



Environment  
Canada

Environnement  
Canada

SEMARNAT  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



INECC  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA  
Y CAMBIO CLIMÁTICO



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

# Identificación de sinergias y cobeneficios de mitigación y adaptación en agricultura, ganadería y otros usos de suelo en las cuencas La Antigua (Veracruz) y San Pedro (Nayarit), México

Informe Final

2016

Documento generado a partir de los resultados de la consultoría realizada por:

Miguel Ángel Muñoz Ruíz

Serie

1

Fortalecimiento de capacidades nacionales para la modelación climática

Derechos Reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Colonia Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CP.11000, Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CP. 14210, Ciudad de México.

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas, almacenadas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin el permiso previo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

El análisis y las conclusiones aquí expresadas no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva, de sus Estados Miembros, o del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Documento generado a partir de los resultados de la consultoría realizada por: Miguel Ángel Muñoz Ruíz.

Citar como:

PNUD México-INECC, 2016. *Identificación de sinergias y cobeneficios de mitigación y adaptación en agricultura, ganadería y otros usos de suelo en las cuencas La Antigua (Veracruz) y San Pedro (Nayarit), México*. Proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”. 71 pp. Miguel Ángel Muñoz Ruíz. México.

Esta publicación fue desarrollada en el marco del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México” del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Agradecimiento:

Al gobierno de Canadá a través de Environment Canada por el apoyo financiero recibido para el desarrollo del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”, durante 2014-2018. Al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático por el apoyo prestado para el buen desarrollo de la Plataforma.

<b>1. Introducción</b>	<b>7</b>
<b>2. Caracterización de las cuencas La Antigua, Ver. Y San Pedro, Nay.</b>	<b>8</b>
2.1 Cuenca San Pedro .....	8
2.1.1 Demografía .....	9
2.1.2 Clima.....	9
2.1.3 Vegetación.....	9
2.2 Cuenca La Antigua .....	11
2.2.1 Demografía .....	11
2.2.2 Clima.....	11
2.2.3 Vegetación.....	11
<b>3. Metodología para la estimación de GEI en los usos de suelo y tipos de vegetación</b>	<b>13</b>
3.1 Datos de actividad para el Sector USCUS.....	14
3.1.2 Datos de actividad oficiales a partir de las Series de INEGI .....	14
3.1.3 Datos de Actividad provenientes de la plataforma Global Forest Change (GFC) 14	
3.2 Categorías generales de IPCC y su correspondencia con las clases propuestas.....	16
3.2.1 Tierras Forestales .....	16
3.2.2 Pastizales.....	18
3.2.3 Tierras Agrícolas, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras .....	19
3.3 Análisis multitemporal de los cambios.....	20
3.3.1 Generación de cambios a partir de las Series de INEGI y la plataforma GFC.....	20
3.3.2 Análisis espacial de cambio .....	21
3.3.3 Elaboración de la matriz de cambio.....	21
3.4 Factores de Emisión para el sector USCUS.....	22
3.4.1 Factores de Emisión para las Tierras Forestales y Pastizales en sus diferentes transiciones .....	22
3.4.2 Criterios de asignación de factores de emisión y absorción .....	27
3.4.3 Tierras de Otros Usos que se mantienen .....	28
<b>4. Metodología para la estimación de emisiones GEI de las actividades del sector agropecuario</b>	<b>30</b>
4.1 Escalamiento a nivel de Cuenca.....	30
4.2 Fuentes de los Datos de Actividad del Sector Agropecuario .....	32
4.3 Factores de Emisión del sector Agropecuario .....	33
4.4 Calculo de emisiones del sector pecuario .....	33
4.4.1 Fermentación entérica.....	33
4.4.2 Manejo de estiércol.....	34
4.5 Calculo de emisiones del sector agrícola.....	35
4.5.1 Fertilizantes sintéticos.....	36
4.5.2 Residuos agrícolas.....	36

4.5.3	Combustión de residuos agrícolas.....	37
<b>5.</b>	<b>Estimación de emisiones de GEI por cuenta y línea base</b>	<b>38</b>
5.1	Emisiones de GEI en la cuenca la Antigua, Ver. para el sector USCUSS y Agropecuario 39	
5.2	Línea base de Emisiones de GEI en la cuenca la Antigua, Ver. para el sector USCUSS y Agropecuario .....	43
5.3	Emisiones de GEI en la cuenca San Pedro, Nay. para el sector USCUSS y Agropecuario .....	45
5.4	Línea base de Emisiones de GEI en la cuenca San Pedro, Nay. para el sector USCUSS y Agropecuario .....	47
5.5	Estimación de la cantidad de nutrientes (N y P) en excretas animales en las cuencas La Antigua, Ver. y San Pedro, Nay. ....	49
<b>6.</b>	<b>Medidas de adaptación y mitigación en las cuencas bajo análisis</b>	<b>52</b>
6.1	Criterios para diferenciar medidas de mitigación y adaptación .....	52
6.2	Análisis de las medidas de mitigación y adaptación presentes en México y en las cuencas bajo análisis .....	54
6.3	Escenarios y potencial de mitigación en la Cuenca La Antigua para los sectores USCUSS y agropecuario .....	59
6.4	Escenarios y potencial de mitigación en la Cuenca San Pedro para los sectores USCUS y agropecuario .....	62
6.5	Análisis de Sinergias y Co-beneficios entre medidas de mitigación y adaptación de las Cuencas La Antigua y San Pedro.....	64
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>68</b>

## Lista de cuadros

Cuadro 1. Grupos de vegetación y etapa de desarrollo propuestas en el BUR (2015) y que se pueden encontrar en la Cuenca San Pedro.....	10
Cuadro 2. Grupos de vegetación y etapa de desarrollo propuestas en el BUR (2015) y que se pueden encontrar en la Cuenca La Antigua, Veracruz. ....	12
Cuadro 3. Grupos de vegetación y etapa de desarrollo con sus respectivos tipos de vegetación de INEGI para la categoría de Tierras Forestales.....	16
Cuadro 4. Propuesta de grupos de vegetación con sus respectivos tipos de vegetación de INEGI para la categoría de Pastizales según la definición del IPCC (2003).....	19
Cuadro 5. Propuesta de agrupación para Tierras Agrícolas, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras, con base en la clasificación INEGI.....	20

Cuadro 6. Factor de absorción y sus incertidumbres de los cambios de carbono de biomasa área y raíces de las Tierras Forestales y Pastizales que permanecen bajo el mismo uso de suelo. ....	23
Cuadro 7. Factores de emisión del carbono de biomasa aérea viva y de raíces de las Tierras Forestales que pasaron de un estado primario a uno secundario (degradación) .....	23
Cuadro 8. Factores de absorción del carbono de biomasa aérea viva y de raíces de las tierras que pasaron de Otros Usos a Tierras Forestales o Pastizales .....	24
Cuadro 9. Factores de emisión y sus incertidumbres del carbono de biomasa aérea viva, y raíces de las Tierras Forestales que pasaron a Otros Usos de suelo no forestales. ....	25
Cuadro 10. Valores por defecto de las reservas de carbono presentes en la biomasa de tierras convertidas en tierras agrícolas en el año siguiente a la conversión. ....	26
Cuadro 11. Criterios de asignación de factores de emisión y absorción en tierras forestales y Pastizales .....	27
Cuadro 12. Valores por defecto para la biomasa boscosa sobre el suelo y los ciclos de recolección en sistemas de cultivo que contienen especies perennes OBP (IPCC, 2003). ....	28
Cuadro 13. Municipios que cumplieron con los criterios para la integración de las emisiones a nivel de la Cuenca La Antigua. ....	31
Cuadro 14. Municipios que cumplieron con los criterios para la integración de las emisiones a nivel de la Cuenca San Pedro.....	31
Cuadro 15. Aserciones a considerar para los datos utilizados. ....	32
Cuadro 16. Estimación de emisiones de GEI del sector USCUS para la Cuenca La Antigua a partir de datos de las Series INEGI y de la plataforma GFC. ....	39
Cuadro 17. Datos de Actividad y Factores de Emisión usados para el cálculo de las emisiones del sector agropecuario. ....	41
Cuadro 18. Emisiones de CO <sub>2</sub> e resultante de las actividades del sector agropecuario en la Cuenca la Antigua durante el periodo 2005 - 2015 (Unidades en Gg).....	41
Cuadro 19. Línea base de emisiones de CO <sub>2</sub> e en el sector agropecuario de la cuenca La Antigua. ....	44
Cuadro 20. Estimación de emisiones de GEI del sector USCUS para la Cuenca San Pedro a partir de datos de las Series INEGI y de la plataforma GFC. ....	45
Cuadro 21. Emisiones de CO <sub>2</sub> e resultante de las actividades del sector agropecuario en la Cuenca San Pedro durante el periodo 2005 - 2015 (Unidades en Gg).....	46
Cuadro 22. Línea base de emisiones de CO <sub>2</sub> e en el sector agropecuario de la cuenca San Pedro. ....	49
Cuadro 23. Contenido de P por tipo de excreta animal .....	50
Cuadro 24. Cantidad de N y P disponible para el periodo 2006-2015 para la cuenca La Antigua .....	50
Cuadro 25. Cantidad de N y P disponible para el periodo 2006-2015 en la cuenca San Pedro .....	51
Cuadro 26. Algunos criterios para diferenciar acciones de mitigación y adaptación .....	54
Cuadro 27. Medidas de mitigación propuestas en las cuencas La Antigua Ver. y San Pedro Nay. ....	55
Cuadro 28. Medidas de adaptación propuestas en las cuencas La Antigua Ver. y San Pedro Nay.....	57
Cuadro 29. Porcentaje de N disponible en el estiércol del ganado, una vez que ha sido aplicado al suelo .....	60
Cuadro 29. Medidas de mitigación y potenciales sinergias con medidas de adaptación co-beneficios... ..	65

## Lista de figuras

Figura 1. Ubicación de las Cuencas La Antigua y San Pedro .....	8
Figura 2. Comparativa de las emisiones de CO <sub>2</sub> e en áreas forestales para la Cuenca la Antigua, calculadas con datos de INEGI y GFC .....	40
Figura 3. Emisiones en Gg de CO <sub>2</sub> e para las actividades del sector agropecuario durante el periodo 2005 - 2015 en la cuenca la Antigua.....	43

Figura 4. Línea base de emisiones de CO <sub>2</sub> e para el sector USCUS en la Cuenca La Antigua.....	44
Figura 5. Línea base de emisiones de CO <sub>2</sub> e para el sector agropecuario en la Cuenca La Antigua. ....	44
Figura 6. Emisiones de CO <sub>2</sub> e para la Cuenca San Pedro a partir de datos de INEGI y GFC .....	46
Figura 7. Emisiones en Gg de CO <sub>2</sub> e para las actividades del sector agropecuario durante el periodo 2005 – 2015 en la cuenca San Pedro.....	47
Figura 8. Línea base de emisiones de CO <sub>2</sub> e para el sector USCUS en la Cuenca San Pedro. ....	48
Figura 9. Línea base de emisiones de CO <sub>2</sub> e para el sector agropecuario en la Cuenca San Pedro.....	48
Figura 10. Potencial de mitigación de la medida “Tasa deforestación cero”, Cuenca la Antigua. ....	59
Figura 11. Escenarios de potencial de mitigación a través de la sustitución de fertilizantes sintéticos por abonos orgánicos derivados del tratamiento de excretas animales en la cuenca la Antigua. ....	61
Figura 12. Potencial de mitigación de la medida “Tasa deforestación cero”, Cuenca San Pedro. ....	62
Figura 13. Escenarios de potencial de mitigación a través de la sustitución de fertilizantes sintéticos por abonos orgánicos derivados del tratamiento de excretas animales en la cuenca San Pedro. ....	63

# 1. Introducción

Todos los países signados en el CMNUCC, tienen el compromiso internacional de reportar ante la convención la cuantificación de sus emisiones de GEI. México hasta el momento ha desarrollado cinco comunicaciones nacionales y un reporte bianual, en el que se describen las emisiones de gases traza en cada sector. Los esfuerzos del país desde el siglo pasado han sido satisfactorios para tener una sólida base de datos sobre los sectores productivos.

En el sector USCUS para generar los reportes, se han utilizado tradicionalmente las Series de Uso del suelo y Vegetación desarrolladas por el INEGI, que abarcan el periodo histórico de 1993-2011, sin embargo, por el tipo de información y escala que representan son insumos no adecuados para dar seguimiento a los cambios en los bosques del país. Contrario a la información de Datos de Actividad, en lo que concierne a Factores de Emisión en el país, la CONAFOR ha desarrollado dicha información a través de los datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS).

El sector agropecuario también ha requerido mayores esfuerzos para conformar y administrar una base de datos sólida, actualizada y aceptable. El sistema de información agropecuaria y pesquera de la SAGARPA, ha logrado conformar una base histórica de las existencias de ganado y superficies agrícolas que sirve de base para estos reportes. Dentro de la base de datos disponible se encuentran mensualmente la cuantificación de la existencia de animales de producción a nivel municipal al igual que la superficie agrícola establecida. Esta base de datos es basta para obtener certeramente datos de actividad requeridos para obtener los reportes de emisiones.

En cuanto a los factores de emisión igualmente necesarios para cuantificar, resulta más difícil, ya que, en la mayoría, no han sido generados considerando las condiciones locales para poder cuantificar con mayor detalle y llegar a un nivel 2. Sin embargo, la FAO provee datos estimados para cada país que pueden ser usados para satisfacer los reportes nacionales. Cabe mencionar que actualmente el INECC tiene en proceso una iniciativa para la generación de FE del sector ganadero a nivel local, sin embargo, esta información estará disponible a partir del segundo semestre del año en curso. Tanto los datos de emisión por defecto como en algunos casos los datos de actividad, han sido utilizados en los reportes nacionales.

Las cuencas la Antigua, en el estado de Veracruz, y la de San Pedro en los estados de Nayarit, Durango y Zacatecas, son objeto de cuantificación en esta consultoría. En ellas no referimos a una escala subnacional, por lo que la cuantificación debe ser enfocada a mayor detalle, para ello, consideramos los reportes de datos municipales dispuestos en el SIAP.

## 2. Caracterización de las cuencas La Antigua, Ver. Y San Pedro, Nay.

La estimación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de la presente consultoría se llevó a cabo para la Cuenca La Antigua, ubicada en el estado de Veracruz y para la Cuenca San Pedro localizada en el estado de Nayarit, Durango y Zacatecas.

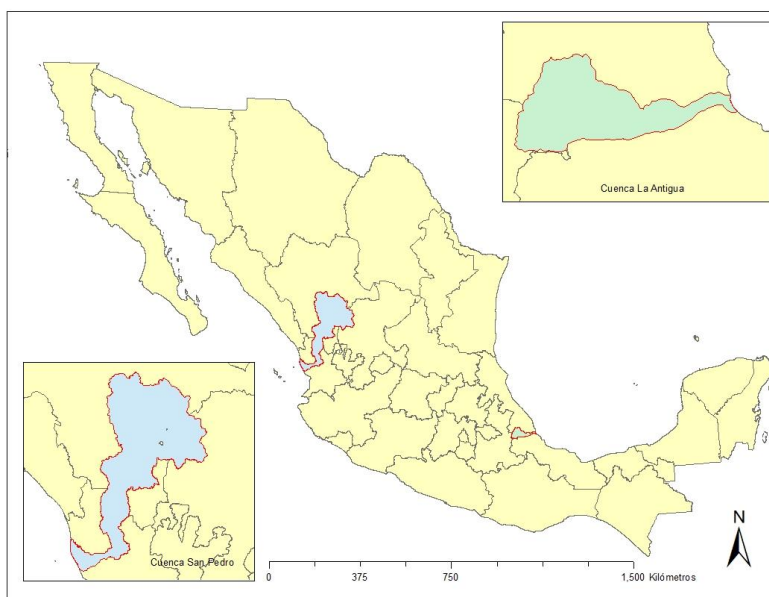


Figura 1. Ubicación de las Cuencas La Antigua y San Pedro

### 2.1 Cuenca San Pedro

La Cuenca de San Pedro, se encuentra en el occidente del país. Su parteaguas se localiza en la parte de mayor altitud de la Sierra Madre Occidental (Figura 1). Su superficie total es de 2,741,514 ha y abarca parte de los estados de Durango, Nayarit y Zacatecas. Del estado de Durango incluye los municipios de Canatlán, Cuencamé, Durango, Guadalupe Victoria, Mezquital, Nombre de Dios, Nuevo Ideal, Pánuco de Coronado, Peñón Blanco, Poánas, Pueblo Nuevo, Súcil, San Juan del Río y Vicente Guerrero, abarca además siete municipios del estado de Nayarit que son: Acaponeta, Del Nayár, Huajicóri, Rosamorada, Ruíz, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan y cuatro municipios del estado de Zacatecas que son: Chalchihuites, Jiménez, Miguel Auza y Sombrerete (INEGI, 2016).

Las partes de mayor altitud se encuentran en los municipios de Canatlán, Cuencamé, Durango y en Sombrerete y Miguel Auza en Zacatecas. Por otro lado, al tratarse de una cuenca exorreica tiene una desembocadura hacia el mar localizado en el municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit, donde forma una importante zona de manglares a lo largo de la costa.



### 2.1.1 Demografía

La cuenca tiene aproximadamente 2850 localidades dentro de los límites. La población total que abarcan los municipios que corresponden a la cuenca es de 1,270,705 personas (INEGI, 2015), de las cuales el 68.5 % pertenecen a 14 municipios del estado de Durango, el 24 % a 8 municipios del estado de Nayarit y 7.4% de la población corresponde a tres municipios del estado de Chihuahua. La tasa de crecimiento para el año 2015 en México fue de 1.29%, lo que significa también una demanda de productos y servicios que causan presión importante sobre los recursos naturales.

### 2.1.2 Clima

La distribución del clima en la cuenca es definida en gran manera por las diferencias altitudinales y la humedad presente en el año, además de la distribución anual de los vientos. De esta manera podemos distinguir en las partes altas de la cuenca una porción de climas secos (García & CONABIO, 1998). En lo correspondiente a los límites del estado de zacatecas y Durango. Conforme va disminuyendo la altitud hacia el occidente también incrementa la temperatura. En la parte media de la cuenca en los límites del estado de Nayarit se puede distinguir tipos de clima cálidos subhúmedos y hasta húmedos cuando se acerca a la costa (García & CONABIO, 1998a).

La precipitación media anual oscila entre los 400 a 1200 mm anuales (García & CONABIO, 1998b). La zona de mayor precipitación se encuentra cercana a la costa y disminuye conforme nos alejamos hacia el noreste. La menor cantidad de precipitación se localiza en la parte más alta de la cuenca que corresponde a la zona de sotavento en la parte de Zacatecas y Durango. Cabe señalar que esta precipitación está determinada principalmente por huracanes que entran del pacífico, es por ello que se ve diferenciado en su totalidad la zona de alta precipitación en la zona occidente respecto a las partes altas.

### 2.1.3 Vegetación

La variedad climática y la interacción de distintas condiciones ambientales en la cuenca proporcionan ambientes para que exista una gran diversidad biológica. La vegetación presente en la zona es muy variante, ya que contiene desde matorrales xerófilos en los valles altos de la altiplanicie septentrional y hasta selvas perennifolias cercanas la costa. El tipo de vegetación con mayor superficie es la de bosque de coníferas localizado en las partes altas de la cuenca. Entrelazado con este tipo se encuentra una porción de bosque mesófilo de montaña como parte del ecotono hacia las laderas donde predominan las selvas bajas caducifolias principalmente. Otro tipo de vegetación que cubre un 11% de la zona es el bosque de encino. Predominantemente se encuentran los pastizales que cubren el 23 % de la región.

El cuadro 1, muestra las superficies por tipo de vegetación que se encuentran en la región de acuerdo a la clasificación de INEGI en su serie V (INEGI, 2013). Aunque su cobertura en su totalidad es evidentemente forestal, si consideramos los bosques y selvas, hay una importante zona desprovista de vegetación arbórea en casi un 40 %. Por otro lado, las regiones comprendidas en el sector forestal contienen un potencial importante de producción que puede ser susceptible a manejo siempre y cuando se cuide su sustentabilidad.

Predominan en la parte alta, los matorrales xerófilos que, aunque no son considerados como ecosistemas muy productivos albergan una importante diversidad biológica tanto de flora como de fauna. De igual forma existe una importante porción de bosque mesófilo de montaña, que es un tipo de vegetación que aporta una gran cantidad de endemismos y tiene alta vulnerabilidad y poca resiliencia a los efectos del hombre y cambio climático.

**Cuadro 1. Grupos de vegetación y etapa de desarrollo propuestas en el BUR (2015) y que se pueden encontrar en la Cuenca San Pedro.**

<b>Categorías</b>	<b>Área (ha)</b>
Acuícola	137
Agricultura Anual	528301
Agricultura Permanente	13333
Agua	13679
Asentamientos Humanos	18590
Bosque Cultivado	94
Bosque de Coníferas Primario	626170
Bosque de Coníferas Secundario	140210
Bosque de Encino Primario	305901
Bosque de Encino Secundario	110150
Bosque Mesófilo de Montana Primario	22228
Bosque Mesófilo de Montana Secundario	2227
Especial Otros Tipos Leñoso Primario	7471
Especial Otros Tipos No Leñoso Primario	409
Matorral Xerófilo Leñoso Primario	135017
Matorral Xerófilo Leñoso Secundario	20094
Matorral Xerófilo No Leñoso Primario	2214
Otras Tierras	6
Pastizal	537794
Selva Caducifolia Primario	44823
Selva Caducifolia Secundario	53506
Selva Perennifolia Primario	15248
Selva Perennifolia Secundario	1843
Selva Subcaducifolia Primario	82361
Selva Subcaducifolia Secundario	3421
Vegetación Hidrófila Leñoso Primario	38462
Vegetación Hidrófila Leñoso Secundario	4269
Vegetación Hidrófila No Leñoso Primario	13555
<b>Total general</b>	<b>2741514</b>

## 2.2 Cuenca La Antigua

La Cuenca de La Antigua se localiza sobre la parte oriente de la república mexicana, sobre los estados de Puebla y Veracruz. Los municipios del estado de Puebla que son parte de esta cuenca son: Chichiquila, Chilchota, Quimixtlán y Tlachichuca, de igual forma incluye 23 municipios del estado de Veracruz que son: Acajete, Apazapan, Ayahualulco, Banderilla, Calcahualco, Coatepec, Cosautlán de Carvajal, Emiliano Zapata, Huatusco, Ixhuacán de los Reyes, Jalcomulco, La Antigua, Paso de Ovejas, Perote, Soledad de Doblado, Tenampa, Teocelo, Tlalnelhuayocan, Tlaltetela, Totutla, Xalapa y Xico.

La Cuenca La Antigua abarca en total una superficie de 219,484 ha. La parte de mayor altitud en la cuenca se encuentra en las partes altas del Parque nacional Cofre de Perote en aproximadamente 3100 m.s.n.m. y sobre el parteaguas de la sierra madre oriental. Desemboca hacia el Golfo de México en el municipio de La Antigua, formando una importante zona de barra al desembocar en el mar.

### 2.2.1 Demografía

Dentro de la cuenca se encuentran 848 localidades, predominando las comunidades pequeñas y rurales. La población total de los municipios que cubren la cuenca es de 3,512,284 personas (INEGI, 2015), de las cuales el 95 % pertenecen del estado de Veracruz (INEGI, 2016).

### 2.2.2 Clima

El patrón climático de la región es determinado en gran manera a la distribución de los vientos alisios de verano y el relieve que se encuentra. El clima presente en las partes más elevadas presenta un clima semifrío húmedo en la montaña de Perote (García & CONABIO, 1998). El clima presenta un patrón de disminución a partir de que te alejas de las partes elevadas presentando temperaturas más cálidas. La temperatura media varía de 6 °C en las partes altas a 24 °C en la costa (García & CONABIO, 1998a). La precipitación oscila de 800 a 1200 mm anuales (García & CONABIO, 1998b), presenta zonas de mayor precipitación en las laderas con orientación al oriente donde los vientos húmedos chocan y descargan su precipitación. La precipitación es determinada en gran medida por la presencia de vientos alisios en verano y huracanes.

### 2.2.3 Vegetación

De acuerdo a la carta de Uso de suelo y vegetación Serie V de INEGI (2011), en el área concerniente a la cuenca se pueden encontrar los tipos de vegetación mostrados en la tabla 2. Resalta en ellos, el tipo de agricultura que ocupa en 45 % del terreno, y en segundo lugar de cobertura lo ocupan los pastizales con aproximadamente un 20 %. La producción en estos lugares principalmente es destinada a la producción de maíz para agricultura y se encuentra una importante zona de producción de ganado bovino.

En lo que respecta a los bosques y selvas, resalta en mayor proporción el tipo de bosque de coníferas primario que ocupa 19,854 ha y ocupa un 9 % del territorio de la cuenca. El bosque mesófilo de montaña ocupa una porción importante del territorio, la superficie de este tipo de

vegetación es de 12,722 ha, pero su distribución en el país es restringida a solo 0.7 % del país. En conjunto los bosques y selvas ocupan el 28 % de la superficie de la cuenca y de estos solamente una porción pequeña es de selva. Tanto las selvas como bosque mesófilo son una importante zona de captación de agua a los mantos acuíferos y satisfacción a los miles de habitantes principalmente de las ciudades como Veracruz y Xalapa.

