha, y Río San Juan 2,253 ha (MAGFOR, 2012). La información de arroz de riego es limitada, solo se obtiene el área y las asociaciones solo informan sobre rendimientos obtenidos a nivel nacional.

Es importante mencionar que la superficie de arroz de riego superó a la de secano a partir del año 2010, exceptuando los años 2012 y 2013, sin que esto afectara la producción total, sobre todo porque el arroz de riego presenta mejores rendimientos que el de secano; a esta reducción de la superficie de arroz de secano se suma un período de sequía muy acentuado entre el 2013 y 2015, como se puede observar en la Figura 37.

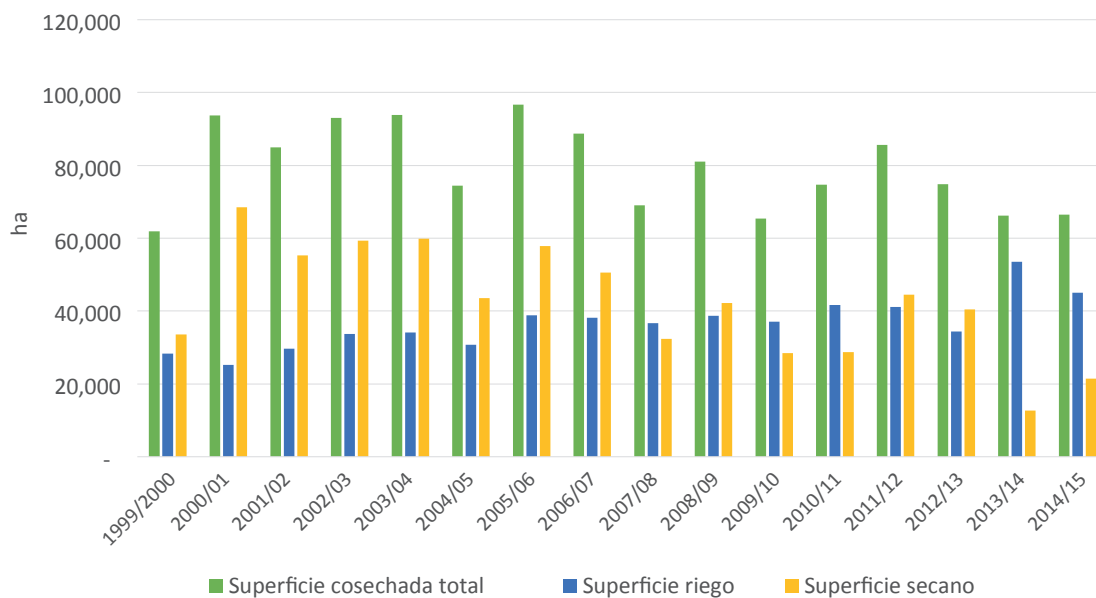


Figura 37. Superficie cultivada de arroz en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las estadísticas del BCN.

7.3.2.2. Análisis de categoría/fuente de emisión

Las estimaciones de las emisiones y absorciones de GEI procedentes del subsector Agricultura del sector AFOLU incluyen:

- Las emisiones y absorciones de CO₂ que resultan de las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa, Materia Orgánica Muerta (MOM), Materia Orgánica del Suelo (MOS) de suelos orgánicos y minerales, y Productos de Madera Recolectada (PMR) para todas las tierras gestionadas.
- CO₂ procedente de los suelos orgánicos cultivados.
- Emisiones distintas del CO₂ provenientes de incendios en toda la tierra gestionada.
- Emisiones de CH₄ procedentes del cultivo del arroz.
- Emisiones de N₂O de todos los suelos gestionados.
- Emisiones de CO₂ asociadas con la aplicación de cal y urea a los suelos gestionados.
- Emisiones de CH₄ que provienen de la fermentación entérica del ganado.
- Emisiones de CH₄ y N₂O procedentes de los sistemas de gestión del estiércol.

La naturaleza de los compuestos de cada uno de los gases que conforman los GEI, el establecimiento de factores de emisión y el desarrollo de una serie temporal para su contabilidad, ha hecho necesario dividir el subsector Agricultura en categorías y subcategorías, lo cual nos permite el análisis de cada una según su contexto individual y dinámica nacional.

La Tabla 45, presenta las categorías identificadas en Nicaragua, especificando si fueron o no incluidas en el inventario.

Tabla 45. Categorías subsector Agricultura aplicables en Nicaragua y gases incluidos

Código	Categoría	Clave	Definición	Explicación	Gases		
					CO ₂	CH ₄	N ₂ O
3A	Ganado						
3A1	Fermentación entérica	IN	Incluida	Datos disponibles, Datos por estimación		x	
3A2	Gestión del estiércol	IN	Incluida	Datos disponibles, Datos por estimación		x	x
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra						
3C1	Quemado de biomasa	IN	Incluida	Datos disponibles, Datos por estimación	NA*	x	x
3C3	Fertilización con urea	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados	IN	Incluida	Datos disponibles, Datos por estimación			x
3C5	Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados	IN	Incluida	Datos disponibles			x
3C6	Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol	IN	Incluida	Datos disponibles, Datos por estimación			x
3C7	Cultivos del arroz	IN	Incluida	Datos disponibles, Datos por estimación		x	

*NA: No Aplica

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices IPCC, 2006.

7.3.2.3. Descripción del método a ser utilizado

Para este informe, se hizo la referencia cruzada entre el Volumen 1 y el Volumen 4 del sector AFOLU disponibles en las Directrices IPCC 2006, y se analizaron las categorías y subcategorías presentes en el país en el subsector Agricultura, así como los datos de actividad disponibles para cada una de las categorías analizadas.

Se aplicaron las Directrices del IPCC de 2006 utilizando el Nivel 1 para estimar las emisiones del sector debido a que el país no dispone de FE específicos. A continuación, se describen las ecuaciones utilizadas para las estimaciones por categoría de análisis (IPCC, 2006).

Emisiones de CH₄ por fermentación entérica por categoría de ganado

$$\text{Emisiones} = FE_T \times (N_T / 10^6)$$

(Ecuación 5)

Donde:

Emisiones = emisiones de metano por fermentación entérica, kt CH₄ año⁻¹.

FE_T = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹.

N_T = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país.

T = especie/categoría de ganado.

Las emisiones totales de fermentación entérica se obtienen sumando el total de las emisiones generadas por cada categoría de ganado analizada.

Emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol

$$\text{Emisiones CH}_4 \text{ Estiércol} = \sum_T ((FE_T \times N_T) / 10^6)$$

(Ecuación 6)

Donde:

CH₄ Estiércol = emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para la población definida.

FE_T = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹.

N_T = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado, T del país.

T = especie /categoría de ganado.

Se utiliza la misma población definida para la estimación de la fermentación entérica más la población de aves de corral, así como el clima promedio del país, el cual determina el valor por defecto del FE seleccionado. En el caso de Nicaragua es mayor a 28°C.

Las emisiones totales de CH₄ por gestión del estiércol se obtienen sumando las cantidades totales de las emisiones generadas, por cada categoría de ganado analizada.

Quemado de biomasa

$$L_{\text{fuego}} = A \times M_B \times C_f \times G_{\text{ef}} \times 10^{-3}$$

(Ecuación 7)

Donde:

L_{fuego} = cantidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero provocada por el fuego, ton de cada gas de efecto invernadero.

A = superficie quemada, ha.

M_B = masa de combustible disponible para la combustión, ton ha⁻¹. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta. Cuando se aplican métodos de Nivel 1.

C_f = factor de combustión.

G_{ef} = Factor de emisión, g kg⁻¹ de materia seca quemada.

Fertilización con urea

$$\text{CO}_2\text{-C Emisión} = M \times FE$$

(Ecuación 8)

Donde:

$\text{CO}_2\text{-C Emisión}$ = emisiones anuales de C por la aplicación de urea, t C año⁻¹.

M = cantidad anual de fertilización con urea, t urea año⁻¹.

FE = factor de emisión, t de C (t de urea)⁻¹.

Emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados

$$\text{N}_2\text{O Directas-N} = \text{N}_2\text{O-N}_{\text{aportes}} + \text{N}_2\text{O-N}_{\text{OS}} + \text{N}_2\text{O-N}_{\text{PRP}}$$

(Ecuación 9)

Donde:

$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{aportes}}$ = $[(F_{\text{SN}} + F_{\text{ON}} + F_{\text{CR}} + F_{\text{SOM}}) \times EF_1] + [(F_{\text{SN}} + F_{\text{ON}} + F_{\text{CR}} + F_{\text{SOM}}) FR \times FE_{1FR}]$.

$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{OS}}$ = $[(F_{\text{OS,CG,Temp}} \times FE_{2\text{CG,Temp}}) + (F_{\text{OS,CG,Trop}} \times FE_{2\text{CG,Trop}}) + (F_{\text{OS,F,Temp,NR}} \times FE_{2\text{F,Temp,NR}}) + (F_{\text{OS,F,Temp,NP}} \times FE_{2\text{F,Temp,NP}}) + (F_{\text{OS,F,Trop}} \times EF_{2\text{F,Trop}})]$.

$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{PRP}}$ = $[(F_{\text{PRP, CPP}} \times FE_{3\text{PRP, CPP}}) + (F_{\text{PRP,SO}} \times FE_{3\text{NT,SO}})]$.

$\text{N}_2\text{O Directas-N}$ = emisiones directas anuales de N₂O-N producidas a partir de suelos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹.

$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{aportes}}$ = emisiones directas anuales de N₂O-N producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹.

$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{OS}}$ = emisiones directas anuales de N₂O-N de suelos orgánicos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹.

$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{PRP}}$ = emisiones directas anuales de N₂O-N de suelos orgánicos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹.

F_{SN}	= cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año ⁻¹ .
F_{ON}	= cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos, kg N año ⁻¹ .
F_{CR}	= cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje/pastura, que se regresan a los suelos, kg N año ⁻¹ .
F_{SOM}	= cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra, kg N año ⁻¹ .
F_{OS}	= superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados, ha.
F_{PRP}	= cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, kg N año ⁻¹ .
FE_1	= factor de emisión para emisiones de N ₂ O de aportes de N, kg N ₂ O-N (kg aporte de N) ⁻¹ .
FE_{1FR}	= es el factor de emisión para emisiones de N ₂ O de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas, kg N ₂ O-N (kg aporte de N) ⁻¹ .
FE_2	= factor de emisión para emisiones de N ₂ O de suelos orgánicos drenados/gestionados, kg N ₂ O-N ha ⁻¹ año ⁻¹ .
FE_{3PRP}	= factor de emisión para emisiones de N ₂ O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N ₂ O-N (kg aporte de N) ⁻¹ .

Emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol

$$N_2O_{D(mm)} = (\sum(\sum_T \times Nex_T \times MS_T)FE_{3(S)})44/28$$

(Ecuación 10)

Donde:

$N_2O_{D(mm)}$	= emisiones directas de N ₂ O de la gestión del estiércol del país, kg N ₂ O año ⁻¹ .
N_T	= cantidad de cabezas de ganado de la especie o categoría.
Nex_T	= promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal ⁻¹ año ⁻¹ .
$MS_{T,S}$	= fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión.
$FE_{3(S)}$	= factor de emisión para las emisiones directas de N ₂ O del sistema de gestión del estiércol S en el país, kg N ₂ O-N/kg N en el sistema de gestión del estiércol (S).
S	= sistema de gestión del estiércol.
T	= especie/categoría de ganado.
44/28	= conversión de emisiones de (N ₂ O-N) _(mm) a emisiones de N ₂ O _(mm) .

Las emisiones totales de N₂O por gestión del estiércol, se obtienen sumando las cantidades totales de las emisiones generadas por cada categoría de ganado analizada.

Emisiones indirectas de N₂O resultantes de la gestión del estiércol

Para esta estimación, primero se calcula la pérdida de Nitrógeno (N) por volatilización de la gestión del estiércol por categoría de ganado analizada. Siguiendo la siguiente ecuación:

$$N_{\text{volatilización-MMS}} = \sum[\sum[(N_T \times N_{\text{ex}T} \times MS_{(T,S)}) \times (\text{Frac}_{\text{GasMS}} \times 100)_{(T,S)}]T]$$

(Ecuación 11)

Donde:

$N_{\text{volatilización-MMS}}$ = cantidad de N del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH₃ y NO_x, kg N animal⁻¹ año⁻¹.

N_T = cantidad de cabezas de ganado de la especie o categoría.

$N_{\text{ex}T}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹.

$MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión.

$\text{Frac}_{\text{GasMS}}$ = porcentaje de N del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como NH₃ y NO_x en el sistema de gestión del estiércol S, %.

Emisiones indirectas de N₂O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol

$$N_{2O_{G(mm)}} = (N_{\text{volatilización-MMS}} \times FE_4) \times 44/28$$

(Ecuación 12)

Donde:

$N_{2O_{G(mm)}}$ = emisiones indirectas de N₂O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹.

FE_4 = factor de emisión para emisiones de N₂O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua, kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹; el valor por defecto es 0.01 kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹.

Estimación de CH₄ en el cultivo de arroz

$$CH_4_{\text{arroz}} = \sum (FE_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times 10^{-6})$$

(Ecuación 13)

Donde:

CH_4_{arroz} = emisiones anuales de metano producidas por el cultivo del arroz, kt CH₄ año⁻¹.

$FE_{i,j,k}$ = un factor de emisión diario para las condiciones i, j, k , kg CH₄ ha⁻¹ día⁻¹.

$t_{i,j,k}$ = período de cultivo del arroz para las condiciones i, j y k , días.

$A_{i,j,k}$ = superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones i, j , y k , ha año⁻¹.

i, j , y k = representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de CH₄ producidas por el arroz.

Emisiones indirectas de N₂O de suelos agrícolas

$$N_2O_{(ATD)} - N = [(F_{SN} \times \text{Frac}_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \times \text{Frac}_{GASM})] \times EF_4$$

(Ecuación 14)

Donde:

$N_2O_{(ATD)} - N$ = cantidad anual de N₂O-N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹.

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicado a los suelos, kg N año⁻¹.

Frac_{GASF} = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH₃ y NO_x, kg N volatilizado (kg de N aplicado)⁻¹.

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N año⁻¹.

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹.

Frac_{GASM} = fracción de materiales F_{ON} y de F_{PRP} que se volatiliza NH₃ y NO_x, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)⁻¹.

EF_4 = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N₂O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N-N₂O/(kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹].

7.3.2.4 Datos de actividad

Según las Directrices del IPCC 2006 (2006) para la categoría Ganado, los datos de actividad están referidos al número de cabezas (existencias) de las especies de animales criados para tiro¹⁰ o producción de carne, huevos y leche o que se mantienen con fines de reproducción. En la Tabla 46, se presenta la composición del ganado doméstico de Nicaragua para los años 2000, 2005, 2010 y 2015, así como las estadísticas nacionales sobre consumo de fertilizante urea y el cálculo de áreas quemadas a nivel nacional para el período de tiempo estudiado (2000-2015).

La información censal de cantidad de animales se encuentra disponible de manera pública y oficial en el III y IV Censo Nacional Agropecuario realizados en Nicaragua (INEC, 2001; MAGFOR, 2012). Asimismo, en el VIII Censo de Población y IV de Vivienda (INIDE, 2006), que incluyó información sobre las especies de animales productivas del país. Debido a que la información para la serie temporal no está completa, se han priorizado los datos que corresponden a los quinquenios para realizar la estimación y complementar la información utilizando métodos estadísticos, descritos en el Volumen 1 de las Directrices del IPCC 2006.

Para el análisis del período 2011 a 2015, se utilizó información oficial del MAG. Los años cuya información no se confirmó ni bibliográficamente ni por entrevista con funcionarios del MAG, se calcularon considerando el crecimiento anual del sector, extrapolando las extracciones totales de ganado anuales, procesada por el Banco Central de Nicaragua¹¹, que maneja estadísticas de las extracciones totales anuales del hato ganadero, que representa entre el 16 al 20% del hato neto. En cuanto a los granos básicos, se utilizaron los datos de las estadísticas del sector real del Banco Central de Nicaragua serie 2000-2015 (BCN, 2016).

Debido a que la información para la serie temporal no está completa, se han priorizado los datos que corresponden a los quinquenios para realizar la estimación y complementar la información utilizando métodos estadísticos descritos en el Volumen 1 de las Directrices del IPCC 2006.

En la Tabla 46, se presentan los datos de actividad para el subsector Agricultura para los quinquenios priorizados.

¹⁰ Animales usados para transporte y tracción.

¹¹ <https://www.bcn.gob.ni/produccion>.

Tabla 46. Datos de actividad del subsector Agricultura (2000-2015)

Categoría/Subcategoría	Dato de actividad	Año					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
3.A.1 - Fermentación entérica. 3.A.2 - Manejo de Estiércol. 3.C.4 - Emisiones directas de N ₂ O por manejo de suelo. 3.C.6 - Emisiones indirectas de N ₂ O de la gestión del estiércol.	Ganado Lechero	621,507	615,587	665,748	695,041	724,333	586,779
	Otro Ganado vacuno	1,968,107	2,041,452	2,108,201	2,200,962	2,293,723	1,962,125
	Ovejas/Cabras	48,000	52,293	ND	ND	ND	52,056
	Equinos	300,300	413,780	305,300	315,900	322,000	393,600
	Cerdos	425,000	383,172	448,000	462,000	461,000	370,169
	Aves de corral	4,553,195	5,325,239	5,425,832	5,820,311	6,151,986	6,602,439
3.C.1 - Emisiones por combustión de biomasa (área quemada)	Bosques	17,413	7,298	5,646	118,835	7,062	125,726
	Residuos Agrícolas	606,944	584,006	671,414	725,097	533,726	673,109
	Pastizales	238,812	34,453	50,230	167,863	73,521	210,967
3.C.3 - Aplicación de urea	Consumo de urea	10,000	9,600	36,000	13,435	17,116	23,095
3.C.4 - Emi. dir de N ₂ O y. 3.C.5 - Emi. Ind de N ₂ O por manejo de suelos	Consumo de fertilizantes nitrogenados	14,200	11,968	35,242	36,704	33,396	36,195
3.C.7 - Cultivo de arroz	Riego	25,776	30,305	34,488	34,807	31,464	39,744
	Secano	70,056	56,520	60,718	61,200	44,568	59,112
Categoría/Subcategoría	Dato de actividad	Año					
		2006	2007	2008	2009	2010	2011
3.A.1 - Fermentación entérica. 3.A.2 - Manejo de Estiércol. 3.C.4 - Emisiones directas de N ₂ O por manejo de suelo. 3.C.6 - Emisiones indirectas de N ₂ O de la gestión del estiércol.	Ganado lechero	666,062	710,107	791,367	868,058	920,154	994,418
	Otro ganado vacuno	2,109,196	2,248,672	2,505,994	2,748,851	2,913,820	3,142,002
	Ovejas/Cabras	ND	78,000	ND	ND	100,000	100,000
	Equinos	325,000	325,000	325,000	325,000	462,157	325,300
	Cerdos	472,000	473,000	473,000	475,000	480,000	418,485
	Aves de corral	6,776,403	7,748,202	7,537,106	7,597,139	8,772,329	9,051,102
3.C.1 - Emisiones por combustión de biomasa (área quemada)	Bosques	28,099	18,911	48,126	19,942	62,079	39,969
	Residuos agrícolas	556,675	539,368	566,923	564,484	517,081	632,797
	Pastizales	66,394	83,352	127,765	46,645	150,261	84,146
3.C.3 - Aplicación de urea	Consumo de urea	23,319	30,234	46,199	42,476	30,156	123,940
3.C.4 - Emi. dir de N ₂ O 3.C.5 - Emi. Ind de N ₂ O por manejo de suelos	Consumo de fertilizantes nitrogenados	43,173	42,697	35,222	48,589	40,490	43,413
3.C.7 - Cultivos del arroz	Riego	38,952	37,440	39,600	37,837	42,589	41,989
	Secano	51,696	33,120	43,200	29,056	29,318	45,509

Categoría/Subcategoría	Dato de actividad	Año			
		2012	2013	2014	2015
3.A.1 - Fermentación entérica. 3. A.2 - Manejo de Estiércol. 3. C.4 - Emisiones directas de N ₂ O por manejo de suelo. 3.C.6 - Emisiones indirectas de N ₂ O de la gestión del estiércol.	Ganado lechero	1,044,139	1,096,346	1,151,163	1,311,842
	Otro ganado vacuno	3,299,102	3,464,057	3,637,261	3,886,199
	Ovejas/Cabras	ND	ND	ND	ND
	Equinos	326,000	326,000	326,250	326,403
	Cerdos	495,000	499,064	544,997	595,158
	Aves de corral	9,434,177	9,656,841	10,150,290	10,606,834
3.C.1 - Emisiones por combustión de biomasa (área quemada)	Bosques	13,760	77,685	101,040	39,948
	Residuos agrícolas	627,765	677,421	615,501	556,460
	Pastizales	67,961	135,557	155,799	57,765
3.C.3 - Aplicación de urea	Consumo de urea	120,803	111,483	119,919	131,910
3.C.4 – Emi. dir de N ₂ O 3.C.5 – Emi. Ind de N ₂ O por manejo de suelos	Consumo de fertilizantes nitrogenados	50,422	60,683	58,087	82,339
3.C.7 - Cultivos del arroz	Riego	35,201	54,692	46,080	33,523
	Secano	41,324	12,953	21,844	21,629

ND: No hay datos de actividad disponibles

Fuente: Elaboración propia.

