

# Sector de silvicultura y otros usos de suelo

Actualizado en abril, 2020

*Nota sobre las actualizaciones a la línea de base: A partir de los comentarios recibidos durante el taller realizado en noviembre de 2019, se actualizaron los datos utilizados para estimar los cambios de uso de suelo. También, se actualizaron los factores para estimar las remociones de conversiones de áreas no forestales a áreas forestales. Sin embargo, es importante mencionar que existen datos actualizados que no fueron utilizados, por ejemplo factores de emisión de deforestación, como reportados en el nuevo Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de México sometido a la CNMUCC en enero 2020. Por la falta de tiempo, no se incorporaron estos nuevos factores, ya que se considera que van a tener un impacto mínimo en las emisiones totales de la economía de Querétaro.*

## Introducción

---

Este sector de silvicultura y otros usos de suelo (FOLU por sus siglas en inglés incluye emisiones y remociones de gases de efectos invernadero (GEI) de diferentes cambios de uso de suelo que ocurren en Querétaro. También incluye emisiones de GEI no-CO2 de incendios forestales y pastizales.

Se usaron las siguientes clasificaciones de cambios de uso de suelo:

- Deforestación (tierras forestales convertidas en tierras agrícolas, pastizales, asentamientos humanos, infraestructura industrial, y zonas sin vegetación aparente);
- Degradación forestal (tierras forestales convertidas en tierras forestales perturbadas);
- Recuperación forestal (tierras forestales perturbadas convertidas en tierras forestales primarias y matorrales convertidos en tierras forestales);
- Forestación/reforestación (tierras no forestales convertidas en tierras forestales);
- Otros cambios de uso de suelo incluyendo
  - Tierras de cultivo convertidas en asentamientos humanos e infraestructura industrial;
  - Pastizales convertidos en asentamientos humanos, infraestructura industrial, y zonas sin vegetación aparente;
  - Cuerpos de agua convertidos en tierras de cultivo.

Se excluyeron del análisis las clases de cambio de uso del suelo con tasas de conversión menos de 10 hectáreas por año dado su baja representatividad. Las conversiones entre tierras de cultivo anuales,

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER

THE CLIMATE GROUP

PARTNERS

GCF  
task force



tierras de cultivo permanentes y semipermanentes y pastizales se incluyen en la línea base del sector agropecuario.

Si bien se proporcionaron datos sobre el volumen histórico de extracción de madera en el estado, estos datos no se utilizaron en este análisis de línea de base para evitar el doble conteo, ya que las mismas emisiones se contabilizan en las categorías de degradación forestal y deforestación. Para los incendios forestales, solo se contabilizan las emisiones que no son de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), puesto que las emisiones de CO<sub>2</sub> ya se contabilizan en las categorías de degradación forestal y deforestación.

## Datos de Actividad

---

### Cambios de uso de suelo

El cambio en el área de uso de la tierra se estimó utilizando los datos espaciales de resolución 100x100 metros de uso de suelo histórico como parte del estudio de la actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado (POEREQ) realizado por la Subsecretaría del Medio Ambiente de la SEDESU<sup>1</sup>. Para estimar los usos de suelo en el futuro (2040), se usaron los datos del escenario tendencial que, según el informe del POEREQ<sup>2</sup>, “considera las tasas de cambio calculadas a partir del análisis histórico de las variables y las tendencias de la problemática ambiental.” Las áreas totales en hectáreas para los diferentes usos generales del suelo en los mapas de 2004, 2014, y 2040 se pueden encontrar en la Figura 1.

---

<sup>1</sup> Datos espaciales proporcionados por SEDESU.

<sup>2</sup> La SEDESU proporcionó el informe del POEREQ.