Es importante entonces mantener la cobertura forestal de estos ya que los servicios que proveen son indispensables para los habitantes. Las selvas y el bosque mesófilo de montaña de igual forma son un importante de reservorio de carbono y de la provisión de nichos para las plantas y animales además de que son un importante almacén de endemismos y biodiversidad a nivel nacional. El cuadro 2, muestra la superficie por tipo de vegetación dentro de la cuenca de estudio.

**Cuadro 2. Grupos de vegetación y etapa de desarrollo propuestas en el BUR (2015) y que se pueden encontrar en la Cuenca La Antigua, Veracruz.**

Categorías	Área (ha)
Agricultura anual	95905
Agricultura Perenne	16028
Asentamientos Humanos	3338
Bosque de Coníferas Primario	19854
Bosque de Coníferas Secundarios	4791
Bosque de Encino Primario	3585
Bosque de Encino Secundario	318
Bosque Mesófilo Primario	12722
Bosque Mesófilo Secundario	7286
Especial Otros tipos no Leñoso Primario	481
Agua	96
Pastizal	43201
Selva Caducifolia Primario	2784
Selva Caducifolia Secundario	5852
Selva Subcaducifolia Primario	123
Selva Subcaducifolia Secundario	3116
<b>Total general</b>	<b>219,484</b>

### 3. Metodología para la estimación de GEI en los usos de suelo y tipos de vegetación

Como parte del proceso de generación de la propuesta metodológica para la estimación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en las cuencas bajo estudio, se revisaron los diferentes documentos publicados por el IPCC como lo son: Orientación sobre las Buenas Prácticas (OBP) para Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) (2003), Directrices del IPCC (1996 revisada y 2006) para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, (INGEI), el manual para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura (FAO, 2015), además de analizar los diferentes Inventarios de Emisiones realizados a nivel nacional (Comunicaciones y BUR) y los Inventarios realizados a nivel estatal (IEGEI), es importante mencionar que se retoman los métodos y procesos de cálculo de emisiones en el sector forestal desarrollados por el Proyecto “Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur (FRyCSS)” implementado entre la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), dichos métodos de cálculo fueron utilizados en el Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (BUR) y hoy en día la mejora continua y actualización de las estimaciones de emisiones están a cargo de la Unidad Técnica Especializada en Monitoreo, Reporte y Verificación (UTEMRV) de la CONAFOR.

Dado que la CONAFOR (2012) lleva a cabo la implementación del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INPyS) a partir de 2004 y hasta la fecha se cuenta con dos ciclos de inventarios, siguiendo las OBP (2003), es posible generar los Factores de Emisión (FE) para la biomasa viva y raíces utilizando el método de stock change para las categorías Tierras Forestales (TF) y Pastizales (TP)

Existen tres niveles metodológicos para estimar las emisiones y absorciones GEI para cada fuente, partiendo de un nivel básico con valores por defecto, hasta métodos con mayor nivel de certidumbre de las estimaciones pero que conlleva el aumento de recursos y mayor capacidad técnica e institucional.

Los tres niveles metodológicos de la OBP (IPCC, 2003) son los siguientes:

**Nivel 1:** Se basa en el método básico expuesto en las Directrices del IPCC, así como en la utilización de valores por defecto para los FE. En este nivel los datos de actividad (DA) son comúnmente a una escala espacial gruesa; por ejemplo, estimaciones de tasas de deforestación, estadísticas de producción agrícola o mapas de la cubierta terrestre mundial, etc.

**Nivel 2:** Se basa en la utilización de FE y DA definidos por el país para aquellos usos de la tierra o actividades consideradas como más importantes. Para evaluar las regiones climáticas y sistemas de uso de la tierra de un país, resulta apropiado utilizar los FE y DA definidos por dicho país.

**Nivel 3:** En este nivel son considerados métodos de nivel superior como lo son los modelos y sistemas de medición de inventario adaptados a las circunstancias de cada país y repetidos a lo largo del tiempo. Los DA usados son de alta resolución. Con ayuda de estos métodos es posible obtener mediciones con mayor certidumbre, además de vincular más estrechamente la biomasa y la dinámica del suelo. Finalmente, cuando se produce un cambio de uso de una tierra, es posible seguir la evolución de esa tierra gracias a los modelos.

Como se menciona al principio, para el sector forestal se ha generado información para el nivel 2, mientras que en agricultura y ganadería la metodología utilizada es una mezcla entre los niveles 1 y 2 ya que se usa información de DA del país (nivel 2), sin embargo, los datos de FE son por defecto (nivel 1).

## 3.1 Datos de actividad para el Sector USCUS

### 3.1.2 Datos de actividad oficiales a partir de las Series de INEGI

Para dar consistencia a los inventarios de GEI realizados a nivel nacional, se utilizaron como una fuente de información cartográfica las Series de Uso del Suelo y Vegetación desarrolladas por INEGI (1993, 2002, 2007 y 2011), hubo una revisión y compilación de otras fuentes cartográficas, sin embargo, por las fechas de generación y escala es complicada su integración a la serie multitemporal de análisis que de acuerdo a la OBP (IPCC, 2003) debe contar con 20 años.

Las Series de INEGI presentan información de referencia detallada en cuanto a los Usos de Suelo y Tipo de vegetación sin embargo el nivel de escala es pequeño por lo que no es la mejor fuente para dar seguimiento a la dinámica de cambio en la cobertura, aunque es la información oficial que abarca la mayor parte del tiempo de análisis ya que la Serie II tiene como año de referencia 1993, la Serie III-2002, Serie IV-2007 y Serie V-2011.

De acuerdo al análisis a nivel nacional desarrollado en el BUR, las clases de usos de suelo y tipo de vegetación fueron agrupadas considerando varios criterios para tener más detalles sobre las categorías generales que manejan las directrices IPCC, los criterios considerados abarcan los grupos de INEGI, la etapa, ya sea primaria o secundaria, fase de desarrollo es decir arbórea, arbustiva y herbácea, separación de acuerdo a la dominancia de elementos leñosos (arbórea y arbustiva), no leñosos (herbácea) y finalmente los criterios IPCC para designar cada categoría.

De acuerdo al análisis a nivel nacional quedan 19 categorías de tierras forestales 6 en Pastizales, 2 en tierras agrícolas, 1 en humedales, 1 en asentamientos y 1 en Otras tierras.

### 3.1.3 Datos de Actividad provenientes de la plataforma Global Forest Change (GFC)

Como una fuente alternativa al uso de los datos oficiales que se han utilizado para generar reportes de deforestación, así como en los inventarios de GEI y la actualización BUR en 2015,

se recopiló e integró la información generada en iniciativas como Global Forest Change (GFC). Estos datos de monitoreo de la cobertura forestal servirán para hacer una comparativa entre las emisiones calculadas con los datos de INEGI y esta nueva fuente, es importante señalar que esta información como en muchos otros casos de fuentes distintas a las oficiales se presenta a un nivel de bosque-no bosque, por lo que será necesario llevar a cabo pasos adicionales para hacer que esta información sea consistente con los FE existentes. En la siguiente sección se describe brevemente las características de la información de la plataforma GFC y el proceso de integración con la información de las Series de INEGI para realizar adecuadamente el cálculo de emisiones GEI.

### **Global Forest Change (GFC), Porcentaje de cobertura arbórea: pérdidas y ganancias**

La Universidad de Maryland y Google Earth Engine (GEE) desarrollaron un algoritmo de aprendizaje supervisado para el procesamiento de imágenes Landsat 7 ETM+ (Thematic Mapper plus), de esta manera se lleva a cabo la cuantificación a nivel global de los cambios ocurridos en los bosques. Mediante la plataforma de GEE se compilaron y analizaron cerca de 600, 000 imágenes del satélite Landsat 7. Las observaciones sobre la superficie de la tierra en las imágenes de satélite fueron ensambladas cronológicamente para identificar la pérdida o ganancia de cobertura arbórea por pixel a una resolución de 30 x 30 metros, los cambios que se detectan son principalmente en zonas con una densidad de dosel mayor del 50%. En esta iniciativa se define a la “cobertura arbórea” como toda la vegetación con una altura mayor a 5 metros, con la presencia biofísica de árboles que pueden tomar la forma de bosques naturales o plantaciones existentes sobre el rango de densidad del dosel. La “Pérdida” se define como la remoción o mortalidad de cobertura arbórea en el dosel y puede ser originada por una variedad de factores, incluyendo cosecha mecánica, fuegos, enfermedades o daños por tormentas. Por lo tanto, “pérdida” no equivale necesariamente a deforestación. La información está disponible prácticamente para todo el mundo en la plataforma Global Forest Change (GFC), se excluye solamente a la Antártica y otras islas árticas, se actualiza de manera anual y hasta el momento la información disponible es desde el 2000 hasta 2014 en su última versión 1.2 (Hansen *et al.*, 2013).

Para el caso de las cuencas bajo estudio se utilizó solamente la información concerniente a las pérdidas anuales de bosque proveniente de la plataforma GFC (2000-2014), y para hacer consistente la información a nivel de las clases BUR, se utilizó la Serie III de INEGI para establecer un mapa base, que fue actualizado para comenzar en el año 2000. La integración de la información de la Serie III de INEGI con la información de la GFC se hizo con el propósito de poder utilizar las clases y FE desarrollados en el BUR, y de esta manera cuantificar las emisiones totales por cada categoría de forma anual y hasta el 2014.

A partir del mapa base establecido con la información de la Serie III de INEGI, se llevó a cabo un cruce con los datos de pérdida de GFC, de esta manera fue posible identificar la clase a la que corresponde cada polígono que se perdió en el periodo de análisis y así definir e integrar su FE correspondiente para calcular las emisiones para cada año.

## 3.2 Categorías generales de IPCC y su correspondencia con las clases propuestas

### 3.2.1 Tierras Forestales

Esta categoría comprende toda la tierra con vegetación leñosa que es consistente con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales de acuerdo a las directrices del IPCC. También comprende sistemas con vegetación actualmente inferior al umbral de la categoría de tierras forestales, pero que se espera sea rebasado.

Como parte de la información proporcionada por las Series INEGI, son consideradas las diferentes fases y etapas vegetativas de desarrollo. En la fase primaria (vegetación predominantemente arbórea) se integran los grupos vegetales primarios.

En la fase de desarrollo secundaria se integran los tipos de vegetación en una fase arbustiva y herbácea, de esta manera es posible llevar a cabo estimación por los cambios entre las dos fases, primaria y secundaria de acuerdo a las estimaciones de GEI realizadas en el BUR (2015).

A nivel nacional se cuentan con 9 grupos generales de vegetación: (1) Bosque de coníferas, 2) Bosque de encino, 3) Bosque Mesófilo de Montaña, 4) Selva Perennifolia, 5) Selva Subcaducifolia, 7) Matorral xerófilo (parcialmente), 8) Vegetación hidrófila (parcialmente) esto se debe a la clasificación de INEGI, presentada en el Diccionario de datos de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000 Serie V, 2009), 9) Especial otros tipos (parcialmente) y un grupo agropecuario de bosques cultivado, para un total de 19 grupos forestales en donde se agrupan 44 tipos de vegetación.

En el siguiente cuadro se presentan los grupos de vegetación presentes en las dos cuencas bajo análisis.

**Cuadro 3. Grupos de vegetación y etapa de desarrollo con sus respectivos tipos de vegetación de INEGI para la categoría de Tierras Forestales**

Grupo vegetal	Tipo de vegetación (INEGI)
Bosque de Coníferas (Primario y vegetación secundaria arbórea)	Bosque de Oyamel Primario, Bosque de Oyamel Secundario Arbóreo, Bosque de Cedro Primario, Bosque de Cedro Secundario Arbóreo, Bosque de Tásate Primario, Bosque de Tásate Secundario Arbóreo, Bosque de Pino Primario, Bosque de Pino Secundario Arbóreo, Bosque de Pino-Encino Primario, Bosque de Pino-Encino Secundario Arbóreo, Bosque de Ayarín Primario, Bosque de Ayarín Secundario Arbóreo, Matorral de Coníferas Primario
Bosque de Coníferas Secundario (secundario arbustivo y herbáceo)	Bosque de Oyamel Secundario Arbustivo, Bosque de Oyamel Secundario Herbáceo, Bosque de Cedro Secundario Arbustivo, Bosque de Cedro Secundario Herbáceo, Bosque de Tásate Secundario Arbustivo, Bosque de Tásate Secundario Herbáceo, Bosque de Pino Secundario Arbustivo, Bosque de Pino Secundario Herbáceo, Bosque de Pino-Encino Secundario Arbustivo, Bosque de Pino-Encino Secundario Herbáceo, Bosque de Ayarín Secundario Arbustivo, Bosque de Ayarín Secundario Herbáceo, Matorral de Coníferas Secundario Arbustivo, Matorral de Coníferas Secundario Herbáceo
Bosque de Encino Primario	Bosque de Encino Primario, Bosque de Encino Secundario Arbóreo, Bosque de Encino-Pino Primario, Bosque de Encino-Pino Secundario Arbóreo



Bosque de Encino Secundario	Bosque de Encino Secundario Herbáceo, Bosque de Encino Secundario Arbustivo, Bosque de Encino-Pino Secundario Arbustivo, Bosque de Encino-Pino Secundario Herbáceo
Bosque Mesófilo de Montana Primario	Bosque Mesófilo de Montana Primario, Bosque Mesófilo de Montana Secundario Arbóreo
Bosque Mesófilo de Montana Secundario	Bosque Mesófilo de Montana Secundario Arbustivo, Bosque Mesófilo de Montana Secundario Herbáceo
Selva Perennifolia Primaria	Selva Alta Perennifolia Primaria, Selva Alta Perennifolia Secundaria Arbórea, Selva Alta Subperennifolia Primaria, Selva Alta Subperennifolia Secundaria Arbórea  Selva Baja Perennifolia Primaria, Selva Baja Perennifolia Secundaria Arbórea, Selva Baja Espinosa Subperennifolia Primario, Selva Baja Espinosa Subperennifolia Secundaria Arbórea  Selva Baja Subperennifolia Primaria, Selva Baja Subperennifolia Secundaria Arbórea  Selva Mediana Perennifolia Primaria, Selva Mediana Perennifolia Secundaria Arbórea  Selva Mediana Subperennifolia Primaria, Selva Mediana Subperennifolia Secundaria Arbórea
Selva Perennifolia Secundaria	Selva Alta Perennifolia Secundaria Arbustiva, Selva Alta Perennifolia Secundaria Herbácea  Selva Alta Subperennifolia Secundaria Arbustiva, Selva Alta Subperennifolia Secundaria Herbácea, Selva Baja Perennifolia Secundaria Arbustiva, Selva Baja Perennifolia Secundario Herbáceo, Selva Baja Espinosa Subperennifolia Secundaria Arbustiva, Selva Baja Espinosa Subperennifolia Secundario Herbáceo, Selva Baja Subperennifolia Secundaria Arbustiva, Selva Baja Subperennifolia Secundario Herbáceo, Selva Mediana Perennifolia Secundaria Arbustiva, Selva Mediana Perennifolia Secundario Herbáceo, Selva Mediana Subperennifolia Secundaria Arbustiva, Selva Mediana Subperennifolia Secundario Herbáceo
Selva Subcaducifolia Primaria	Selva Baja Subcaducifolia Primaria, Selva Baja Subcaducifolia Secundaria Arbórea, Selva Mediana Subcaducifolia Primaria, Selva Mediana Subcaducifolia Secundaria Arbórea
Selva Subcaducifolia Secundaria	Selva Baja Subcaducifolia Secundaria Arbustiva, Selva Baja Subcaducifolia Secundario Herbáceo, Selva Mediana Subcaducifolia Secundaria Arbustiva, Selva Mediana Subcaducifolia Secundario Herbáceo
Selva Caducifolia Primaria	Matorral Subtropical Primario, Selva Baja Caducifolia Primaria, Selva Baja Caducifolia Secundaria Arbórea, Selva Baja Espinosa Caducifolia Primaria, Selva Baja Espinosa Caducifolia Secundaria Arbórea, Selva Mediana Caducifolia Primaria, Selva Mediana Caducifolia Secundaria Arbórea, Mezquital Tropical Primario, Mezquital Tropical Secundario Arbóreo
Selva Caducifolia Secundaria	Selva Baja Caducifolia Secundaria Arbustiva, Selva Baja Caducifolia Secundaria Herbácea, Selva Baja Espinosa Caducifolia Secundaria Arbustiva, Selva Baja Espinosa Caducifolia Secundario Herbáceo, Selva Mediana Caducifolia Secundaria Arbustiva, Selva Mediana Caducifolia Secundario Herbáceo, Mezquital Tropical Secundario Arbustivo, Mezquital Tropical Secundario Herbáceo, Matorral Subtropical Secundario Arbustivo, Matorral Subtropical Secundario Herbáceo
Matorral Xerófilo Primario	Matorral Crasicaule Primario, Matorral desértico Microfilo Primario, Matorral desértico Rosetofilo Primario, Matorral Espinoso Tamaulipeco Primario, Mezquital Xerófilo Primario, Chaparral, Matorral Rosetofilo Costero Primario, Matorral Sarcocaulis Primario, Matorral Sarco-Crasicaule Primario, Matorral Submontano Primario, Matorral Submontano Secundario Arbóreo, Matorral Sarco-Crasicaule de Neblina Primario

Matorral Xerófilo Secundario	Matorral Crasicaule Secundario Arbustivo, Matorral Crasicaule Secundario Herbáceo, Matorral desértico Microfilo Secundario Arbustivo, Matorral desértico Microfilo Secundario Herbáceo, Matorral desértico Rosetófilo Secundario Arbustivo, Matorral desértico Rosetófilo Secundario Herbáceo, Matorral Espinoso Tamaulipeco Secundario Arbustivo, Matorral Espinoso Tamaulipeco Secundario Herbáceo, Mezquital Xerófilo Secundario Arbustivo, Mezquital Xerófilo Secundario Herbáceo, Chaparral Secundario Arbustivo, Matorral Rosetófilo Costero Secundario Arbustivo, Matorral Rosetófilo Costero Secundario Herbáceo, Matorral Sarcocaulo Secundario Arbustivo, Matorral Sarcocaulo Secundario Herbáceo, Matorral Sarco-Crasicaule Secundario Arbustivo, Matorral Sarco-Crasicaule Secundario Herbáceo, Matorral Submontano Secundario Arbustivo, Matorral Submontano Secundario Herbáceo, Matorral Sarco-Crasicaule de Neblina Secundario Arbustivo, Matorral Sarco-Crasicaule de Neblina Secundario Herbáceo
Vegetación Hidrófila Primaria	Vegetación de Galería Primario, Bosque de Galería Primario, Bosque de Galería Secundario Arbóreo, Vegetación de Peten* Primario, Vegetación de Peten* Secundario Arbóreo, Selva de Galería Primaria, Selva de Galería Secundaria Arbórea, Manglar Primario, Manglar Secundario Arbóreo
Vegetación Hidrófila Secundaria	Bosque de Galería Secundario Arbustivo, Bosque de Galería Secundario Herbáceo, Vegetación de Peten Secundario Arbustivo, Vegetación de Peten Secundario Herbáceo, Selva de Galería Secundaria Arbustiva, Selva de Galería Secundario Herbáceo, Vegetación de Galería Secundario Arbustivo, Vegetación de Galería Secundario Herbáceo, Manglar Secundario Arbustivo, Manglar Secundario Herbáceo
Especial Otros Tipos Primario	Bosque de Mezquite Primario, Bosque de Mezquite Secundario Arbóreo, Palmar Natural Primario, Palmar Natural Secundario Arbóreo, Bosque Inducido
Especial Otros Tipos Secundario	Bosque de Mezquite Secundario Arbustivo, Bosque de Mezquite Secundario Herbáceo, Palmar Inducido, Palmar Natural Secundario Herbáceo, Palmar Natural Secundario Arbustivo
Bosque Cultivado	Plantación Forestal

### 3.2.2 Pastizales

Esta categoría comprende los pastizales y la tierra de pastoreo que no se considera tierra agrícola. También comprende sistemas con vegetación inferior al umbral utilizado en la categoría de tierras forestales y no se espera que rebase, sin intervención humana, los umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. Comprende asimismo todas las Pastizales, desde las tierras abandonadas hasta las zonas recreativas, así como los sistemas agrícolas y de silvopastoreo, subdivididos en gestionados y no gestionados, de acuerdo con las definiciones nacionales (IPCC, 2003).

Corresponde también a Pastizales otros tipos de vegetación, incluidos en los grupos de vegetación del INEGI como Matorral xerófilo, Vegetación hidrófila y Especial, que se caracterizan porque no contienen vegetación leñosa dominante y según su descripción pertenecen a la categoría de Pastizales o pastizales de acuerdo a los criterios del IPCC (2003). Dentro del análisis realizado para el BUR, para llevar a cabo una asignación de manera correcta se hace una distinción a nivel de grupo de vegetación de los tipos en los cuales dominan elementos no leñosos y categorizarlos como “Pastizales”, junto con el grupo de vegetación de pastizales y todos sus tipos de vegetación.

De acuerdo a los criterios anteriormente mencionados, se contemplan 4 grupos vegetales con 14 tipos de vegetación y un tipo agrícola de pastizal cultivado (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Propuesta de grupos de vegetación con sus respectivos tipos de vegetación de INEGI para la categoría de Pastizales según la definición del IPCC (2003)**

Propuesta de grupo vegetal (INEGI-IPCC)			Tipo de vegetación (INEGI)
Matorral Leñoso	Xerófilo	No	Vegetación de desiertos Arenosos Primario, Vegetación Halófila Xerófila Primario, Vegetación Gipsófila Primario, Vegetación de desiertos Arenosos Secundario Arbustivo, Vegetación de desiertos Arenosos Secundario Herbáceo, Vegetación Halófila Xerófila Secundario Arbustivo, Vegetación Halófila Xerófila Secundario Herbáceo, Vegetación Hipsofilo Secundario Arbustivo, Vegetación Gipsófila Secundario Herbáceo
Vegetación Leñosa	Hidrófila	No	Popal, Vegetación Halófila Hidrófila Primario, Tular, Vegetación Halófila Hidrófila Secundario Arbustivo, Vegetación Halófila Hidrófila Secundario Herbáceo
Pastizal			Pastizal Cultivado*, Pastizal Halófilo Primario, Pastizal Halófilo Secundario Arbustivo, Pastizal Halófilo Secundario Herbáceo, Pastizal Inducido, Pastizal Natural Primario, Pastizal Natural Secundario Arbustivo, Pastizal Natural Secundario Herbáceo, Pastizal Gipsófilo Primario, Pastizal Gipsófilo Secundario Arbustivo, Pastizal Gipsófilo Secundario Herbáceo, Sabana Primario, Sabana Secundario Arbóreo, Sabana Secundario Arbustivo, Sabana Secundario Herbáceo, Sabanoide, Pradera de Alta Montaña Primario, Pradera de Alta Montaña Secundario Arbustivo, Pradera de Alta Montaña Secundario Herbáceo
Especial	Otros Tipos		Vegetación de Dunas Costeras Primario, Vegetación de Dunas Costeras Secundario Arbustivo, Vegetación de Dunas Costeras Secundario Herbáceo

### 3.2.3 Tierras Agrícolas, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras

Dentro de la categoría de Tierras agrícolas se comprenden todas aquellas tierras de cultivo y labranza, y sistemas agroforestales donde la vegetación no llega al umbral utilizado para la categoría de tierra forestal, con arreglo a la selección de definiciones nacionales (IPCC, 2003).

De acuerdo a la información proporcionada por las Series INEGI se formaron dos grupos agrícolas correspondientes a la agricultura anual y permanente. En el siguiente cuadro se presentan los tipos de agricultura específicos que corresponden a las cuencas bajo análisis y su respectiva agrupación.

**Cuadro 5. Propuesta de agrupación para Tierras Agrícolas, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras, con base en la clasificación INEGI**

IPCC (2003)	Propuesta de grupo vegetal (INEGI-IPCC)	Tipo de vegetación (INEGI)
Tierras Agrícolas	<b>Agrícola anual</b>	Agricultura de Humedad Anual, Agricultura de Humedad Anual Permanente, Agricultura de Humedad Anual Semipermanente, Agricultura de Humedad Semipermanente, Agricultura de Humedad Semipermanente Permanente, Agricultura de Riego Anual, Agricultura de Riego Anual Permanente, Agricultura de Riego Anual Semipermanente, Agricultura de Riego Semipermanente, Agricultura de Riego Semipermanente Permanente, Agricultura de Temporal Anual, Agricultura de Temporal Anual Permanente, Agricultura de Temporal Anual Semipermanente, Agricultura de Temporal Semipermanente, Agricultura de Temporal Semipermanente Permanente
	<b>Agrícola permanente</b>	Agricultura de Humedad Permanente, Agricultura de Riego Permanente, Agricultura de Temporal Permanente
Humedales	<b>Acuícola</b>	Acuícola
	<b>Cuerpo de Agua</b>	Cuerpo de Agua
Asentamientos	<b>Asentamientos</b>	Asentamientos
Otras Tierras	<b>Otras tierras</b>	Desprovisto de Vegetación, Sin Vegetación Aparente

Los humedales comprenden todas las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de éste (por ejemplo, las turberas) y que no está dentro de las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizal o asentamientos. Incluye los reservorios como subdivisión gestionada y los ríos naturales y los lagos como subdivisiones no gestionadas.”