7.3.2.5. Factores de emisión

Las Directrices del IPCC proporcionan un conjunto completo de los factores de emisión por defecto para el subsector Agricultura. A menudo, especificados a nivel regional y/o de subcategoría/subdivisión obtenidos de una revisión exhaustiva de la literatura especializada disponible.

En la Tabla 47, se presentan los FE utilizados para el subsector agricultura por cada tipo de categoría y sus incertidumbres asociadas.

Tabla 47. Factores de emisión subsector Agricultura

Subcategoría	Gas evaluado	Factor de emisión*	Unidad de medida	Incertidumbre	Fuente
3.A.1 - Fermentación entérica	CH ₄	Factor de emisión por defecto para CH ₄ por especie animal	Kg CH ₄ /cabeza	±50%	Cuadro 10.10 y 10. 11 GL 2006-IPCC, Vol 4
3.A.2 - Manejo de Estiércol	CH ₄	Factor de emisión por defecto para CH ₄ por especie animal y sistema de manejo	Kg CH ₄ /cabeza	± 50%	Cuadro 10.14, 10.15 y 10. 16 GL 2006-IPCC, Vol 5
	N ₂ O	Factor de emisión por defecto para N ₂ O por especie animal y sistema de manejo	Kg N ₂ O-N/kg N	± 50%	Cuadro 10.17 GL 2006-IPCC, Vol 4
3.C.1 - Emisiones por combustión de biomasa	CH ₄	Factor de emisión por defecto para CH ₄	Kg dm quemada	± 20%	Cuadro 2.4, 2.5 y 2.6 GL 2006-IPCC, Vol 4
	N ₂ O	Factor de emisión por defecto para N ₂ O	Kg dm quemada	± 20%	
3.C.3 - Aplicación de urea	CO ₂	Factor de emisión por defecto para CO ₂	Ton C (ton de urea)	± 50%	GL 2006-IPCC, acápite 11.4.2 Vol. 4
3.C.4 - Emisiones directas de N ₂ O por manejo de suelo	N ₂ O	Factor de emisión por defecto para N ₂ O	Kg N ₂ O-N/ aplicado	±24%	GL 2006-IPCC, Cuadro 11.1 Vol. 4
3.C.5 - Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo de suelo	N ₂ O	Factor de emisión por defecto para N ₂ O	Kg N ₂ O-N/ aplicado	±24%	GL 2006-IPCC, Cuadro 11.1 Vol. 4
3.C.6 - Emisiones indirectas de N ₂ O de la gestión del estiércol	N ₂ O	Factor de emisión por defecto para N ₂ O	kg N ₂ O-N	±20%	Cuadro 10.23 GL 2006-IPCC, Vol 4
3.C.7 - Cultivo de arroz	CH ₄	Factor de emisión por defecto para CH ₄	kg CH ₄ ha 1 day-1	±40%	Cuadro 5.11 GL 2006 IPCC, Vol 4
3.C.8 - Quema en el campo de residuos agrícolas	CH ₄	Factor de emisión por defecto para CH ₄	Kg dm quemada	±20%	Cuadro 2.4, Cuadro 2.5 Cuadro 2.6, GL 2006-IPCC, Vol 4
	N ₂ O	Factor de emisión por defecto para N ₂ O	Kg dm quemada	±50%	

*Nota: Debido a que se utiliza el factor de emisión más los factores de corrección de metano para el cálculo, se ha dejado señalado la fuente específica en las guías de donde se obtuvo la información.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices IPCC, 2006.

7.3.2.6. Resultado de la estimación de emisiones

El resultado de las emisiones de GEI procedentes del subsector Agricultura para cada uno de los años evaluados de la serie temporal 2000 – 2015, se presenta en la Tabla 48. Para el año 2015, las emisiones de CH₄ representa el 46.54%, el CO 37.57%, el CO₂ 13.28%; el N₂O con el 1.55% y el NO_x el 1.06%.

Tabla 48. Emisiones por tipo de gas del subsector Agricultura

Año	Emisiones (Gg)				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO
2000	7.33	184.95	6.47	19.44	482.93
2001	7.04	183.22	6.32	7.92	284.82
2002	26.40	191.42	7.06	9.21	329.27
2003	9.85	200.51	6.82	10.98	372.86
2004	12.55	203.79	7.55	7.58	266.04
2005	16.94	180.11	6.12	10.75	355.35
2006	17.10	190.71	6.56	7.81	275.86
2007	22.17	201.71	7.77	7.85	272.06
2008	33.88	223.12	7.50	8.81	295.17
2009	31.15	241.40	8.11	7.90	279.37
2010	22.11	257.49	8.57	8.50	277.00
2011	90.89	276.18	9.20	9.17	318.38
2012	88.59	286.82	9.79	8.84	311.56
2013	81.75	303.35	10.32	10.08	345.29
2014	87.94	315.66	9.78	9.54	320.10
2015	96.73	339.15	11.32	7.69	273.80

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 38, se observan las emisiones por tipo de gas para todo el período evaluado con una tendencia ascendente debido al crecimiento registrado en el sector. Para los años 2005, 2010 y 2015, se observa un aumento sostenido de las emisiones de todos los gases, lo cual es coherente con el crecimiento y desarrollo del sector agropecuario del país.

En el período 2010-2015, se evidencia el dinamismo y crecimiento sostenido de la economía nicaragüense, reflejado en el crecimiento del PIB de un 5.2% en promedio. Los sectores con mayor crecimiento en el período de análisis son: pecuario (12.7%), pesca y acuicultura (10.0%) y agricultura (10.0%). El sector agropecuario tiene una participación del 30% de las exportaciones netas y del 18% del PIB del país.

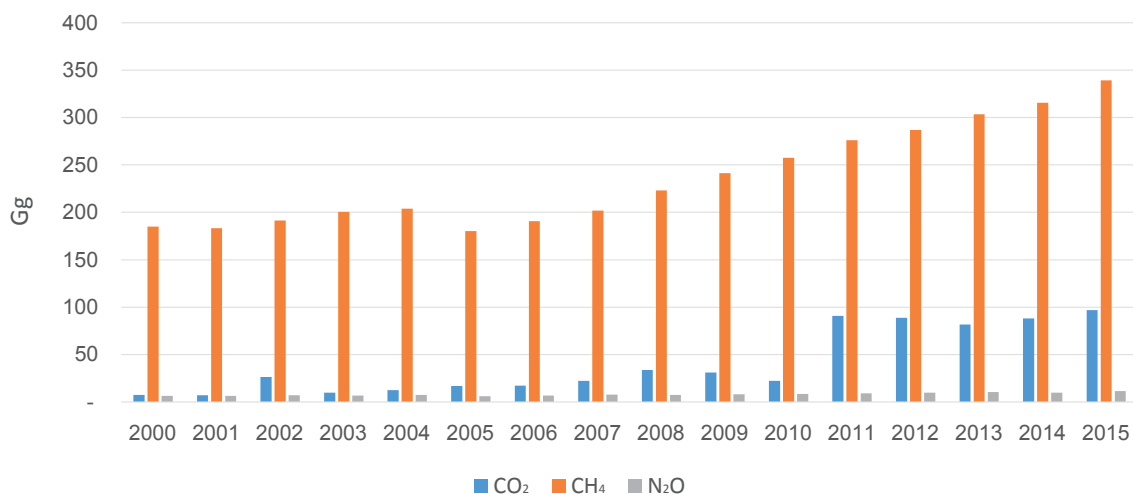


Figura 38. Emisiones por tipo de gases (Gg)

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta los resultados de las emisiones de GEI para cada una de las categorías del subsector para el año del inventario 2015. La categoría con mayor participación de los GEI corresponde a Ganado en la subcategoría Fermentación entérica. Con menor porcentaje se encuentra la categoría Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra (Tabla 49).

Tabla 49. Emisiones del subsector Agricultura para el año de inventario 2015

Categorías	Emisiones (Gg)					
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVDM
3 AFOLU	96.73	339.15	11.33	7.69	273.80	NO
3A Ganado		325.20	0.14	NE	NO	NO
3A1 Fermentación entérica		316.88		NE	NO	NO
3A2 Gestión del estiércol		8.32	0.14	NE	NO	NO
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra	96.73	13.95	11.19	7.69	273.80	NO
3C1 Quemado de biomasa		8.08	0.23	7.69	273.80	NO
3C2 Encalado	NO			NO	NO	NO
3C3 Fertilización con urea	96.73			NO	NO	NO
3C4 Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados			8.93	NO	NO	NO
3C5 Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados			1.98	NO	NO	NO
3C6 Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol			0.05	NO	NO	NO
3C7 Cultivo del arroz		5.87		NO	NO	NO
3C8 Otros (sírvase especificar)				NO	NO	NO

Categorías		Emisiones (Gg)					
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVDM
3D Otros		NE			NE	NE	NE
3D1	Productos de madera recolectada	NE			NE	NE	NE
3D2	Otros (sírvase especificar)				NE	NE	NE
NO: No existe NE: No estimado							

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 50, se presentan las emisiones en términos de porcentaje en relación con la emisión total por tipo de gas. En la subcategoría de Fermentación entérica, se observa que el CH₄ es el que presenta mayor porcentaje. En el caso del N₂O, la subcategoría Quema de biomasa de la categoría Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra, es la que emite este gas.

Tabla 50. Peso porcentual por tipo de gas (2015)

Categorías/subcategorías		2015	
		CH ₄	N ₂ O
3A Ganado		95.90%	
3A1	Fermentación entérica	93.40%	
3A2	Gestión del estiércol	2.50%	1.20%
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra		4.10%	98.80%
3C1	Quemado de biomasa	2.40%	2.00%
3C7	Cultivo del arroz	1.70%	

Fuente: Elaboración propia.

7.3.2.7. Realización de nuevos cálculos

Se realizó una comparación de los resultados de las emisiones del cuarto INGEI con los resultados de las emisiones del tercer INGEI. Ambos inventarios fueron realizados tomando como base las Directrices del IPCC 2006. Las diferencias identificadas entre los resultados de los inventarios se presentan en la Tabla 51.

En el caso de las emisiones de CO₂, se identificó que en el tercer INGEI los datos correspondientes a urea se estimaron a partir del consumo por tipo de cultivo. Para el cuarto INGEI, se utilizaron las estadísticas del BCN y FAOSTAT para determinar la cantidad de urea importada. Debido a que en el país no se produce este fertilizante, la cantidad que se utilizó no puede ser mayor a la importada a nivel nacional.

Debido a lo anterior, se procedió a corregir los DA por los de FAOSTAT, para los años del 2000 al 2003 y para el resto del período, los datos del BCN.

En el caso de las emisiones de CH₄ y N₂O, se identificaron diferencias entre los DA utilizados para los cálculos del tercer INGEI, esto se debió principalmente a que los datos utilizados (en algunos casos) eran preliminares o estimados basados en tendencias.

Tabla 51. Comparación entre inventarios del subsector Agricultura

Inventario	Emisiones (Gg CO ₂ -eq)		
	2000	2005	2010
Tercero	5,027.75	5,105.49	8,139.56
Cuarto	5,898.16	6,082.82	8,159.04
Diferencia	870.41	977.33	19.48
Diferencia en %	17.31	19.14	0.24

Fuente: Elaboración propia.

7.3.3. Subsector Uso de la Tierra, Cambios de Uso de la Tierra y Silvicultura

7.3.3.1. Panorámica del subsector

Este subsector es el único del inventario que genera absorciones de GEI. Las emisiones son generadas por los cambios entre categorías de uso del suelo con mayor densidad de carbono, hacia una con menor densidad. Durante el proceso de cálculo, se realiza un balance de ganancias y pérdidas de cobertura para todas las categorías de uso.

Para el año 2015, el uso del suelo se distribuía de la siguiente forma: 48.62% en uso agropecuario (cultivos anuales, cultivos permanentes y pastos); el 29.10% por bosque (latifoliado, pino, mangle y palma); 8.12% por vegetación secundaria (tacotales) y el 14.16% corresponde a otros usos (humedales, centros poblados, tierras sujetas a inundación, agua y suelo sin vegetación) (Figura 39 y Tabla 52).

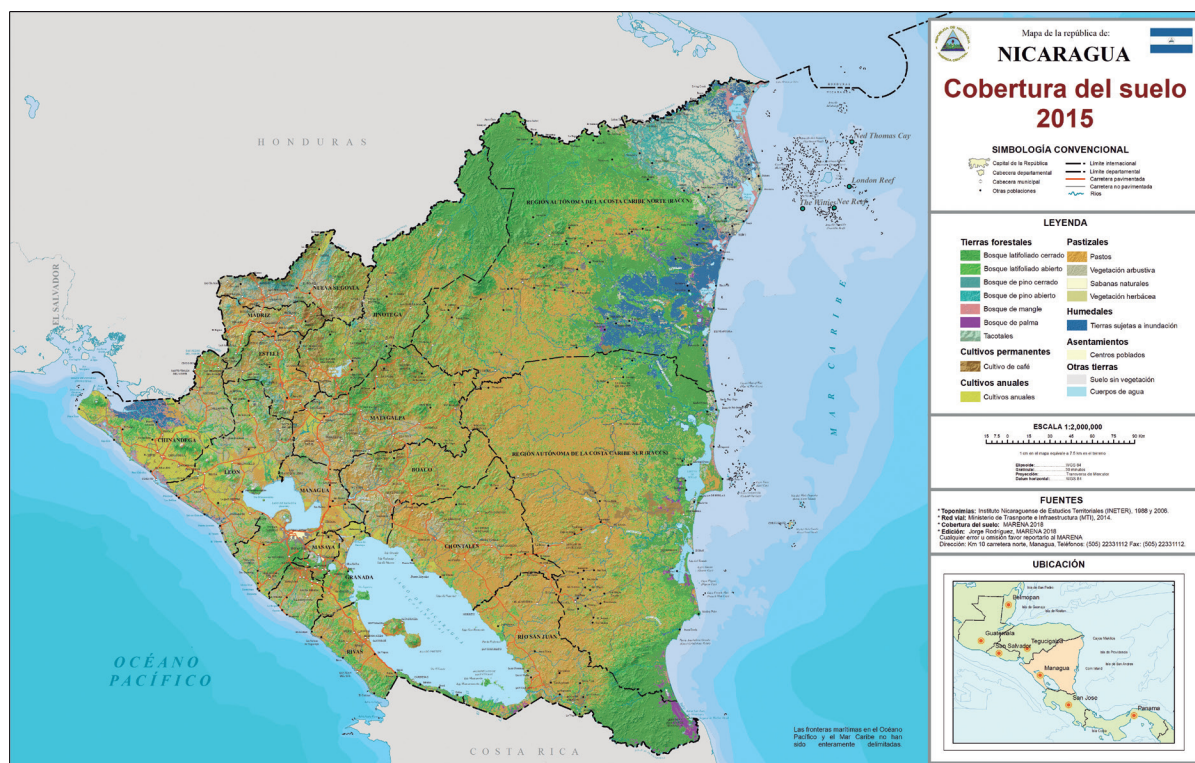


Figura 39. Cobertura del suelo para el año 2015

Fuente: MARENA, 2018.

Durante el período 2000 – 2015, Nicaragua experimentó cambios considerables en la cobertura y uso de suelo (Figura 39 y Figura 40):

- Aumento del uso agropecuario, manteniendo un crecimiento continuo. Pasó de un 42.48% en el 2000 a un 48.63% en el 2015.
- Disminución de la cobertura de bosque, durante todo el período sufrió una reducción de área. Pasó de un 40.20% en el 2000 a un 29.10% en el 2015.
- Aumento de la vegetación secundaria, manteniendo un crecimiento continuo. Pasó de un 4.75% en el 2000 a un 8.12% en el 2015.
- Aumento en otros usos, manteniendo un crecimiento continuo. Pasó de un 12.57% en el 2000 a un 14.16% en el 2015. En estos estratos de uso del suelo, la dinámica de cambio es baja.

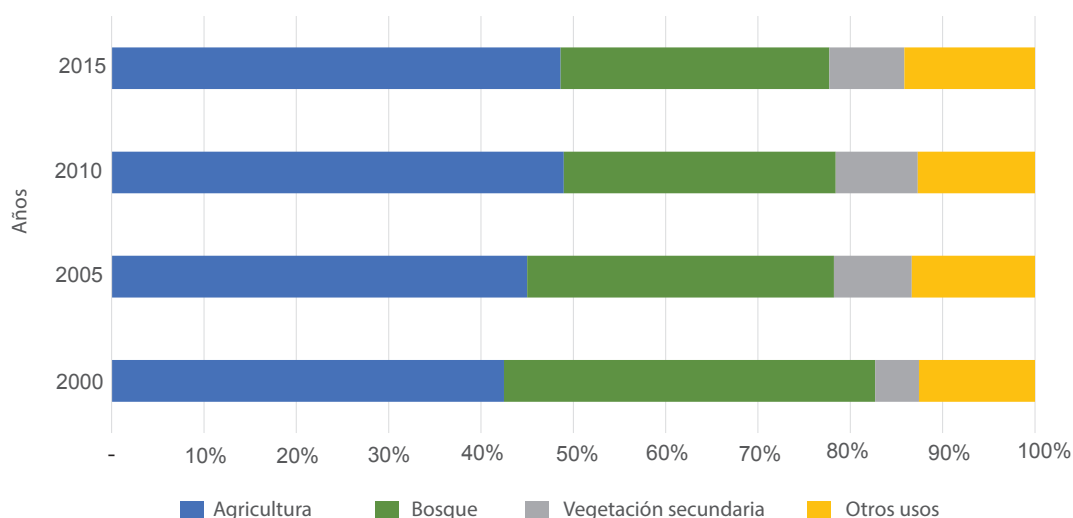


Figura 40. Cambios históricos en el peso de las categorías de uso de suelo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52. Uso del suelo histórico 2000 – 2015

Uso del suelo	Años/ha			
	2000	2005	2010	2015
Agropecuaria	5,502,589.69	5,829,675.98	6,343,698.61	6,298,601.40
Bosque	5,206,252.17	4,301,518.51	3,813,077.56	3,768,707.43
Vegetación secundaria	614,731.92	1,092,008.58	1,152,043.20	1,051,168.48
Otros usos	1,628,529.68	1,728,900.39	1,643,284.09	1,833,626.15
Total	12,952,103.46	12,952,103.46	12,952,103.46	12,952,103.46

Fuente: Elaboración propia.

Dinámica de la deforestación histórica

Nicaragua cuenta con una extensa cobertura en bosques naturales (3.7 millones de ha) que lo convierte en el cuarto país de Centro América con mayor área de bosques¹², y por ende, con potenciales condiciones para incentivar su desarrollo a partir de su patrimonio forestal. Los bosques están distribuidos en 3 principales regiones fisiográficas del país. Según el mapa de uso del suelo 2015, se encuentran en mayor proporción en la región de la Costa Caribe con un 82% y un 12% en las regiones del Pacífico y Centro – Norte.

12 Evaluación de recursos forestales mundiales – FRA / FAO

Según la ENDE REDD+ - MARENA (2017b), las principales causas directas de la deforestación en el país son la expansión de la frontera agrícola y la ganadería extensiva. Estas causas son impulsadas por factores tecnológicos y económicos (mercados; incentivos; tecnologías, costos de producción y consumo), factores políticos e institucionales (políticas sectoriales y territoriales; presencia institucional y condiciones sociales); factores culturales (visión del bosque; arraigo, prácticas ancestrales y educación); factores demográficos (crecimiento de la población, migración); factores biofísicos (pendiente, clima, suelos, yacimientos, oferta hídrica, presencia de maderas finas, accesibilidad).

Dinámica de recuperación de cobertura forestal

De acuerdo con los mapas nacionales de cobertura de suelo de Nicaragua, durante el período 2005 - 2015, se identifica una significativa recuperación de la cobertura vegetal. Se estima que anualmente se restauran 50 mil hectáreas mediante el manejo de la regeneración natural, los cuales ocurren en las Regiones Pacífico y Centro Norte del país (Figura 41). Según el Programa de la Cruzada Nacional de Reforestación, hasta el año 2015, se ha logrado la producción de 87,722,654 plantas forestales de especies diversas y el establecimiento de 161,177.95 hectáreas de plantaciones entre Sistemas Agroforestales (SAF) y compactas (INAFOR, 2016).