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER

THE CLIMATE GROUP

PARTNERS

GCF  
task force



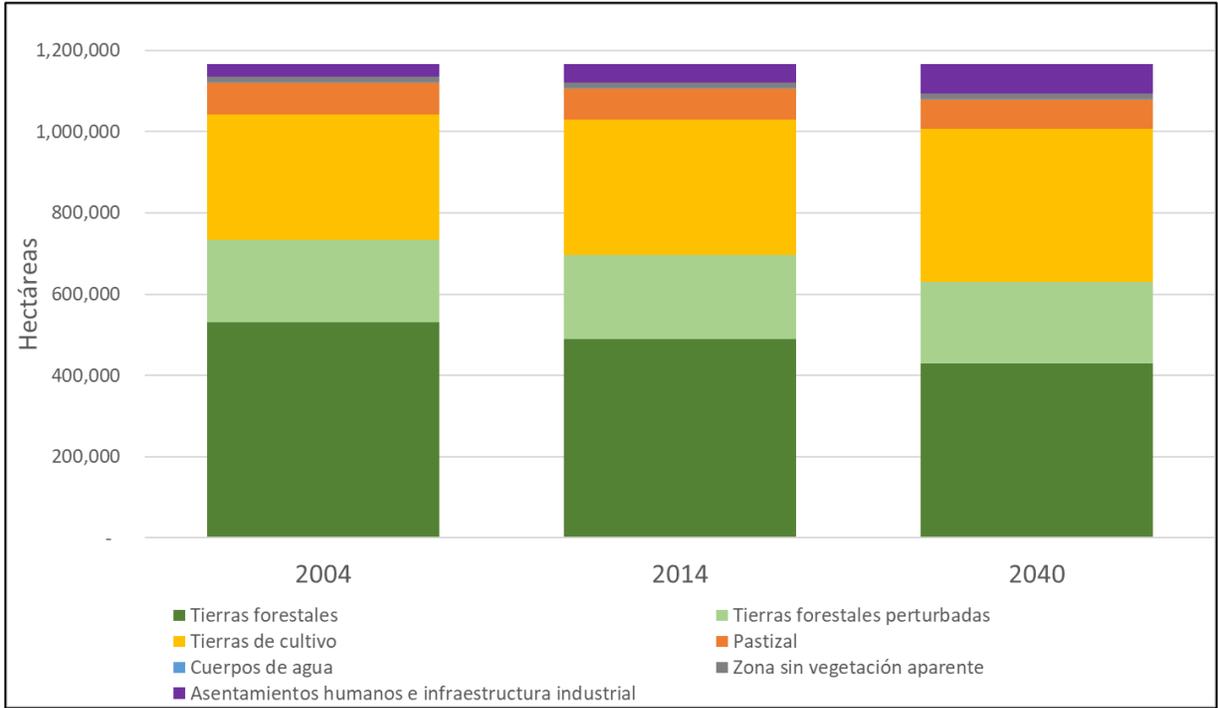


Figura 1. Área total de diferentes usos del suelo en Querétaro en 2011 y 2014 según los mapas de uso de suelo y vegetación del INEGI serie V y VI

Los valores de los años de 2000 a 2004 fueron estimados en retrospectiva utilizando las tasas anuales promedio de cambio de uso de la tierra entre 2004 y 2014. De igual manera, las tasas anuales promedio de cambio de uso de suelo de 2014 a 2040 se aplicaron para estimar las tasas de cambio de 2041 a 2050.