La categoría Asentamientos incluyen toda la tierra desarrollada, con inclusión de la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de todo tamaño, a menos que estén ya incluidos en otras categorías. Esto debe ser coherente con la selección de definiciones nacionales (IPCC, 2003).

Finalmente, la categoría Otras tierras, comprende suelo desnudo, roca, hielo y todas las áreas de tierra no gestionadas que no entran en ninguna de las otras cinco categorías.

### 3.3 Análisis multitemporal de los cambios

#### 3.3.1 Generación de cambios a partir de las Series de INEGI y la plataforma GFC

Como se menciona al principio, una de las bases cartográficas utilizada en la estimación de emisiones son las Series INEGI (1993-2011) ya que de acuerdo a la OBP (IPCC, 2003), se

requiere que la información usada cubra la totalidad del territorio nacional, o en nuestro caso la totalidad de las cuencas para realizar los Inventarios correspondientes y además tenga coherencia temporal: –ya que se requieren estimaciones para una serie temporal de al menos 20 años–; en este sentido las Series INEGI, cumplen con estas condiciones (Victoria *et al.*, 2011). De acuerdo al análisis aquí presentado las Series INEGI fueron recortadas usando los límites territoriales de las Cuencas La Antigua, Ver. y San Pedro, Nay.

En el caso de los datos provenientes de la Plataforma GFC, el periodo que abarcan es de 2000-2014, por lo que si se requiere tomar en cuenta años anteriores se debe realizar un proceso de extrapolación de los datos, esto puede realizarse mediante el cálculo de los promedios anuales.

### 3.3.2 Análisis espacial de cambio

Una vez que fueron recortadas las Series de INEGI, se realizó una unión de todas las Series II, III, IV y V, a través del Software QGIS, Ver. 2.14, cabe mencionar que para cada Serie se integran a sus atributos la correspondencia temática entre las clases de tipos de vegetación y uso de suelo y las categorías propuestas y usadas para generar el BUR en 2015, de esta manera es posible detectar y monitorear los cambios entre cada categoría y cada par de Series analizadas (Serie II-III, Serie III-IV y Serie IV-V). A partir de la Unión de las Series se procede a establecer una UMM de 1 ha, por lo que todos los polígonos menores a esa superficie fueron unidos/adjuntados a los polígonos más grandes con los que comparten la mayor cantidad de perímetro.

Los datos de GFC proporcionan de forma directa las áreas de bosque que se perdieron cada año de 2000 a 2014, por lo que solo fue necesario establecer un mapa base a partir de año 2000 con ayuda de la Serie III de INEGI y de esta manera de monitorean los cambios que ocurren en cada clase.

#### 3.3.3 Elaboración de la matriz de cambio

A partir de la información obtenida, se procedieron a establecer las dinámicas de cambio para los periodos Serie II (1993) – Serie III (2002), Serie III (2002) – Serie IV (2007) y Serie IV (2007) – Serie V (2011), retomando las siguientes categorías y supuestos reportados en el BUR 2015:

- **Permanencia:** Áreas que se mantienen en la misma categoría.
- **Deforestación:** Área que cambió de una fase forestal a cualquier tipo de uso no forestal.
- **Reforestación:** Área con un uso de suelo No Forestal que cambian a una categoría de Tierra Forestal ya sea de condición primaria o secundaria.
- **Degradación:** Área que cambió de una fase de desarrollo de la vegetación primaria en las categorías de Tierras Forestales, a una de condición secundaria dentro de la categoría de Tierras Forestales. Como degradación se toma en cuenta la definición de la Ley General de Cambio Climático, en la que se especifica como la reducción del contenido de carbono en la vegetación natural, ecosistemas o suelos, debido a la intervención humana, con relación a la misma vegetación ecosistemas o suelos, si no hubiera existido

dicha intervención. (Título primero, capítulo único inciso X de la Ley General de Cambio climático).

- **Recuperación:** Área con una condición secundaria dentro de Tierras Forestales que cambia a una de condición primaria dentro de la categoría de Tierras Forestales.
- **Cambio de Uso:** Área en la cual cambia su actividad dentro de una categoría de Tierra No Forestal.

La información generada en esta sección servirá para designar los FE correspondientes y así estimar las emisiones para cada uso de suelo.

Con respecto a los datos de la Plataforma GFC, el proceso es distinto ya que no es posible generar las mismas clases para las matrices de cambio debido a que es difícil identificar por ejemplo las áreas degradadas ya que no se cuenta con información de la dinámica de cambio entre las fases de la vegetación, es decir entre las fases arbórea, arbustiva y herbácea de los bosques. Por otro lado, la información de los cambios que ocurren en los bosques proporcionada por la GFC, no identifica la clase final a la que pasa una clase de bosque, por lo cual en este trabajo se asume que se pasa a una tierra no forestal, pudiendo ser cualquiera de las clases que se engloban en dicha categoría general. Las clases de cambio que se identifican son solamente dos:

- **Permanencia:** Áreas que se mantienen en la misma categoría.
- **Deforestación:** Área que cambió de una fase forestal a cualquier tipo de uso no forestal.

## 3.4 Factores de Emisión para el sector USCUS

### 3.4.1 Factores de Emisión para las Tierras Forestales y Pastizales en sus diferentes transiciones

Como se menciona al principio, la UTEMRV de la CONAFOR y previamente el Proyecto Fortalecimiento REDD+ en México y Cooperación Sur-Sur, se encargaron de estimar los diferentes Factores de Emisión (FE), Factores de Absorción (FA) y sus respectivas incertidumbres para cada una de las posibles transiciones de las “Tierras Forestales” y “Pastizales” a nivel nacional y para algunos estados en la Iniciativa de Reducción de Emisiones (IRE), los cálculos se obtuvieron a partir de los datos del muestreo (2004-2007) y re-muestreo (2009-2012) del INFyS; tomando como base la Serie IV (2007) y V (2011) de INEGI.

A partir de los datos recolectados por el INFyS entre 2004 y 2007 (CONAFOR, 2012), fue posible estimar el carbono de la biomasa aérea a nivel de árbol a partir de los registros de tallos de plantas leñosas (árboles y arbustos) y mediante la asignación de modelos alométricos a nivel de especie, género o tipo de vegetación.

Para el caso de la biomasa por debajo del suelo (raíces) se emplearon las ecuaciones alométricas de Cairns *et al.* (1997) como una función de la biomasa por encima del suelo y por tipo de ecosistema.

En el presente trabajo se retoman los FE calculados en la CONAFOR a nivel nacional aplicados para las diferentes categorías y transiciones. En el cuadro 6 se muestran los Factores de Absorción de las áreas forestales y Pastizales que se mantienen como tales.

**Cuadro 6. Factor de absorción y sus incertidumbres de los cambios de carbono de biomasa área y raíces de las Tierras Forestales y Pastizales que permanecen bajo el mismo uso de suelo.**

Subcategoría	Cambio de contenido de carbono de la biomasa aérea viva (ton/ha/año)	Incertidumbre (%)	Cambio de contenido de carbono de las raíces (ton/ha/año)	Incertidumbre (%)
Bosque Cultivado	0.87	245	0.20	241
Bosque de Coníferas -Primario	0.43	25	0.09	25
Bosque de Coníferas -Secundario	0.30	57	0.07	57
Bosque de Encino-Primario	0.46	19	0.12	19
Bosque de Encino-Secundario	0.48	24	0.12	24
Bosque Mesófilo-Primario	1.46	52	0.34	50
Bosque Mesófilo-Secundario	0.30	228	0.07	225
Especial Otros Tipos Leñosos-Primario	-0.41	311	-0.10	-292
Especial Otros Tipos Leñosos-Secundario	0.09	193	0.02	196
Especial Otros Tipos No Leñosos-Primario	0.00	NA	0.00	NA
Matorral Xerófilo Leñoso-Primario	-0.15	51	-0.04	47
Matorral Xerófilo Leñoso-Secundario	0.04	324	0.01	329
Matorral Xerófilo No Leñoso-Primario	0.06	158	0.01	162
Matorral Xerófilo No Leñoso-Secundario	-0.10	144	-0.02	145
Pastizal	0.10	110	0.02	97
Selva Caducifolia-Primario	0.41	48	0.10	44
Selva Caducifolia-Secundario	0.66	35	0.15	34
Selva Perenne-Primario	0.48	51	0.11	48
Selva Perenne-Secundario	0.63	63	0.14	66
Selva SubCaducifolia-Primario	1.36	18	0.31	17
Selva SubCaducifolia-Secundario	0.63	63	0.15	61
Vegetación Hidrófila Leñosa-Primario	1.03	56	0.23	55
Vegetación Hidrófila Leñosa-Secundario	0.78	105	0.19	100
Vegetación Hidrófila No Leñosa-Primario	0.17	159	0.04	158

En el cuadro 7 se muestran los FE de las áreas forestales que pasaron de una condición primaria o arbórea a una condición secundaria o arbustiva:

**Cuadro 7. Factores de emisión del carbono de biomasa aérea viva y de raíces de las Tierras Forestales que pasaron de un estado primario a uno secundario (degradación)**

Subcategoría	FE de carbono de la biomasa aérea viva (ton/ha/año)	FE de carbono en raíces (ton/ha/año)
Bosque de Cultivado	-3.3319	-0.7188
Bosque de Coníferas -Primario	-0.09	-0.0224

Bosque de Coníferas -Secundario	-0.42	-0.0871
Bosque de Encino-Primario	-0.24	-0.0606
Bosque de Encino-Secundario	-0.32	-0.0841
Bosque Mesófilo-Primario	-0.26	-0.0564
Bosque Mesófilo-Secundario	6.13	1.4321
Especial Otros Tipos Leñosos-Primario	27.64	6.7954
Especial Otros Tipos Leñosos-Secundario	0.0115	0.0115
Especial Otros Tipos No Leñosos-Primario	NA	NA
Matorral Xerófilo Leñoso-Primario	-0.47	-0.12
Matorral Xerófilo Leñoso-Secundario	-1.00	-0.2436
Matorral Xerófilo No Leñoso-Primario	-0.36	-0.0968
Matorral Xerófilo No Leñoso-Secundario	-2.32	-0.5525
Pastizal	1.5135	0.3382
Selva Caducifolia-Primario	0.42	0.0795
Selva Caducifolia-Secundario	0.21	0.0412
Selva Perenne-Primario	-1.94	-0.4285
Selva Perenne-Secundario	-1.40	-0.3233
Selva SubCaducifolia-Primario	-2.21	-0.535
Selva SubCaducifolia-Secundario	0.98	0.2057
Vegetación Hidrófila Leñosa-Primario	-1.58	-0.3643
Vegetación Hidrófila Leñosa-Secundario	NA	NA
Vegetación Hidrófila No Leñosa-Primario	-0.74	-0.2104

En el cuadro 8 se muestran los FA de las categorías “Otros Usos” que pasaron a la categoría de “Tierras Forestales” o “Pastizales.

Para el caso de la actual consultoría se analizará el efecto de estos FA a nivel de cuenca ya que de acuerdo a análisis previos de la información existe, la posibilidad que muchos de los cambios de “TOU a TF” sean debido a los defectos de los insumos cartográficos y no como efecto de un cambio real en el tiempo.

### Cuadro 8. Factores de absorción del carbono de biomasa aérea viva y de raíces de las tierras que pasaron de Otros Usos a Tierras Forestales o Pastizales

Subcategoría	FA de carbono de la biomasa aérea viva (ton/ha/año)	FA de carbono en raíces (ton/ha/año)
Bosque Cultivado	-3.1638	-0.644
Bosque de Coníferas -Primario	0.62	0.1373
Bosque de Coníferas -Secundario	0.96	0.2155
Bosque de Encino-Primario	0.68	0.1636
Bosque de Encino-Secundario	0.73	0.1878
Bosque Mesófilo-Primario	0.55	0.1378



Bosque Mesófilo-Secundario	0.85	0.2096
Especial Otros Tipos Leñosos-Primario	<b>-7.9944</b>	<b>-1.7193</b>
Especial Otros Tipos Leñosos-Secundario	<b>-0.4014</b>	<b>-0.0834</b>
Especial Otros Tipos No Leñosos-Primario	NA	NA
Matorral Xerófilo Leñoso-Primario	0.15	<b>-0.0095</b>
Matorral Xerófilo Leñoso-Secundario	0.32	0.254
Matorral Xerófilo No Leñoso-Primario	0.13	0.0361
Matorral Xerófilo No Leñoso-Secundario	0.90	0.2299
Pastizal	0.3511	0.0908
Selva Caducifolia-Primario	0.81	0.1847
Selva Caducifolia-Secundario	0.68	0.1583
Selva Perenne-Primario	1.21	0.2707
Selva Perenne-Secundario	1.64	0.3735
Selva SubCaducifolia-Primario	1.76	0.3888
Selva SubCaducifolia-Secundario	1.18	0.2654
Vegetación Hidrófila Leñosa-Primario	0.12	0.0229
Vegetación Hidrófila Leñosa-Secundario	0.48	0.1066
Vegetación Hidrófila No Leñosa-Primario	<b>NA</b>	NA

En el siguiente cuadro se muestran los FE para las “Tierras Forestales” que se convirtieron a “Tierras de Otros Usos”, es decir que sufrieron un proceso de deforestación, asumiendo que las tierras que presentaron este proceso perdieron todo el carbono (carbono de la biomasa aérea viva y raíces) que tenían almacenado.

**Cuadro 9. Factores de emisión y sus incertidumbres del carbono de biomasa aérea viva, y raíces de las Tierras Forestales que pasaron a Otros Usos de suelo no forestales.**

Subcategoría	Carbono de la biomasa aérea viva (ton/ha)	Incertidumbre (%)	Carbono en Raíces (ton/ha)	Incertidumbre (%)
Bosque Cultivado	34.6	38	8.4	37
Bosque de Coníferas -Primario	33.6	2	8.0	2
Bosque de Coníferas -Secundario	22.1	5	5.4	5
Bosque de Encino-Primario	20.7	3	5.6	3
Bosque de Encino-Secundario	14.7	5	4.0	5
Bosque Mesófilo-Primario	37.7	10	9.4	9
Bosque Mesófilo-Secundario	18.1	19	4.7	18
Especial Otros Tipos Leñosos-Primario	3.5	95	0.8	92
Especial Otros Tipos Leñosos-Secundario	4.6	56	1.2	53

Especial Otros Tipos No Leñosos-Primario	0.0	NA	0.0	NA
Matorral Xerófilo Leñoso-Primario	4.3	9	1.1	8
Matorral Xerófilo Leñoso-Secundario	3.2	29	0.8	27
Matorral Xerófilo No Leñoso-Primario	0.6	23	0.2	22
Matorral Xerófilo No Leñoso-Secundario	0.9	92	0.2	89
Pastizal	3.3	13	0.8	12
Selva Caducifolia-Primario	17.4	5	4.3	5
Selva Caducifolia-Secundario	12.6	8	3.1	7
Selva Perenne-Primario	40.4	3	9.5	3
Selva Perenne-Secundario	19.7	9	4.8	9
Selva SubCaducifolia-Primario	30.2	5	7.3	4
Selva SubCaducifolia-Secundario	16.1	9	4.0	8
Vegetación Hidrófila Leñosa-Primario	13.3	22	3.2	21
Vegetación Hidrófila Leñosa-Secundario	8.1	66	2.0	64
Vegetación Hidrófila No Leñosa-Primario	1.2	59	0.3	57

Para el caso de la conversión a **“Tierras Agrícolas”** se toma el supuesto de que la vegetación predominante en el tiempo inicial es eliminada completamente y que arroja cantidades de carbono prácticamente nulas en la biomasa tras la conversión. Después se planta algún tipo de cultivo que aumenta la cantidad de carbono almacenado en la biomasa, y la diferencia entre ambos depósitos (inicial y final) se utiliza para calcular las reservas de carbono por efecto de la conversión del uso de la tierra (IPCC, 2003). Entonces por defecto, las reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión se suponen nulas. De acuerdo a las OBP (IPCC, 2003), a los valores por defecto de la sección de tierras agrícolas le corresponden una incertidumbre del  $\pm 75\%$ .

Para determinar el valor de las reservas de carbono al cabo de un año de crecimiento en los cultivos plantados tras la conversión el cuadro 3.3.8 página 3.95 del Capítulo 3 de la Orientación de las buenas Prácticas (IPCC, 2003) contiene valores por defecto.

#### Cuadro 10. Valores por defecto de las reservas de carbono presentes en la biomasa de tierras convertidas en tierras agrícolas en el año siguiente a la conversión.

Tipo de cultivo por región climática	Variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento de tierras agrícolas (t C/ha)	Escala de error*
Tierra agrícola anual	5	$\pm 75\%$
Tierra agrícola perenne		
Templada (todos los regímenes de humedad)	2.1	$\pm 75\%$
Tropical, seca	1.8	$\pm 75\%$
Tropical, húmeda	2.6	$\pm 75\%$

\*Representa una estimación nominal de error equivalente al doble de la desviación estándar, expresada como porcentaje de la media.

Para el caso de las conversiones a **“Asentamientos”**, la estimación de las reservas de carbono en la biomasa viva requiere del valor antes y después de la conversión a asentamientos, por lo cual se estiman los valores específicos de carbono inmediatamente antes de la conversión, que de acuerdo a los almacenes calculados corresponden a los reportados en el cuadro 9. Como resultado de la conversión se supondrá que la vegetación predominante en el tiempo inicial es eliminada completamente y que arroja cantidades de carbono prácticamente nulas en la biomasa tras la conversión.

Para mayores detalles sobre la metodología usada para la generación de los FE en el sector USCUS, puede consultarse el documento: “National forest reference emission level proposal México, 2015”, publicado en: [http://redd.unfccc.int/files/frel\\_mexico\\_english\\_version\\_jan15f.pdf](http://redd.unfccc.int/files/frel_mexico_english_version_jan15f.pdf).

### 3.4.2 Criterios de asignación de factores de emisión y absorción

Como se menciona en la sección anterior, en el presente trabajo se retoma la metodología usada en el BUR (2015), en la cual se plantean algunos criterios para la asignación de los FE o FA, ya que como se describe antes, de acuerdo a la cartografía usada (p. ej. Series INEGI) pueden existir transiciones extrañas.

**Cuadro 11. Criterios de asignación de factores de emisión y absorción en tierras forestales y Pastizales**

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

Pastizal a pastizal (diferente grupo de vegetación)	Permanencia Pastizales	Se asigna el factor de absorción de pastizal final que permanece como pastizal
Otros usos a pastizal	Recuperación pastizal	Se asigna el factor de absorción de pastizal
Pastizal a otras tierras	Pérdida pastizal	Factor de emisión (almacén de carbono) del pastizal inicial

### 3.4.3 Tierras de Otros Usos que se mantienen

#### Tierras Agrícolas que se mantienen

De acuerdo a la OBP (IPCC, 2003), la categoría de Tierras Agrícolas comprende las tierras de cultivo y labranza, y sistemas agroforestales donde la vegetación no llega al umbral utilizado para la categoría de tierra forestal, con arreglo a la selección de definiciones nacionales.

Los cultivos perennes pueden consistir en árboles y matorrales combinados con cultivos herbáceos (como agrosilvicultura) o huertos, viñedos, plantaciones de cacao, café, té, palma oleaginosa, coco, etc.

La cantidad de carbono almacenada en tierras agrícolas permanentes y emitida o absorbida de éstas dependerá del tipo de cultivo, de las prácticas de gestión y de variables como el clima. Los cultivos anuales por ejemplo se recolectan todos los años, con lo que no hay almacenamiento de carbono. Sin embargo, la vegetación boscosa perenne de huertos, viñedos y sistemas agroforestales puede almacenar cantidades considerables de carbono en la biomasa de larga duración, en función de las tasas de crecimiento y de la poda y recolección.

Para el caso de las cuencas bajo estudio como DA se tomará el total de la superficie de Agricultura Permanente que se mantiene durante cada periodo, mientras que para los FE se utilizarán los valores por defecto de acuerdo a las OBP (IPCC, 2003).

Asimismo, se analizará el tipo de clima que corresponde a las áreas de agricultura presente, de esta manera asignar el valor por defecto más idóneo. Cabe resaltar que a nivel nacional se calculó un valor ponderado de los valores de defecto de IPCC, calculando para el caso de la Tasa de crecimiento anual de biomasa leñosa perenne de 2.5 t C/ha/año, mientras que las Reservas de carbono anuales en la biomasa eliminada (descuaje o recolección) correspondió a 21.3 t C/ha/año, con un ciclo de recolección/madurez de 8.5 años.

#### Cuadro 12. Valores por defecto para la biomasa boscosa sobre el suelo y los ciclos de recolección en sistemas de cultivo que contienen especies perennes OBP (IPCC, 2003).

Región climática	Ciclo de recolección /madurez (años)	Tasa de crecimiento anual de la biomasa leñosa perenne (t C/ha/año)	Reservas de carbono anuales en la biomasa eliminada (descuaje o recolección) (t C/ha)	Incertidumbre
Región templada (todos los regímenes de humedad)	30	2.1	63	± 75
Tropical, seca	5	1.8	9	± 75
Tropical, húmeda	8	2.6	21	± 75

**Humedales que se mantienen**

En la categoría de humedales se incluyen las tierras cubiertas o saturadas de agua durante todo o parte del año (como turberas) que no entran en las categorías de tierras forestales, tierras agrícolas, Pastizales o asentamientos. Los humedales pueden subdividirse en gestionados y no gestionados. Dentro de los humedales gestionados se incluyen los embalses, y en los no gestionados, los ríos y lagos naturales. Para poder estimar las emisiones de GEI es necesario diferenciar entre los gestionados y los no gestionados. Los humedales gestionados son aquellos en que se modifica artificialmente la capa freática como las turberas drenadas, o los creados por efecto de las actividades humanas. (IPCC, 2003).

Una parte de los humedales en nuestro país caen dentro de la categoría bosque y otra gran parte están dentro de los humedales no gestionados, que para efectos de las estimaciones no son considerados, por lo tanto, en el reporte BUR a nivel nacional no fueron considerados y en el caso de análisis a nivel de cuencas tampoco será considerado.

**Asentamientos que se mantienen**

En esta categoría se toman en cuenta todos los tipos de formaciones de árboles urbanos: árboles plantados en las calles, en los jardines públicos y privados, y en diferentes tipos de parques, siempre y cuando tales árboles estén funcionalmente o administrativamente asociados a ciudades, poblaciones, etc. (IPCC, 2003). Ya que en México no se cuenta con datos tan detallados sobre todos los tipos de formaciones de árboles urbanos, no se realiza la estimación

**Otras Tierras que se mantienen**

La categoría "Otras tierras" comprende suelo desnudo, roca, hielo y todas las áreas de tierra no gestionadas que no entran en ninguna de las otras cinco categorías.

## 4. Metodología para la estimación de emisiones GEI de las actividades del sector agropecuario

En el caso del sector agropecuario las emisiones son principalmente de Metano ( $\text{CH}_4$ ) y Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y se estimaron para las actividades: fermentación entérica proveniente del ganado y manejo del estiércol, mientras que para las actividades agrícolas se consideraron las emisiones provenientes de los componentes: fertilizantes sintéticos, residuos agrícolas y combustión de residuos agrícolas. Cabe mencionar que de acuerdo al BUR, en 2013, todo este sector contribuyó con 12.0% de las emisiones totales de GEI a nivel nacional.

El metano ( $\text{CH}_4$ ) se genera por una amplia variedad de procesos naturales y antropogénicos, tales como la digestión y la defecación de ganado, el cultivo de arroz anegado, la descomposición de residuos orgánicos, la combustión anaeróbica de la biomasa, las quemadas de residuos agrícola, entre otros. El metano procedente de manejo de excretas obedece a su descomposición en condiciones anaeróbicas, sistemas tipo líquido, abonado diario, almacenamiento sólido, en parcelas secas, Pastizales y pastizales.

El óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) se deriva de los suelos agrícolas mediante emisiones directas e indirectas, como la quema de residuos agrícolas, el uso de fertilizantes nitrogenados y el manejo de excretas. Éste gas, absorbe radiación infrarroja de la atmósfera y contribuye al efecto invernadero.

En la actual consultoría las estimaciones se deben reportar a nivel de cuencas, mucha de la información existente se encuentra a nivel de municipio, estado o nivel nacional, por lo tanto, fue necesario usar algunos criterios y supuestos para llevar cabo las estimaciones al nivel de los límites de las cuencas, en las siguientes secciones se describe el proceso para el escalamiento a nivel de cuenca, así como las formulas usadas para la estimación de emisiones del sector.