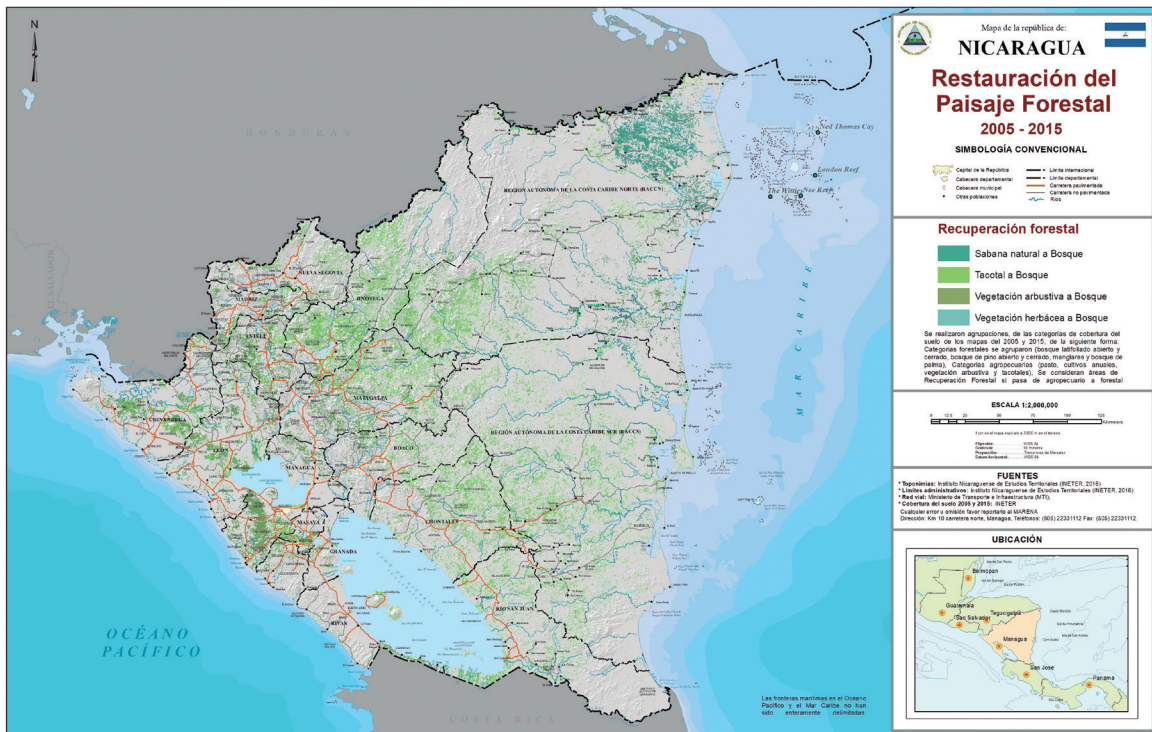


Figura 41. Recuperación de cobertura forestal para el período 2005 – 2015

Fuente: MARENA, 2018.

7.3.3.2. Análisis de categoría/fuente de emisión

La Tabla 53, presenta la lista de las 6 categorías de uso de suelo orientadas por el IPCC, que serán consideradas en la estimación de emisiones y absorciones de GEI en este subsector.

Tabla 53. Categorías del subsector UTCUTS aplicables en Nicaragua y gases incluidos

Código	Categoría	Clave	Definición	Explicación	Gases		
					CO ₂	CH ₄	N ₂ O
3B	Tierras						
3.B.1	Tierras Forestales (TF)	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.1.a	- Tierras Forestales que permanecen como tales	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.1.b	- Tierras Convertidas a Tierras Forestales	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.2	Tierras de Cultivos (TC)	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.2.a	- Tierras de Cultivos que permanecen como tales	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.2.b	- Tierras convertidas a Tierras de Cultivos	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.3	Pastizales (P)	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.3.a	- Pastizales que permanecen como tales	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.3.b	- Tierras convertidas a Pastizales	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.4	Humedales (H)	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.4.a	- Humedales que permanecen como tales	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.4.b	- Tierras convertidas a Humedales	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.5	Asentamientos (AS)	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.5.a	- Asentamientos que permanecen como tales	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.5.b	- Tierras convertidas en Asentamientos	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.6	Otras Tierras (OT)	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.6.a	- Otras Tierras que permanecen como tales	IN	Incluida	Datos disponibles	x		
3.B.6.b	- Tierras convertidas a Otras Tierras	IN	Incluida	Datos disponibles	x		

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices IPCC, 2006.

Se realizó un análisis de la información disponible en el país para homologar las categorías de los mapas de cobertura y uso del suelo elaborados por INETER con los NREF-N elaborados por el MARENA y las categorías de uso de la tierra definidas en las Directrices del IPCC 2006.

Esto se realizó utilizando la conceptualización de cada una de las categorías descritas en las Directrices IPCC 2006 y las utilizadas para la elaboración de los mapas de cobertura y uso de suelo nacionales. Esto contribuye en identificar la correspondencia

y la coherencia entre las categorías y, posteriormente, obtener la clasificación de las clases de uso de la tierra según el IPCC 2006. Luego, se agruparon las categorías de los mapas de cobertura y uso del suelo del INETER, obteniéndose una clasificación homologada (Tabla 54).

Tabla 54. Conceptualización de categorías de uso de suelo

Categorías de uso de la tierra	Descripción (categorías de uso del suelo INETER)
Tierras Forestales	Área continua, igual o mayor a 1 hectárea, con una cubierta arbórea igual o mayor al 30%, y una altura promedio del árbol mayor de 4 metros. Esta definición incluye ecosistemas de bambú, manglares, palmas naturales, bosques secos, vegetación ribereña y cultivos permanentes con árboles de sombra
Tierras de Cultivos	Todas las áreas de cultivo, labranza y sistemas agroforestales, sin que estas pasen el umbral de bosque.
Pastizales	Comprende los pastizales naturales o vegetación que no tiene tallos leñosos, sin copa definida, tierra de pastoreo manejada y sin manejo evidente. Así como áreas con cubierta mixta de arbustos, lianas, y matorrales con presencia de árboles y copas que cubren del 10% a menos del 30% de la superficie del suelo, además de áreas de barbecho o descanso del sistema de subsistencia de corta y quema de la vegetación para cultivo.
Humedales	Comprende las tierras sujetas a inundación o tierras saturadas de agua durante la totalidad o parte del año.
Asentamientos	Esta categoría comprende tierras humanizadas de cualquier tamaño o con infraestructura de transporte.
Otras Tierras	Comprende las tierras de suelo desnudo o sin vegetación, sitios rocosos y cuerpos de agua, así como todas las áreas que no entran en ninguna de las demás categorías.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices IPCC, 2006.

A partir de la conceptualización, se homologó el resultado con las categorías de cambio definidas en los NREF-N; tal como se presenta en la Tabla 55.

Tabla 55. Homologación de categorías y subcategorías del subsector UTCUTS

IPCC	Clases nacionales INETER	NREF-N
Tierras Forestales	Bosque latifoliado cerrado	Bosque latifoliado con 70% de cobertura húmedo y seco
	Bosque latifoliado abierto	Bosque latifoliado con 30-69% de cobertura húmedo y seco
	Manglar	
	Bosque de palma	
	Bosque de pino cerrado	Bosque de pino con 70% de cobertura húmedo y seco
	Bosque de pino abierto	Bosque de Pino con 30-69% de cobertura húmedo y seco
	Cultivos perennes con sombra	Cultivos con >30% de sombra
	Tacotal	Vegetación Leñosa

IPCC	Clases nacionales INETER	NREF-N
Pastizales	Pasto	Vegetación no leñosa
	Sabana natural	
	Vegetación arbustiva	
	Vegetación herbácea	
Tierras de Cultivo	Cultivos anuales	
	Cultivos perennes	
Humedales	Tierras sujetas a inundación	
Asentamientos	Centros poblados	
Otras tierras	Suelo sin vegetación	No contemplada

Fuente: Elaboración propia.

7.3.3.3. Descripción del método a ser utilizado

Las emisiones y absorciones de GEI fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 y el método de Nivel 2, se utilizaron datos de actividad generados por el INETER, quien es la institución nacional encargada de generar y validar los mapas de cobertura y uso del suelo de Nicaragua para los años 2000, 2005, 2010 y 2015.

Para la preparación de los datos de actividad, se utilizó el enfoque 3 denominado “Datos de conversión del uso de la tierra explícitos en el espacio”, con el método cartográfico de pared a pared, utilizando técnicas de teledetección y sistemas de información geográfico con la finalidad de evaluar las transiciones de cambio de uso entre categorías para los períodos 2000-2005, 2000-2010 y 2000-2015.

Los FE y FR utilizados para las tierras forestales y sus transiciones a otros usos provienen de los NREF-N (Nivel 2). En el caso de las categorías de Pastizales, Tierras de cultivo, Humedales, Asentamientos y Otras tierras, se utilizaron los factores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

En la selección del método de estimación de las emisiones se tomó en consideración los depósitos de carbono para los cuales existe información en el país (Tabla 56).

Tabla 56. Depósitos de carbono incluidos en el inventario de GEI Nicaragua

Depósitos de carbono	Incluido	Justificación
Biomasa aérea	Si	La biomasa aérea es el sumidero principal incluido en el nivel de referencia y representa aproximadamente el 80% de las emisiones forestales.
Biomasa subterránea	Si	La biomasa subterránea de los bosques y la vegetación secundaria joven ("tacotales") se calcularon utilizando la ecuación de Cairns et al. (1997).
Hojarasca	No	Los estudios actuales realizados en Nicaragua no contienen la información requerida para realizar las estimaciones de Carbono en estos reservorios.
Madera muerta	No	
Materia orgánica del suelo	No	

Fuente: Niveles de Referencia de las Emisiones Forestales de Nicaragua, NREF-N, 2020-MARENA.

Para la estimación de las emisiones, se utilizó el método de pérdidas y ganancias, el cual contempla todos los cambios anuales en las existencias de carbono de la biomasa aérea y subterránea; a continuación, se presentan las fórmulas utilizadas por categoría y transición (IPCC, 2006).

Cambios en las existencias anuales de carbono para todo el subsector UTCUTS estimadas como la suma de los cambios en todas las categorías de uso de la tierra.

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{TF} + \Delta C_{TC} + \Delta C_P + \Delta C_H + \Delta C_{AS} + \Delta C_{OT}$$

(Ecuación 15)

El cambio anual de existencias viene dado por la fórmula de cambio anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en una categoría en particular de uso de la tierra (método de pérdidas y ganancias), para cada una de las categorías y sus transiciones (IPCC, 2006):

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

(Ecuación 16)

Donde:

- ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa (aérea y subterránea), considerando la superficie total, t C año⁻¹.
- ΔC_G = incremento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa considerando la superficie total, t C año⁻¹.
- ΔC_L = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa considerando la superficie total, t C año⁻¹.

Incremento anual de existencias de carbono en biomasa crecimiento de la biomasa viva (aérea y subterránea) en tierras que permanecen en la misma categoría de Uso de la Tierra.

$$\Delta C_G = \sum (A_{i,j} \times G_{TOTALi,j} \times CF_{i,j})$$

(Ecuación 17)

Donde:

- ΔC_G = incremento anual de las existencias de C en la biomasa debido al crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso, por tipo de vegetación y zona climática (t C año⁻¹).
- A = superficie que permanece en la misma categoría de Uso de la Tierra (ha).
- C_{TOTAL} = crecimiento medio anual de la biomasa (t materia seca ha⁻¹ año⁻¹).
- i = zona ecológica i ($i = 1$ a n).
- j = dominio climático j ($j = 1$ a m).
- CF = fracción de C de materia seca, t C (t d.m)⁻¹.

Reducción anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra

$$\Delta CL = L_{\text{remoción-bosques}} + L_{\text{madera-combustible}} + L_{\text{perturbación}}$$

(Ecuación 18)

Donde:

ΔCL = reducción anual de las existencias de C debida a la pérdida de biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de LU, t C año⁻¹.

$L_{\text{remoción-bosques}}$ = pérdida anual de C debida a la remoción de bosques, t C año⁻¹.

$L_{\text{madera-combustible}}$ = pérdida anual de C en la biomasa debida a remoción de madera combustible, t C año⁻¹.

$L_{\text{perturbación}}$ = pérdidas anuales de C en la biomasa debidas a perturbaciones, t C año⁻¹.

Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{\text{CONVERSIÓN}} - \Delta C_L$$

(Ecuación 19)

Donde:

ΔC_B = cambio anual en las existencias de C de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año⁻¹.

ΔC_G = incremento anual en las existencias de C de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año⁻¹.

$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$ = cambio inicial en las existencias de C de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año⁻¹.

ΔC_L = reducción anual en las existencias de C de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año⁻¹.

Estimaciones de Tendencias de Emisiones/ Absorciones Mediante Parámetros Sustitutos

Las emisiones del año 2000 fueron estimadas utilizando datos sustitutos para vincular las emisiones o absorciones con actividades subyacentes. Se utilizó el método de datos sustitutos descrito en las Directrices del IPCC 2006. Para esta estimación se utilizaron los datos del mapa de cobertura y uso del suelo de INETER del año 2000 y del 2005 para aplicar la siguiente ecuación:

$$Y_0 = y_t \times (s_0 / s_t)$$

(Ecuación 20)

Donde:

y = estimación de emisiones/absorciones en los años 0 y t.

s = parámetro estadístico sustituto en los años 0 y t.

Estimaciones de Emisiones Interpolada

Debido a que los mapas de cobertura y uso de la tierra del país se elaboraron para los años 2000, 2005, 2010 y 2015, la serie temporal completa se estimó utilizando el método de interpolación a través de las estimaciones detalladas, realizadas para los años 2005, 2010 y 2015, siguiendo las orientaciones descritas en las Directrices del IPCC 2006.

$$Y_t = Y_s + ((T_t - T_s) / (T_e - T_s)) \times (Y_e - Y_s)$$

(Ecuación 21)

Donde:

Y_t = estimación de emisiones interpolada.

Y_s = emisiones del año de inicio.

Y_e = emisiones del año final a interpolar.

T_t = año a interpolar.

T_s = año de inicio de la interpolación.

T_e = año final a interpolar.

7.3.3.4. Datos de actividad

El subsector UTCUTS, se refiere al uso y gestión de la tierra para el desarrollo de actividades antropogénicas que ejercen una influencia directa sobre gran diversidad de procesos de los ecosistemas, afectando los ciclos (flujos) naturales de los GEI en la atmósfera.

Las emisiones y absorciones de GEI en este subsector se producen en las denominadas “Tierras gestionadas” que son aquellas en las que hay intervención humana, por lo tanto, se desarrollan prácticas productivas, ecológicas, económicas y/o sociales.

Por esta razón, para obtener los DA, se realizó un proceso de estimación de las superficies de los usos de la tierra y cambios de uso de la tierra, en función del enfoque 3. En la Tabla 57, se presentan las fuentes de información utilizadas sobre la cual se implementó el método de representación de la superficie de uso de la tierra.

Tabla 57. Fuentes de información de las superficies de la tierra del subsector UTCUTS

Fuente de información	Descripción y fuente
Límites Oficiales de Nicaragua (actualización 2016)	Capa cartográfica formato Shapefile que contiene los límites oficiales utilizados en la cartografía nacional actualizado por INETER en el año 2016.

Fuente de información	Descripción y fuente
<p>Mapa de uso del suelo 2000</p>	<p>Mapa originalmente elaborado por MAGFOR utilizando imágenes de satélite Landsat georreferenciadas a un mapa base a escala 1:250,000 con 14 clases de uso y cobertura del suelo, con una validez temática del 81.31%. MARENA realizó la homogenización a 17 clases y agregó los polígonos de cultivos anuales, cultivos permanentes y algunas zonas de bosque de pino abierto del mapa original los convirtieron a sabanas naturales de acuerdo con la experiencia del especialista.</p> <p>La edición del INETER en 2017 lo llevó al mejoramiento cartográfico y temático de límites fronterizos y líneas costeras marítimas y lacustres, así como islas del Lago de Managua, Lago de Nicaragua, Océano Pacífico y Mar Caribe. INETER realizó una comprobación de la validez temática y dio resultados similares a la original.</p>
<p>Mapa de uso del suelo 2005</p>	<p>Mapa originalmente elaborado por la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ, por sus siglas en alemán) regional Centroamérica, utilizando imágenes de satélite Landsat, georeferenciadas a un mapa base a escala desconocida, con 22 clases de uso y cobertura del suelo, con una validez temática desconocida. MARENA realizó la homogenización a 17 clases y actualizó los polígonos de cultivos anuales, cultivos permanentes, agrupó algunas clases de uso y otras las renombró, de acuerdo con la experiencia del especialista.</p> <p>La edición del INETER, lo llevó al mejoramiento cartográfico y temático de límites fronterizos y líneas costeras marítimas y lacustres, así como islas del Lago de Managua, Lago de Nicaragua, Océano Pacífico y Mar Caribe. El INETER realizó la validez temática dando como resultado 85.8%, utilizando 1,186 puntos distribuidos proporcionalmente al tamaño de cada clase y espacialmente al azar.</p>
<p>Mapa de uso del suelo 2010</p>	<p>Mapa originalmente elaborado por GIZ regional Centroamérica utilizando imágenes de satélite Landsat georreferenciadas a un mapa base a escala desconocida con 22 clases de uso y cobertura del suelo con una validez temática desconocida. MARENA realizó la homogenización a 17 clases y actualizó los polígonos de cultivos anuales, cultivos permanentes, agrupó algunas clases de uso y otras las renombró, de acuerdo con la experiencia del especialista.</p>

Fuente de información	Descripción y fuente
Mapa de uso del suelo 2010	La edición del INETER, lo llevó al mejoramiento cartográfico y temático de límites fronterizos y líneas costeras marítimas y lacustres, así como islas del Lago de Managua, Lago de Nicaragua, Océano Pacífico y Mar Caribe. El INETER realizó la validez temática dando como resultado 84.3%, basado en una distribución de puntos de control (1,186) que fueron distribuidos proporcionalmente según la superficie por categoría de cobertura de uso.
Mapa de uso del suelo 2015	<p>Mapa originalmente elaborado por GIZ regional Centroamérica utilizando imágenes de satélite Landsat georreferenciadas a un mapa base a escala desconocida con 22 clases de uso y cobertura del suelo con una validez temática desconocida. MARENA realizó la homogenización a 17 clases y actualizó los polígonos de cultivos anuales, cultivos permanentes, agrupó algunas clases de uso y otras las renombró, de acuerdo con la experiencia del especialista.</p> <p>La edición del INETER, lo llevó al mejoramiento cartográfico y temático de límites fronterizos y líneas costeras marítimas y lacustres, así como islas del Lago de Managua, Lago de Nicaragua, Océano Pacífico y Mar Caribe. INETER realizó la validez temática, dando como resultado 86.9%, utilizando 1,180 puntos distribuidos proporcionalmente al tamaño de cada clase y espacialmente al azar.</p>
Línea de Base (Punto de Control) Precipitación Media Anual al 2010	<p>Estos mapas han sido elaborados a partir de modelos regionales obtenidos del experimento CMIP5 (Coupled Model Intercomparison del World Climate Research Programme WCRP) y la climatología del Atlas de Nicaragua 1971-2000.</p> <p>La elaboración del producto ha estado a cargo de la Dirección General de Meteorología del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER y MARENA, 2016).</p>
Mapa de áreas protegidas de Nicaragua	Este mapa fue proporcionado por el MARENA actualizado al 2017 (MARENA, 2017).

Fuente: Elaboración propia.

Para cada año (2000, 2005, 2010 y 2015), se identificaron las tierras no gestionadas a nivel nacional. Se realizó un análisis cartográfico de las áreas protegidas de Nicaragua y el grado de intervención humana a los cuales están sometidas, usando como parámetros principales: inexistencia de centros poblados y de actividad socioeconómicas en el área núcleo, áreas protegidas con caminos de penetración a menos de 5 km del área núcleo y pendientes de más de 15%.

Como resultado del procesamiento, se identificó que dos áreas protegidas cumplen parcialmente con las premisas, la Reserva Biosfera de Bosawas en un 68% y la Reserva Indio Maíz en un 43%. Estas áreas se consideraron bajo la categoría de Bosque no gestionado y se informaron en la categoría de Otras tierras, tal como lo estipulan las Directrices del IPCC 2006.

La Tabla 58, muestra la distribución en hectáreas de los usos de la tierra en función de los resultados de la homologación entre los mapas de cobertura y uso actual del suelo de INETER, los NREF- N y las categorías del IPCC.

Tabla 58. Distribución de los usos de la tierra en función de los resultados de la homologación (hectáreas)

NREF-N	Categorías IPCC	Subcategorías	Años / ha			
			2000	2005	2010	2015
Tierras forestales (Clasificación climática húmedo y seco)	Tierras Forestales	Tierras forestales (BL- Bosque Latifoliado >70%)	2,750,788.85	2,319,620.81	1,989,680.71	1,865,731.52
		Tierras forestales (BL- Bosque Latifoliado 30-69%)	2,012,024.76	1,575,065.33	1,444,578.58	1,442,095.18
		Tierras forestales (BL- Bosque Latifoliado >70%)	32,039.57	30,656.10	23,690.82	52,111.77
		Tierras forestales (BL- Bosque Latifoliado 30-69%)	59,140.30	58,001.60	62,995.93	55,876.55
		Tierras forestales (BP- Bosque de Pino >70%)	136,203.68	67,743.40	50,859.78	99,596.49
		Tierras forestales (BP-Bosque de Pino 30-69%)	170,155.32	197,111.69	184,108.96	162,648.00
		Tierras de cultivo perenne con sombra	45,899.66	53,319.56	57,162.80	90,647.89
		Otras tierras forestales	614,731.91	1,092,008.60	1,152,043.21	1,051,168.47
Vegetación no leñosa	Tierras de Cultivo	Tierras de cultivo anual	431,001.77	479,024.46	511,051.35	502,462.53
		Tierras de cultivo perenne	74,362.27	85,683.98	76,420.84	140,878.07
	Pastizales	4,997,225.67	5,264,967.55	5,756,226.42	5,655,260.82	
	Humedales	152,859.40	260,092.38	139,174.03	372,805.48	
	Asentamientos	42,484.74	38,292.32	72,445.84	75,666.98	
No contemplada	Otras tierras	Otras tierras	1,183,350.39	1,180,680.51	1,181,828.73	1,155,364.62
		Otras tierras (BGN)	249,835.17	249,835.17	249,835.46	229,789.09
TOTAL			12,952,103.46	12,952,103.46	12,952,103.46	12,952,103.46

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo con el procedimiento presentado en las Directrices IPCC 2006, se procedió a elaborar un modelo de clasificación para las regiones climáticas por defecto¹³. Para esto, se utilizaron los mapas de Línea de Base (Punto de Control) Precipitación y Temperatura Media Anual al 2010, con esto se clasificó el país en Clima Seco (Dry) y Húmedo (Wet). A partir de lo anterior, se elaboró una clasificación de las tierras forestales que relaciona directamente los factores de emisión-remoción desarrollados para el NREF-N.