Es importante comentar que actualmente el INECC está en el proceso de desarrollo de FE a nivel regional y local para algunas de las actividades en el sector agropecuario por lo que dicha información una vez que sea recopilada será usada para tener estimaciones a nivel local, en todos los casos los FE usados fueron los factores por defecto que maneja el IPCC.

### 4.1 Escalamiento a nivel de Cuenca

Las cuencas bajo análisis están delimitadas de forma natural por el relieve, por lo que no se consideran límites administrativos como los municipales o estatales. Es posible, que la consideración de sus límites biogeográficos describa un patrón más específico de la cuenca en cuanto a su dinámica socioeconómica y natural, sin embargo, la información existente se encuentra reportada a nivel municipal (unidad administrativa), por lo que es importante integrarla al nivel de la cuenca para realizar las estimaciones correspondientes. Para llevar a cabo este proceso de integración, se consideró la metodología propuesta por (Sotelo *et al.* 2013), la cual

está basada en la inclusión o no de los municipios dentro de la cuenca, considerando tres criterios principales y listados en orden de atención:

- Mayor superficie dentro de los límites de la cuenca
- Mayoría de población dentro de la superficie de la cuenca
- Cabecera municipal dentro de los límites de la cuenca.

De esta manera los municipios que cumplieron con los criterios para la cuenca La Antigua se muestran en el cuadro 13.

**Cuadro 13. Municipios que cumplieron con los criterios para la integración de las emisiones a nivel de la Cuenca La Antigua.**

Criterio	Municipios
Mayor superficie dentro de los límites de la cuenca	Ayahualulco, Puente Nacional, Totutla, Apazapan, Chichiquila, Tlalnelhuayocan, Quimixtlán, Chilchotla, Tlaltetela, Coatepec  Xico, Jalcomulco, Cosautlán de Carvajal  Ixhuacán de los Reyes, Tenampa y Teocelo.
Mayoría de población dentro de la superficie de la cuenca	Ninguno
Cabecera municipal dentro de los límites de la cuenca.	Banderilla, Paso de Ovejas, Emiliano Zapata, Xalapa y La Antigua.
No incluidos	Calchualco, Tlachichuca, Las Vigas de Ramírez, Perote, Huatusco, La fragua y Acajete.

De igual manera los municipios que cumplieron con los criterios para la cuenca San Pedro se muestran en el cuadro 14.

**Cuadro 14. Municipios que cumplieron con los criterios para la integración de las emisiones a nivel de la Cuenca San Pedro.**

Criterio	Municipios
Mayor superficie dentro de los límites de la cuenca	Santiago Ixcuintla, Canatlán, Sombrerete, Mezquital, Súchil, Pánuco de Coronado, Durango, Chalchihuites, Guadalupe Victoria  Ruíz, Tuxpan, Vicente Guerrero, Nombre de Dios y Poanas.
Mayoría de población dentro de la superficie de la cuenca	Ninguno

Cabecera municipal dentro de los límites de la cuenca.	Cuencamé y Rosamorada
No incluidos	Tecuala, Peñon Blanco, Jiménez del Teul, San Juan del Río, Nuevo Ideal, Miguel Auza, Pueblo Nuevo, Del Nayar, Huajicori, Acaponeta

## 4.2 Fuentes de los Datos de Actividad del Sector Agropecuario

Para el caso de la información del sector pecuario, se utilizaron los datos de los reportes finales de superficies y existencia ganadera a nivel municipal dispuestos en la base de datos del SIAP correspondiente al periodo 2006 – 2015. Es factible incluir esta información para reportar a nivel de cuenca si consideramos la propuesta metodológica de (Sotelo *et al.* 2013), Ver apartado anterior.

Para todos los municipios de ambas cuencas, se obtuvo el número de animales existentes por año para los tipos de ganado bovino, porcino, ovino, caprino, aves y guajolotes.

De la misma forma se obtuvieron los datos de actividad de tasa anual de excreción por tipo de ganado considerando la masa típica y la cantidad de nitrógeno excretado por tipo de ganado. Ambos valores fueron extraídos de acuerdo a las guías del IPCC 2006.

Aunque la información incluida en los reportes anuales es muy basta, debemos tener en cuenta ciertas aseveraciones incluidas que no podemos verificar en estos momentos, y que pueden tener discrepancias a través del tiempo. Algunas de estas aseveraciones a considerar se describen en el cuadro 15.

**Cuadro 15. Aseveraciones a considerar para los datos utilizados.**

Afirmación	Consideración
Que la base de datos proviene de un proceso censal o un método estadístico inferencial.	La base de datos puede ser construida a través de listado de padrón de beneficiarios de programas que muchas veces no coinciden con la realidad
Es una base de datos capas de ser verificable.	Muchas veces las bases de datos se construyen con información de los CADER's que no sustentan recorridos de campo.
La superficie agrícola	En algunas ocasiones, la superficie agrícola es sobrestimada para solicitar mayor número de apoyos en el sector.
La superficie apoyada reflejada en los reportes	La infraestructura de la SAGARPA puede resultar inoperante para realizar verificaciones sobre cada uno de los



	apoyos por lo que en algunos casos ya no existe el terreno cultivado.
--	---

Para el caso de las estadísticas agrícolas, se obtuvieron los datos anuales del periodo 2005 – 2015 a nivel municipal para 33 municipios que cubren el 100% de la cuenca de La Antigua. Estos municipios corresponden a 5 para el estado de Puebla y 28 para Veracruz. De igual forma se obtuvieron los datos de 26 municipios para la cuenca de San Pedro, estos corresponden a 14 del Estado de Durango, 8 de Nayarit y 4 de Chihuahua. Los datos incluidos en el reporte obtenido corresponden a la superficie sembrada, cosechada y siniestrada, así como el rendimiento para algunos cultivos en el año e incluye los ciclos agrícolas Primavera – Verano y Otoño – Invierno, así como la inclusión de las modalidades de riego y temporal.

Para la obtención de los datos de actividad referentes a la aplicación de nitrógeno a los cultivos, se calculó el valor por hectárea por medio del cociente de la cantidad de nitrógeno aplicado por fertilizantes a nivel país entre la superficie agrícola del país, para cada uno de los años del periodo.

### 4.3 Factores de Emisión del sector Agropecuario

Como ya se ha mencionado en el presente documento, el nivel de detalle en el cálculo de emisiones corresponde a una mezcla entre el nivel 1 y 2 ya que se utilizan DA del país mientras que en lo referente a los factores de emisión se utilizaron los recomendados por la FAO dado que el país actualmente carece de datos específicos. Así, para el sector agrícola se utilizaron los factores reportados en el documento de las Guías de buenas prácticas 2006 Vol. 4, Cap. 10. En cuanto al sector ganadero las tablas de los factores de emisiones se encuentran en Guías de buenas prácticas 2006 Vol. 4, Cap. 11. En las siguientes secciones se describen a detalles las formulas usadas para la estimación de emisiones de cada actividad.

## 4.4 Calculo de emisiones del sector pecuario

### 4.4.1 Fermentación entérica

Para el cálculo de las emisiones de esta actividad se utiliza la formula general:

$$Emisión = DA * FE$$

Dónde:

- *Emisión* = emisiones de GEI, en kg CH<sub>4</sub> año<sup>-1</sup>;
- *DA* = Datos de actividad, representando el número de ganado en cabezas;
- *FE* = Nivel 1, factores de emisión por defecto del IPCC, expresados en unidades de kg CH<sub>4</sub> cabeza<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

Los Datos de actividad corresponden a las categorías de animales como ovejas, cabras, caballos, mulas, asnos, cerdos, ganado vacuno lechero y ganado vacuno no lechero y como se menciona los FE son especificados por categoría de ganado y agrupación regional según el IPCC (FAO, 2015).

#### 4.4.2 Manejo de estiércol

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de la gestión del estiércol consisten en los gases metano y óxido nitroso generados durante los procesos aeróbicos y anaeróbicos de descomposición del estiércol. El término estiércol incluye tanto la orina como el excremento animal (es decir, material líquido y sólido) producido por el ganado. Más concretamente, el gas CH<sub>4</sub> se produce durante la descomposición anaeróbica del estiércol almacenado o tratado, mientras que N<sub>2</sub>O se produce directamente a través de los procesos de nitrificación y desnitrificación en el estiércol, e indirectamente por los procesos de volatilización del nitrógeno (N) y redeposición, así como de la lixiviación del estiércol N (FAO, 2015).

Para llevar a cabo los cálculos de esta actividad se utiliza la fórmula:

$$Emisión = DA * FE$$

Dónde:

- *Emisión* = emisiones GEI en kg CH<sub>4</sub> año-1;
- *DA* = Datos de actividad, que representa el número de ganado por cabezas;
- *FE* = Nivel 1, factores de emisión por defecto del IPCC, expresados en kg CH<sub>4</sub> cabeza-1 año-1

Los DA de Ganadería cubren las categorías de animales: ovejas, cabras, caballos, mulas, asnos, patos, pavos, ganado vacuno lechero y ganado vacuno no lechero, gallinas ponedoras y pollos de engorde y cerdos para reproducción y para mercado.

Por otra parte, los valores de FE se asignan a cada país (IPCC, 2006: Tab. 10.14 para ganado, búfalos y cerdos y Tab. 10.15 para el resto de animales), en función del nivel medio de la temperatura

anual (°C) del país. Las temperaturas medias anuales por país se toman del conjunto de datos de las Zonas Agroecológicas Mundiales (GAEZ) de la FAO (IIASA/FAO, 2012), relativos al período de referencia 1961-1990.

Para el caso del N<sub>2</sub>O, el cálculo se lleva a cabo mediante la fórmula:

$$Emisión = DA * FE$$

Dónde:

- *Emisión* = emisiones GEI en kg N<sub>2</sub>O-N año-1;
- *DA* = Datos de actividad, que representa la cantidad total de N en el estiércol tratado en los sistemas de gestión del estiércol (SGE) en kg N año-1; es decir la cantidad total de N excretado

(i) por cada categoría de ganado (ii) tratado en SGE (iii).

$FE$  = Nivel 1, FE por defecto del IPCC, expresados en kg N<sub>2</sub>O-N/kg N año-1.

(i) Según IPCC, 2006: Vol.4, Cap. 10 Ec. 10.30, la cantidad total de N excretado por cada categoría de ganado se calcula multiplicando el número de cabezas de ganado por dos coeficientes: a) la Masa Animal Típica (MAT) y b) el coeficiente de excreción de N (Nex). Ambos parámetros varían según la región geográfica. los valores de MAT se obtienen de IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 10, Anexo 10A.2, Tablas de la 10A-4 a la 10A-9; los valores de Nex provienen de IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 10, Tab. 10.19.

(iii) los porcentajes por defecto del IPCC del N total tratado en las diferentes SGE, por región y categoría de ganado, se toman de IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 10, Anexo 10A.2 Tablas de la 10A-4 a la 10A-9 (para aves de corral: IPCC, 1997: Cap.4 Tab. 4.21).

Las **Emisiones Indirecta** pueden ser calculadas con la fórmula:

$$Emisión = DA * FE$$

Dónde:

- $Emisión$  = emisiones GEI en kg N<sub>2</sub>O-N año-1;
- $DA$  = Datos de actividad, que representan la fracción de la cantidad total de nitrógeno (N) en

el estiércol tratado en SGE que se volatiliza como NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> y se pierde a través de vertidos y lixiviación, en kg N año-1 (las fracciones por volatilización por animal y SGE se toman del IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 10, Tab. 10.22. El valor medio de fracción de 10% para todos los países se usa para la lixiviación (IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 10, Ec. 10.28);

- $FE$  = Nivel 1, factores de emisión por defecto del IPCC, expresados en kg N<sub>2</sub>O-N/kg N año-1 (6).

(6) A todos los países se les asigna un valor global EF por defecto para la volatilización y lixiviación (IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 11, Tab. 11.3).

Los factores de conversión adimensionales usados son:

- 10-3, para convertir el número de gallinas de 1000 cabezas a cabezas;
- 44/28, para convertir las emisiones de kg N<sub>2</sub>O-N a gas kg N<sub>2</sub>O;
- 10-6, para convertir kg a Gg; y
- PCG-CH<sub>4</sub> = 21 y PCG-N<sub>2</sub>O = 310 (potencial de calentamiento global para un horizonte de 100 años), para convertir Gg CH<sub>4</sub> o Gg N<sub>2</sub>O a Gg CO<sub>2</sub>e. (IPCC, 1996: Resumen Técnico, Tab. 4 pág. 22).

## 4.5 Cálculo de emisiones del sector agrícola

### 4.5.1 Fertilizantes sintéticos

Las emisiones de GEI procedentes de los fertilizantes sintéticos consisten en emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) generado por las adiciones de nitrógeno (N) a los suelos agrícolas por parte de los agricultores. Más concretamente, N<sub>2</sub>O se produce durante los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación que tienen lugar en el sitio de deposición (emisiones directas), y tras los procesos de volatilización/redeposición y lixiviación (emisiones indirectas)

Para calcular las emisiones directas se utiliza la fórmula:

$$Emisión = DA * FE$$

Donde

- *Emisión* = emisiones de GEI en kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>;
- *DA* = Datos de la actividad, que representan la cantidad de las aplicaciones anuales de N sintético en kg N año<sup>-1</sup> (1);
- *FE* = Nivel 1, factores de emisión por defecto del IPCC, expresados en kg N<sub>2</sub>O-N / kg N (2).

En el caso de las mediciones indirectas se puede utilizar la fórmula:

$$Emisión = DA * FE$$

Dónde:

- *Emisión* = emisiones de GEI en kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>;
- *DA* = Datos de la actividad, que representan la cantidad de aplicaciones de N sintético que se volatilice como NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> y que se pierde a través de escorrentía y lixiviación en kg N año<sup>-1</sup> (3);
- *FE* = Nivel 1, factores de emisión por defecto del IPCC, expresados en kg N<sub>2</sub>O-N / kg N año<sup>-1</sup> (4).

(3) Obtenidos a través de los factores de volatilización y lixiviación en IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 11, Tab. 11.3.

(4) los valores globales de EF por defecto se toman de IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 11, Tab. 11.3.

Los factores de conversión adimensionales usados son:

- 44/28, para convertir las emisiones de kg N<sub>2</sub>O-N a kg gas N<sub>2</sub>O;
- 10<sup>-6</sup>, para convertir las emisiones de kg N<sub>2</sub>O a Gg N<sub>2</sub>O; y
- PCG-N<sub>2</sub>O = 310 (potencial de calentamiento global para un horizonte de 100 años), para convertir Gg N<sub>2</sub>O a Gg CO<sub>2</sub>e (IPCC, 1996: Resumen Técnico, Tab. 4 pág. 22).

### 4.5.2 Residuos agrícolas

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los residuos agrícolas consisten en emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) provenientes del nitrógeno (N) de los residuos agrícolas y de la renovación de forraje/pasturas depositados en las tierras de cultivo por los agricultores. Más concretamente, se produce N<sub>2</sub>O a través de los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación que tienen lugar en el lugar en el sitio de deposición (emisiones directas), y tras los procesos de volatilización/redeposición y lixiviación (emisiones indirectas).

Las **Emisiones Directas** se calculan a nivel de país, mediante la fórmula:

$$Emisión = DA * FE$$

Donde

- *Emisión* = emisiones GEI en unidades de kg N<sub>2</sub>O año-1;
- *DA* = Datos de la actividad, que representan la cantidad total de N en los residuos agrícolas en kg N año-1 (1);
- *FE* = Nivel 1, factores de emisión del IPCC por defecto, expresados en kg N<sub>2</sub>O-N/kg N año-1 (2)

Las **Emisiones Indirectas** se calculan a nivel de país, mediante la fórmula:

$$Emisión = DA * FE$$

Donde

- *Emisión* = emisiones de GEI, en unidades de Gg N<sub>2</sub>O año-1;
- *DA* = Datos de la actividad, que representan la fracción de N en los residuos agrícolas de la renovación de forraje/pasturas que se pierde a través de escurrimiento y lixiviación en kg N año-1 (3);
- *FE* = Nivel 1, factores de emisión del IPCC por defecto, expresados en kg N<sub>2</sub>O-N / kg N año-1 (4).

(3) Obtenidos a través del factor de lixiviación en IPCC, 2006: Vol.4, Cap. 11, Tab. 11.3.

(4) los valores globales de EF del IPCC por defecto se toman de IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 11, Tab. 11.1.

Los factores de conversión adimensionales usados son:

- 10-3, para convertir los datos de la actividad de kg a toneladas;
- 44/28, para convertir las emisiones de kg N<sub>2</sub>O-N a kg gas N<sub>2</sub>O;
- 10-6, para convertir las emisiones de kg N<sub>2</sub>O a Gg N<sub>2</sub>O; y
- PCG-N<sub>2</sub>O = 310 (potencial de calentamiento global para un horizonte de 100 años), para convertir Gg N<sub>2</sub>O a Gg CO<sub>2</sub>e (IPCC, 1996: Resumen Técnico, Tab. 4 pág. 22)

### 4.5.3 Combustión de residuos agrícolas

Las emisiones de gases de GEI derivadas de la combustión de residuos agrícolas consisten en gases metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) producidos por el quemado in situ de un porcentaje de los residuos agrícolas.

La cantidad de combustible disponible deben calcularse tomando en consideración las fracciones que se extraen del campo antes del quemado por el consumo animal, la descomposición en el campo, o su uso en otros sectores (p. ej., biocombustible, pienso para ganado doméstico, materiales de construcción, etc.). Para el caso de las cuencas bajo análisis, los cultivos que se incluyeron fueron: maíz, trigo, arroz y caña de azúcar.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se calculan, mediante la fórmula:

$$\textit{Emisión} = \textit{DA} * \textit{FE}$$

Dónde:

- Emisión = emisiones GEI en unidades de g CH<sub>4</sub> y g N<sub>2</sub>O;
- DA = Datos de la actividad, que representan la cantidad total de biomasa quemada, kg de materia seca;
- FE = Nivel 1, factores de emisión del IPCC por defecto, expresados en g CH<sub>4</sub>/kg de materia seca y g N<sub>2</sub>O/kg de materia seca (2)

La superficie cultivada se utiliza para estimar la cantidad de biomasa quemada usando valores medios de cultivo por defecto de masa de combustible disponible para la combustión (Mb) y el factor de combustión (Cf) en IPCC, 2006: Vol. 4, cap. 2, Tab. 2.4. La masa se reduce entonces por la fracción de residuos de cultivos quemados in situ que se supone sea el 10%, según IPCC, 2000: Ch.4, Sección 4A.2.1.1.

(2) Los valores globales de FE por defecto se toman de IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 2, Tab. 2.5. Los factores de conversión adimensionales usados son:

- 10-9, para convertir las emisiones de g CH<sub>4</sub> a Gg CH<sub>4</sub> y g N<sub>2</sub>O a Gg N<sub>2</sub>O;
- PCG- CH<sub>4</sub> = 21 (potencial de calentamiento global para un horizonte de 100 años), para convertir Gg CH<sub>4</sub> a Gg CO<sub>2</sub>e; y
- PCG-N<sub>2</sub>O = 310 ((potencial de calentamiento global para un horizonte de 100 años), para convertir Gg N<sub>2</sub>O a Gg CO<sub>2</sub>e (IPCC, 1996: Resumen Técnico, Tab. 4 pág. 22).

## 5. Estimación de emisiones de GEI por cuenta y línea base

## 5.1 Emisiones de GEI en la cuenca la Antigua, Ver. para el sector USCUS y Agropecuario

Las emisiones de GEI para la cuenca La Antigua en el sector USCUS fueron calculadas a partir de las Series de INEGI en el periodo 1993-2011, adicionalmente se usó una nueva fuente de datos provenientes de la plataforma GFC que reporta polígonos de pérdidas y ganancias de los bosques. En el siguiente cuadro se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub>e para los tipos de vegetación y usos del suelo en la cuenca la Antigua, las estimaciones corresponden a los datos cartográficos de INEGI y a las emisiones con los datos de la plataforma GFC para el periodo 2000-2014. Cabe resaltar que con esta última fuente de datos solo es posible calcular en base a las pérdidas del sector forestal y de la categoría pastizales, mientras que las áreas de agricultura perenne se obtienen a partir del mapa base del año 2000.

Cuadro 16. Estimación de emisiones de GEI del sector USCUS para la Cuenca La Antigua a partir de datos de las Series INEGI y de la plataforma GFC.

Año	Series de INEGI				Datos GFC			
	Emisiones CO <sub>2</sub> e Deforestación	Emisiones CO <sub>2</sub> e Degradación	Emisiones CO <sub>2</sub> e Pastizales	Emisiones CO <sub>2</sub> e Agricultura perenne	Emisiones CO <sub>2</sub> e Deforestación	Emisiones CO <sub>2</sub> e Pastizales	Emisiones CO <sub>2</sub> e Agricultura perenne	
1994	192.31	0.04	0.63	-151.17	-	-	-	
1995	192.31	0.04	0.63	-151.17	-	-	-	
1996	192.31	0.04	0.63	-151.17	-	-	-	
1997	192.31	0.04	0.63	-151.17	-	-	-	
1998	192.31	0.04	0.63	-151.17	-	-	-	
1999	192.31	0.04	0.63	-151.17	-	-	-	
2000	192.31	0.04	0.63	-151.17	-	-	-	
2001	192.31	0.04	0.63	<b>1136.78</b>	1.74	0.24	-142.20	
2002	192.31	0.04	0.63	-151.17	1.69	0.30	-142.20	
2003	42.64	0.01	2.60	-139.45	3.42	0.42	-142.20	
2004	42.64	0.01	2.60	-139.45	0.99	0.19	-142.20	
2005	42.64	0.01	2.60	-139.45	2.73	0.67	-142.20	
2006	42.64	0.01	2.60	-139.45	4.84	0.83	-142.20	
2007	42.64	0.01	2.60	-139.45	3.66	0.48	-142.20	
2008	4.28	1.19	0.76	-146.92	3.44	1.02	<b>1,069.31</b>	
2009	4.28	1.19	0.76	-146.92	8.41	0.86	-142.20	
2010	4.28	1.19	0.76	-146.92	3.01	0.47	-142.20	
2011	4.28	1.19	0.76	<b>1104.86</b>	5.49	0.71	-142.20	
2012	-	-	-	-	2.99	0.22	-142.20	
2013	-	-	-	-	4.22	0.42	-142.20	
2014	-	-	-	-	2.34	0.25	-142.20	
Total	<b>1961.08</b>	<b>5.19</b>	<b>21.69</b>	<b>-105.73</b>	<b>Total</b>	<b>48.98</b>	<b>7.08</b>	<b>-779.23</b>

En la figura 2, se muestran las tendencias de las emisiones de CO<sub>2</sub>e en las áreas forestales que se perdieron en la Cuenca La Antigua, tanto para las estimaciones generadas con las Series de INEGI como aquellas a partir de la plataforma GFC. Solo se muestra la tendencia de las áreas forestales ya que son las que representan las mayores emisiones.

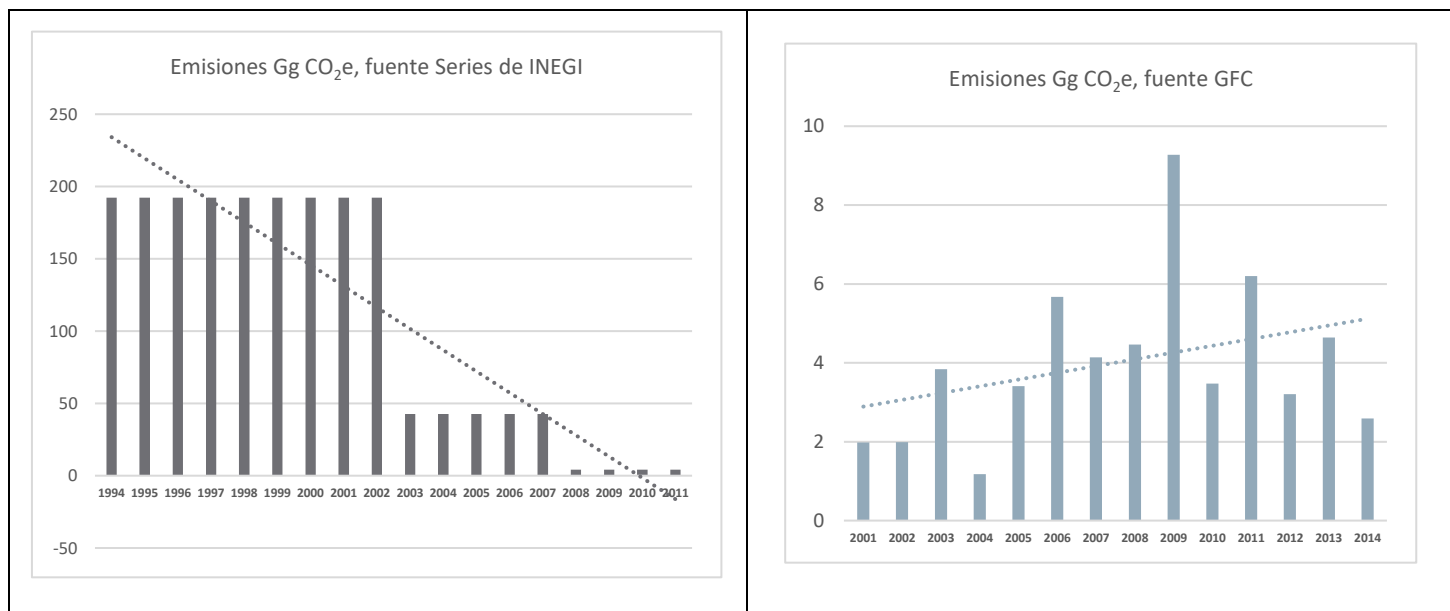


Figura 2. Comparativa de las emisiones de CO<sub>2</sub>e en áreas forestales para la Cuenca la Antigua, calculadas con datos de INEGI y GFC

Como se puede observar en el cuadro 16, los datos de INEGI abarcan un rango de 18 años, comenzando en 1993 con la Serie II y terminando en el año 2011 con la Serie V, mientras que los datos de la plataforma GFC, abarcan 14 años (2000-2014), otra diferencia significativa en cuanto a los insumos, es que la plataforma GFC puede proporcionar información de forma anual, mientras que las actuales Series de INEGI tienen diferentes lapsos de tiempo en su generación, por lo tanto primero fue necesario calcular los cambios en un periodo y después anualizar la información. Es importante mencionar que las Series de INEGI es información de referencia sobre la vegetación y usos de suelo existentes en el país, además de que por su escala (1:250,000) y proceso metodológico utilizado en su construcción, se vuelven insumos inadecuados para dar seguimiento a la dinámica de cambio en el sector forestal que existe en el país, tradicionalmente han sido usados para este fin debido a que es información oficial y no existían otras fuentes para tales efectos, sin embargo es necesario buscar nuevas fuentes de información para llevar a cabo un análisis más eficiente sobre los usos de suelo.