El procesamiento de las áreas por categoría de uso de la tierra, consistió en realizar una intersección con los tipos de clima por defecto para los períodos analizados, tomándose como año base el 2000. Luego, se evaluó el cambio de uso de suelo para el período comprendido entre el año 2000 y el 2005; 2000 y el 2010; y, 2000 y el 2015. Se utilizó el método de pared a pared para obtener el cambio, obteniéndose una matriz de 15 x 15 para un total de 225 categorías de análisis utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones (Tabla 59, Tabla 60, Tabla 61).

13 Figura 3A.5.2 Modelo de clasificación para las regiones climáticas por defecto, esta se basa en la elevación, media anual de temperatura, media anual de precipitación relación entre la media anual de precipitación y el evapotransporte potencial, y la incidencia de heladas.

Tabla 59. Matriz de cambio de uso de suelo 2000-2005 (hectáreas)

Categorías	Tierras Forestales (BLW >70%)	Tierras Forestales (BLW30-69%)	Tierras Forestales (BLD >70%)	Tierras Forestales (BLD 30-69%)	Tierras Forestales (BP >70%)	Tierras Forestales (BP 30-69%)	Tierras de cultivo P con sombra	Otras Tierras Forestales	Tierras de cultivo A	Tierras de cultivo P	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	Otras tierras (BGN)	2000
Tierras forestales (BLW >70%)	2,286,573.92	118,318.30			181.17	177.17	733.97	161,777.80	10,813.22	982.08	169,016.01	186.25	107.88	1,921.08		2,750,788.85
Tierras forestales (BLW 30-69%)	24,094.86	1,192,363.15			83.28	184.93	1,873.10	223,939.44	19,339.28	6,432.70	537,590.81	1,394.20	154.55	4,574.46		2,012,024.76
Tierras forestales (BLD >70 %)			24,662.13	3,227.14	4.16	6.03	400.88	2,433.16	166.44	147.73	986.29	0.03	0.25	5.33		32,039.57
Tierras forestales (BLD 30-69%)			5,399.41	17,387.30	30.39	28.39	1,204.49	1,955.74	316.47	400.59	32,393.82	4.40	0.12	19.18		59,140.30
Tierras forestales (BP >70 %)	197.07	484.23	3.45	17.98	39,557.71	80,946.22	0.87	1,510.73	387.23	5.90	12,906.92	98.50	34.56	52.31		136,203.68
Tierras forestales (BP 30-69%)	89.06	302.38	14.47	36.54	27,105.55	112,565.21	5.74	4,305.78	143.09	19.56	24,875.22	362.75	54.69	275.28		170,155.32
Tierras de cultivo P con sombra	24.42	139.05	4.03	76.37	1.32	4.07	45,381.68	121.81	1.58		143.05		0.92	1.36		45,899.66
Otras tierras forestales	828.53	196,960.43	47.44	32,266.79	177.94	1,517.72	3,396.18	135,272.33	5,596.43	2,850.89	233,657.09	261.11	263.62	1,635.41		614,731.91
Tierras de cultivo A	248.67	476.70	9.66	31.51	23.36	15.08	3.50	663.86	425,091.26	82.16	3,792.67	7.36	239.34	316.64		431,001.77
Tierras de cultivo P	69.29	454.43	19.80	187.77	5.00	11.14		536.51	19.21	72,456.94	589.49	0.01	4.37	8.31		74,362.27
Pastizales	5,813.85	54,153.12	480.66	4,746.39	532.32	1,523.89	306.59	557,188.01	15,862.37	2,276.30	4,233,644.31	111,545.50	2,943.96	6,208.40		4,997,225.67
Humedales	159.24	4,113.97	0	4.72	3.16	16.94		149.47	227.97		496.26	145,100.96	9.69	2,577.02		152,859.40
Asentamientos	85.61	2,465.74	0.05	5.63	0.07	40.09	9.52	307.50	620.21	15.67	4,167.63	26.47	34,326.59	413.96		42,484.74
Otras tierras	1,436.29	4,833.83	15.00	13.46	37.97	74.81	3.04	1,846.46	439.7	13.46	10,707.98	1,104.84	151.78	1,162,671.77		1,183,350.39
Otras tierras (BGN)															249,835.17	249,835.17
2005	2,319,620.81	1,575,065.33	30,656.10	58,001.60	67,743.40	197,111.69	53,319.56	1,092,008.60	479,024.46	85,683.98	5,264,967.55	260,092.38	38,292.32	1,180,680.51	249,835.17	12,952,103.46

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60. Matriz de cambio de uso de suelo 2000-2010 (hectáreas)

Categorías	Tierras Forestales (BLW >70%)	Tierras Forestales (BLW30-69%)	Tierras Forestales (BLD >70%)	Tierras Forestales (BLD 30-69%)	Tierras Forestales (BP >70%)	Tierras Forestales (BP 30-69%)	Tierras de cultivo P con sombra	Otras Tierras Forestales	Tierras de cultivo A	Tierras de cultivo P	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	Otras tierras (BGN)	2000
Tierras forestales (BLW >70%)	1,954,206.70	147,796.54			90.06	171.25	966.92	185,727.05	31,035.65	1,461.03	426,258.32	92.1	1,384.07	1,599.18		2,750,788.87
Tierras forestales (BLW 30-69%)	7,053.11	1,080,306.36			66.68	195.24	2,711.62	192,307.82	31,231.74	4,537.15	686,335.84	422.93	2,373.24	4,482.77		2,012,024.50
Tierras forestales (BLD >70 %)			22,035.96	3,511.69	1.40	2.99	494.67	2,910.01	191.5	1,606.74	1,274.51		5.78	4.31		32,039.56
Tierras forestales (BLD 30-69%)			53.85	19,672.12	24.38	48.18	1,685.00	29,434.91	376.75	2,226.26	5,557.67	0.32	46.02	14.84		59,140.30
Tierras forestales (BP >70 %)	6,855.93	506.04	324.84	16.25	28,424.85	78,785.50	75.11	5,484.88	398.88	1,065.00	14,051.88	9.23	153.7	51.59		136,203.68
Tierras forestales (BP 30-69%)	158.28	341.59	18.69	31.41	21,658.56	100,546.06	471.51	5,109.55	171.53	1,834.97	39,188.01	6.08	405.14	213.94		170,155.32
Tierras de cultivo P con sombra	167.15	1,584.68	153.85	2,964.11	26.49	19.84	36,776.11	3,207.70	27.54		962.29		8.28	1.63		45,899.67
Otras tierras forestales	17,138.77	148,485.29	330.15	28,222.54	41.64	1,995.27	5,814.01	94,794.96	12,390.82	6,130.48	296,284.53	33.11	1,779.36	1,291.01		614,731.94
Tierras de cultivo A	198.54	436.68	7.49	27.58	22.47	12.51	20.91	635.10	418,634.22	181.02	6,165.99	5.01	2,839.11	1,815.14		431,001.77
Tierras de cultivo P	1,303.06	5,079.23	733.03	3,773.45	99.66	132.78		9,593.02	1,924.12	40,523.96	10,875.52	0	306.51	17.94		74,362.28
Pastizales	1,305.75	50,166.93	29.95	4,689.32	372.66	2,123.77	8,130.44	620,719.63	13,592.94	16,824.77	4,250,368.32	883.25	20,934.62	7,083.28		4,997,225.63
Humedales	202.72	4,677.78	0.00	3.65	2.31	16.25		139.35	759.87		7,803.42	136,851.10	224.26	2,178.75		152,859.46
Asentamientos	33.56	130.14		0.04	0.06	1.42	14.08	195.89	55.69	15.39	488.40	0.41	41,483.82	65.85		42,484.75
Otras tierras	1,057.14	5,067.32	3.01	83.77	28.56	57.9	2.42	1,783.34	260.1	14.07	10,611.72	870.49	501.93	1,163,008.50		1,183,350.27
Otras tierras (BGN)															249,835.46	249,835.46
2010	1,989,680.71	1,444,578.58	23,690.82	62,995.93	50,859.78	184,108.96	57,162.80	1,152,043.21	511,051.35	76,420.84	5,756,226.42	139,174.03	72,445.84	1,181,828.73	249,835.46	12,952,103.46

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61. Matriz de cambio de uso de suelo 2000-2015 (hectáreas)

Categorías	Tierras Forestales (BLW >70%)	Tierras Forestales (BLW30-69%)	Tierras Forestales (BLD >70%)	Tierras Forestales (BLD 30-69%)	Tierras Forestales (BP >70%)	Tierras Forestales (BP 30-69%)	Tierras de cultivo P con sombra	Otras Tierras Forestales	Tierras de cultivo A	Tierras de cultivo P	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	Otras tierras (BGN)	2000
Tierras forestales (BLW >70%)	1,511,082.72	460,219.54			181.10	161.53	4,607.74	188,005.21	82,787.92	6,101.27	505,523.53	9,119.25	1,423.44	1,621.70		2,770,834.95
Tierras forestales (BLW 30-69%)	211,354.98	673,393.70			146.97	129.04	7,570.94	284,536.97	40,487.97	25,398.35	723,736.34	38,623.22	2,458.21	4,188.09		2,012,024.78
Tierras forestales (BLD >70 %)			22,950.94	3,253.67	5.14	3.74	1,086.11	1,743.83	131.11	304.69	2,480.87		6.02	73.45		32,039.57
Tierras forestales (BLD 30-69%)			10,966.44	16,961.66	57.45	42.32	4,144.46	1,930.49	609.07	1,205.35	23,066.16	5.52	50.32	101.07		59,140.31
Tierras forestales (BP >70 %)	308.34	447.1	36.78	69.12	51,018.58	38,745.61	187.26	1,207.09	99.08	240.58	26,319.64	17,287.36	172.75	64.38		136,203.67
Tierras forestales (BP 30-69%)	134.85	279.81	63.54	78.36	28,012.91	69,251.87	1,297.48	3,676.15	409.95	1,141.63	55,922.61	9,380.62	414.86	90.68		170,155.32
Tierras de cultivo P con sombra	20.84	31.27	8.09	16.84	0.19	0.39	44,800.69	178.59	23.51		807.00		11.26	0.98		45,899.65
Otras tierras forestales	11,694.95	153,227.87	262.01	23,604.77	1,493.35	1,745.19	14,476.48	140,606.85	12,028.47	9,300.50	238,411.20	4,847.32	1,920.94	1,111.99		614,731.89
Tierras de cultivo A	271.02	282.57	24.47	6.89	2.03	3.38	92.38	6,491.92	345,523.77	5,726.18	68,355.12	508.51	3,201.26	512.27		431,001.77
Tierras de cultivo P	154.27	224.84	52.58	86.15	2.87	10.57		2,432.84	569.31	60,207.39	10,275.59		338.21	7.64		74,362.26
Pastizales	124,093.71	143,081.85	17,645.99	11,765.46	18,442.29	51,809.52	12,378.80	418,899.54	18,729.66	31,204.99	3,938,167.98	179,385.02	23,071.12	8,549.71		4,997,225.64
Humedales	5,140.38	7,730.32		5.20	208.01	607.04		227.87	512.7	15.61	32,401.66	103,973.02	251.58	1,786.07		152,859.46
Asentamientos	28.69	95.38	0.06	0.52	0.60	0.92	1.58	176.42	9.25	4.75	338.29	10.60	41,746.12	71.55		42,484.73
Otras tierras	1,446.77	3,080.93	100.87	27.91	25.00	136.88	3.97	1,054.70	540.76	26.78	29,454.83	9,665.04	600.89	1,137,185.04		1,183,350.37
Otras tierras (BGN)															229,789.09	229,789.09
2015	1,865,731.52	1,442,095.18	52,111.77	55,876.55	99,596.49	162,648.00	90,647.89	1,051,168.47	502,462.53	140,878.07	5,655,260.82	372,805.48	75,666.98	1,155,364.62	229,789.09	12,952,103.46

Fuente: Elaboración propia.

7.3.3.5. Factores de emisión

Para tierras forestales, los datos paramétricos y FE utilizados provienen de diferentes fuentes, como son valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006) y los FE y FR estimados en el NREF-N (MARENA, 2020).

Según lo expresado en el NREF-N, este se construyó considerando las orientaciones establecidas por la CMNUCC en su decisión 12/CP.17 (CMNUCC, 2012) y las circunstancias nacionales en relación con los DA disponibles y las metodologías aplicables. Se utilizaron los datos del INF, elaborado por INAFOR en 2007, el cual considera la metodología del Programa de Monitoreo y Evaluaciones Nacionales Forestales de la FAO.

Para el cálculo de los FE, se utilizó la base de datos a nivel de árbol del INF, tomando en cuenta el área de la parcela o subparcela de la medición del árbol y un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) mínimo de 10 cm, excluyendo del análisis los árboles muertos. Debido a que Nicaragua no cuenta con ecuaciones alométricas oficiales para la biomasa de árboles, se utilizó el modelo pantropical ajustado por Chave et al (2014). En la Tabla 62, se presentan densidades de carbono utilizadas para la estimación de emisiones y/o absorciones.

Tabla 62. Densidades de carbono estimadas a partir de los datos del Inventario Nacional Forestal

Categoría	Factor de Emisión	
	tC/ha	Límites de confianza
Tierras Forestales (BLW >70%)	47.36	7.83
Tierras Forestales (BLW 30-69%)	36.51	5.01
Tierras Forestales (BLD >70%)	62.84	26.56
Tierras Forestales (BLD 30-69%)	23.87	5.35
Tierras Forestales (BP >70%)	10.65	18.37
Tierras Forestales (BP 30-69%)	15.75	6.30
Tierras de Cultivo Perenne con Sombra >30%	22.18	9.06
Vegetación Leñosa	13.17	2.33
Vegetación Leñosa Seca	9.14	1.82
Vegetación no leñosa (IPCC, 2006)	6.11	1.81

Fuente: Niveles de Referencia de las Emisiones Forestales de Nicaragua.

En el caso de los bosques que permanecen intactos, se utilizaron los parámetros provistos por las Directrices del IPCC 2006 para contabilizar la remoción de CO₂ por el crecimiento medio anual de la biomasa aérea y subterránea por hectárea.

7.3.3.6. Resultado de la estimación de emisiones

El subsector UTCUTS tiene una importancia particular, ya que es el único sector donde se presentan remociones de CO₂ de la atmósfera, por lo que se considera un sumidero.

La estimación de emisiones y absorciones de este subsector deja de manifiesto los procesos de uso y cambio de uso del territorio que se han desarrollado para el período de análisis (2000-2015). En la Tabla 63 y en la Figura 42, se presentan los resultados de la estimación y se observa un aumento de las emisiones del 11.82% para el período del 2000 al 2005. Sin embargo, para el período del 2005 al 2010, se observa una reducción del 21.48% que continúa durante el período del 2010 al 2015 con una reducción del 27.36%. En total para el período evaluado, la reducción de emisiones registrada es 6,848.65 Gg CO₂, que representa un 36.22%.

El estudio “La problemática de las existencias de carbono forestal y el enfoque estratégico del Programa ENDE-REDD+ para atender estas causas a nivel nacional” (MARENA, 2017a), señala que, ha habido una disminución de las pérdidas anuales de bosques desde el 2005, debido al menor acceso a los bosques remanentes, lo que supone una efectividad positiva del manejo de áreas protegidas. Otro factor, es el impacto de los programas de reforestación y regeneración nacional promovidos por el GRUN, que reforestaron 161,177.95 ha y regeneraron 187,000 ha entre 2007 y 2016. Además, los datos de tasas de cambio de los períodos 2005-2010 a 2010-2015 utilizados en el estudio sugieren que hay una recuperación de los bosques fuera de la Costa Caribe.

Tabla 63. Emisiones totales del subsector UTCUTS por categoría (Gg CO₂-eq)

Categorías	Años/Gg CO ₂ -eq							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
3.B Tierras	18,910.93	19,358.05	19,805.15	20,252.27	20,699.39	21,146.50	20,238.19	19,329.91
3.B.1 Tierras Forestales	763.93	742.28	720.62	698.96	677.31	655.65	586.25	516.84
3.B.2 Tierras de Cultivo	1,166.44	1,193.87	1,221.31	1,248.74	1,276.18	1,303.61	1,248.37	1,193.14
3.B.3 Pastizales	16,644.95	17,093.40	17,541.84	17,990.29	18,438.73	18,887.18	18,115.07	17,342.97
3.B.4 Humedales	37.87	37.48	37.10	36.72	36.33	35.95	29.61	23.28
3.B.5 Asentamientos	28.50	27.94	27.37	26.81	26.25	25.69	45.02	64.36
3.B.6 Otras Tierras	269.24	263.08	256.91	250.75	244.59	238.42	213.87	189.32

Categorías	Años/Gg CO ₂ -eq							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
3.B - Tierras	18,421.61	17,513.31	16,605.02	15,696.48	14,787.92	13,879.38	12,970.84	12,062.28
3.B.1 - Tierras Forestales	447.43	378.03	308.62	59.91	-188.81	-437.53	-686.24	-934.96
3.B.2 - Tierras de Cultivo	1,137.90	1,082.66	1,027.43	1,082.77	1,138.11	1,193.46	1,248.80	1,304.14
3.B.3 - Pastizales	16,570.86	15,798.76	15,026.65	14,244.63	13,462.61	12,680.60	11,898.58	11,116.56
3.B.4 - Humedales	16.95	10.61	4.28	86.27	168.25	250.23	332.22	414.20
3.B.5 - Asentamientos	83.70	103.04	122.38	115.27	108.16	101.05	93.94	86.83
3.B.6 - Otras Tierras	164.77	140.21	115.66	107.63	99.60	91.57	83.54	75.51

Fuente: Elaboración propia.

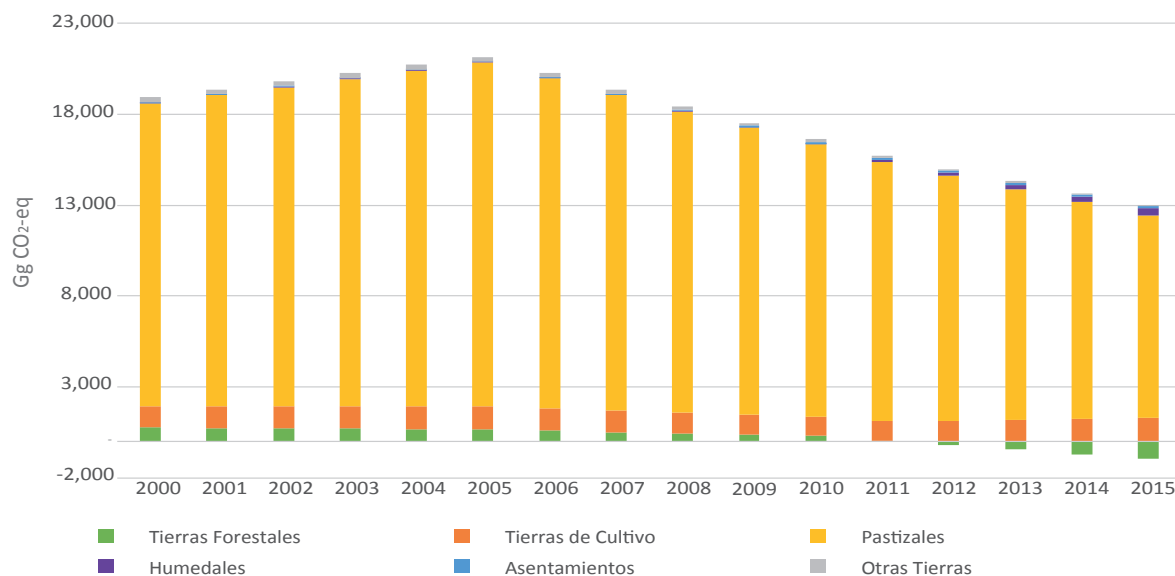


Figura 42. Emisiones por categoría del subsector UTCUTS

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 64, se presentan los resultados del subsector UTCUTS para las fuentes de emisiones y absorciones, producto del incremento de la biomasa que se da principalmente en las tierras forestales, en las tierras de cultivo perenne con cobertura forestal de más del 30%, en las tierras de cultivo perenne y otras tierras forestales (tacotales), así como cambios de uso de la tierra dentro de las subcategorías de Tierras forestales que se contabilizan en el país.