La estimación de emisiones de CO<sub>2</sub>e en los tipos de vegetación en la Cuenca con los datos de INEGI son mayores (1,961.08) a diferencia de la estimación con datos de GFC (56.06), a pesar de que el rango de tiempo es mayor en los datos de INEGI, esta diferencia es demasiado grande, sin embargo puede ser fácilmente explicada, ya que estos cambios abruptos se deben a los insumos cartográficos, pues para la generación de cada uno se utilizaron diferentes insumos satelitales, así como diferentes enfoques y parámetros de mapeo, en cambio en el caso de los



datos de GFC parecen ser más consistentes en el tiempo, ya que se generan con compuestos multitemporales anuales de imágenes Landsat.

En el caso del sector agropecuario, se calcularon las emisiones para 5 componentes. Los DA y FE usados para la estimación de GEI en las dos cuencas se enlistan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 17. Datos de Actividad y Factores de Emisión usados para el cálculo de las emisiones del sector agropecuario.**

Sector	Componente calculado	Dato de actividad	Fuente de DA	Fuente de FE
<b>Ganadería</b>	Fermentación entérica	Unidades animales de ganado y aves existentes	Cierre de la producción ganadera por municipio (SIAP). <a href="http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria">http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria</a>	IPCC, 2006: Vol. 4 Cap. 10, Tabla 10.10 y 10.11
	Manejo de estiércol	Cantidad de N excretado por unidad animal y tipo	Tasa anual de nitrógeno excretado, masa animal típica y coeficiente de excreción IPCC, 2006: Vol.4, Cap. 10, Ec. 10.30	IPCC, 2006: Vol. 4 Cap. 10 Tab. 10.14 y 10.15
<b>Agricultura</b>	Fertilizantes sintéticos	Nitrógeno aplicado a los suelos por medio de fertilización	Cierre de la producción agrícola por estado y municipio (SIAP). <a href="http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp">http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp</a> Balance nacional de consumo de Fertilizantes nitrogenados y superficie agrícola anual. <a href="http://www.fao.org/faostat/es/#data/RF">http://www.fao.org/faostat/es/#data/RF</a>	IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 10, Anexo 10A.2, Tablas de la 10A-4 a la 10A-9; Y IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 10, Tab. 10.19.
	Residuos agrícolas	Cantidad de N en residuos agrícolas	Cierre de la producción agrícola por estado y municipio (SIAP). <a href="http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp">http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp</a> Cantidad de Nitrógeno en los residuos agrícolas. IPCC, 2006: Vol.4, Cap. 11, Tab. 11.3.	IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 11, Tab. 11.1.
	Combustión de Residuos agrícolas	Cantidad de N en residuos agrícolas	Cierre de la producción agrícola por estado y municipio (SIAP). <a href="http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp">http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp</a> Cantidad de Nitrógeno en los residuos agrícolas. IPCC, 2006: Vol.4, Cap. 11, Tab. 11.3.	IPCC, 2006: Vol. 4, Cap. 11, Tab. 11.1.

Los componentes cuantificados se consideran como las actividades que se encuentran dentro de las cuencas y que se pudieron obtener los datos de actividad. En el cuadro 18, se muestran los resultados obtenidos para la cuenca La Antigua.

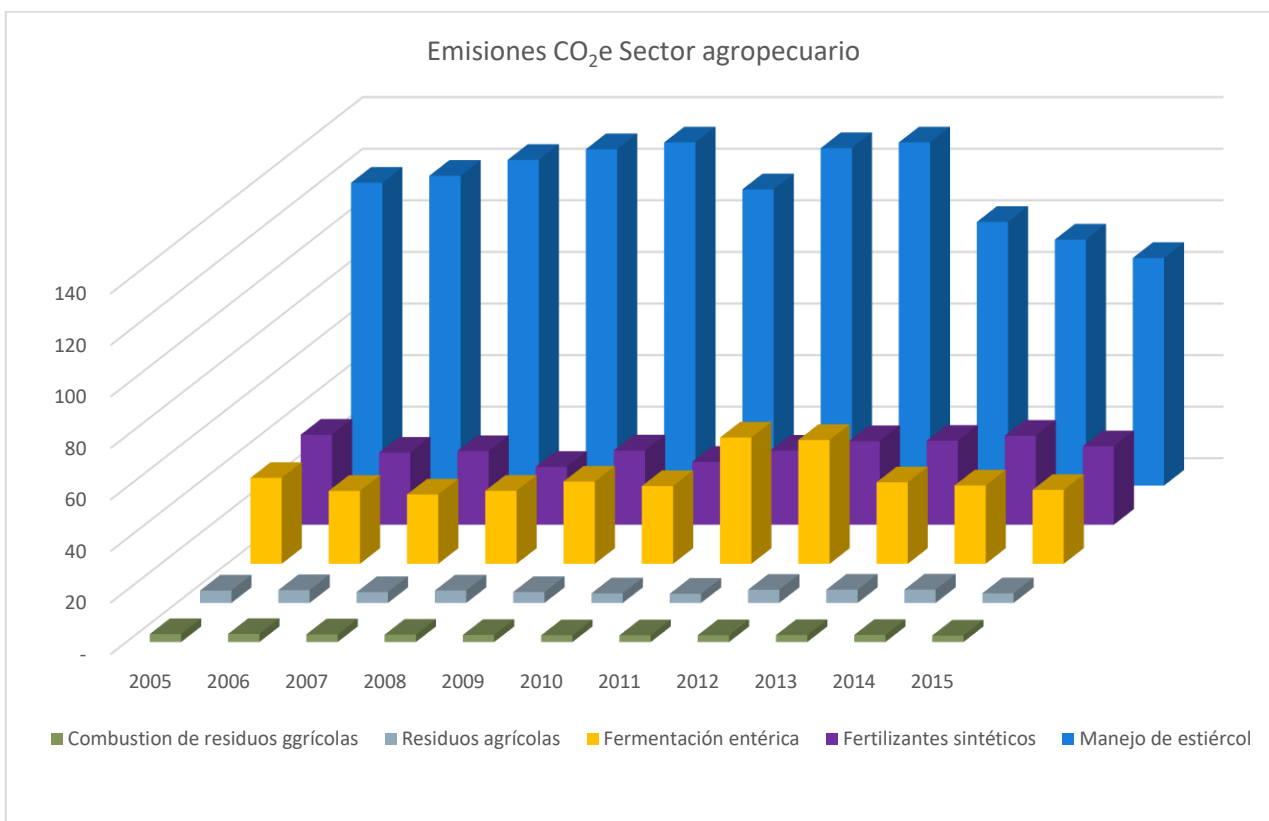
**Cuadro 18. Emisiones de CO<sub>2</sub>e resultante de las actividades del sector agropecuario en la Cuenca la Antigua durante el periodo 2005 - 2015 (Unidades en Gg)**

Componente	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Fermentación entérica	33.36	28.31	26.91	28.35	31.94	30.20	49.03	48.09	31.65	30.42	28.71
Manejo de estiércol	117.46	120.15	126.28	130.41	133.06	114.89	130.84	133.05	102.25	95.41	88.29
Fertilizantes sintéticos	34.96	27.97	28.60	22.45	28.84	24.40	28.75	32.43	32.61	34.54	30.43
Residuos agrícolas	4.82	4.98	4.21	4.84	4.23	3.73	3.56	5.11	5.15	5.18	3.78
Combustión de residuos agrícolas	3.10	3.14	2.98	2.86	2.77	2.62	2.62	2.66	2.70	2.78	2.54
Total	193.69	184.55	188.98	188.92	200.83	175.84	214.80	221.34	174.37	168.33	153.74

Para el sector ganadero, los dos componentes considerados necesitan para su cálculo los datos de actividad de unidades animales contenidas en las cuencas en cada año. Dichos datos fueron obtenidos a detalle de las estadísticas ganaderas dispuestas en el SIAP. En los dos casos los factores de emisión usados correspondieron a los valores por defecto que contienen las guías del IPCC 2006.

En el caso del sector agropecuario el componente que tiene la mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>e en la cuenca La Antigua es el de manejo de estiércol, en promedio se emiten 117 Gg de CO<sub>2</sub>e por año, seguido por la fermentación entérica con 33.36 Gg de CO<sub>2</sub>e, fertilizantes sintéticos con aproximadamente 29.64 Gg de CO<sub>2</sub>e y finalmente los residuos agrícolas y combustión de residuos agrícolas con 4.51 y 2.80 Gg de CO<sub>2</sub>e en promedio por año.



**Figura 3. Emisiones en Gg de CO<sub>2</sub>e para las actividades del sector agropecuario durante el periodo 2005 – 2015 en la cuenca la Antigua.**

En la cuenca de La Antigua se estimó una cantidad promedio de emisiones por año para el sector agropecuario de 158.13 Gg de CO<sub>2</sub>e, siendo el componente de manejo de estiércol el de mayor aportación, con un 60 % del total. Por el contrario, el componente de combustión de residuos agrícolas tuvo la menor aportación a esta cifra de emisiones con solo 1.5 %.

## 5.2 Línea base de Emisiones de GEI en la cuenca la Antigua, Ver. para el sector USCUS y Agropecuario

Para el caso del sector USCUS las estimaciones se realizaron con dos diferentes fuentes de datos cartográficos, las Series INEGI y la información de la plataforma GFC. Cada una de las fuentes cartográficas presentan diferentes tendencias históricas en el tiempo, mientras que con las Series INEGI la tendencia de las emisiones es a la baja, con los datos de la plataforma GFC la tendencia es inversa, es decir tienden a aumentar en el periodo analizado, aunque debemos considerar que las emisiones calculadas con los datos de INEGI son mucho mayores que las de la plataforma GFC.

Para el establecimiento de la línea base, se retoma el año base en 2013 para mantener la consistencia con las Contribuciones Nacionales Determinadas (CND) y la proyección se hace hasta el año 2030. Como información de referencia se toman las estimaciones GEI con los datos de GFC, considerando un aumento de 0.20 Gg de CO<sub>2</sub>e por año. Aunque las emisiones calculadas son menores con respecto a la información estimada con los datos de INEGI, la tendencia es a aumentar en el tiempo y comparando con dichas estimaciones (INEGI) para los años 2008,2009, 2010 y 2011, los cálculos son similares ya que como se comenta durante el documento, a partir de la Serie V se tratan de mapear solo los cambios en los tipos de vegetación del país tomando como base la Serie IV (2007).

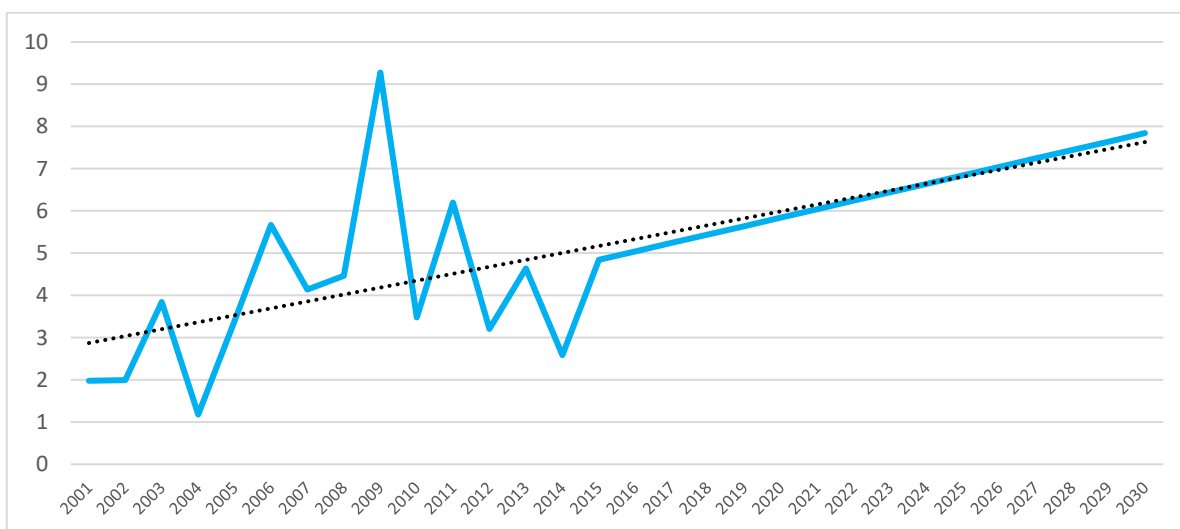


Figura 4. Línea base de emisiones de CO<sub>2</sub>e para el sector USCUSS en la Cuenca La Antigua.

Para el caso del sector agropecuario también se toma como año base el 2013 y se realiza la proyección hasta el 2030. De acuerdo a las CND para el 2030 se proyecta un aumento del 15% en las emisiones GEI del sector agropecuario a nivel nacional, en la presente consultoría se retoma dicho valor de referencia y se proyectan por año las emisiones para las cuencas.

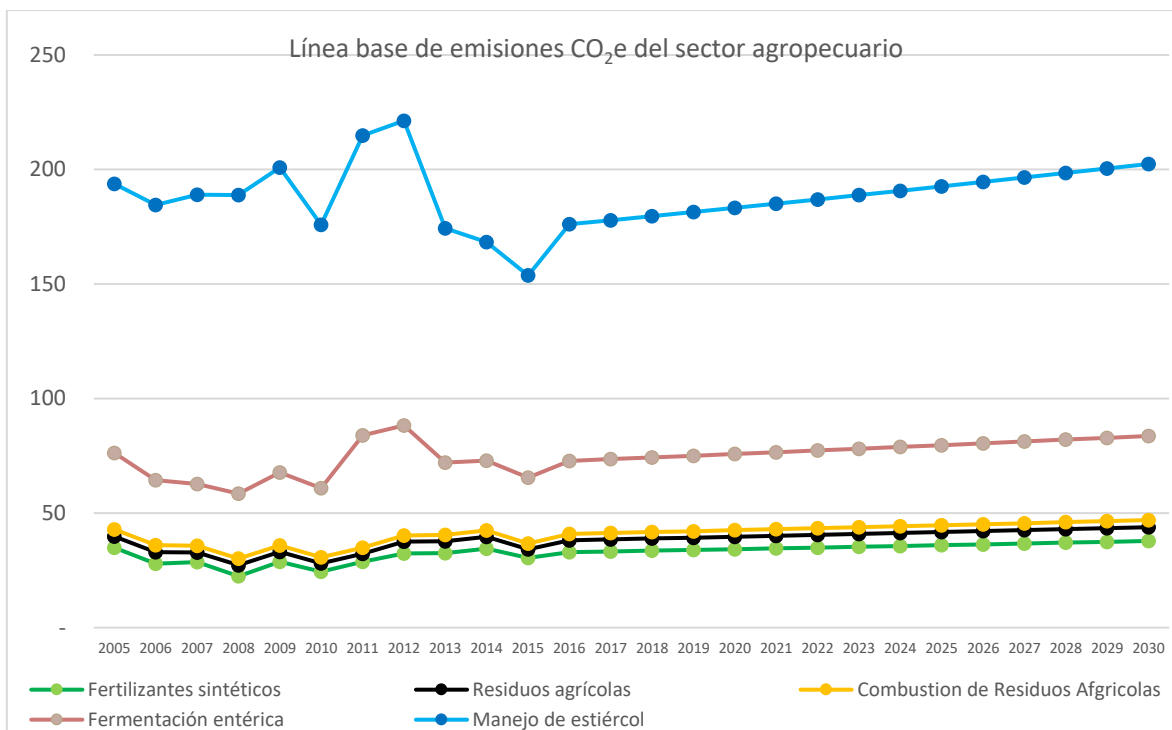


Figura 5. Línea base de emisiones de CO<sub>2</sub>e para el sector agropecuario en la Cuenca La Antigua.

Cuadro 19. Línea base de emisiones de CO<sub>2</sub>e en el sector agropecuario de la cuenca La Antigua.

Actividades del sector	Emisiones históricas			Línea base			
	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030
Fertilizantes sintéticos	34.96	24.4	32.61	30.43	34.27	36.02	37.86
Residuos agrícolas	4.82	3.73	5.15	3.78	5.42	5.69	5.98
Combustión de Residuos Agrícolas	3.1	2.62	2.7	2.54	2.84	2.99	3.14
Fermentación entérica	33.36	30.2	31.65	28.71	33.27	34.97	36.75
Manejo de estiércol	117.46	114.89	102.25	88.29	107.47	112.95	118.71
<b>Total</b>	<b>193.69</b>	<b>175.84</b>	<b>174.37</b>	<b>153.74</b>	<b>183.27</b>	<b>192.62</b>	<b>202.44</b>

### 5.3 Emisiones de GEI en la cuenca San Pedro, Nay. para el sector USCUS y Agropecuario

Al igual que en la Cuenca anterior, para la estimación de emisiones de GEI en el sector USCUS se utilizaron dos fuentes distintas de datos cartográficos, la información de las Series INEGI y los datos de la plataforma GFC, en el siguiente cuadro se muestran las emisiones calculadas para las dos fuentes, las estimaciones corresponden a las áreas deforestadas, áreas que se degradaron (Series INEGI), la pérdida de pastizales y las emisiones para cultivos perennes en el año número 8:

Cuadro 20. Estimación de emisiones de GEI del sector USCUS para la Cuenca San Pedro a partir de datos de las Series INEGI y de la plataforma GFC.

Año	Series INEGI				Datos GFC			
	Emisiones CO <sub>2</sub> e Deforestación	Emisiones CO <sub>2</sub> e Degradación	Emisiones CO <sub>2</sub> e Pastizales	Emisiones CO <sub>2</sub> e Agricultura perenne	Emisiones CO <sub>2</sub> e Deforestación	Emisiones CO <sub>2</sub> e Pastizales	Emisiones CO <sub>2</sub> e Agricultura perenne	
1994	209.84	7.77	22.88	-105.77	-	-	-	
1995	209.84	7.77	22.88	-105.77	-	-	-	
1996	209.84	7.77	22.88	-105.77	-	-	-	
1997	209.84	7.77	22.88	-105.77	-	-	-	
1998	209.84	7.77	22.88	-105.77	-	-	-	
1999	209.84	7.77	22.88	-105.77	-	-	-	
2000	209.84	7.77	22.88	-105.77	-	-	-	
2001	209.84	7.77	22.88	<b>795.42</b>	3.75	1.57	-109.66	
2002	209.84	7.77	22.88	-105.77	6.99	0.30	-109.66	
2003	318.22	13.54	82.09	-108.40	6.85	0.30	-109.66	
2004	318.22	13.54	82.09	-108.40	8.52	0.10	-109.66	
2005	318.22	13.54	82.09	-108.40	14.56	0.19	-109.66	
2006	318.22	13.54	82.09	-108.40	7.14	0.07	-109.66	
2007	318.22	13.54	82.09	-108.40	16.35	0.58	-109.66	
2008	76.25	0.10	38.61	-119.57	22.18	0.18	<b>824.62</b>	
2009	76.25	0.10	38.61	-119.57	10.98	0.19	-109.66	
2010	76.25	0.10	38.61	-119.57	18.78	0.23	-109.66	
2011	76.25	0.10	38.61	<b>899.17</b>	21.29	0.08	-109.66	
2012	-	-	-	-	40.92	0.35	-109.66	
2013	-	-	-	-	73.31	0.41	-109.66	
2014	-	-	-	-	20.01	0.36	-109.66	
Total	<b>3784.65</b>	<b>138.05</b>	<b>770.76</b>	<b>-52.29</b>	<b>271.64</b>	<b>4.93</b>	<b>-600.92</b>	

En la figura 6, se muestran las tendencias de las emisiones de CO<sub>2</sub>e presentes en las áreas deforestadas de la Cuenca San Pedro estimadas a partir de las Series INEGI y de los datos de GFC y que representan la mayoría de las emisiones en la categoría de tierras forestales:

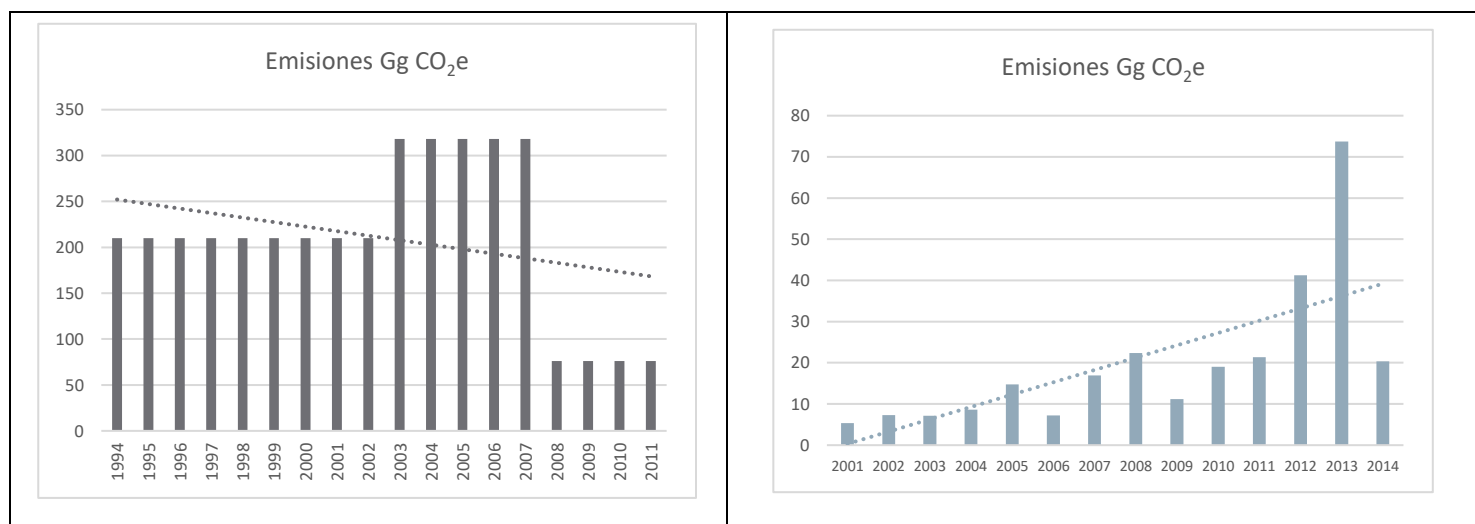


Figura 6. Emisiones de CO<sub>2</sub>e para la Cuenca San Pedro a partir de datos de INEGI y GFC

Al igual que en la cuenca La Antigua, las estimaciones del sector USCUS con las dos fuentes cartográficas son distintas, por un lado, las obtenidas a partir de las Series de INEGI muestran una tendencia a la baja, mientras que las proporcionada por la plataforma GFC, la tendencia es inversa, esto muestra que es necesario profundizar en la información cartográfica usada para el cálculo de las emisiones GEI en los usos de suelo y tipos de vegetación.

En el cuadro 21 se muestran las estimaciones de emisiones de GEI para las actividades del sector agropecuario de la cuenca de San Pedro.

Cuadro 21. Emisiones de CO<sub>2</sub>e resultante de las actividades del sector agropecuario en la Cuenca San Pedro durante el periodo 2005 - 2015 (Unidades en Gg)

Componente	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Fermentación entérica	168.29	173.38	180.37	191.73	179.42	181.91	200.91	162.75	139.21	134.41	138.81
Manejo de estiércol	142.90	143.71	150.21	161.56	152.14	154.16	166.73	139.53	122.08	116.83	122.01
Fertilizantes sintéticos	505.89	405.81	420.84	337.97	413.94	404.44	449.80	503.77	494.58	521.45	497.99
Residuos agrícolas	31.64	30.26	36.73	40.36	34.01	27.04	22.69	22.35	26.35	35.06	30.74
Combustión de residuos agrícolas	6.87	6.67	8.53	7.78	7.48	7.16	4.77	4.77	4.76	6.61	6.52
<b>Total</b>	<b>855.59</b>	<b>759.83</b>	<b>796.68</b>	<b>739.39</b>	<b>786.99</b>	<b>774.71</b>	<b>844.89</b>	<b>833.18</b>	<b>786.98</b>	<b>814.36</b>	<b>796.06</b>

En términos generales la cuenca San Pedro emite en promedio 798.97 Gg de CO<sub>2</sub>e en el sector agropecuario, siendo el componente de Fertilizantes Sintéticos el que presenta mayores emisiones con aproximadamente de 450 Gg por año, fermentación entérica con 168 Gg en promedio por año, Manejo de estiércol con 142, residuos agrícolas con 30 Gg por año y finalmente combustión de residuos agrícolas con 6.54 Gg de CO<sub>2</sub>e en promedio por año.

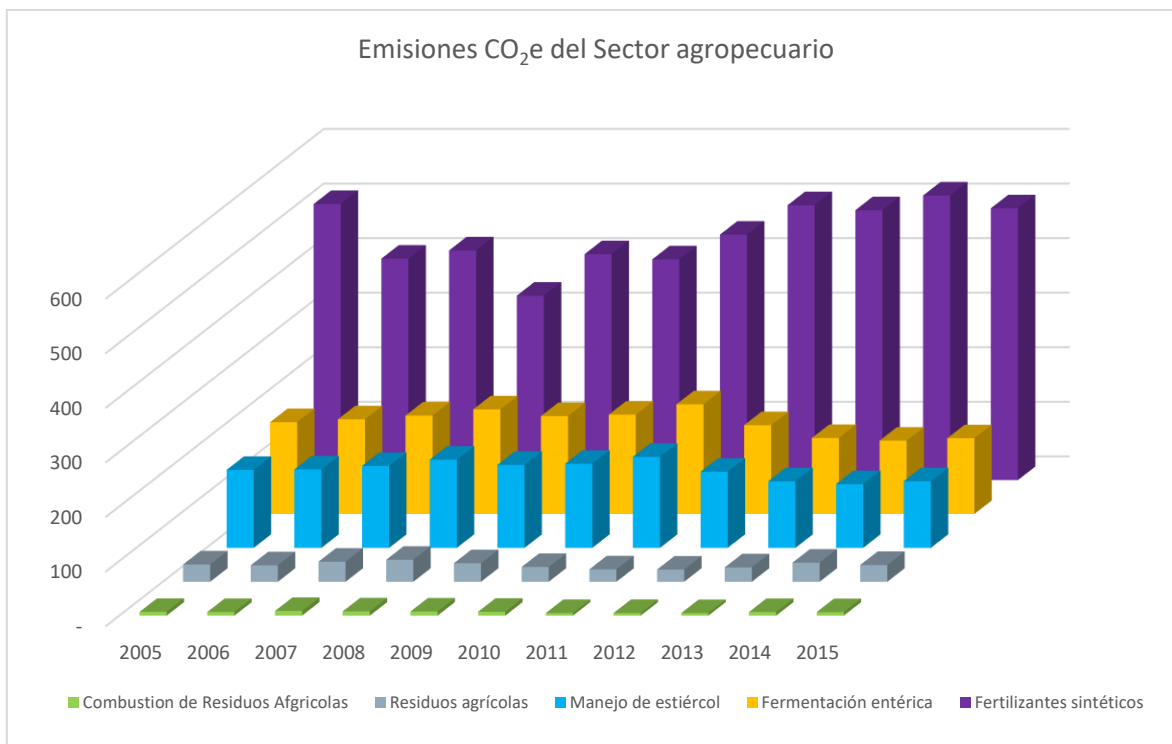


Figura 7. Emisiones en Gg de CO<sub>2</sub>e para las actividades del sector agropecuario durante el periodo 2005 – 2015 en la cuenca San Pedro.

## 5.4 Línea base de Emisiones de GEI en la cuenca San Pedro, Nay. para el sector USCUS y Agropecuario

Al igual que en la cuenca la Antigua se toma como año base el 2013 y se proyectan las emisiones hasta el año 2030. Para el caso del sector USCUS se toman como referencia de emisiones históricas los cálculos realizados con los datos de la plataforma GFC ya que presentan una tendencia hacia arriba y debido que presentan algunos años atípicos con emisiones muy altas (años 2012 y 2013) para generar la proyección se utilizó el promedio de las emisiones del periodo analizado, generando un factor de aumento de 1.05 Gg de CO<sub>2</sub>e por año.

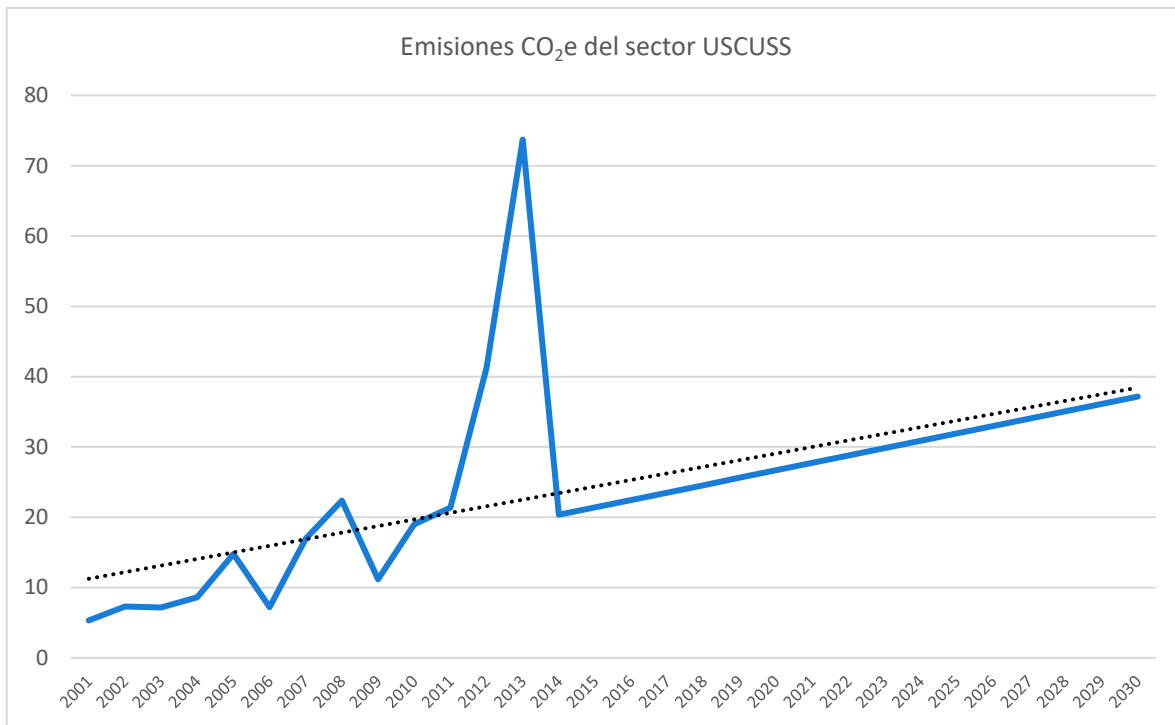


Figura 8. Línea base de emisiones de CO<sub>2</sub>e para el sector USCUS en la Cuenca San Pedro.

Al igual que en la cuenca la Antigua y para mantener la consistencia con las CND, las proyecciones de emisiones de GEI en la cuenca San Pedro consideran un valor de referencia de aumento de un 15% para el año 2030.

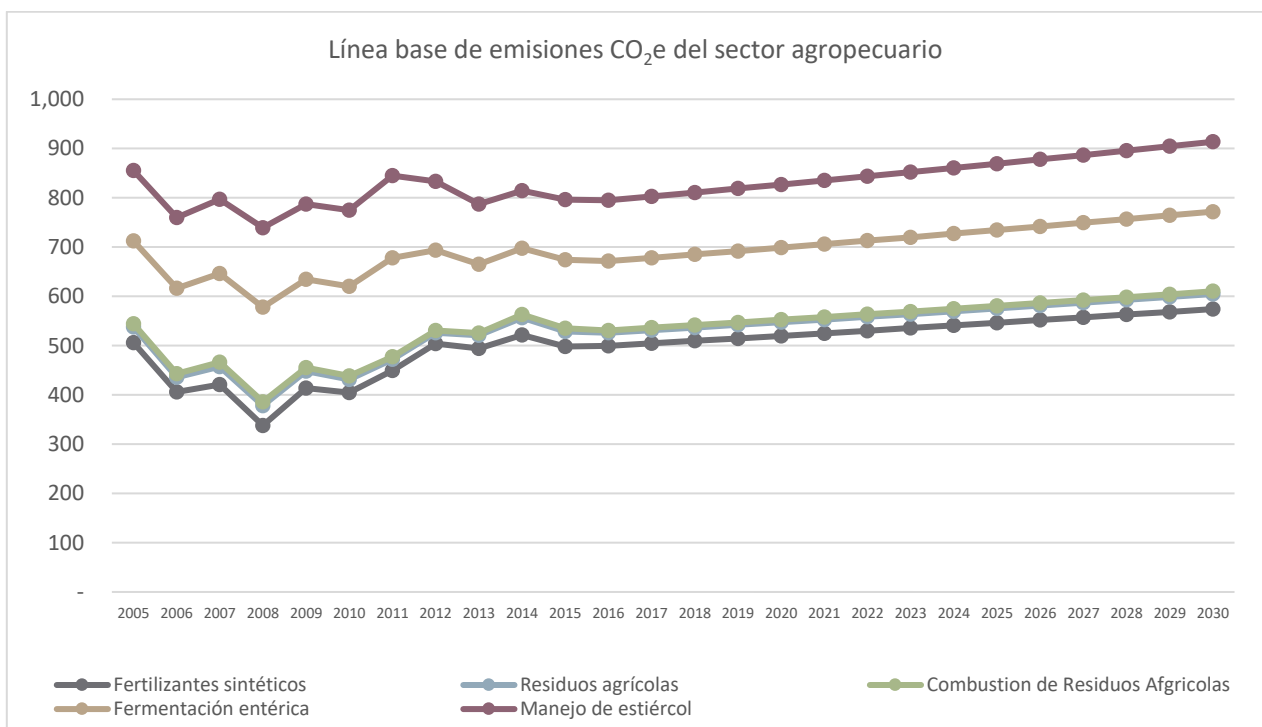


Figura 9. Línea base de emisiones de CO<sub>2</sub>e para el sector agropecuario en la Cuenca San Pedro.



Cuadro 22. Línea base de emisiones de CO<sub>2</sub>e en el sector agropecuario de la cuenca San Pedro.

Actividades del sector	Emisiones históricas				Línea base		
	2005	2010	2013	2015	2020	2025	2030
Fertilizantes sintéticos	505.89	404.44	494.58	497.99	519.80	546.32	574.19
Residuos agrícolas	31.64	27.04	26.35	30.74	27.69	29.10	30.59
Combustión de Residuos Agrícolas	6.87	7.16	4.76	6.52	5.00	5.26	5.53
Fermentación entérica	168.29	181.91	139.21	138.81	146.31	153.77	161.62
Manejo de estiércol	142.90	154.16	122.08	122.01	128.31	134.86	141.74
Total	<b>855.59</b>	<b>774.71</b>	<b>786.98</b>	<b>796.06</b>	<b>827.12</b>	<b>869.31</b>	<b>913.65</b>

## 5.5 Estimación de la cantidad de nutrientes (N y P) en excretas animales en las cuencas La Antigua, Ver. y San Pedro, Nay.

Para el cálculo de la cantidad de nutrientes (N y P) disponibles en las excretas animales de cada cuenca, se retomaron los datos de las cabezas existentes por tipo de ganado para cada año.

En el caso de la estimación de N disponible en las excretas por tipo de ganado se usó el número existente de cabezas y se multiplicó directamente por la tasa anual de excreción de N (IPCC, 2006):

$$\text{Total N disponible (ton)} = N_{(T)} \times N_{(rate)}T / 1000$$

Donde

- Total N disponible = Cantidad total de Nitrógeno disponible por tipo de ganado y por año en toneladas;
- $N_{(T)}$  = Número total de cabezas por tipo de ganado por año;
- $N_{(rate)}T$  = Tasa de excreción por animal, Kg N

Para el cálculo de P disponible en las excretas animales se utilizaron los factores encontrados en la ficha técnica para la utilización de estiércoles desarrollado por el COLPOS (Colegio de Postgraduados) y la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), (Cruz-Medrano, 1986; Trinidad-Santos, 2017), estos factores describen el porcentaje de nutrientes presentes en las excretas de cada tipo de ganado (cuadro 23).

Cuadro 23. Contenido de P por tipo de excreta animal

Tipo de estiércol	Producción kg/día/animal	Producción ton/año/animal	Contenido de P (%)
Gallinaza	0.017	0.006205	0.022
Porqueraza	0.45	0.16425	0.02
Caprino	0.7	0.2555	0.006
Ovino	0.7	0.2555	0.006
Bovino	6	2.19	0.006
Equino	1.5	0.5475	0.02

Para estimar la cantidad total de P disponible se multiplicó directamente el número de cabezas por tipo de ganado por la producción de excretas por animal por año y por el porcentaje de P disponible por cada tipo de ganado:

$$\text{Total P disponible (ton)} = N_{(T)} \times \text{Prod excretas} / \% \text{ Contenido P}$$

Dónde:

- Total p disponible = Cantidad total de Fosforo disponible por tipo de ganado y por año en toneladas;
- $N_{(T)}$  = Número total de cabezas por tipo de ganado por año;
- Prod excretas = Producción total por año de excretas por tipo de ganado en toneladas
- % Contenido de P = Cantidad total (%) de P presente en las excretas por tipo de ganado

En los cuadros 24 y 25 se muestran las estimaciones de N y P disponible en las excretas animales para las cuencas La Antigua y San Pedro respectivamente:

Cuadro 24. Cantidad de N y P disponible para el periodo 2006-2015 para la cuenca La Antigua

Año	N (ton)	P (ton)
2006	5,008.80	1,151.91
2007	5,444.31	1,273.51
2008	5,500.54	1,275.53
2009	5,642.37	1,316.37
2010	4,798.05	1,102.94
2011	5,905.44	1,283.70
2012	5,947.40	1,292.37
2013	4,310.46	1,016.79
2014	4,040.57	956.23
2015	3,696.68	865.81

Cuadro 25. Cantidad de N y P disponible para el periodo 2006-2015 en la cuenca San Pedro

Año	N (ton)	P (ton)
2006	7,055.41	2,086.31
2007	7,380.98	2,174.06
2008	7,903.98	2,325.20
2009	7,440.00	2,181.97
2010	7,527.49	2,212.75
2011	8,167.87	2,420.62
2012	6,810.33	1,986.41
2013	5,952.96	1,714.40
2014	5,717.43	1,649.56
2015	5,980.37	1,709.65

En promedio por año, la cuenca la Antigua tiene disponibles 5,029 ton de N producto de las excretas animales de todos los tipos de ganado, mientras que en el caso de P la cantidad es de 1,153 ton.

En la cuenca San Pedro, el promedio de N disponible es de 6,993 ton, mientras que el de P es de 2,046 ton.

Cabe mencionar que la estimación de nutrientes en cada cuenca, puede servir para establecer los potenciales de fertilización con estiércoles animales, de esta manera sería posible, por ejemplo, reducir la cantidad de fertilizantes sintéticos y así reducir la cantidad de emisiones de GEI por esta actividad, además de ser una posible medida de adaptación para efectos de cambio climático que repercutan en la disminución de fertilidad del suelo.

## **6. Medidas de adaptación y mitigación en las cuencas bajo análisis**

### **6.1 Criterios para diferenciar medidas de mitigación y adaptación**

Las sociedades a lo largo de la historia han presentado capacidades adaptativas a los impactos meteorológicos y del clima mediante diferentes prácticas que incluyen por ejemplo la diversificación de los cultivos, el riego, la gestión de los recursos hídricos, la gestión de riesgo ante desastres y los sistemas de seguros. Hoy en día el cambio climático presenta un gran reto debido a las nuevas condiciones meteorológicas que se puedan presentar. En algunos países se han desarrollado e implementado medidas de adaptación y mitigación, sin embargo, todavía existe un largo camino por recorrer (FAO, 2017).

La adaptación y mitigación pueden ayudar a disminuir los riesgos al cambio climático de la sociedad y los ecosistemas. Las medidas de mitigación están centradas sobre las causas del cambio climático, mientras que las medidas de adaptación se centran principalmente en los impactos del Cambio climático. Por otro lado, las medidas de mitigación tendrán beneficios a nivel global, mientras que las medidas de adaptación parten de una escala a nivel local y regional, además de que los beneficios de las medidas de mitigación se verán reflejados dentro de algunos años mientras que de las medidas de adaptación pueden reflejarse más a corto plazo sobre todo si se centran en las vulnerabilidades de las condiciones climáticas actuales. Para enfrentar las vulnerabilidades claves al cambio climático, es necesario lograr la adaptación porque incluso los esfuerzos de mitigación más estrictos no podrán evitar el avance del cambio climático en las próximas décadas. La mitigación es necesaria porque el depender sólo de la adaptación podría conducir finalmente a una magnitud tal del cambio climático para la cual una adaptación eficaz sería únicamente posible a un coste social, ambiental y económico muy elevado. Por lo tanto, es muy claro que las medidas para contrarrestar al cambio climático deben ser en conjunto medidas encaminadas a la adaptación de los efectos a corto plazo y a escala local y regional y contar con medidas de mitigación que ayuden a que los costos sociales, ambientales y económicos de adaptación no sean demasiado altos. A largo plazo, probablemente el cambio climático no mitigado superaría la capacidad adaptativa de los sistemas naturales, ordenados y humanos (Grupo de Trabajo II-IPCC, 2007).

De acuerdo a algunas evaluaciones de impacto sobre escenarios futuros de concentraciones de GEI, la mitigación puede ayudar a que muchos de estos puedan evitarse, reducirse o retrasarse, ya que en la actualidad se cuenta con una mayor cantidad de información acerca del momento en que -dentro de una gama de aumentos de temperaturas- pueden ocurrir determinadas cantidades de impactos (Grupo de Trabajo II-IPCC, 2007).

Idealmente se debe pensar en una combinación de estrategias en la que se incluyan la mitigación, la adaptación, el desarrollo tecnológico (para que potencie tanto la adaptación como la mitigación) y la investigación (sobre la ciencia del clima, los impactos, la adaptación y la mitigación). Con estas acciones se pueden combinar políticas con enfoques basados en los incentivos y acciones a todos los niveles por parte del ciudadano a título individual a través de los gobiernos nacionales y las organizaciones internacionales (Grupo de Trabajo II-IPCC, 2007).

En estas acciones se incluyen opciones tecnológicas, institucionales y conductuales, la introducción de instrumentos económicos y políticos para estimular el uso de estas opciones, y la investigación y desarrollo para reducir la incertidumbre y ampliar la eficacia y eficiencia de las opciones. Muchos actores diferentes participan en la implementación de estas acciones, operando a diferentes escalas espaciales e institucionales. La mitigación incluye de manera primordial los sectores de la energía, el transporte, la industria, el residencial, la silvicultura y la agricultura, mientras los actores inmersos en la adaptación representan una amplia variedad de intereses sectoriales, incluidos la agricultura, el turismo y el ocio, la salud humana, el abastecimiento de agua, la gestión costera, la planificación urbanística y la conservación de la naturaleza (Grupo de Trabajo II-IPCC, 2007).

Decidir sobre las acciones de adaptación y mitigación deben tomar en cuenta una gama amplia de diferentes niveles, por ejemplo, entre estos niveles se puede incluir las familias y agricultores independientes, empresas privadas y organismos de planificación nacional. Para poder efectuar una mitigación eficaz se necesita la participación de todos los grandes emisores de gases de efecto invernadero a nivel mundial, mientras que, en la mayoría de los casos, la adaptación tiene lugar a niveles regional y nacional. Los beneficios de la mitigación tienen un alcance mundial, mientras sus costes y beneficios auxiliares se generan a nivel local. Tanto los costes como los beneficios de la adaptación tienen lugar a nivel local, por lo general. Por consiguiente, la mitigación está motivada primordialmente por acuerdos internacionales y la aplicación de políticas públicas nacionales, mientras que la adaptación está motivada, sobre todo, por acciones privadas de las entidades afectadas y por acuerdos de carácter público alcanzados por las comunidades impactadas (Grupo de Trabajo II-IPCC, 2007).

La interrelación entre la adaptación y la mitigación puede existir en todos los niveles de toma de decisiones.

Las acciones de adaptación pueden tener efectos de mitigación (generalmente no deseados) positivos o negativos, a la vez que las acciones de mitigación pueden tener efectos de adaptación (generalmente no deseados también) positivos o negativos. Un ejemplo de una acción de adaptación con un efecto de mitigación negativo puede ser el uso del aire acondicionado (si la energía que se requiere se obtiene a partir de combustibles fósiles). Un ejemplo de acción de mitigación con un efecto de adaptación positivo pudiera ser la forestación de las laderas de las montañas, que no sólo retiene el carbono, sino que también controla la erosión del suelo. Otros ejemplos de estas sinergias entre la adaptación y mitigación pueden ser la electrificación rural basada en fuentes de energía renovable, la siembra de árboles en ciudades para reducir el efecto de isla de calor y el desarrollo de sistemas agroforestales (Grupo de Trabajo II-IPCC, 2007).

Estas complejidades -incluido el hecho de que la adaptación y la mitigación operan a escalas espaciales, temporales e institucionales diferentes e incluyen diferentes actores con diferentes intereses y creencias, sistemas de valores y derechos de propiedad- constituyen un reto para la aplicación práctica de un equilibrio que va más allá de la escala local (Grupo de Trabajo II-IPCC, 2007).

En el siguiente cuadro se muestran algunos criterios útiles para identificar y diferenciar medidas de mitigación y adaptación:

**Cuadro 26. Algunos criterios para diferenciar acciones de mitigación y adaptación**

Criterios	Mitigación	Adaptación
Objetivo	Causas del cambio climático	Impactos del cambio climático
Escala espacial (resultados)	Global	Local y regional
Escala temporal (resultados)	Largo plazo	Corto plazo
Sectores	Energía, transporte, industria, residencial, silvicultura y agricultura	Amplia variedad de intereses sectoriales, como la agricultura, turismo y ocio, salud humana, el abastecimiento de agua, la gestión costera, la planificación urbanística y la conservación de la naturaleza
Actores	Grandes emisores a nivel mundial	Nivel individual, familiar, empresas, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales
Escala de los beneficios	Global	Local y regional
Escala de los costos	Local	Local y regional
Escala de los beneficios auxiliares	Local	Local y regional
Escala de las políticas	Internacionales y nacionales	Local y regional

## 6.2 Análisis de las medidas de mitigación y adaptación presentes en México y en las cuencas bajo análisis

De acuerdo a la revisión realizada en los IEEGEI y los PEACC (Planes Estatales de Acciones contra el Cambio Climático) sobre las medidas de mitigación y adaptación presentes en los estados que comprenden las cuencas bajo análisis, además de la información proporcionada por el INECC a nivel nacional para el sector USCUS y agropecuario donde se han planteado algunas medidas de mitigación en la Ley General de Cambio Climático (LGCC) y la Estrategia General

de Cambio Climático (EGCC), en los cuadros 27 y 28 se presentan las medidas de mitigación y adaptación respectivamente. Con dichas medidas de mitigación y adaptación se llevó a cabo el análisis y modelación de los potenciales de mitigación, además del análisis de las sinergias y beneficios con las medidas de adaptación en las cuencas.