Las emisiones se originan por las acciones de aprovechamiento de las tierras forestales (bosques), plantaciones forestales (no registradas en el presente inventario), cosecha de leña y madera en rollo, perturbaciones naturales, eliminación de biomasa comenzando en tierras forestales a otros usos como a pastizales, tierras de cultivos, humedales, asentamientos y otras tierras.

Tabla 64. Emisiones y absorciones del subsector UTCUTS

Categorías y subcategorías	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
3.B - Tierras	18,910.93	19,358.06	19,805.15	20,252.28	20,699.38	21,146.49	20,238.20	19,329.91
3.B.1 - Tierras Forestales	763.93	742.28	720.62	698.97	677.31	655.65	586.25	516.84
3.B.1.a - Tierras forestales que permanecen como tales	679.90	1,603.15	2,526.39	3,449.64	4,372.88	5,296.13	4,790.34	4,284.55
3.B.1.b - Tierras Convertidas a Tierras Forestales	84.03	-860.87	-1,805.77	-2,750.67	-3,695.57	-4,640.48	-4,204.09	-3,767.71
3.B.2 - Tierras de Cultivo	1,166.44	1,193.88	1,221.31	1,248.74	1,276.17	1,303.60	1,248.38	1,193.14
3.B.2.a - Tierras de Cultivo que permanecen como tales	1,038.13	905.45	772.76	640.07	507.38	374.69	320.65	266.60
3.B.2.b - Tierras Convertidas a Tierras de Cultivo	128.31	288.43	448.55	608.67	768.79	928.91	927.73	926.54
3.B.3 - Pastizales	16,644.95	17,093.40	17,541.84	17,990.29	18,438.73	18,887.18	18,115.07	17,342.97
3.B.3.a - Pastizales que permanecen como tales	0	0	0	0	0	0	0	0
3.B.3.b - Tierras Convertidas a Pastizales	16,644.95	17,093.40	17,541.84	17,990.29	18,438.73	18,887.18	18,115.07	17,342.97
3.B.4 - Humedales	37.87	37.48	37.10	36.72	36.33	35.95	29.61	23.28
3.B.4.a - Humedales que permanecen como tales	0	0	0	0	0	0	0	0
3.B.4.b - Tierras Convertidas a Humedales	37.87	37.48	37.10	36.72	36.33	35.95	29.61	23.28
3.B.5 - Asentamientos	28.50	27.94	27.37	26.81	26.25	25.69	45.02	64.36
3.B.5.a - Asentamientos que permanecen como tales	0	0	0	0	0	0	0	0
3.B.5.b - Tierras Convertidas a Asentamientos	28.50	27.94	27.37	26.81	26.25	25.69	45.02	64.36
3.B.6 - Otras Tierras	269.24	263.08	256.91	250.75	244.59	238.42	213.87	189.32
3.B.6.a - Otras Tierras que permanecen como tales	0	0	0	0	0	0	0	0
3.B.6.b - Tierras Convertidas a Otras Tierras	269.24	263.08	256.91	250.75	244.59	238.42	213.87	189.32

Categorías y subcategorías	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
3.B - Tierras	18,421.61	17,513.32	16,605.03	15,696.48	14,543.85	13,147.12	15,506.32	12,062.29
3.B.1 - Tierras Forestales	447.43	378.03	308.63	59.91	-432.89	-1,169.79	1,849.24	-934.96
3.B.1.a - Tierras forestales que permanecen como tales	3,778.76	3,272.98	2,767.19	2,762.56	2,757.93	2,753.29	2,748.66	2,744.03
3.B.1.b - Tierras Convertidas a Tierras Forestales	-3,331.33	-2,894.95	-2,458.56	-2,702.65	-3,190.82	-3,923.08	-899.42	-3,678.99
3.B.2 - Tierras de Cultivo	1,137.90	1,082.67	1,027.43	1,082.77	1,138.12	1,193.46	1,248.80	1,304.15
3.B.2.a - Tierras de Cultivo que permanecen como tales	212.55	158.51	104.46	81.77	59.08	36.39	13.70	-8.99
3.B.2.b - Tierras Convertidas a Tierras de Cultivo	925.35	924.16	922.97	1,001.00	1,079.04	1,157.07	1,235.10	1,313.14
3.B.3 - Pastizales	16,570.86	15,798.76	15,026.65	14,244.63	13,462.61	12,680.60	11,898.58	11,116.56
3.B.3.a - Pastizales que permanecen como tales	0	0	0	0	0	0	0	0
3.B.3.b - Tierras Convertidas a Pastizales	16,570.86	15,798.76	15,026.65	14,244.63	13,462.61	12,680.60	11,898.58	11,116.56
3.B.4 - Humedales	16.95	10.61	4.28	86.27	168.25	250.23	332.22	414.20
3.B.4.a - Humedales que permanecen como tales	0	0	0	0	0	0	0	0
3.B.4.b - Tierras Convertidas a Humedales	16.95	10.61	4.28	86.27	168.25	250.23	332.22	414.20
3.B.5 - Asentamientos	83.70	103.04	122.38	115.27	108.16	101.05	93.94	86.83
3.B.5.a - Asentamientos que permanecen como tales	0	0	0	0	0	0	0	0
3.B.5.b - Tierras Convertidas a Asentamientos	83.70	103.04	122.38	115.27	108.16	101.05	93.94	86.83
3.B.6 - Otras Tierras	164.77	140.21	115.66	107.63	99.60	91.57	83.54	75.51
3.B.6.a - Otras Tierras que permanecen como tales	0	0	0	0	0	0	0	0
3.B.6.b - Tierras Convertidas a Otras Tierras	164.77	140.21	115.66	107.63	99.60	91.57	83.54	75.51

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la categoría de Tierras forestales, el balance registró para el 2015 una absorción de -934.96 Gg de CO₂ debido a que la subcategoría Tierras forestales que permanecen como tales presentaron una emisión de 2,744.03 Gg de CO₂ las cuales provienen de aprovechamiento, degradación y perturbaciones a las que son sometidos los bosques, producto de las actividades económicas insostenibles y otros factores sociales y ambientales. En relación al 2005, se observa una reducción de emisiones

de 2,552.10 Gg de CO₂, que fue generada por la implementación de estrategias y políticas de conservación, reforestación y gestión de los bosques de Nicaragua, como la Cruzada Nacional de Reforestación impulsada por el GRUN desde el año 2007 y otras estrategias conexas derivadas de la voluntad política de las autoridades del país.

En la categoría Tierras de cultivo, se estimó para el 2015 una emisión neta de 1,304.14 Gg de CO₂, de las cuales, las emisiones brutas fueron de 1,313.14 Gg de CO₂, marcada por la conversión de tierras de otros usos a esta categoría con una tendencia de crecimiento sostenido en toda la serie temporal, sin embargo, se estimó una absorción de -8.99 Gg de CO₂ debido al aumento de cultivos perennes promovidos a través de las estrategias productivas que se han implementado en los últimos 10 años.

En la subcategoría Tierras convertidas a Pastizales se estimó una emisión de 11,116.56 Gg de CO₂ con una tendencia a la reducción de emisiones a partir del 2005 donde se presentaron las mayores emisiones en el orden de 18,887.18 Gg de CO₂. En este sentido, la ganadería del país se desarrolla principalmente de forma extensiva, por tal razón al aumentar el hato ganadero de forma directa aumentan las áreas de pastoreo necesarias para el sostenimiento de los animales. Sin embargo, las políticas y estrategias de desarrollo del sector implementadas a partir del 2007 para desarrollar una ganadería sostenible, desde las cuales se impulsan los sistemas agrosilvopastoriles y la mezcla entre sistemas intensivos y extensivos en función de mejorar la productividad del sector, se ven reflejados en la reducción de las emisiones.

En el caso la subcategoría Tierras convertidas a Humedales, se estimó una emisión para el 2015 de 414.20 Gg de CO₂, principalmente por áreas de pastizales inundados, así mismo, en la subcategoría Tierras convertidas a Asentamientos se estimó una emisión de 86.83 Gg de CO₂ por el crecimiento de las áreas urbanas que causan cambio de uso de suelo, sin embargo, la magnitud del desarrollo urbano es bajo, debido a la cantidad y densidad de población del país. Las emisiones de la subcategoría Tierras convertidas a Otras tierras se estimó en 75.51 Gg de CO₂, esto se debe a las pérdidas y ganancias de tierras por inundación principalmente en los bordes de los lagos y lagunas del país.

7.3.3.7. Realización de nuevos cálculos

Se realizó una comparación de los resultados de las emisiones del cuarto INGEI con los resultados de las emisiones del tercer INGEI. Ambos inventarios fueron realizados tomando como base las Directrices metodológicas del IPCC 2006 (IPCC, 2006). Las diferencias identificadas entre los resultados de los inventarios se presentan en la Tabla 65.

En el cuarto INGEI se realiza el recálculo para el año 2000, utilizando parámetros más específicos y el método de datos sustitutos, debido a que no se cuenta con datos de actividad previos que permitan analizar las emisiones por cambio de Uso de la Tierra.

En el caso de los años 2005 y 2010, se recalcularon utilizando una nueva distribución de las categorías de tierra, en función del uso de las densidades de carbono estimadas a partir de los datos del INF, utilizados para estimar los FE por uso y cambio de uso de las tierras forestales utilizados en el NREF-N. Como resultado de lo anterior, el balance de emisiones del subsector UTCUTS es considerablemente menor en el cuarto INGEI, en comparación con el tercer INGEI, para todos los años comparados.

Tabla 65. Comparación entre inventarios del subsector UTCUTS

Inventario	Emisiones (Gg CO ₂ -eq)		
	2000	2005	2010
Tercero	42,927.29	9,355.84	2,225.26
Cuarto	18,910.94	21,146.49	16,605.02
Diferencia	-24,016.35	11,790.65	14,379.77
Diferencia en %	55.95	126.02	646.20

Fuente: Elaboración propia.

7.3.4. Incertidumbre y coherencia temporal

La estimación de la incertidumbre se calculó a partir de las orientaciones mejoradas de las Directrices del IPCC 2006, a través del método de propagación de error: primero, se determina la incertidumbre de los DA y del FE para cada categoría. Segundo, se calculan las incertidumbres combinadas de los valores definidos, en el primer paso para estimar las incertidumbres del inventario de cada año y del período (IPCC, 2019).

Para el caso del subsector Agricultura, los DA que provienen de las estadísticas de los Planes de Producción, Consumo y Comercio se les asignó una incertidumbre del 10% debido a que, si bien son datos oficiales, no se tuvo acceso a las metodologías de captura de los mismos. En el caso de los datos obtenidos a través de estimaciones, se tomó el criterio de expertos del sector para definir una incertidumbre, y se asignó un 20% al igual que lo estipulado en las Directrices del IPCC 2006, para los datos obtenidos en FAOSTAT (ya que son obtenidos a través de estimaciones estadísticas basadas en datos oficiales). En el caso de las estimaciones realizadas por especialistas del sector, se les asignó una incertidumbre del 15%. Por lo tanto, estas incertidumbres se deben considerar cuali-cuantitativas. En el caso de las variables, los datos y factores de emisión utilizados tienen las incertidumbres estimadas en las Directrices del IPCC 2006 (IPCC, 2006).

En el caso del subsector UTCUTS, los datos de actividad son la principal incertidumbre, ya que, para realizar la estimación de emisiones del año 2000, fue necesario realizar sustitución de datos por medio de métodos estadísticos para estimar las emisiones por cambio de uso de la tierra, debido que no se cuenta con mapas de cobertura y uso de la tierra previamente validados que cuenten con los metadatos requeridos.

La incertidumbre del sector AFOLU alcanzó el $\pm 53\%$, dominada principalmente por la incertidumbre de los FE por defecto, variables y parámetros utilizados para realizar las estimaciones. La incertidumbre de la tendencia del sector, es de $\pm 58\%$.

Cabe destacar que la serie temporal cubre el período seleccionado como inicio de cálculo, que es el año 2000, en vez de 1990, debido a que en los años previos al 2000 los datos de actividad no están disponibles y/o no se cuenta con la debida validación para asegurar la calidad de los datos.

7.3.5. Control de calidad y verificación

No se aplicaron actividades de verificación específicas para los datos de actividad de esta subcategoría. Sin embargo, se tiene contemplado que para el próximo ciclo de INGEI se realicen las actividades de verificación pertinente. El control de calidad se realizó en función de garantizar la coherencia y consistencia de los resultados del INGEI, por comparación entre los resultados alcanzados en el subsector y los reportados por fuentes internacionales.

7.3.6. Plan de mejora del sector AFOLU

Considerando los resultados del proceso de revisión y análisis realizado por expertos internacionales mediante los revisores de pares, a continuación, se presentan las acciones de mejora a desarrollar en el sector:

Subsector Agricultura:

- Elaborar un protocolo de recolección de DA del subsector consensuado, validado y aprobado por las autoridades, donde se estimen las incertidumbres del dato proporcionado con la oficina de estadísticas del MAG o a través de criterios de expertos, utilizando metodologías como la Delphi, diseñada para recolectar sistemáticamente juicios de expertos.
- Desarrollar protocolos de investigación para calcular factores de emisión nacionales de Nivel 2 y Nivel 3 para las diferentes categorías y subcategorías de este subsector.

Subsector UTCUTS:

- Identificar e incorporar las prácticas agrosilvopastoriles y las plantaciones forestales desarrolladas en el país, a través de un método cartográfico y documentación de los procesos y localización exacta de las intervenciones.
- Mejorar las ecuaciones alométricas para todas las categorías de tierras, lo que permitirá precisar las emisiones del subsector.
- Mejorar la documentación técnica para la estimación de los DA.
- Implementar un protocolo de aseguramiento de la calidad de los DA y las incertidumbres asociadas a las transiciones de cambio de uso y uso de la tierra.
- Utilizar el Suplemento de Humedales del IPCC de 2013 para su incorporación en futuros INGEI.
- Desarrollar una hoja de ruta para la inclusión de las estimaciones de emisiones y absorciones de productos de madera recolectada, para esto se requiere además capacitación en función de planificar su abordaje y posterior incorporación.
- Implementar el nuevo ciclo del INF, cuya metodología ya contempla la recopilación de datos de los tres depósitos de carbono faltantes (madera muerta, hojarasca y carbono orgánico de suelos) para lo cual se debe coordinar actividades con el INAFOR.
- Mejorar el registro espacial de las plantaciones forestales, los sistemas agroforestales y las concesiones de aprovechamiento forestal, dichas actividades deben ser coordinadas con INAFOR.
- Desarrollar una investigación sobre los ecosistemas de manglar y yolillales que permitan mejorar la clasificación de estos en las categorías de uso de la tierra, así como promover a partir de estos estudios el desarrollo de ecuaciones alométricas específicas, dada la importancia de los mismos para el equilibrio ambiental, social y económico del país. Esta actividad debe ser coordinada con INETER, INAFOR y MARENA.

7.4. Sector Desechos

7.4.1. Resumen del sector

En el 2015, las emisiones de GEI del sector se contabilizaron en 686.42 Gg CO₂-eq, las cuales incrementaron en un 175.26% con respecto al 2000. Esto ocurre debido principalmente al crecimiento de la población, la cual incrementa el consumo y requerimiento de la instalación de nuevos vertederos, así como plantas de tratamiento de aguas residuales (Figura 43 y Tabla 66).

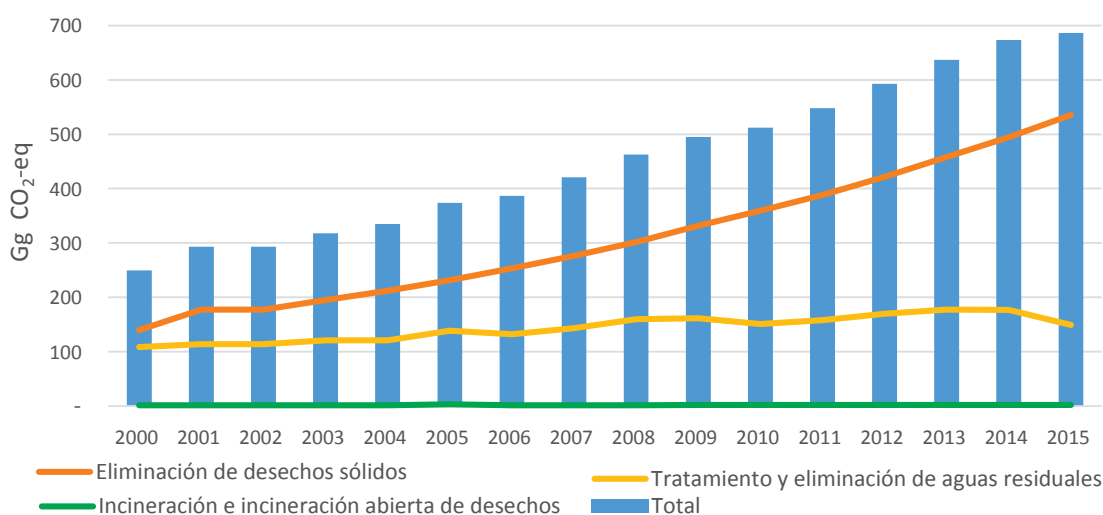


Figura 43. Emisiones del sector Desechos por categoría (Gg CO₂-eq)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66. Emisiones del sector Desechos (Gg CO₂-eq)

Categorías		Emisiones (Gg CO ₂ -eq)							
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
4	Desechos	249.37	271.26	292.86	317.66	334.67	373.50	386.82	420.94
4A	Eliminación de desechos sólidos	139.67	158.43	177.52	195.01	212.34	231.75	253.42	276.03
4C	Incineración e incineración abierta de desechos	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	2.96	1.56	1.58
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	108.26	111.37	113.86	121.15	120.81	138.79	132.84	143.33

Categorías		Emisiones (Gg CO ₂ -eq)							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
4	Desechos	462.53	495.36	512.20	548.14	593.01	637.26	673.43	686.42
4A	Eliminación de desechos sólidos	301.43	331.94	359.53	388.38	421.79	458.10	495.05	535.32
4C	Incineración e incineración abierta de desechos	1.61	1.63	1.65	1.67	1.70	1.72	1.74	1.76
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	159.49	161.79	151.02	158.09	169.52	177.44	176.64	149.34

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2. Panorámica del sector

El manejo de los desechos es un problema global, generando anualmente 2010 millones de toneladas de desechos municipales, y, al menos el 33% de ellos, no se gestionan sin riesgo para el medio ambiente (Banco Mundial, 2018).

En Nicaragua, el manejo y la disposición final de los desechos sólidos y líquidos ha cambiado considerablemente en la última década (2005 – 2015). Se han introducido políticas de minimización, reciclado y/o reutilización de los desechos con el fin de reducir la cantidad generada de los mismos. Además, se implementan de manera creciente prácticas de gestión alternativas para la eliminación de los desechos sólidos en la tierra y reducir los impactos ambientales de esta gestión.

En los 153 municipios del país se realiza disposición de los desechos sólidos. El 49% tiene un sistema regular de recolección de basura, según el Decreto Ejecutivo N°25-2001 que establece el Plan Ambiental de Nicaragua 2001-2005 (Gobierno de Nicaragua, 2001). Con respecto al tratamiento de los desechos líquidos, se implementa la tecnología de lagunas de estabilización. Para el año 2010, 13 cabeceras departamentales brindaron tratamiento a las aguas residuales. Según ENACAL (2018), de 33 sistemas de alcantarillado sanitario que administran, solo 5 no reciben tratamiento de las aguas residuales.

Para contribuir en la buena gestión de los residuos sólidos y líquidos en el país, se han asumido compromisos internacionales e implementado proyectos e iniciativas desarrolladas por instituciones de Gobierno, Organizaciones no Gubernamentales (ONG) y universidades tanto públicas como privadas. A continuación, se detallan:

- Nicaragua, en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), realizada en Río de Janeiro, Brasil, en la que se adoptó como guía para la acción la Agenda 21, cuyo capítulo 20 cubre la gestión ambientalmente adecuada de los residuos (ONU, 1992).
- En 1990 se crea el Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM) como ente de fomento y apoyo del Gobierno Central a los municipios y ha estado trabajando activamente en la problemática de los residuos sólidos, por lo que se elaboran modelos pilotos de manejo integral de desechos sólidos (PROMIDS) en varios municipios, con la participación de instituciones del Estado (MARENA, MINSA, etc), empresa privada y sociedad civil (ONG, iglesias).
- El Gobierno de Nicaragua formula en 1996 la Estrategia Nacional de Desarrollo Sostenible 1996-2001 (ECODESNIC), la cual se establecía como política en relación con el sector de residuos sólidos, el mejoramiento de los sistemas de recolección y disposición de basuras, y la implementación de sistemas de tratamiento de residuos sólidos en los procesos productivos, priorizando aquellos orientados al reciclaje.

- Plan de Acción Ambiental de Nicaragua (PANIC) para el quinquenio 2001-2005.
- En el año 2003-2004, el MARENA elabora la Política Nacional de Desechos Sólidos.
- El MARENA impulsó iniciativas para el manejo y tratamiento de residuos sólidos, a través del Fondo para Pequeños Proyectos del Programa de Apoyo al Sector Medio Ambiente (PASMA – DANIDA) y Facilidad Ambiental Municipal (FAM) del Segundo Proyecto de Desarrollo de Municipios Rurales (SPDMR-MARENA).

Estos dos mecanismos financieros apoyaron las iniciativas municipales para el manejo de los residuos sólidos municipales en los aspectos referidos a la producción de abono orgánico, la recolección y comercialización de los residuos, reciclado, y la educación ambiental (MARENA, 2011).

- INIFOM implementa un sistema de información de los servicios municipales (SISEM) desde 1998, el cual contribuiría a generar información sustantiva que permitiría una gestión más eficaz en lo relacionado con el manejo de los residuos sólidos en los municipios, a través de los nodos institucionales del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), pero este sistema de información se suprimió de las políticas de trabajo de INIFOM (MARENA, 2011).
- La construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Managua, inaugurada en febrero 2009, gracias al aporte de la cooperación internacional, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Banco Alemán de Desarrollo (KfW Entwicklungsbank), fondos nórdicos y el aporte del gobierno.
- Proyecto de transformación del vertedero municipal de Acahualinca “La Chureca” de la ciudad de Managua, en un relleno sanitario con una planta de reciclaje en el año 2014 después de 6 años de sellado.
- El Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano (PISASH), es un programa gestionado por el Gobierno central y consta de dos fases para la instalación en 19 ciudades del país, de sistemas de alcantarillado sanitario, 13 plantas de tratamientos de aguas servidas y nueve sistemas de agua potable.

Manejo de desechos sólidos

El manejo de los desechos sólidos en el país, aunque ha mejorado en lo que va del período 2010 a 2015, sigue presentando deficiencias en cuanto a la recolección, con un 56% promedio a nivel nacional. La disposición en vertederos a cielo abierto con quemas ocasionales, como práctica generalizada en los sitios de eliminación de desechos sólidos ronda el 90% de los casos, con un reciclado de apenas el 6.37% para el caso de la ciudad Managua (mayor práctica en el reciclaje), cuya generación

per cápita de desechos sólidos se estima en 0.68 kg y de 0.50 kg/hab/día para el resto del país (INIFOM, 2007).

El proyecto de La Chureca es el más emblemático e importante realizado en Nicaragua en el sector de manejo de desechos sólidos. El sitio que ocupa 40 hectáreas en la periferia noroccidental de Managua, durante cuatro décadas recibió sin control miles de toneladas de desperdicios.

Manejo de aguas residuales

La disposición de las aguas residuales domésticas e industriales han tenido una notable mejora en la última década (2005 – 2015) en Nicaragua. Este avance fue promovido por las políticas gubernamentales más estrictas, como la reforma del Decreto (33-95) de vertidos de aguas residuales en el año 2017 y a estrategias de mejoramiento de la calidad de vida de los nicaragüenses, como el lanzamiento en 2014 del Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano (PISASH), administrado por ENACAL.

Lo anterior implica la incorporación de 13 nuevas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y de 9 nuevas Plantas de Potabilización, además de la puesta en marcha de modelos de alcantarillado sanitario condominal, novedosos en Nicaragua (ENACAL, 2018). En la Figura 44, se muestra el aumento de los metros cúbicos de aguas servidas, tratadas en plantas de tratamiento operadas por ENACAL.

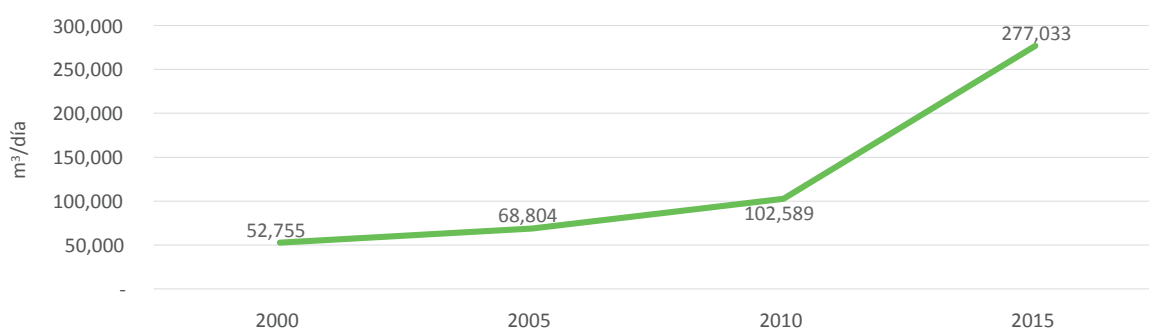


Figura 44. Cantidad de aguas residuales domésticas tratadas en el período 2000-2015 en las plantas de tratamiento operadas por ENACAL

Fuente: Elaboración propia sobre las estadísticas de ENACAL del 2000 al 2015.

7.4.3. Análisis de categoría/fuente de emisión

En este sector se contabilizan las emisiones GEI caracterizadas por las reacciones anaeróbicas, que se producen en la descomposición de residuos en sitios de disposición final: emisiones del tratamiento biológico de desechos (compostaje y digestión anaeróbica) y por los procesos de combustión a través de la incineración, quema abierta de residuos y emisiones producto del manejo de aguas residuales domésticas e industriales.

La Tabla 67 presenta las categorías que ocurren en Nicaragua, especificando si fueron o no incluidas en el inventario.

Tabla 67. Categorías sector Desechos aplicables en Nicaragua y gases incluidos

Código	Categoría	Clave	Definición	Explicación	Gases		
					CO ₂	CH ₄	N ₂ O
4A	Eliminación de desechos sólidos	IN	Incluida	Datos disponibles por estimación		x	
4B	Tratamiento biológico de los desechos sólidos	NE, NO	No Estimada	Datos no disponibles			
4C	Incineración e incineración abierta de desechos	IN	Incluida	Datos disponibles por estimación	x	x	x
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	IN	Incluida	Datos disponibles por estimación		x	x

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices del IPCC 2006.

7.4.4. Descripción del método a ser utilizado

Eliminación de desechos sólidos

Para calcular las emisiones de CH₄ en los desechos sólidos, las Directrices del IPCC 2006 recomiendan aplicar el método de descomposición de Primer Orden (FOD, por sus siglas en inglés), que usa principalmente datos por defectos de la actividad y parámetros por defecto.

No se recomienda la utilización del método de Nivel 1, Equilibrio de masas, por no presentar la fiabilidad de los cálculos anuales obtenidos por el método FOD (Nivel 2), por lo tanto, se adapta una versión del método FOD al Nivel 1 (IPCC, 2019).

Las emisiones de CH₄ procedentes de los Sitios de Eliminación de Desechos Sólidos (SEDS) durante un solo año pueden estimarse con la Ecuación 22. El CH₄ se genera como resultado de la descomposición de materias orgánicas bajo condiciones anaeróbicas que producen CH₄, N₂O, NO_x, CO y COVDM.

Una parte del CH₄ generado se oxida en la cubierta de los SEDS o puede recuperarse para producir energía eléctrica o ser quemado en antorcha. La cantidad de CH₄ realmente emitido a partir de los SEDS será, por lo tanto, inferior a la cantidad generada.

$$\text{Emisiones CH}_4 = [\sum X \times \text{CH}_4 \text{ generado }_{X,T} - RT] \times (1 - OX_T)$$

(Ecuación 22)

Donde:

Emisiones

de CH₄ = CH₄ emitido durante un año T. Gg.

T = año de inventario.

X = categoría o tipo de desecho y/o material.

RT = CH₄ recuperado durante el año T, Gg.

OX_T = factor de oxidación durante un año T, Gg.

El CH₄ recuperado debe de restarse de la cantidad de CH₄ generado.

El método FOD requiere de datos de población y generación de residuos sólidos municipales per cápita, de por lo menos 50 años atrás y del PIB para residuos industriales, para la consolidación de la base de datos y serie temporal.

En la sección 3.2.2 del Volumen 5 de las Directrices del IPCC, se brinda orientación de cómo los países pueden estimar la eliminación de los desechos sólidos municipales y los desechos industriales del pasado, basándose en la población urbana, el PIB y otros impulsores.

Los SEDS se dividen en cuatro categorías y en SEDS no categorizados; estas clasificaciones aportan datos, parámetros y factores de corrección por defecto (cuadro 3.1 y 3.2).

Tratamiento biológico de los desechos

El método FOD requiere de datos de población y generación de residuos sólidos municipales per cápita de por lo menos 50 años atrás y del PIB para residuos industriales. Con esta información se construye la base de datos y la serie temporal.

En la sección 3.2.2 del Volumen 5 de las Directrices del IPCC, se brinda orientación de cómo los países pueden estimar la eliminación de los desechos sólidos municipales y los desechos industriales del pasado, basándose en la población urbana, el PIB y otros impulsores.

Los cálculos de emisiones de CH₄ y N₂O en la elaboración de abono orgánico para residuos de estiércol bovino, porcino y aves se abordó en el subsector Agricultura. En este sector solo se abordarán los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales

que son depositados en los SEDS, no como abonos orgánicos, sino como residuos sólidos que pasaron por un proceso de biodigestión anaerobia.

Si no se dispone de datos, la digestión anaeróbica de los desechos sólidos puede suponerse nula. Los datos por defecto deben utilizarse solo cuando no se disponga de datos específicos del país (IPCC, 2006).

Las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes del tratamiento biológico pueden estimarse utilizando el método por defecto proporcionado por las Ecuaciones 23 y 24 que se presentan a continuación:

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

(Ecuación 23)

Donde:

Emisiones

de CH₄ = total de las emisiones de CH₄ durante el año del inventario, Gg de CH₄.

M_i = masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico *i*, Gg.

EF_i = factor de emisión del tratamiento *i*, g de CH₄/kg. de desechos tratados.

i = preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica.

R = cantidad total de CH₄ recuperado durante el año del inventario, Gg de CH₄.

Al declarar las emisiones de CH₄ provenientes de la digestión anaeróbica, la cantidad de gas recuperado debe restarse de la cantidad de CH₄ generado. El gas recuperado puede quemarse en antorcha o en un dispositivo energético. La cantidad de CH₄ que se recupera se expresa en la Ecuación 23 como R. Si el gas recuperado se utiliza para generar energía, las emisiones de GEI que resultan de la combustión del gas deben declararse bajo el sector Energía. Sin embargo, las emisiones provenientes de la quema del gas recuperado no son significativas, pues las emisiones de CO₂ son de origen biogénico y las emisiones de CH₄ y N₂O son muy pequeñas, de modo que la buena práctica no exige su estimación (IPCC, 2006).

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

(Ecuación 24)

Donde:

Emisiones

de N₂O = total de las emisiones de N₂O durante el año del inventario, Gg de N₂O.

M_i = masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico *i*, Gg.

EF_i = factor de emisión del tratamiento *i*, g de N₂O/kg. de desechos tratados.

i = preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica.

Se aplican los valores por defecto del Nivel 1.

Incineración e incineración abierta de desechos

El método común para estimar las emisiones de CO₂ provenientes de la incineración e incineración abierta de desechos, se basa en una estimación del contenido de carbono fósil en los desechos quemados, multiplicado por el factor de oxidación y en una conversión del producto (cantidad de carbono fósil oxidado) en CO₂. Los DA son las entradas de desechos en el incinerador o la cantidad de desechos que se queman al aire libre y los FE se basan en el contenido de carbono oxidado de los desechos que son de origen fósil.

Entre los datos pertinentes, se cuentan la cantidad y composición de los desechos, el contenido de materia seca, el contenido de carbono total, la fracción de carbono fósil y el factor de oxidación (IPCC, 2006). En el caso de Nicaragua, respecto a la incineración, esta práctica no está desarrollada, encontrándose una sola entidad en todo el país que se dedica a la incineración de desechos (hospitalarios principalmente), y cuya información no está a disposición.

Tratamiento y eliminación de las aguas residuales

En las aguas residuales, tanto domésticas como industriales, se estiman las emisiones de CH₄ y N₂O aplicando el método de Nivel 1. La cantidad de CH₄ producido depende principalmente de la cantidad de materia orgánica degradable, contenida en las aguas residuales, de la temperatura y del tipo de sistema de tratamiento.

El CH₄ se estima en las aguas domésticas a partir de la cantidad de materia orgánica presente en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que es un factor esencial para determinar el potencial de generación de CH₄ a partir de la cantidad de carbono orgánico biodegradable presente en el agua. En el caso de las aguas residuales industriales, el parámetro a registrar será la Demanda Química de Oxígeno (DQO) (IPCC, 2006).

El método Nivel 1 requiere para estimar las emisiones de CH₄ en las Aguas Residuales Domésticas (ARD), seguir estos pasos fundamentales (los mismos para las aguas industriales utilizando en vez de la DBO, la DQO):

1. Calcular el total de Carbono Orgánico Degradable (TOW, por sus siglas en inglés), presente en las aguas residuales (Ecuación 26).
2. Clasificar las ARD por tipo de tratamiento y eliminación (sitio de descarga) para obtener los factores de emisión por cada tipo.
3. Se calculan las emisiones de CH₄ ajustados a cada componente orgánico, separado como lodos y recuperación de CH₄ (quema en antorcha).

Para lograr estos cálculos se hará uso de la ecuación 25.

$$FE = B_0 \times FCM_j$$

(Ecuación 25)

Donde:

- FE* = factor de emisión kg de CH₄/kgDBO.
J = tipo de PTAR y/o eliminación considerada.
B₀ = capacidad máxima de producción de CH₄ kg de CH₄/kgDBO.
FCM_j = factor de corrección del metano (fracción).

Si no se dispone de datos de *B₀* específico para el país, se utilizará el valor por defecto de 0.6 kg de CH₄/kgDBO.

Para calcular el TOW se requieren los datos de la población que tributa en cada sistema de tratamiento y su índice de generación de DBO por persona (Ecuación 26).

$$TOW = P \times DBO \times 0.001 \times I \times 365$$

(Ecuación 26)

Donde:

- TOW* = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg. de DBO/año.
P = población del país en el año del inventario, (personas).
DBO = DBO per cápita específico del país en el año del inventario, g/persona/día, véase el Cuadro 6.4.
0.001 = conversión de gramos de DBO a kilogramos de DBO.
I = factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en las cloacas (si es recolectado el valor por defecto es 1,25, si no es recolectado el valor por defecto es 1,00.).

Se utilizan por defecto los valores sugeridos para las urbanizaciones del cuadro 6.1 del Volumen 5, en el Capítulo 6 de las Directrices del IPCC, donde define el grado de utilización y la vía del tratamiento o eliminación o del método por grupo de ingresos.

Con el cálculo previo de estos datos, se puede utilizar la ecuación 27 para estimar las emisiones totales de CH₄ procedentes de las aguas residuales domésticas.

$$\text{Emisiones de CH}_4 = [\sum_{i,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j)] (TOW-S)-R$$

(Ecuación 27)

Donde:

- Emisiones de CH₄* = emisiones de CH₄ durante el año del inventario, kg. de CH₄/año.
TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg. de DBO/año.
S = componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg. de DBO/año.
U_i = fracción de la población del grupo de ingresos *i* en el año de inventario, véase el Cuadro 6.5.
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: rural, urbano de altos ingresos y urbano de bajos ingresos.
j = cada vía o sistema de tratamiento/eliminación.
EF_j = factor de emisión, kg de CH₄/kg de DBO.
R = cantidad de CH₄ recuperada durante el año del inventario, kg de CH₄/año.

La ecuación general para estimar las emisiones de CH₄ procedentes de las aguas residuales industriales se presenta en la ecuación 28.

$$\text{Emisiones CH}_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i) EF_i - R_i]$$

(Ecuación 28)

Donde:

- Emisiones de CH₄* = emisiones de CH₄ durante el año del inventario, kg de CH₄/año.
TOW = total de la materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales de la industria *i* durante el año del inventario, kg de DQO/año.
i = sector industrial.
S_i = componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg de DQO/año
EFA = factor de emisión para la industria *i*, kg de CH₄/kg de DQO para la vía o sistema(s) de tratamiento y/o eliminación utilizada en el año del inventario.

Las emisiones de N₂O pueden producirse como emisiones directas provenientes de las plantas de tratamiento o como emisiones indirectas provenientes de las aguas residuales, después de la eliminación de los efluentes en vías fluviales, lagos o en el mar. Las emisiones directas derivadas de la nitrificación y desnitrificación en instalaciones de tratamiento de aguas servidas pueden considerarse fuentes menores; en el Volumen 5 Desechos del IPCC, se brinda orientación para estimar estas emisiones en el Recuadro 6.1.

Típicamente, estas emisiones son mucho menores que las de los efluentes y solo pueden interesar a países donde predominan las plantas centralizadas avanzadas, de tratamiento de aguas servidas con etapas de nitrificación y desnitrificación, siendo este el caso de la planta de tratamiento de Managua.

La ecuación general simplificada es la Ecuación 29, emisiones de N₂O provenientes de los efluentes de aguas residuales.

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O} = N_{\text{efluente}} \times EF_{\text{efluente}} \times \frac{44}{28}$$

(Ecuación 29)

Donde:

- Emisiones de N₂O* = emisiones de N₂O durante el año del inventario, kg. de N₂O/año.
N_{efluente} = nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg. de N/ año.
EF_{efluente} = factor de emisión para las emisiones de N₂O provenientes de la eliminación en aguas servidas, kg. de N₂O/kg. de N.
 El factor 44/28 corresponde a la conversión de kg. de N₂O-N en kg. de N₂O.

7.4.5. Datos de actividad

De los 153 municipios del país, el 56% tiene un sistema regular de recolección de basura, según el Decreto Ejecutivo N°25-2001 que establece el Plan Ambiental de Nicaragua 2001-2005 (Gobierno de Nicaragua, 2001). Se estima que el volumen de producción de desechos a nivel nacional es de 5.938 m³/día, de los cuales el 75% proviene del sector domiciliario y 25% del comercio, industria y hospitales. Se estima que la cobertura de recolección promedio a nivel nacional es de 54% y sectorizada en las áreas urbanas.

Para estimar los DA, se utilizaron los datos poblacionales de Nicaragua desde 1950 hasta el año 2015, desagregando la población que cuenta con cobertura de recolección de desechos sólidos en las áreas urbanas y el porcentaje a nivel nacional de la población que elimina los desechos de forma inadecuada, ya sea quemándola o enterrándola. Según el IV Censo de la Vivienda y el VII de Población (2006), el porcentaje ronda el 56.6% de la población a nivel nacional.

Los valores utilizados para la generación y composición de desechos fueron los valores por defecto proporcionados en las Directrices del IPCC (IPCC, 2006), debido a que no existen estudios científicos para el cálculo de estos a nivel nacional, y los obtenidos en estudios independientes y Alcaldías Municipales, son muy cercanos a los valores por defecto. Por ejemplo, en el caso de la generación de desechos per-capitas, 0.68 kg/hab/día en el caso de Managua y 0.5 kg/hab/día para el resto del país (INIFOM, 2007).

Los datos de generación de desechos de origen industrial se calcularon siguiendo las orientaciones descritas en las Directrices del IPCC 2006 (IPCC, 2006), se utilizó el PIB histórico del país para obtener estos datos. Cabe mencionar que la relación de 5 Gg/\$m PIB/año por defecto del IPCC se bajó hasta 1 Gg/\$m PIB/año, en el caso de Nicaragua, por ser la economía nicaragüense poco industrializada, sobre todo en el área de manufacturas y estar orientada hacia el sector agropecuario.

Tratamiento y descarga de aguas residuales

La tecnología de tratamiento de las aguas residuales municipales en el país se ha diversificado en el período analizado para este inventario, anteriormente, lo más utilizado fueron las lagunas de estabilización (laguna primaria + laguna secundaria). 16 de estos sistemas siguen operando, algunos con ampliaciones; a partir de la ejecución de los proyectos del PISASH, los diseños de las plantas de tratamiento incluyeron la combinación de módulos de tratamientos primarios (rejillas, sedimentadores) + tratamiento secundario (reactores UASB + laguna facultativa + laguna de maduración), como se puede observar en la Figura 45.

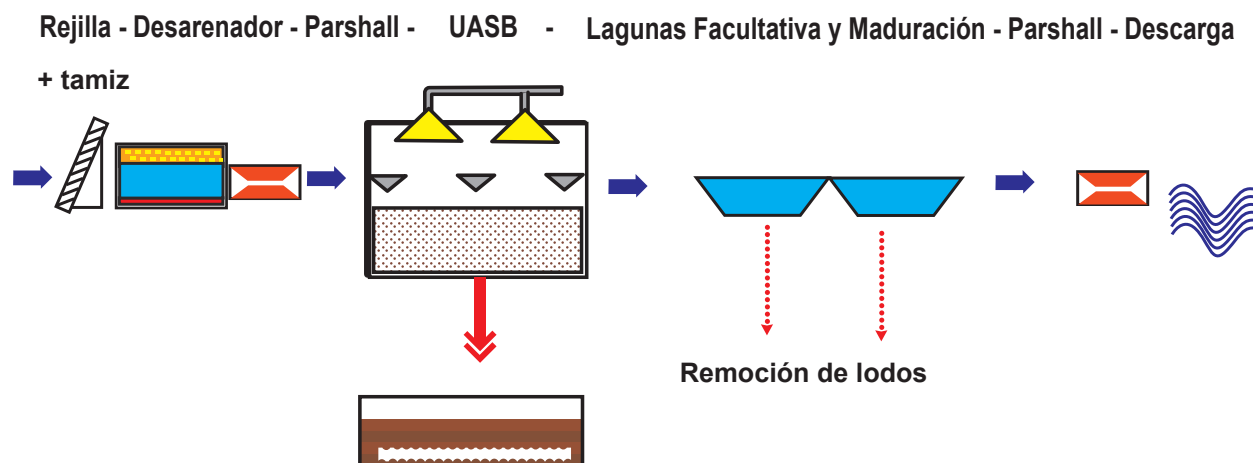


Figura 45. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento

Fuente: PISASH, 2018.