**Cuadro 27. Medidas de mitigación propuestas en las cuencas La Antigua Ver. y San Pedro Nay.**

Medidas de Mitigación	Medidas específicas	Ubicación	Fuente	Sector	Cuenca
1) <b>Alcanzar una tasa de deforestación cero para el 2030</b>	Para 2030 tener una tasa de deforestación igual a 0	Áreas forestales	ENAREDD+, PEACC Veracruz	<b>USCUSS</b>	La Antigua y San Pedro
	Manejo Comunitario de los bosques	Áreas forestales	ENAREDD+		La Antigua y San Pedro
	Conservación de la biodiversidad	Áreas forestales	ENAREDD+		La Antigua y San Pedro
	Reforestar las cuencas altas, medias y bajas considerando sus especies nativas	Áreas forestales	Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030		La Antigua y San Pedro
2) <b>Manejo forestal sustentable e incremento de la productividad forestal de los bosques y selvas y en terrenos con potencial para plantaciones forestales comerciales</b>	Aprovechamiento forestal bajo principios de manejo forestal sustentable	Áreas forestales bajo manejo	ENAIROS, PEACC Veracruz, PEACC Durango	<b>USCUSS</b>	La Antigua y San Pedro
		Áreas agrícolas con potencial para el establecimiento de plantaciones comerciales			La Antigua y San Pedro
	Crear nuevos reservorios para el CO2 por el incremento de la biomasa del material leñoso (madera), por el crecimiento de los árboles y por la madera que es cosechada para la obtención de productos durables	Principalmente en las zonas forestales y zonas de producción agroforestal	PEACC Veracruz		La Antigua
	Mejorar la utilización de productos maderables reduciendo desechos y reciclado.	Zonas de producción forestal	PEACC Durango		San Pedro
	Creación y/o mejoramiento de programas de manejo integral del fuego (prevención, detección, control, restauración y uso).	Zonas forestales	PEACC Durango		San Pedro
	3) <b>Restauración de áreas forestales degradadas en ANP</b>	Restauración y reforestación de la superficie forestal que presenta algún tipo de degradación dentro de las ANP's	Bosques mesófilo de montaña, Bosque templado, Manglar, Selva húmeda y selva subhúmeda.		INDC
Promover la creación de nuevas ANP		Zonas forestales y con vegetación natural	PEACC Durango	San Pedro	
Promover mecanismos de financiamiento para la conservación de ANP		Zonas forestales y con vegetación natural	PEACC Durango	San Pedro	
4) <b>Instalación y operación de biodigestores para las excretas del ganado estabulado</b>		Áreas dedicadas a la Ganadería	Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER), PEACC Durango	Ganadería	La Antigua y San Pedro
5) <b>Pastoreo planificado</b>	Manejo holístico de pastizales		INDCs	Ganadería	La Antigua y San Pedro

		Rehabilitación de agostaderos degradados				
		Adecuada planeación del pastoreo				
		<b>Ajuste de carga</b>				
		Distribución de aguajes, saladeros y potreros				
6)	<b>Recuperación de pastizales</b>		Áreas de pastizales	Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030		La Antigua y San Pedro
7)	<b>Disminución de la emisión de metano en el sector ganadero</b>	Eficiencia alimenticia en ganado mediante dotación de suplementos alimenticios Diversidad productiva, como la producción de leche.	Regiones de producción ganadera	PEACC Veracruz	Ganadería	La Antigua
8)	<b>Gestión de animales</b>	Eficiencia de la digestibilidad de animales Mejoramiento genético de animales Proyectos de mejoramiento productivo en pastoreo no estabulado Sanidad animal	Terrenos de producción ganadera	PEACC Durango	Ganadería	San Pedro
9)	<b>Sustitución en cultivos de fertilizantes sintéticos nitrogenados por biofertilizantes</b>	Uso de fertilizantes provenientes de excretas animales y biofertilizantes	Áreas de cultivos agrícolas	Programa Sectorial Agropecuario 2013-2018, INDCs, PEACC Durango	Agricultura	La Antigua y San Pedro
10)	<b>Disminución de quema de residuos de cosechas en campo en superficies agrícolas</b>	Asistencia técnica para la reducción del 100% de emisiones por esta actividad	Áreas de cultivos agrícolas (maíz, caña de azúcar, trigo, cebada, algodón, agave, café y garbanzo)	INDCs, PEACC Durango	Agricultura	La Antigua y San Pedro
11)	<b>Agricultura de Conservación y labranza cero</b>		Predios donde se cultiva maíz y trigo	Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030, PEACC Durango	Agricultura	La Antigua y San Pedro
12)	<b>Tecnificación sustentable del campo</b>		Terrenos de producción agrícola	Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030	Agricultura	La Antigua y San Pedro
13)		Tratamiento de residuos agrícolas y prohibición de quemas		PEACC Durango	Agricultura	La Antigua y San Pedro



	<b>Agricultura mejorada para la fijación de carbono</b>	Mejorar la productividad de los suelos degradados	Terrenos de producción agrícola			
--	---	---	---------------------------------	--	--	--

**Cuadro 28. Medidas de adaptación propuestas en las cuencas La Antigua Ver. y San Pedro Nay.**

Medidas de Adaptación	Medidas específicas	Ubicación	Fuente	Sector	Cuenca
1) <b>Fortalecer la resiliencia en el 50% de los municipios más vulnerables del país</b>	Incorporar enfoque climático, de género y de derechos humanos en todos los instrumentos de planeación territorial y gestión del riesgo	Municipios vulnerables al CC	Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030	USCUSS, Agricultura, Ganadería	La Antigua y San Pedro
	Gestión integral de cuencas para garantizar el acceso al agua				
	Garantizar la gestión integral del agua en sus diferentes usos (agrícola, ecológico, urbano, industrial, doméstico)				
2) <b>Sistemas de prevención y alerta temprana y gestión de riesgo en todos los órdenes de gobierno</b>	Incrementar los recursos financieros para la prevención y atención de desastres	Todas las áreas agropecuarias, forestales, infraestructura, etc., que presenten algún tipo de riesgo	Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030	USCUSS, Agricultura, Ganadería	La Antigua y San Pedro
3) <b>Impulsar la adquisición, adecuación e innovación tecnológica de apoyo a la adaptación en aspectos como la protección de infraestructura, agua, transporte y recuperación de suelos.</b>	Uso eficiente del agua	Áreas de producción agropecuaria	Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030, PEACC Veracruz	USCUSS, Agricultura, Ganadería	La Antigua y San Pedro
	Aprovechar los excedentes de biomasa vegetal durante la época lluviosa	Áreas de producción agrícola	PEACC Veracruz	Agricultura	
	Manejar ganado con resistencia a sequías	Áreas de producción pecuaria		Ganadería	
	Capacitación y vigilancia de enfermedades				
4) <b>Recuperación de la capacidad de recarga de acuíferos y garantizar la disponibilidad de agua</b>	Restauración e ecosistemas prioritarios que incrementan la disposición de agua en los acuíferos	Principalmente en los municipios con ecosistemas forestales y en cuencas prioritarias abastecedoras de agua	PEACC Veracruz	Manejo integral del agua (USCUSS)	La Antigua y San Pedro
	Proteger los acuíferos y las zonas de captación de agua	Zonas forestales	PEACC Durango	Sector forestal	
	Regulación en la perforación de pozos, que reduzcan la extracción y abatimiento de los mantos acuíferos.	Todos los municipios		Población	
	Impulsar proyectos de cosecha de agua subterránea y de lluvia.		Sector forestal		
	Desarrollar un sistema de control de inundaciones y monitoreo de lluvia, para disminuir los riesgos y atender los efectos de inundaciones y sequías.		Sector forestal		
	Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.		Población de todos los municipios		
5) <b>Mejoramiento de la producción ganadera</b>	Incrementar la infraestructura de almacenamiento de agua de lluvia para consumo animal	Municipios con producción ganadera	PEACC Veracruz	Ganadería	La Antigua
	Mejorar el aprovechamiento de forraje en periodos de alta producción.				

		Intensificar los programas de sanidad				
6)	<b>Mantenimiento de la biodiversidad</b>	El mantenimiento y restablecimiento de los ecosistemas nativos.	Zonas proveedoras de servicios ecosistémicos	PEACC Veracruz	Sector forestal	La Antigua
		La protección y el aumento de los servicios provenientes de los ecosistemas.	Zonas forestales			
		El establecimiento de redes de las áreas protegidas terrestres, marinas y de agua dulce que tomen en consideración los cambios climáticos proyectados.	Zonas forestales			
		El fomento a las especies que posean una resistencia alta a parámetros ambientales cambiantes, inclusive fluctuaciones de temperaturas aéreas y dinámicas de precipitación.	Zonas forestales			
		Protección de fauna silvestre y nichos ecológicos	Zonas forestales			
7)	<b>Mejorar el uso del agua y su disponibilidad además de controlar la erosión del suelo.</b>	Modificar la técnica de crianza de ganado de agostadero, por ej. Retomar el pastoreo.	Zonas de producción ganadera	PEACC Durango	Ganadería	San Pedro
		Impulsar el uso de las cercas vivas, a fin de reducir el estrés calórico y que además son fuente de forraje para la alimentación del ganado sobre todo durante la sequía.	Zonas de producción ganadera			
8)	<b>Cambiar las técnicas de cosecha para conservar la humedad y los nutrientes</b>	Cambios de variedad de cultivos de temporal y multicultivos	Zonas de producción agrícola	PEACC Durango	Agricultura	San Pedro
		Usar plantaciones de baja densidad y agricultura de conservación				
		Cambiar los usos de fertilizantes químicos y su aplicación				
		Modificar los patrones temporales de siembra y cosecha				
9)	<b>Generación y divulgación de información climática regional para mejorar la producción agrícola.</b>	Fomentar la investigación e intercambio de información entre instituciones de investigación, gobierno y sociedad.	Nivel estatal, y municipal	PEACC Durango	Agricultura	San Pedro
		Realizar un inventario y monitoreo regional de producción de los principales cultivos del estado y sus posibles efectos ante el Cambio Climático	Nivel estatal, y municipal			
		Ordenamiento del territorio para la potenciación de producción agrícola	Zonas de producción agrícola			
10)	<b>Consolidación del PEACC</b>	Aprobación del documento	A nivel entidad federativa	PEACC Durango	Todos	San Pedro
		Creación de los planes de acción climática municipal	Para todos los municipios del estado		Municipios	
		Crear los documentos de ordenamiento ecológico a nivel municipal	Para todos los municipios del estado		Municipios	
		Fomentar la transferencia de tecnología local para la producción agrícola	Regiones de producción agrícola		Agricultura	

### 6.3 Escenarios y potencial de mitigación en la Cuenca La Antigua para los sectores USCUS y agropecuario

De acuerdo a la revisión y análisis de las medidas de mitigación planteadas a nivel nacional y estatal, se generaron los posibles escenarios de reducción de emisiones GEI para el sector USCUS y agropecuario.

En el sector USCUS una de las principales medidas de mitigación planteada es la de reducción de la deforestación hasta alcanzar una tasa cero a nivel nacional para el año 2030. Esta medida representa la disminución constante de la cantidad de hectáreas forestales que se pierden de forma anual y que reflejará también la disminución de las emisiones de GEI. En promedio si se toma en cuenta la línea base establecida con datos de la plataforma GFC, se debe contemplar una reducción de 5 ha por año en la deforestación de la cuenca la Antigua, de esta manera al año 2030 se puede alcanzar la tasa de deforestación cero y dejar de emitir en promedio 2.8 Gg d CO<sub>2</sub>e del periodo del 2018 al 2030.

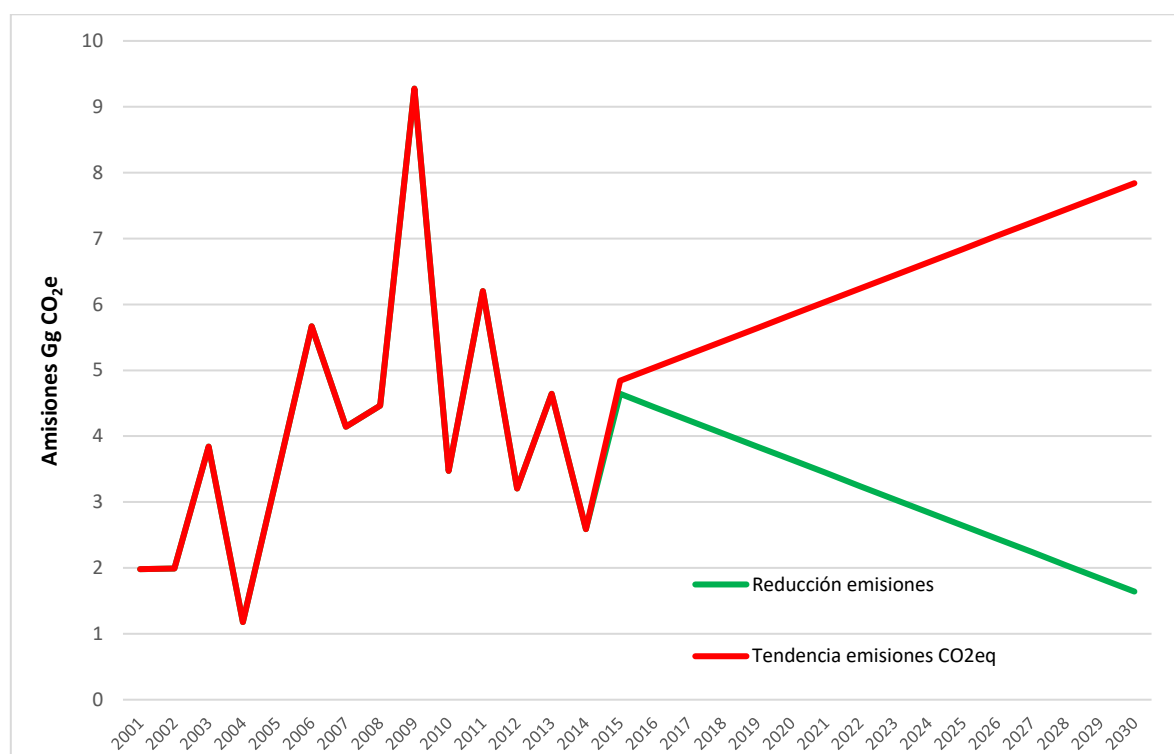


Figura 10. Potencial de mitigación de la medida “Tasa deforestación cero”, Cuenca la Antigua.

Cabe mencionar que para esta actividad solo se están modelando las emisiones derivadas de la deforestación, las cuales serán las toneladas de CO<sub>2</sub>e que dejarían de emitirse, sin embargo, aquellas zonas forestales que se mantienen y que cada año presentan crecimiento serán una fuente de sumidero que también ayudará a mitigar las emisiones de GEI pero que en este ejercicio no se han considerado. Adicionalmente dentro de las metas del Programa Nacional

Forestal se establece un aumento en la producción maderable de los bosques y selvas y a través del establecimiento de plantaciones forestales comerciales lo que funcionaría como otro sumidero adicional que ayudaría a mitigar las emisiones GEI.

Para los sectores agropecuario y generación de energía, una medida que se plantea en los INDC's es la instalación y operación de biodigestores para las excretas de ganado estabulado, en la cual se proyecta que para el año 2030 el 50% del ganado bovino lechero se ubicará en unidades de producción tecnificada. Esta medida está enfocada principalmente para la generación de energía eléctrica a partir del biogás y que contribuirá a la reducción de emisiones del sector energético.

Sin embargo, un producto adicional que puede obtenerse de la infraestructura para el tratamiento de excretas animales son los abonos orgánicos con una importante cantidad de nutrientes y que pueden sustituir a los fertilizantes sintéticos y por ende la reducción de las emisiones por su uso en los terrenos agrícolas. En el caso de la cuenca La Antigua y de acuerdo a los datos de consumo de fertilizantes en los municipios que la conforman, a partir de 2005 y hasta 2015, se requirieron en promedio 4590 toneladas de N. En un escenario hipotético en donde todas las excretas derivadas de los animales disponibles en la cuenca fueran tratadas para poder usarse como abono orgánico, las necesidades de N serían cubiertas a partir del segundo año de su uso (2014, considerando como año base 2013 y de acuerdo a la disponibilidad y liberación de nutrientes del abono orgánico aplicado a los suelos del cuadro 29), en este caso las emisiones derivadas de fertilizantes sintéticos se reducirían totalmente con hasta 37 Gg de CO<sub>2e</sub> al año 2030. Si bien es una medida que puede tener buenos efectos en la mitigación, se debe considerar el porcentaje de excretas animales que en términos realistas pueden gestionarse, ya que muchas veces es difícil contar con la infraestructura y transporte para la gestión adecuadas de los residuos, además debe considerarse las emisiones de GEI derivadas de la aplicación de estiércol a los suelos y que en el presente trabajo no se ha contabilizado.

**Cuadro 29. Porcentaje de N disponible en el estiércol del ganado, una vez que ha sido aplicado al suelo**

Disponibilidad (%)				
Tipo de estiércol	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
<b>Gallinaza</b>	0.9	0.1	0.05	-
<b>Porqueraza</b>	0.65	0.3	0.1	-
<b>Caprino</b>	0.32	0.18	0.1	0.05
<b>Ovino</b>	0.32	0.18	0.1	0.05
<b>Bovino</b>	0.35	0.15	0.1	0.05

En un segundo escenario planteado, en donde se trata solo el 50% de las excretas disponibles de todos los tipos de ganado en la cuenca (instalación de biodigestores), al año 2030 podrían

reducirse hasta en un 50% las emisiones de GEI derivadas lo que representa aproximadamente 18 Gg de CO<sub>2</sub>e.

En un tercer escenario más realistas donde solo se trata el 50% de las excretas disponibles en la cuenca de ganado bovino y porcino, la reducción de emisiones GEI debido a la sustitución de fertilizantes sintéticos rondaría alrededor del 23% para el año 2030, es decir en promedio se pueden reducir hasta 9 Gg de CO<sub>2</sub>e.

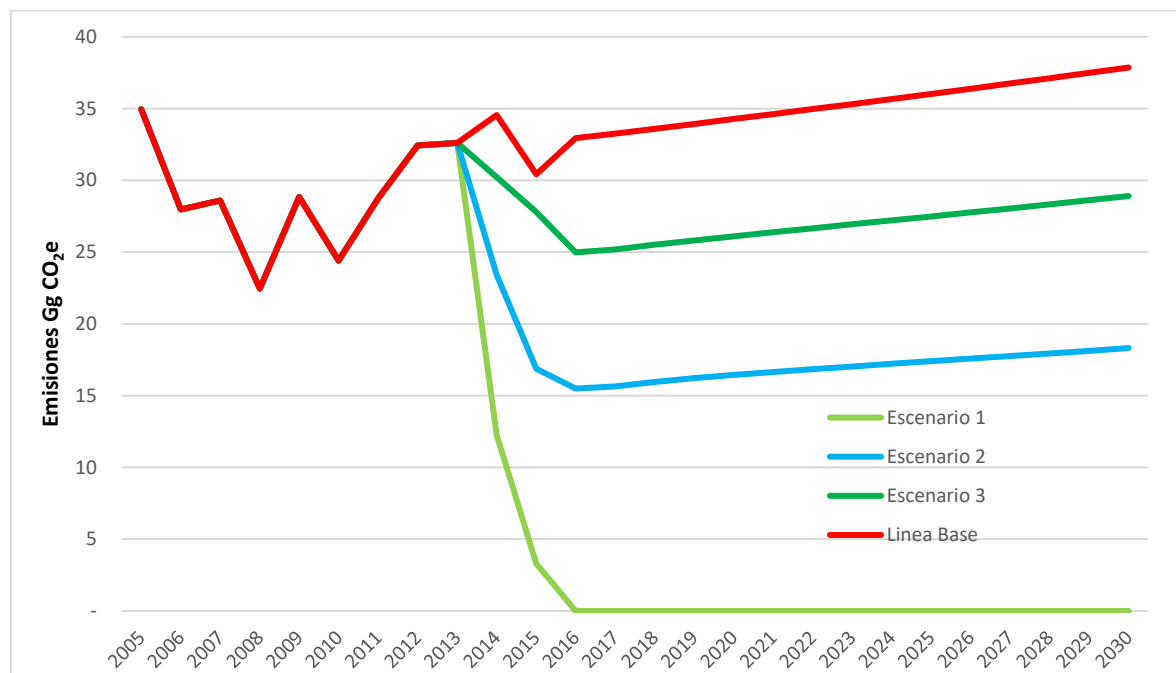


Figura 11. Escenarios de potencial de mitigación a través de la sustitución de fertilizantes sintéticos por abonos orgánicos derivados del tratamiento de excretas animales en la cuenca la Antigua.

Adicionalmente a la medida antes propuesta, se ha considerado la sustitución del uso de fertilizantes sintéticos por biofertilizantes hacia el año 2030, de acuerdo a las metas planteadas a nivel nacional se considera que los biofertilizantes sustituirán en un 28% el uso de los fertilizantes sintéticos, tomando como referencia este valor en la cuenca la Antigua, para el 2030, dejarían de emitirse hasta 10.6 Gg de CO<sub>2</sub>e y que sumado al promedio del 23% por sustitución de fertilizantes por abonos orgánicos se podrían combinar en una reducción de hasta el 50%.

La reducción de emisiones al 100% concerniente a la quema de residuos agrícolas necesita de la inversión en asesoría técnica para así evitarse por completo esta práctica común en las áreas de cultivo, tomando estas aseveraciones en cualquier año del periodo 2018-2030, podrían evitarse las emisiones de 2.8 Gg de CO<sub>2</sub>e en la cuenca.

Con respecto a las acciones de mitigación condicionadas, se plantea la implementación de la agricultura de conservación en aquellos terrenos agrícolas donde se cultiva maíz y trigo, en la cuenca La Antigua existen en promedio 31,900 ha con el cultivo principalmente de maíz y

considerando que los cálculos de abatimiento reportados con esta medida, se incrementa el carbono en el suelo en aproximadamente 0.2 ton/ha/año, por lo que se puede estimar en 23.4 Gg de CO<sub>2</sub>e la mitigación con esta medida si pudiera implementarse en el total de la superficie cultivada con maíz y trigo.

## 6.4 Escenarios y potencial de mitigación en la Cuenca San Pedro para los sectores USCUS y agropecuario

En el caso del sector USCUS de la cuenca San Pedro también se plantea la meta de alcanzar una tasa cero de deforestación en el año 2030, tomando en consideración la línea base calculada a través de los datos de la plataforma GFC necesitaría la disminución de la deforestación en aproximadamente 10-15 ha lo que representaría reducir las emisiones asociadas en 37.18 Gg de CO<sub>2</sub>e.

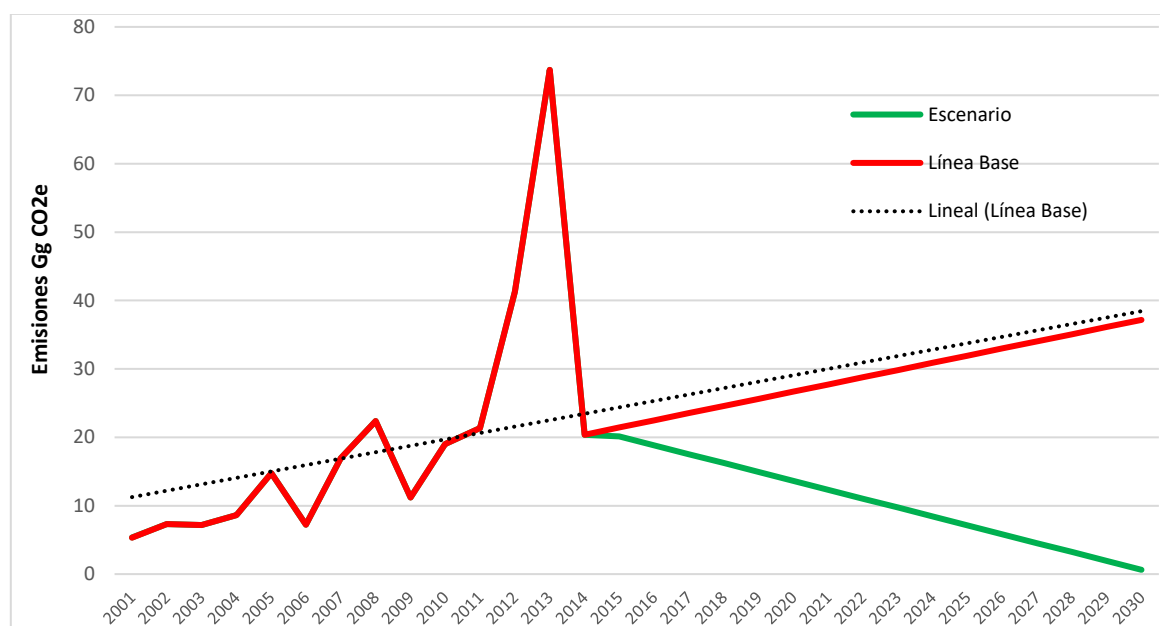
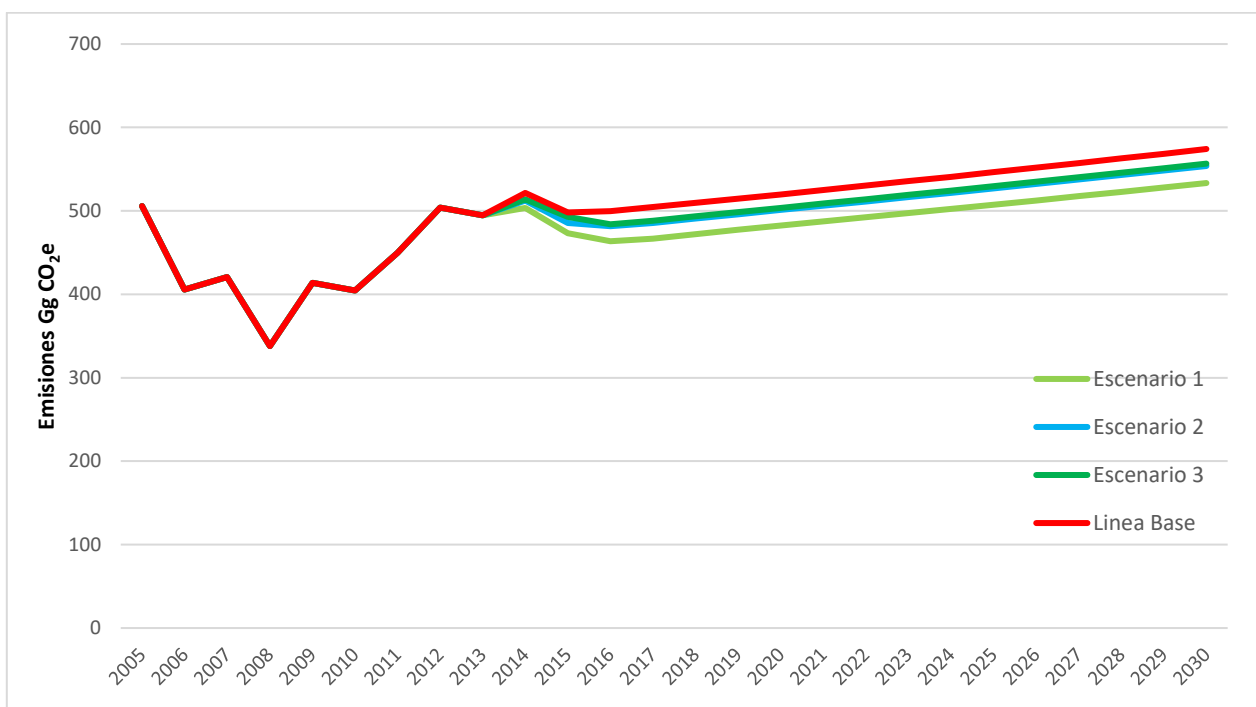


Figura 12. Potencial de mitigación de la medida “Tasa deforestación cero”, Cuenca San Pedro.