Debido a la etapa anaerobia que poseen los nuevos sistemas instalados a partir del año 2014, muchos de estos contemplan la instalación de dispositivos de quemado de biogás, (antorcha) generados en los UASB (reactor biológico anaerobio).

Para el año 2010, 13 cabeceras departamentales brindaron tratamiento a las aguas residuales. Según ENACAL (2018), de 33 sistemas de alcantarillado sanitario que administran, solo cinco no recibieron tratamiento de las aguas residuales en esos años. En la actualidad, ENACAL administra 62 sistemas de tratamiento, incluyendo PTAR de residenciales.

Debido al inicio de operaciones de la Planta Managua, el porcentaje de tratamiento de las aguas residuales recolectadas en el país mejoró significativamente de 35.22%, en el año 2007, a 98.19% en el año 2011 y el índice de tratamiento pasó de 19.66% a 57.63%. (ENACAL, 2018).

7.4.6. Factores de emisión

Según las Directrices del IPCC 2006, es una buena práctica que cada país identifique los FE utilizados para las estimaciones de forma sistemática y objetiva. En la Tabla 68, se presentan los FE utilizados para el sector Desechos, por cada tipo de categoría fuente y sus incertidumbres asociadas.

Nicaragua no cuenta con FE propios, por tal razón, se han utilizado los valores por defecto de las Directrices del IPCC 2006.

Tabla 68. Factores de emisión utilizados por categoría/subcategoría/gas

Categoría	Gas	Factor de emisión	Unidad de medida	Incertidumbre	Fuente	
4.A. Eliminación de desechos sólidos	CH ₄	0.025-0.085	g CH ₄ /Kg desechos	30%	IPCC, volumen 4, cuadro 3.5	
4.B. Tratamiento biológico de desechos sólidos	CH ₄	0.08 - 20	g CH ₄ /Kg desechos tratados	+/- 25% ó +/- 50%	IPCC 2006 Desechos. Capítulo 4: Tratamiento biológico de los desechos sólidos. Cuadro 4.1	
4.C.2. Incineración abierta de desechos	CO ₂	0.6	-	+/- 40%	IPCC 2006 Desechos. Vol 5. cuadro 5.2	
	-	0.4 - 1	dm	-	IPCC 2006 Desechos. Cuadro 2.4	
	-	0.3 - 0.5	fracción	-		
	-	0.58	fracción	-		
		CH ₄	60	Kg CH ₄ /Gg	+/- 10%	IPCC 2006 Desechos. Cuadro 5.3, incineración por lotes
		N ₂ O	56	Kg N ₂ O/Gg	+/- 10%	IPCC 2006 Desechos. Cuadro 5.4, incineración por lotes
4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas	CH ₄	0 - 0.8	Kg CH ₄ /Gg	+/- 40%	IPCC 2006 Desechos, cap 6. tratamiento de aguas residuales. Cuadro 6.3	
	CH ₄	0 - 0.36	Kg CH ₄ /Gg	+/- 30%	IPCC 2006 Desechos, cap 6. tratamiento de aguas residuales. Cuadro 6.4 y 6.5	

Fuente: Elaboración propia sobre la base de las Directrices del IPCC 2006.

7.4.7. Resultado de la estimación de emisiones

Las emisiones de GEI en la serie temporal 2000-2015 han incrementado paulatinamente, desde los 249.37 Gg CO₂-eq en el año 2000, a 686.42 Gg CO₂-eq en el año 2015, lo que representa el 175.26% (Figura 46). Este comportamiento está soportado por distintos factores, entre ellos:

- Aumento del PIB en el período 2010-2015, ya que la economía nicaragüense mantuvo un crecimiento sostenido próximo al 5% anual, incrementándose el PIB en un 38% respecto al año 2006. Estas condiciones, sumadas a las políticas públicas de reducción de la pobreza, fomentaron que el nivel de vida y que el consumo de los nicaragüenses aumentara, con el consecuente incremento de la generación de residuos por parte del ciudadano promedio.

En este mismo sentido, una mayor inversión pública y privada generó el establecimiento de más empresas agroindustriales y manufactureras en el país, contribuyendo en la generación de residuos industriales. Esto ocasionó un mayor volumen de desechos depositados y eliminados en los distintos vertederos, así como una mayor generación y tratamiento de aguas residuales.

- Sellado y transformación del vertedero La Chureca. Este proyecto ha sido de gran importancia en el tema de manejo de desechos sólidos en el país. El vertedero fue transformado en un sitio de disposición y tratamiento de residuos sólidos con alta tecnología, que permite la disposición adecuada de los residuos y el reciclaje de estos.
- Construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Managua. Hasta el año 2009, la mayor ciudad de Centroamérica en términos de población, carecía de un sistema de tratamiento de sus aguas residuales, las que se descargaban hacia el lago Xolotlán a través de un sistema de alcantarillado sanitario con una pobre cobertura (rondando el 30% a inicios del año 2000); en ese año, entró en operación la planta más grande de Centroamérica dando servicio hasta el día de hoy a 1 millón de habitantes aproximadamente de la ciudad capital, por medio de un sistema centralizado moderno de tipo aerobio.

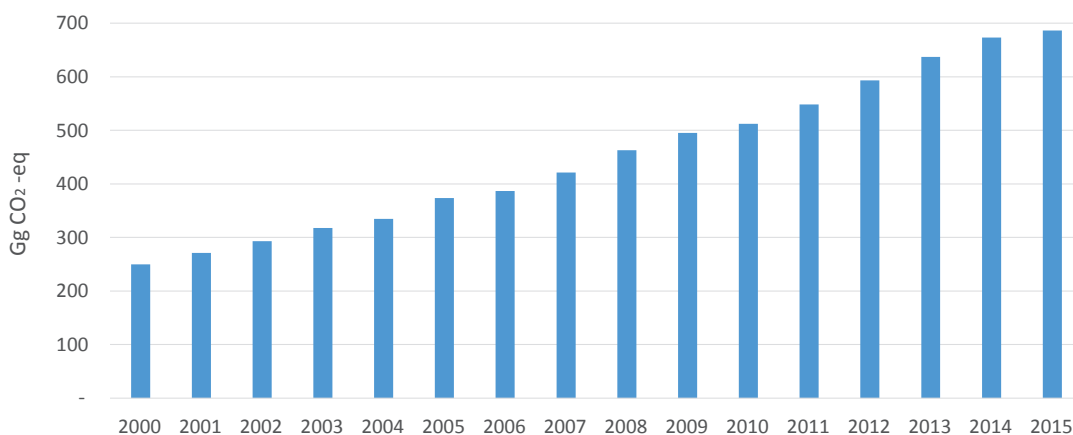


Figura 46. Emisiones totales de GEI en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia.

Eliminación de desechos sólidos

El incremento sostenido de las emisiones de metano provenientes de la Eliminación de desechos sólidos en Nicaragua obedece al crecimiento de la población, aumento del PIB del país y a las prácticas de disposición de residuos en el país, que no ha variado significativamente en las últimas décadas, siendo la disposición de desechos en vertederos a cielo abierto no gestionados la más utilizada en el país (Figura 47).

Las emisiones representan los desechos generados, tanto en el sector municipal, comercial e industrial, ya que el país carece de instalaciones especializadas en el manejo y disposición final de desechos, reportándose únicamente los vertederos manejados por las municipalidades, como sitios de disposición de residuos en el país.

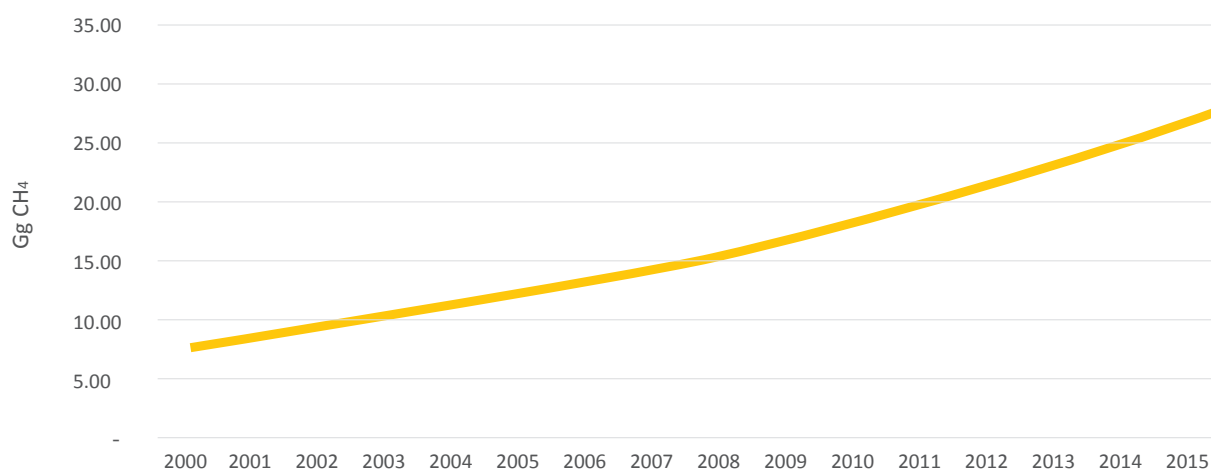


Figura 47. Emisiones de metano provenientes de la eliminación de desechos sólidos en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia.

Tratamiento biológico de los desechos sólidos

En este INGEI, la categoría Tratamiento biológico de los desechos sólidos no se estimó al no disponerse datos sobre la práctica de generación de abono orgánico y/o tratamientos en los sitios de disposición.

Las emisiones de N₂O en esta categoría no fueron estimadas, debido a que el proceso para que se genere este tipo de emisiones requiere que la disposición de los residuos esté permanentemente (sumergido) en contacto con el agua y de esta forma se propicie la volatilización del elemento nitrógeno; condición que no se presenta en los vertederos del país.

Incineración abierta de desechos

En la categoría Incineración abierta de desechos, las emisiones se estimaron tomando en cuenta la población que no cuenta con el servicio de recolección de desechos sólidos, quedando conformada por la población rural y la población urbana, que no recibe dicho servicio.

El gas mayoritariamente emitido de esta categoría fue el CO₂, seguido del CH₄ y por último del N₂O. La evolución de las emisiones presentó un incremento sostenido durante la serie temporal 2000-2015, como se puede apreciar en Figura 48.

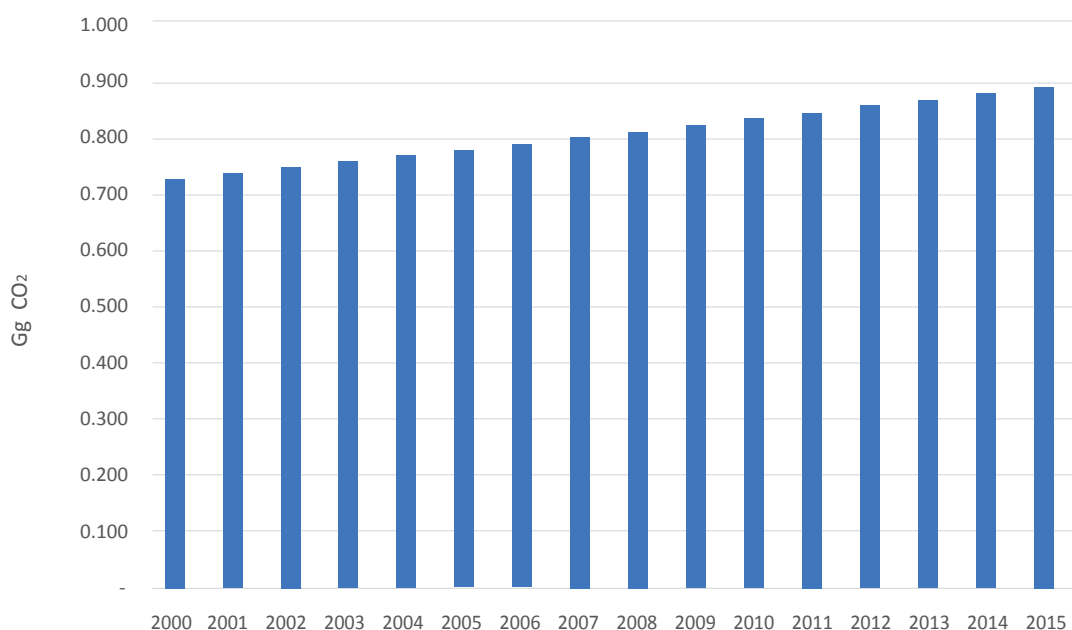


Figura 48. Emisiones de dióxido de carbono provenientes de la incineración abierta de desechos en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la generación de metano, el incremento durante la serie temporal fue sostenido iniciando en unos 0.0077 Gg CH₄ en el año base 2000, hasta 0.0099 Gg CH₄ en el año 2015. Como se puede observar en la Figura 49.

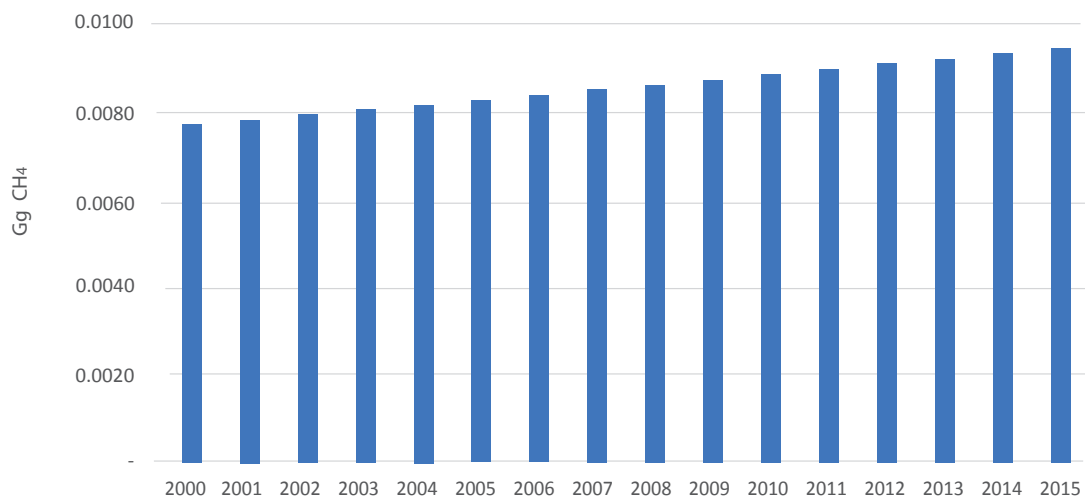


Figura 49. Emisiones de metano provenientes de la incineración abierta de desechos en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia.

Tratamiento y descarga de aguas residuales

La categoría de Tratamiento de aguas residuales contempla las estimaciones de las emisiones provenientes del tratamiento de las descargas de aguas residuales domésticas que incluyen las aguas de uso doméstico, institucionales, comerciales e industriales. La subcategoría Aguas residuales industriales no fue estimada, por considerar que la mayoría de las grandes industrias que cuentan con sistemas de tratamiento, descargan a su vez a los sistemas de tratamiento municipales, lo cual podría duplicar las estimaciones. Otro factor fue la falta de acceso a la base de datos de los análisis de las aguas residuales de las industrias que realizan sus descargas de manera independiente hacia un medio receptor (infiltración, suelo, cuerpos de agua).

Para construir la base de datos, se utilizaron los registros proporcionados por la ENACAL, la cual opera los 62 sistemas de tratamientos municipales (PTAR) y residenciales que actualmente funcionan en el país.

Los principales parámetros utilizados fueron: cantidad de conexiones domiciliarias hacia cada sistema, el caudal de entrada, y la concentración de la carga orgánica promedio anual (DBO), analizada por esta empresa en cada uno de los sistemas que opera.

De allí se aplicaron las fórmulas para obtener la materia orgánica (TOW) de cada sistema por año y las emisiones de GEI.

La información que no se obtuvo a través de ENACAL, se investigó en distintas fuentes y en algunos casos, se calcularon los datos para obtener los distintos parámetros requeridos.

Uno de los primeros cálculos se realizó para obtener la carga orgánica aplicada total de cada sistema, ya que como se mencionó anteriormente, los datos estaban expresados en concentración de DBO y la metodología del IPCC requiere que estos se presenten en carga másica, por lo tanto, se acudió a una fórmula de transformación. Para obtener la carga total aplicada se utilizó la ecuación 30:

$$CTA = Q \text{ (promedio diario/año)}/CDBO_5\text{(entrada/promedio/diario/año)}$$

(Ecuación 30)

Donde:

Q = caudal promedio diario en m³/día.

C = concentración de DBO entrada en kg/m³.

Para obtener la población tributaria a las distintas PTAR, se multiplicó el número de conexiones por 5.5, que es el promedio nacional (según censo 2005) de personas de un hogar nicaragüense hasta el año 2005 para todo el país y 5.2 para Managua (Municipio). A partir del 2006 hasta 2015, se multiplicó 5.2 para el resto del país y 5 para Managua.

Para las DBO per cápita, que no se pudieron calcular (por falta de datos), se usó la categorización de 40 gDBO/hab/día para pobladores urbanos de ingresos bajos y de 50 gDBO/hab/día para pobladores urbanos de ingresos altos, que son muy cercanos a datos obtenidos en campo por estudios realizados por ENACAL, los cuales indican 47g a partir del 2009 en el caso de Rivas y 58 g en Managua.

En el caso de la PTAR de San Rafael del Sur, que muestra un parámetro mucho mayor a la media nacional, se explica por el aporte que la industria local realiza al sistema, cuya población conectada es relativamente pequeña y los aportes industriales de CEMEX y otras empresas podrían ser responsables de tan alto aporte per cápita.

Se calcularon las emisiones de las aguas residuales domésticas de la población urbana, que no posee cobertura de alcantarillado sanitario. Además, se calculó las emisiones de las aguas residuales domésticas rurales que no poseen sistema de recolección de aguas servidas.

La evolución de las emisiones de GEI de la categoría de Aguas residuales domésticas presenta un incremento gradual, con algunos descensos en años específicos influenciados principalmente por el mantenimiento realizado a los diversos sistemas a partir del año 2010 y por la implementación de quemadores de biogás en algunos sistemas, lo cual resta en las emisiones totales de metano de las PTAR, bajo estas condiciones.

En la Figura 50, se presenta la evolución de las emisiones de metano en la categoría Aguas residuales domésticas.

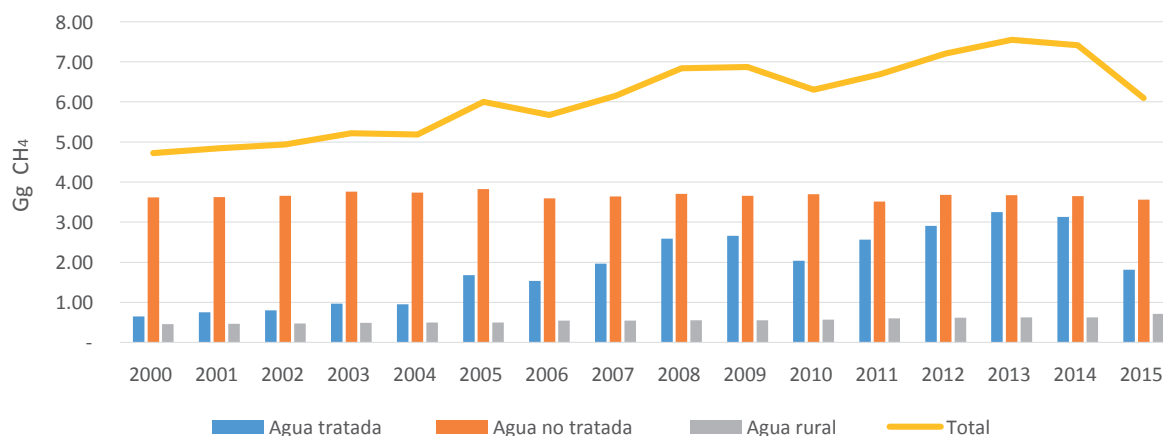


Figura 50. Emisiones de metano provenientes del tratamiento de aguas residuales domésticas en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 50, se puede observar que a partir del año 2006 se incrementa la generación de metano en las aguas urbanas tratadas, este se ve influenciado por el cambio tecnológico en una de las principales plantas de tratamiento de agua que se transformó de un sistema lagunar de tipo aeróbico a un sistema de reactores anaerobios.

Las emisiones de las aguas urbanas no tratadas se mantienen, pero decrecen con los años a medida que se incrementa la cobertura de tratamiento de las aguas municipales en distintas ciudades del país y se ejecuta la conversión tecnológica. En el caso de las aguas no tratadas rurales, las emisiones se mantienen con poco crecimiento a lo largo de toda la serie temporal.

Para el caso de las emisiones de N₂O, estas solo se estimaron en las aguas residuales domésticas urbanas tratadas, cuya descarga es directamente a un cuerpo de agua receptor. Para calcular la fracción de nitrógeno presente en las aguas residuales, se utilizaron los datos por año del consumo de proteína per cápita del nicaragüense promedio para la serie temporal 2000-2015, obtenido de la FAO-CEPALSTAT.