Al igual que en el caso anterior solo se están modelando las emisiones derivadas de la deforestación que equivalen a las toneladas de CO<sub>2</sub>e que dejarían de emitirse, y será necesario analizar las áreas forestales que se mantienen sin cambio durante el periodo contemplado ya que representan sumideros de CO<sub>2</sub> y por lo tanto también ayudan en la mitigación.

En el sector agropecuario se toma de referencia la medida de mitigación para el sector generación de energía sobre la “instalación y operación de biodigestores para las excretas de ganado

estabulado”, al igual que en la cuenca la Antigua, se contribuye con la reducción de emisiones en este sector y adicionalmente el estiércol tratado puede ser utilizado como abono orgánico para la sustitución de fertilizantes sintéticos. Considerando los tres escenarios, con los supuestos tomados inicialmente, es decir, el escenario 1 donde toda la excreta de todos los tipos de ganado es tratada, el escenario 2, donde solo se trata el 50% de las excretas de todos los tipos de ganado y el escenario 3 donde solo se trata el 50% de las excretas del ganado bovino y porcino, la potencial reducción de emisiones varía apenas desde el 7% (40 Gg CO<sub>2</sub>e) en el escenario 1, 3.50% (20 Gg CO<sub>2</sub>e) en el escenario 2 y 3.06% (15 Gg CO<sub>2</sub>e) en el escenario 3 respectivamente hacia el 2030. Los porcentajes bajos en el potencial de reducción de emisiones por el manejo de excretas para la sustitución de fertilizantes sintéticos se deben principalmente al alto consumo de estos en la cuenca y la menor presencia de ganado que produce estiércol con respecto a la cuenca La Antigua.



**Figura 13. Escenarios de potencial de mitigación a través de la sustitución de fertilizantes sintéticos por abonos orgánicos derivados del tratamiento de excretas animales en la cuenca San Pedro.**

La medida de mitigación de sustitución de fertilizantes sintéticos por biofertilizantes en un 28% para el 2030, puede reducir hasta en 160 Gg de emisiones de CO<sub>2</sub>e.

En cuanto al 100% de reducción de emisiones derivadas de la combustión de residuos agrícolas para el 2030, mitigaría en promedio 6.5 Gg de CO<sub>2</sub>e en la cuenca San Pedro.

Con medidas de mitigación condicionadas como lo es la implementación de agricultura de conservación en las áreas cultivadas con maíz y trigo, en la cuenca San Pedro se tienen contabilizadas en promedio 116,000 ha, que considerando un incremento en los suelos de 0.2

tonC/ha/año representaría una mitigación de 85.07 Gg de CO<sub>2</sub>e si se logrará implementar dicha medida en toda la superficie.

## 6.5 Análisis de Sinergias y Co-beneficios entre medidas de mitigación y adaptación de las Cuencas La Antigua y San Pedro

Para hacer frente a los efectos del cambio climático presentes en la actualidad o en un futuro cercano y además frenar el calentamiento global, es necesario contar con una adecuada planeación para la optimización de esfuerzos en la implementación de medidas de adaptación y mediante la puesta en marcha de medidas de mitigación para reducir las emisiones de GEI a la atmosfera.

En cuanto a la relación entre medidas de mitigación y adaptación, existen tres formas en que pueden ser conceptualizadas. La primera está basada en acciones sin ningún fin climático, pero que al implementarlas pueden producir beneficios de adaptación y/o mitigación. El segundo concepto se basa en acciones encaminadas con un fin climático único de adaptación o mitigación y que de forma fortuita puede generar co-beneficios hacia la mitigación o a la adaptación, lo que también puede ser considerado como una complementariedad. La complementariedad se puede distinguir cuando una acción se desarrollan con el propósito específico de reducir emisiones o reducir la vulnerabilidad al cambio climático y generan un beneficio no programado sobre otra respuesta (una acción de mitigación beneficia a la adaptación y viceversa), es decir se desarrollan las acciones de forma individual y no de manera integral, sistemática o planificada (Duguma *et al.* 2014). Finalmente el tercer concepto de actividades se desarrollan para promover la adaptación y la mitigación de forma conjunta, es decir crean una sinergia para lograr metas de mitigación y adaptación (Locatelli, *et al.* 2015; Vallejo, *et al.* 2016).

Un enfoque de relación entre medidas de mitigación y adaptación a nivel de complementariedad solamente, puede ser desventajoso y poco efectivo, debido a que se ven implicadas disyuntivas, es decir será difícil lograr beneficios óptimo en mitigación y adaptación y muchos de los beneficios son de forma inesperada por lo que pueden presentarse de forma negativa (Locatelli *et al.* 2015; Vallejo, *et al.* 2016). La complementariedad puede ser poco rentable e institucionalmente deficiente ya que establecer medidas de adaptación y mitigación por separado puede aumentar el costo del cambio climático (Duguma *et al.* 2014; Kane and Yohe 2000; Vallejo, *et al.* 2016). Finalmente la búsqueda de recursos para implementar acciones en mitigación y adaptación por separado se convierte en una forma de competencia que obliga a los países a priorizar entre ambas medidas y, con frecuencia, se privilegia la adaptación sobre la mitigación en los países en desarrollo (Tol 2005; Duguma *et al.* 2014; Vallejo, *et al.* 2016).

Una sinergia es un enfoque sistémico, explícito, simultaneo e integrado entre las medidas de adaptación y mitigación, definida como las interrelaciones entre la adaptación y la mitigación del



cambio climático, reflejadas en decisiones y acciones planificadas y sujetas a monitoreo y evaluación. Estas decisiones y acciones son diseñadas e implementadas en varias escalas y buscan generar y maximizar beneficios de mitigación y adaptación, por una parte, y minimizar potenciales disyuntivas entre ellas para promover el desarrollo sostenible por la otra (Willbanks *et al.* 2007; Vallejo, *et al.* 2016).

De acuerdo al enfoque planteado arriba y de acuerdo a la revisión de las medidas de mitigación presentadas anteriormente, en el cuadro 29, se presenta una matriz de co-beneficios y posibles sinergias entre las medidas de mitigación y adaptación que hasta el momento se han considerado de forma independiente, pero que en una futura planificación pueden ser integradas de forma sinérgica para poder obtener beneficios óptimos de su aplicación:

**Cuadro 30. Medidas de mitigación y potenciales sinergias con medidas de adaptación co-beneficios**

Medida de mitigación	Sinergia con medida de adaptación	Sinergias
<b>Alcanzar una tasa de deforestación cero para el 2030</b>	Fortalecer la resiliencia en el 50% de los municipios más vulnerables del país	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El principal beneficio de la medida de mitigación será el de reducir las emisiones GEI derivadas de la deforestación a cero prácticamente para el año 2030 y que puede generar sinergias con las medidas de adaptación planteadas en los PEACC e INDC's;</li> <li>- La disminución de la tasa de deforestación y el mantenimiento de la superficie forestal en todo el territorio nacional, podrá mejorar la fragilidad de los ecosistemas y e incrementa su recuperación ante los siniestros.</li> <li>- No solamente el establecimiento de zonas de conservación podrá apoyar esta meta, sino también el manejo comunitario y sustentable de los bosques a través de la certificación.</li> <li>- El mantenimiento de la cobertura forestal podrá mejorar la provisión de servicios ecosistémicos como la captación de agua, amortiguamiento de la temperatura, regulación de clima, provisión de nicho de otras especies incluyendo fauna, control de la erosión de suelo, entre otros.</li> </ul>
	Recuperación de la capacidad de recarga de acuíferos y garantizar la disponibilidad de agua	
	Mantenimiento de la biodiversidad	
	Mejorar el uso del agua y su disponibilidad además de controlar la erosión del suelo.	
	Disminuir la pérdida de la masa forestal y contribuir a la conservación de los bosques y ecosistemas en el estado.	
<b>Manejo forestal sustentable e incremento de la productividad forestal de los bosques y selvas y en terrenos con potencial para plantaciones forestales comerciales</b>	Fortalecer la resiliencia en el 50% de los municipios más vulnerables del país	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Disminución de emisiones GEI también es uno de los principales beneficios de esta medida, además del desarrollo sostenido de las personas que viven en las zonas forestales.</li> <li>-Las metas de mitigación deben ser diseñadas a través de planes a largo plazo, mediante actividades inmediatas de mitigación. En este sentido, es necesario realizar un plan de manejo integral y una zonificación, para que se potencializa la producción y se desarrollen actividades de acuerdo a las características del terreno. Este instrumento de planeación permite orientar las actividades de adaptación en el territorio. Esto permitirá mejorar las condiciones del bosque y mejorar la resiliencia, mejorar la provisión de servicios ambientales y la productividad de los bosques.</li> </ul>
	Recuperación de la capacidad de recarga de acuíferos y garantizar la disponibilidad de agua	
	Mantenimiento de la biodiversidad	
	Mejorar el uso del agua y su disponibilidad además de controlar la erosión del suelo.	
	Disminuir la pérdida de la masa forestal y contribuir a la conservación de los bosques y ecosistemas en el estado.	
<b>Restauración de áreas forestales degradadas en ANP</b>	Fortalecer la resiliencia en el 50% de los municipios más vulnerables del país	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Las áreas degradadas del territorio son las más vulnerables a los efectos del cambio climático. Las estrategias de adaptación promueven actividades inmediatas de restauración de la cobertura forestal, mediante la reforestación, restauración, obras de conservación de suelos y obras de captación de agua en terrenos degradados, de tal forma que se recupere la actividad productiva de los terrenos y podamos integrar a las familias a nuevas actividades productivas. Esto es posible con la generación de instrumentos de manejo como planes integrales de manejo local, regional y estatal.</li> </ul>
	Mejorar el uso del agua y su disponibilidad además de controlar la erosión del suelo.	
	Disminuir la pérdida de la masa forestal y contribuir a la conservación de los bosques y ecosistemas en el estado.	
	Consolidación del PEACC	

<b>Instalación y operación de biodigestores para las excretas del ganado estabulado</b>	Impulsar la adquisición, adecuación e innovación tecnológica de apoyo a la adaptación en aspectos como la protección de infraestructura, agua, transporte y recuperación de suelos.	-Reducción de emisiones GEI y generación de energía eléctrica Uno de los aspectos que emiten gases invernadero a la atmósfera en la producción ganadera, y cuanto esta es intensiva puede tener otros efectos. Es importante mejorar los sistemas de producción ganadero del estado, mediante el establecimiento de granjas ganaderas de manejo efectivo e integral sistemas semiestabulados para aprovechar las épocas de producción de forrajes y la captación de agua para los abrevaderos. De la misma forma se deben adaptar herramientas tecnológicas e investigaciones de vanguardia para optimizar los alimentos, la digestión y la producción, así como el manejo de estiércoles para la producción de abonos orgánicos.
	Mejoramiento de la producción ganadera	
	Consolidación del PEACC	
<b>Pastoreo planificado</b>	Impulsar la adquisición, adecuación e innovación tecnológica de apoyo a la adaptación en aspectos como la protección de infraestructura, agua, transporte y recuperación de suelos.	-La producción ganadera en sistemas extensivos de pastoreo quizás sea una de las más comunes en México, es por ello que se deben orientar los sistemas productivos. La adquisición de tecnología de vanguardia y sistemas productivos más eficientes deben ser primordiales, entre los beneficios que pueden derivar estas actividades podemos mencionar, el mejoramiento de la producción, la eficiencia de la digestión, mediante dietas más eficientes, aprovechamiento de agua de lluvias y recuperación de suelos mediante la disminución de carga animal y obras de conservación de suelos.
	Mejoramiento de la producción ganadera	
	Consolidación del PEACC	
<b>Recuperación de pastizales</b>	Fortalecer la resiliencia en el 50% de los municipios más vulnerables del país	-El historial productivo de los suelos viene disminuyendo al paso del tiempo y que las actividades ganaderas originan en parte esa disminución es necesario proponer actividades que favorezcan y aumenten la productividad de estos. Las actividades propuestas pretenden diseñar nuevas formas de trabajo basadas en tecnología, investigaciones y conocimiento regional para recuperar la producción ganadera sostenible. Las actividades mejoraran la producción de forraje. Pretende usar paquetes tecnológicos que optimicen los insumos como el agua y nutrientes de los suelos, además de promover técnicas para el aseguramiento de la producción
	Mejoramiento de la producción ganadera	
	Cambiar las técnicas de cosecha para conservar la humedad y los nutrientes	
	Generación y divulgación de información climática regional para mejorar la producción agrícola.	
	Consolidación del PEACC	
<b>Disminución de la emisión de metano en el sector ganadero</b>	Mejoramiento de la producción ganadera	-El mecanismo para la disminución de emisiones por metano debe considerar el diseño de dietas alimenticias para cada tipo de ganado sea eficiente en su digestión, además de fomentar la gestión del estiércol para la producción de abonos verdes.
	Impulsar la adquisición, adecuación e innovación tecnológica de apoyo a la adaptación en aspectos como la protección de infraestructura, agua, transporte y recuperación de suelos.	
<b>Gestión de animales</b>	Mejoramiento de la producción ganadera	-El manejo del hato ganadero es importante para mejorar la producción y optimizar los recursos. Es necesario adoptar en los sitios productores nuevos esquemas de manejo que incluyan infraestructura, paquetes tecnológicos locales y optimización de recursos como agua y alimento, es por ello que se debe considerar un buen manejo del hato ganadero para que los productos salgan a tiempo y de mejor calidad, así como evitar pérdidas de insumos por animales poco reproductivos.
	Impulsar la adquisición, adecuación e innovación tecnológica de apoyo a la adaptación en aspectos como la protección de infraestructura, agua, transporte y recuperación de suelos.	
<b>Sustitución en cultivos de fertilizantes sintéticos nitrogenados por bio fertilizantes</b>	Impulsar la adquisición, adecuación e innovación tecnológica de apoyo a la adaptación en aspectos como la protección de infraestructura, agua, transporte y recuperación de suelos.	-Las emisiones de GEI por el uso de fertilizantes nitrogenados es una contribución importante. Sin embargo debemos incorporar actividades de producción agrícola y forrajes con el uso de productos orgánicos que contribuyan en menor cantidad a estas emisiones. Es importante generar capacidades de la población para mejorar la producción local incorporando estas actividades. Esto puede contribuir al mejoramiento de la producción y preservación del potencial productivo de los suelos.
	Mejoramiento de la producción ganadera	
	Generación y divulgación de información climática regional para mejorar la producción agrícola.	
	Consolidación del PEACC	
<b>Disminución de quema de residuos de cosechas en campo en superficies agrícolas</b>	Mejorar el uso del agua y su disponibilidad además de controlar la erosión del suelo.	-La quema de residuos agrícolas es una práctica vieja que se lleva a cabo en México, es necesario realizar campañas exhaustivas de concientización para evitar este tipo de actividades. Una de las actividades que coadyuvan a la disminución es la incorporación de sistemas productivos de agricultura de conservación y labranza cero, cuyo principal objetivo es incorporar los residuos de vegetales al suelo y en consecuencia mantener humedad en este y cubrir el suelo para evitar erosión.
	Cambiar las técnicas de cosecha para conservar la humedad y los nutrientes	
	Generación y divulgación de información climática regional para mejorar la producción agrícola.	

<b>Agricultura de Conservación y labranza cero</b>	Impulsar la adquisición, adecuación e innovación tecnológica de apoyo a la adaptación en aspectos como la protección de infraestructura, agua, transporte y recuperación de suelos.	-La agricultura de conservación y labranza cero tienen como principal objetivo disminuir la remoción del suelo de cultivo e incorporar material orgánico a los suelos, Es imperante la necesidad de crear capacitación sobre estos temas y promover el entendimiento de los mismos con la finalidad de apropiarse localmente. Estos sistemas buscan también disminuir el uso de agroquímicos en todo el proceso de producción.
	Mejorar el uso del agua y su disponibilidad además de controlar la erosión del suelo.	
	Cambiar las técnicas de cosecha para conservar la humedad y los nutrientes	
<b>Tecnificación sustentable del campo</b>	Impulsar la adquisición, adecuación e innovación tecnológica de apoyo a la adaptación en aspectos como la protección de infraestructura, agua, transporte y recuperación de suelos.	-La adecuación de los ciclos agrícolas a los temporales debe ser una práctica primordial para optimizar el agua y no usar riego, de igual forma es necesario buscar especies productivas y variedades mejor adaptadas. El aprovechamiento de la humedad del suelo también es importante por lo que debemos buscar incrementar prácticas agrícolas para mantener la humedad en la zona radicular de cada planta, y promover sistemas de riego por goteo.
	Cambiar las técnicas de cosecha para conservar la humedad y los nutrientes	
	Generación y divulgación de información climática regional para mejorar la producción agrícola.	
<b>Agricultura mejorada para la fijación de carbono</b>	Impulsar la adquisición, adecuación e innovación tecnológica de apoyo a la adaptación en aspectos como la protección de infraestructura, agua, transporte y recuperación de suelos.	-Las prácticas agrícolas más comunes de adaptación al cambio climático son las que se dirigen a optimizar el uso de los recursos y nutrientes, como la agricultura de conservación la cual se basa en la reducción de labranza, mediante la cobertura del suelo con los residuos del cultivo. Estas prácticas mejoran la agregación del suelo, aumenta la infiltración y reduce la escorrentía, por lo que se conserva más humedad, hay mayor disponibilidad de agua para los cultivos y reduce la erosión del suelo.
	Cambiar las técnicas de cosecha para conservar la humedad y los nutrientes	
	Generación y divulgación de información climática regional para mejorar la producción agrícola.	

Como se menciona arriba las medidas de mitigación y adaptación deben ser propuestas y planeadas de forma conjunta para establecer las sinergias que ayuden a disminuir los costos en su implementación y que además su impacto sea mayor debido a su efecto combinado. Adicionalmente deben considerarse los análisis de costos relacionados con las medidas para tener una mejor planeación e implementación de las mismas. Sera importante también contar con las herramientas necesarias para la toma de decisiones, como por ejemplo Sistemas de Alerta Temprana o herramientas que ayuden a monitorear y evaluar los impactos positivos o negativos de las medidas de mitigación/adaptación tomadas, como por ejemplo los sistemas MRV (Vallejo, *et al.*, 2016).

## 7. Bibliografía

- Cairns, M., I. Olmsted, J. Granados y J. Argaez. 2003. Composition and aboveground tree biomass of a dry semi-evergreen forest on Mexico's Yucatan Peninsula. *Forest Ecology and Management* 186:125-132.
- CONAFOR. 2012. Inventario Nacional Forestal y de Suelos: Informe de Resultados. CONAFOR-SEMARNAT. Zapopan, Jalisco, México. 173 p.
- Cruz-Medrano, S. 1986. *Abonos Orgánicos*. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 129 p.
- Duguma, L., P. Minang and M. Noordwijk. 2014. Climate change mitigation and adaptation in the land use sector: from complementarity to synergy. *Environmental Management* 54(3): 420-432.
- FAO. 2015. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo, Roma.
- FAO. 2017. Módulo de adaptación y mitigación al cambio climático. <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/climate-change-adaptation-and-mitigation/basic-knowledge/es/>
- García, E. & CONABIO. 1998. Mapa de Climas de la República Mexicana escala 1:1 000 000. México.
- García, E. & CONABIO. 1998a. Mapa de precipitación anual total para la República Mexicana escala 1:1 000 000. México.
- García, E. & CONABIO. 1998b. Mapa de temperatura media anual para la República Mexicana escala 1:1 000 000. México.
- Grupo de Trabajo II-IPCC. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. Van Der Linden and C.E. Hanson (eds). 2007. Informe del Grupo de Trabajo II - Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. R. G. Townshend. 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change." *Science* 342 (15 November): 850–53. Data available on-line from: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>.
- IIASA/FAO. 2012. Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v3.0), IIASA, Laxenburg, Austria, and FAO, Rome. Disponible en <http://www.fao.org/nr/gaez>
- INEGI. 1993. Conjunto Nacional de Uso Actual de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1: 250 000, Serie IV. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

- INEGI. 2002. Conjunto Nacional de Uso Actual de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1: 250 000, Serie III. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 2007. Conjunto Nacional de Uso Actual de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1: 250 000, Serie IV. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 2009. Guía para la interpretación de cartografía uso de suelo y vegetación escala 1:250 000 Serie III. México. 77 p.
- INEGI. 2011. Conjunto Nacional de Uso Actual de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1: 250 000, Serie V. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 2013. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación Serie V: escala 1:250 000. Distrito Federal, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI 2015. Censo Nacional de Población y vivienda 2015. México.
- INEGI. 2016. Marco Geoestadístico Nacional. México.
- IPCC. 1996. Climate Change 1995 - The Science of Climate Change: Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- IPCC. 2003. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Editado por Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraiishi, Thelma Krug, Dina Kruger, RiittaPipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe y Fabian Wagner. Publicado por IGES para el IPCC.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2015. Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. INECC/Semarnat, México.
- Kane, S. and G. Yohe. 2000. Societal adaptation to climate variability and change: an introduction. *Climatic Change* 45: 1–4.
- Locatelli, B, G. Fedele, V. Fayolle, and A. Baglee. 2015. Synergies between adaptation and mitigation in climate change fnance. *International Journal of Climate Change* 8(1): 112-128.
- QGIS, Ver. 2.14. Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto.
- Sotelo, E., A. Garrido, K. Ruíz y M. L. Cuevas. 2010. Asignación de municipios a las cuencas hidrográficas de México. En: Helena Cotler Ávalos. 2010. Las Cuencas Hidrográficas de México: Diagnóstico y Priorización. INE-SEMARNAT-Fundación Gonzalo Río Arronte. 231 p.

SRE. 2014. Ley General de Cambio Climático. <http://embamex.sre.gob.mx/iran/images/PDF/resumengeneralcambioclimatico.pdf>

Tol, RSJ. 2005. Adaptation and mitigation: tradeoffs in substance and methods. *Environment Science & Policy* 8: 572–578.

Trinidad-Santos, A. SAGARPA, COLPOS-Instituto de Recursos Naturales (IRENAT). “Ficha Técnica 7: Utilización de estiércoles” [en línea] México. <<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Utilizaci%F3n%20de%20esti%20E9rcoles.pdf>> [Consulta: junio de 2017]

Vallejo, C., M. Chacón y M. Cifuentes. 2016. Sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático (SAM) en los sectores agrícola y forestal, Concepto y propuesta de acción. CATIE. Serie técnica: Boletín técnico no. 79. 43 p.

Victoria-Hernández, A., Niño-Alcocer, M., Rodríguez-Ávalos J. A. y J. A. Argumedo-Espinoza. 2011. Generación de Información de Uso del Suelo y Vegetación y Convenios a escala 1:50 000. INEGI, Aguascalientes, México. Pp. 14.

Willbanks, T., P. Leiby, R. Perlack, T. Ensminger and S. Wright. 2007. Toward an integrated analysis of mitigation and adaptation: some preliminary findings. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 713–725.



Plataforma de colaboración sobre  
**CAMBIO CLIMÁTICO  
Y CRECIMIENTO VERDE**  
entre Canadá y México

Este documento fue desarrollado en el marco de la Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México, todos los derechos reservados

Derechos reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CDMX C.P. 11000

[www.mx.undp.org](http://www.mx.undp.org)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Bldv. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CDMX CP. 14210

[www.gob.mx/inecc](http://www.gob.mx/inecc)



Environment  
Canada

Environnement  
Canada

**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



**INECC**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA  
Y CAMBIO CLIMÁTICO



Al servicio  
de las personas  
y las naciones