En la Figura 51, se puede observar la evolución de las emisiones de N₂O provenientes del tratamiento de aguas residuales domésticas para la serie temporal 2000-2015.

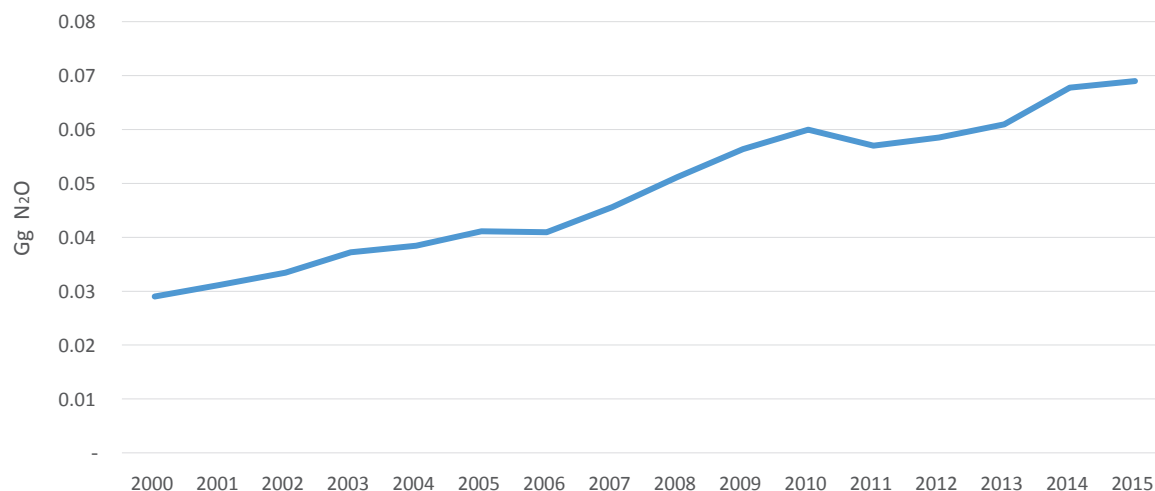


Figura 51. Emisiones de óxido nitroso provenientes del tratamiento de aguas residuales domésticas en Nicaragua (2000-2015)

Fuente: Elaboración propia.

7.4.8. Incertidumbre y coherencia temporal

Para el caso del sector Desechos, si bien se utilizó la herramienta de cálculo de incertidumbre proporcionada por las Directrices del IPCC (IPCC, 2019), los porcentajes de incertidumbre se estimaron de forma cualitativa, asignando un porcentaje alto para los cálculos que requieren datos de población en un rango del 75%, debido a que Nicaragua no cuenta con un censo de población actualizado.

En el caso de los datos para aguas residuales, se estimó un porcentaje medio de 50%, debido a que además de los datos de población, el sector utilizó información proporcionada por ENACAL (2018).

La incertidumbre del sector Desechos alcanzó el $\pm 71\%$, dominada principalmente por la incertidumbre los FE por defecto y DA, estimados a partir de estadísticas nacionales e internacionales utilizados para realizar las estimaciones. La incertidumbre de la tendencia del sector es de $\pm 234\%$, siendo la más alta del INGEI.

7.4.9. Control de calidad y verificación

El control de calidad y verificación de los datos utilizados para los cálculos, se realizó revisando las estadísticas nacionales publicadas y los datos proporcionados por ENACAL, para asegurar la fiabilidad y disminuir el margen de incertidumbre

ocasionado por el levantamiento y tratamiento de datos, en el proceso de homologación de categorías y unidades de medida, utilizado para realizar las conversiones y cálculos requeridos para este sector.

7.4.10. Realización de nuevos cálculos

Principales diferencias entre el tercer y cuarto INGEI del sector Desechos:

1. En el tercer INGEI no se utilizó el método FOD para la estimación de los GEI provenientes de la categoría Eliminación de desechos; los DA utilizados se basaron en estudios realizados por el consultor en distintos SEDS, reportados como oficiales por las autoridades.

De estos estudios, se derivaron los datos como generación per cápita de desechos en el sitio, composición de la basura y categorización del sitio de eliminación de desechos sólidos.

No obstante, esta clasificación y formulación de los datos de actividad no toma en cuenta la población tributaria a los sitios. Solamente considera la cantidad de residuo depositado en los sitios anualmente, condición que plantea el inconveniente de no contar con estimaciones fiables de la cantidad de basura generada durante los últimos 50 años tal como lo requiere el método FOD.

En el cuarto INGEI, se utilizaron los censos poblacionales de los últimos 50 años, a partir de la base de la serie temporal en estudio (año 2000) hasta el año 2015, así como el uso por defecto de:

- La generación de desechos per cápita por habitante por día, sugerido en las Directrices del IPCC 2006, debido a la falta de estudios fiables que determinaran este parámetro en los distintos municipios del país y en la línea de tiempo requerida.
- La composición de los desechos.
- El incremento del PIB del país, que estima el aporte de desechos de origen industrial.

Todos estos datos de actividad se introdujeron en la hoja de trabajo del IPCC-Waste Model, permitiendo aplicar el método FOD para las estimaciones de los GEI provenientes de la categoría Eliminación de desechos.

2. En el tercer INGEI se estimó la categoría Tratamiento biológico de los desechos sólidos, basándose en datos obtenidos de un único sitio, donde se desarrollaba un proyecto piloto de compostaje de desechos sólidos

En el cuarto INGEI no se estimó la categoría Tratamiento biológico de los desechos sólidos, ya que no se encontraron datos sobre la práctica de compostaje u otra práctica de tratamiento biológico.

3. En el tercer INGEI, para establecer la DBO per cápita $\text{kgDBO} \cdot \text{hab}/\text{día}$ en la categoría Tratamiento y eliminación de aguas residuales, se utilizaron cuatro clasificaciones para determinar la misma (DBO) en un rango de 35 a 50, esta clasificación se basó en los índices de pobreza de cada municipio:

- Municipios clasificados como de pobreza severa: $35 \text{ gDBO}_5/\text{hab-día}$.
- Municipios clasificados como de pobreza alta: $35 \text{ gDBO}_5/\text{hab-día}$.
- Municipios clasificados como de pobreza media: $40 \text{ gDBO}_5/\text{hab-día}$.
- Municipios clasificados como de pobreza baja: $45 \text{ gDBO}_5/\text{hab-día}$.

Y para Managua, se utilizó el valor de $56 \text{ gDBO}_5/\text{hab-día}$, basados en los estudios de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad. No se tomaron en cuenta las PTAR de los residenciales.

Se estimaron los GEI provenientes de:

- Las aguas residuales domésticas urbanas que reciben tratamiento (PTAR) y de las aguas residuales domésticas, que no son colectadas por sistema de alcantarillado sanitario y se depositan en letrinas (rural).

En el cuarto INGEI, se utilizaron los valores de la concentración de la DBO promedio anual de cada sistema de tratamiento, obtenidos del control efectuado por ENACAL. Estos valores junto a los registros de conexiones de viviendas a los sistemas, dieron como resultado la determinación de la carga orgánica total aplicada a cada sistema. De esta forma se logró obtener la DBO per cápita ($\text{kgDBO} \cdot \text{hab}/\text{día}$) de cada sistema.

En los casos donde no se logró obtener información sobre las conexiones domiciliarias a los sistemas, ni del monitoreo de la DBO, se estableció el siguiente criterio:

- $40 \text{ gDBO}_5/\text{hab-día}$ para los municipios considerados como pobre.
- $50 \text{ gDBO}_5/\text{hab-día}$, para los municipios con baja pobreza.

Este criterio se aplica debido a que las PTAR se encuentran por lo general en las cabeceras departamentales y atienden a una población que no está clasificada como pobreza severa o de alta pobreza, clasificación que se puede encontrar en zonas rurales o zonas alejadas de los centros urbanos.

Por tanto, el valor de $35 \text{ gDBO}_5/\text{hab-día}$ solo fue dado a la zona rural, la cual carece de servicios de recolección de aguas residuales ni de tratamiento de las mismas.

Se estimó la generación de GEI de los sistemas de tratamiento de los residenciales, provenientes de:

- Aguas residuales domésticas urbanas con tratamiento (PTAR).

- Aguas residuales domésticas urbanas sin tratamiento y sin colectar, lanzadas a cauces abiertos u otro tipo de destino.
- Aguas residuales domésticas rurales (letrinas).

En la generación de metano proveniente de las PTAR, debido al cambio tecnológico de algunos sistemas, se restó la quema de metano en antorcha, en los casos que lo ameritaban, así como el lodo extraído durante los mantenimientos reportados de los sistemas, por parte de ENACAL.

4. En el tercer INGEI se utilizaron valores propios para el FE de metano que es expresado en $\text{kgCH}_4/\text{kgDBO}$, según el tipo de tecnología de tratamiento, por ejemplo, para fosas sépticas, sumideros y fosas filtros se utilizó un factor en el rango de 0.46 a 0.30 $\text{kgCH}_4/\text{kgDBO}$.

En el cuarto INGEI, se utilizaron los valores por defecto para el factor de emisión de metano, descrito en las Directrices del IPCC; se utilizó el valor de 0.25 $\text{kgCH}_4/\text{kg DQO}$ para la tecnología aerobia de tratamiento y para las letrinas y de 0.6 $\text{kgCH}_4/\text{kgDBO}$ para la tecnología anaerobia de tratamiento (biodigestores, reactores UASB).

Como resultado de lo anterior, en el cuarto INGEI se recalcula toda la serie temporal utilizando parámetros más específicos, teniendo una diferencia significativa en cada quinquenio (Tabla 69).

Tabla 69. Comparación entre inventarios del sector Desechos

Inventario	Emisiones (Gg CO ₂ -eq)		
	2000	2005	2010
Tercero	230.44	236.94	302.93
Cuarto	249.37	373.50	512.20
Diferencia	18.93	136.56	209.27
Diferencia en %	8.21	57.63	69.08

Fuente: Elaboración propia.

7.4.11. Plan de mejora del sector Desechos

Considerando los resultados del proceso de revisión y análisis realizado por expertos internacionales, mediante los revisores de pares, a continuación, se presentan las acciones de mejora que serán desarrolladas en el sector:

- Elaborar un formato de recolección de datos de actividad consensuado, validado y aprobado por las autoridades institucionales, para facilitar la captura y archivo de los datos de actividad del sector.

- Fortalecer la alianza interinstitucional con INIFOM y ENACAL para captura de los datos de las necesidades del inventario a nivel nacional, departamental y municipal, lo que permitirá desglosar la caracterización y así mejorar la estimación.
- Fomentar estudios científicos de generación y composición de residuos sólidos a nivel nacional, así como un diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) domiciliarias, a nivel nacional e incorporar las PTAR industriales a este diagnóstico.
- Realizar un análisis de disposición de los lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), a fin de mejorar la calidad de las estimaciones.
- Desarrollar un diagnóstico de la cantidad, capacidad, características y ubicación de biodigestores a nivel nacional, a fin de conocer la cantidad de producción de metano y las diferentes formas de liberación (conversión en calor o electricidad o uso de antorcha).

8. BIBLIOGRAFÍA

Banco Central de Nicaragua (BCN). (2011). Anuarios de Estadísticas Macroeconómicas 2011. Gobierno de Nicaragua. Managua. https://www.bcn.gob.ni/system/files_force/documentos/anuario_estadistico_2011.pdf?download=1

Banco Central de Nicaragua (BCN). (2013). Anuarios de Estadísticas Macroeconómicas 2013. Gobierno de Nicaragua. Managua. https://www.bcn.gob.ni/system/files_force/documentos/anuario_estadistico_2013.pdf?download=1

Banco Central de Nicaragua (BCN). (2016). Anuarios de Estadísticas Macroeconómicas 2016. Gobierno de Nicaragua. Managua. https://www.bcn.gob.ni/system/files_force/documentos/anuario_estadistico_2016.pdf?download=1

Banco Central de Nicaragua (BCN). (2021). Cuadros de Anuario de Estadísticas Macroeconómicas. Managua. <https://www.bcn.gob.ni/cuadros-de-anuario-de-estadisticas-macroeconomicas-2021>

Banco Mundial (BM) (2018). A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

Banco Mundial (BM) (2018). Datos Libres de Acceso. <https://datos.bancomundial.org/indicador>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012). Análisis de la reducción del azufre en el combustible diésel en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. México D.F. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/26095/LCmexL1083_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2015). Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de Nicaragua. Santiago de Chile. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/38910>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018). Base de Datos y Publicaciones Estadísticas. https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALS-TAT/estadisticasIndicadores.asp

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) (2003). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su Octavo Período de Sesiones. CMNUCC. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/spanish/cop8/cp807a02s.pdf#page=4>

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) (2012). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 17º período de sesiones, celebrado en Durban del 28 de noviembre al 11 de diciembre de 2011. CMNUCC. <https://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/spa/09a02s.pdf>

Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) (2012). Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano (PISASH). Managua.

Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL). (2017). Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) (2018). Base de datos de Aguas Residuales Domésticas. En: Secretaría de Cambio Climático de la Presidencia de la República (SSCP)

European Environment Agency (2007). EMEP/CORINAIR Emissions Inventory Guidebook. <https://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5>

Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal (FUNICA) (2012). Estado actual oportunidades y propuestas de acción del sector agropecuario en Nicaragua. Managua. FUNICA. <https://funides.com/publicaciones/estado-actual-oportunidades-y-propuestas-de-accion-del-sector-agropecuario-y-forestal-en-nicaragua/>

Gobierno de Nicaragua. (2001). Decreto Ejecutivo N°25-2001. Plan Ambiental De Nicaragua 2001-2005. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/9e314815a-08d4a6206257265005d21f9/89068579baf511e5062570a600647e7f?OpenDocument>

Gobierno de Nicaragua. (2021). Decreto Presidencial 15-2021 de Creación del Sistema Nacional de Gestión del Cambio Climático y Establecimiento de los Principios y Lineamientos de la Políticas Nacional de Cambio Climático. Presidencia de la República de Nicaragua, 2021. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aeea-87dac762406257265005d21f7/f0e9cc51d3075639062587060060104e?OpenDocument#:~:text=Que%20mediante%20Decreto%20Presidencial%20No,en%20materia%20de%20cambio%20clim%C3%A1tico.>

Instituto Nacional Forestal (INAFOR) (2016). Estrategias y logros en la reducción de la Deforestación en Nicaragua (2007-2015). <http://www.proyectomesoamerica.org:8088/emsa/documentos/Capacitaciones/ForoTecCDMX/Bloque%20VI.%20ESTRATEGIAS%20Y%20LOGROS%20EN%20LA%20REDUCCION%20DE%20LA%20DEFORESTACION%20EN%20NICARAGUA%20-%20Mario%20Francisco%20Garcla%20Roa.pdf>

Instituto Nicaragüense de Energía (INE). (2017). Estadísticas del Instituto Nicaragüense de Energía 2000-2015. Managua. INE. <https://www.ine.gob.ni/index.php/electricidad/serie-historica/>

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2017). Base de datos cartográfica de la Dirección General de Ordenamiento Territorial. Managua. En: INETER

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). (2016). Base de datos del Atlas de Escenarios Climáticos de Nicaragua hasta el Año 2080. Managua. INETER y MARENA. En: INETER.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2001). III Censo Nacional Agropecuario CENAGRO. Managua. INEC. <https://www.inide.gob.ni/Estadisticas/cenagro3>

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). (2006). VIII Censo de Población y IV de Vivienda <https://www.inide.gob.ni/docu/censos2005/VolVivienda/Vol%20I/Vol.I%20Vivienda%20Departamentos%20Regiones%20Autonomas.pdf>

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). (2015). Anuario Estadístico 2000 al 2015. Managua. INIDE. <https://www.inide.gob.ni/Home/Anuarios>

Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM). (2007). Caracterización de Residuos Sólidos. Managua. INIFOM

Jarquín, M. (2012). Análisis de la Cadena de Valor de la Carne de Cerdos y sus Derivados. Instituto de Investigación y Desarrollo. Managua. NITLAPAN-FAO. http://repositorio.uca.edu.ni/2960/1/2012_Analisis_CadenadeValor_Carne.pdf

Ministerio Agropecuario (MAG). (2016). Plan de Producción, Consumo y Comercio Ciclo, 2015-2016. Managua. MAG

Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) e Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. Managua. MAGFOR y INIDE. <https://www.inide.gob.ni/docs/Cenagro/INFIVCENAGRO/IVCENAGROINFORME/assets/common/downloads/Informe%20Final%20IV%20CENAGRO.pdf>

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). (2001). Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Managua. PNUD-NIC -MARENA. <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/primeracomunicacion.pdf>

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). (2011). Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Managua. PNUD-NIC -MARENA. <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/segundacomunicacion.pdf>

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). (2017a). Estudio de las causas de la deforestación y la degradación forestal en Nicaragua. “La problemática de las existencias de carbono forestal y el enfoque estratégico del Programa ENDE-REDD+ para atender estas causas a nivel nacional”. <https://www.marena.gob.ni/Enderedd/wp-content/uploads/Fases/2.%20Estudio%20Causas%20Desforestaci%C3%B3n%20y%20Degradaci%C3%B3n%20Forestal.pdf>

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). (2017b). Estrategia de reducción de emisiones provenientes de la deforestación y degradación de los bosques (2018-2040). <https://www.marena.gob.ni/Enderedd/wp-content/uploads/Fases/13.%20Estrategia%20Nacional%20ENDE.pdf>

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). Mapa (2017c). Capa de áreas protegidas. Managua. MARENA.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). (2018). Atlas de Cobertura Forestal y Deforestación en Nicaragua 1969-2015. <http://www.marena.gob.ni/Enderedd/wp-content/uploads/MemoriasOrganizados/Investigaciones/Atlas.pdf>

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). (2018a). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Managua. MARENA-BM. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htmlhttps://unfccc.int/sites/default/files/resource/NC3-1-Tercera%20Comunicacion%20Nicaragua-Julio%202018.pdf>

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). (2020). Niveles de Referencia de las Emisiones Forestales. Managua. MARENA. https://redd.unfccc.int/files/nref_nicaragua_vf_limpio_14072020.pdf

Ministerio de Energía y Minas (MEM) (2001). Balance Energético Nacional 2000. Managua. MEM.

Ministerio de Energía y Minas (MEM) (2002). Balance Energético Nacional 2001. Managua. MEM.

Ministerio de Energía y Minas (MEM) (2011). Estrategia Nacional de Leña y Carbón Vegetal de Nicaragua 2011-2021. Managua. MEM. http://www.marena.gob.ni/Endere-dd/wp-content/uploads/Docs/Documentos%20Tecnicos/estrategia_lena_carbon%20en%20Nicaragua.pdf

Ministerio de Energía y Minas (MEM) (2016). Balance Energético Nacional 2015. Managua. MEM. <https://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/09/Informe-Balancede-Energetico-Nacional-2015.pdf>

Ministerio de Energía y Minas (MEM) (2022). Evolución del índice de cobertura eléctrica nacional <https://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2022/05/Evolucion-Abril.jpg>

Ministerio de Energía y Minas (MEM) (2007). Resumen Ejecutivo: Encuesta Nacional de Leña. Managua. MEM. <http://www.marena.gob.ni/Enderedd/wp-content/uploads/Docs/Documentos%20Tecnicos/uso%20de%20la%20lena%20MEM.pdf>

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) (2015). Plan para la Infraestructura Vial en Nicaragua. Managua. MTI.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1992). Agenda 21: Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable, Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio Ambiente y Desarrollo, Rio de Janeiro. ONU. <https://www.un.org/spanish/esa/sust-dev/agenda21/agenda21sptoc.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). Fertilizantes y su uso en Centroamérica. <https://www.fao.org/in-action/agro-noticias/detail/en/c/500019/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2018). Base de Datos Estadísticos. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (1995). Segundo Informe de Evaluación del IPCC. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/2nd-assessment-sp.pdf>

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2003). Guía de buenas prácticas para Uso de la tierra, cambios en el uso de tierras y silvicultura. Japón. IPCC. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html>

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2007). Cuarto Informe de Evaluación del IPCC https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/tssts-2-1.html#:~:text=El%20aporte%20de%20cada%20gas,para%20modificar%20el%20equilibrio%20radiativo.

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014), Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas, informe, Ginebra. IPCC. https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano (PISASH). (2018). Proyecto de construcción de sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Nandaime, Granada.

Ruiz, A. y Marín, Y. (2005). Tipología de los Sistemas de Producción y Zonificación Agro-socioeconómica 2001. Managua. Instituto de Investigación y Desarrollo (NITLA-PAN-UCA). <https://drive.google.com/file/d/1bj5xIsAxil5QLujhbVtDRkycM1zRDuVT/view?pli=1>

Sandoval, C. y Velázquez, K. (2017). Análisis de la Producción de Arroz en Nicaragua en los Años 2009-2015. Managua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN). <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNANM5165>

Sistema Nacional de Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINADPRED). (2018). El Plan Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales. Managua. SINAPRED. <https://drive.google.com/file/d/11D74S0gkDBVsSSNjreiscU0VXT7bc-Mzm/view?usp=sharing>

Cuarto Inventario
Nacional de Gases
de Efecto Invernadero
República de Nicaragua

2015