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER



PARTNERS



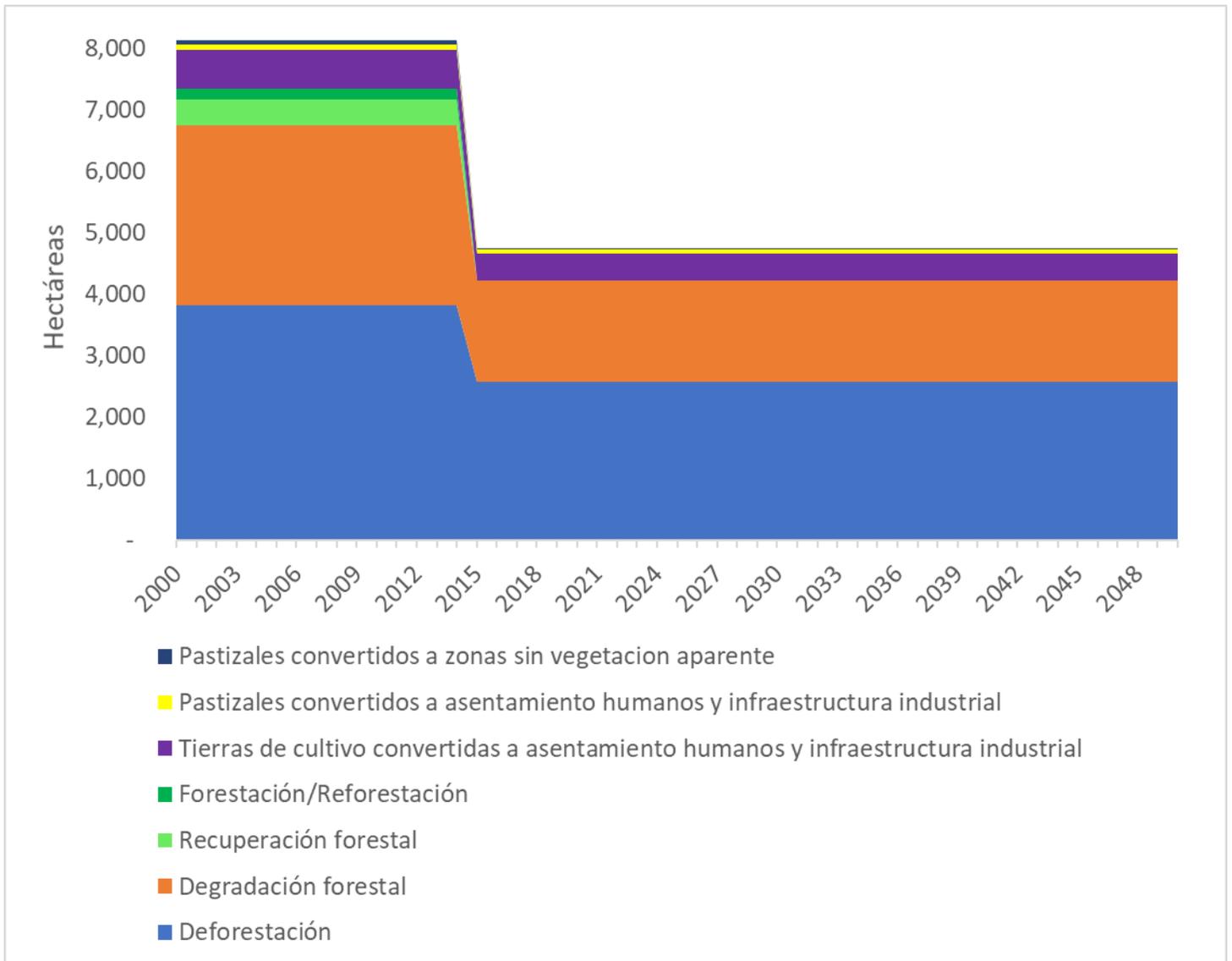


Figura 2. Tasas anuales históricas y pronosticadas de cambio de uso de suelo en Querétaro

## Incendios forestales y pastizales

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER

THE CLIMATE GROUP

PARTNERS



Los datos sobre el área total de incendios forestales eran disponibles desde 2000-2002 y desde 2004-2017 para las siguientes categorías: arbolado adulto, arbolado renuevo, matorral y/o arbustivo, y pastizal y herbáceo. Para los años 2000-2002 y 2004, los datos provenían de los Anuarios Estadísticos de Querétaro publicados por el INEGI. Para los años 2005 a 2016, los datos provenían de los Anuarios Estadísticos del Sector Rural publicados por SEDEA. Y para 2017, los datos provenían de las Estadísticas del Programa Nacional de Reforestación publicado por CONAFOR.

Para el año 2003, los datos de actividad se interpolaron promediando los datos de 2000-2002 y 2004-2010. Las tasas anuales promedio del período 2000-2002 y 2004-2017 se utilizaron para pronosticar el área de incendios forestales hasta 2050. Cabe mencionar que esta proyección no incluye cambios potenciales en la frecuencia y área afectada de incendios debido al cambio climático por la falta de información. Como muestra la Figura 3, la mayoría de los incendios forestales ocurren en matorral y/o arbustivo y en pastizal y herbáceo.

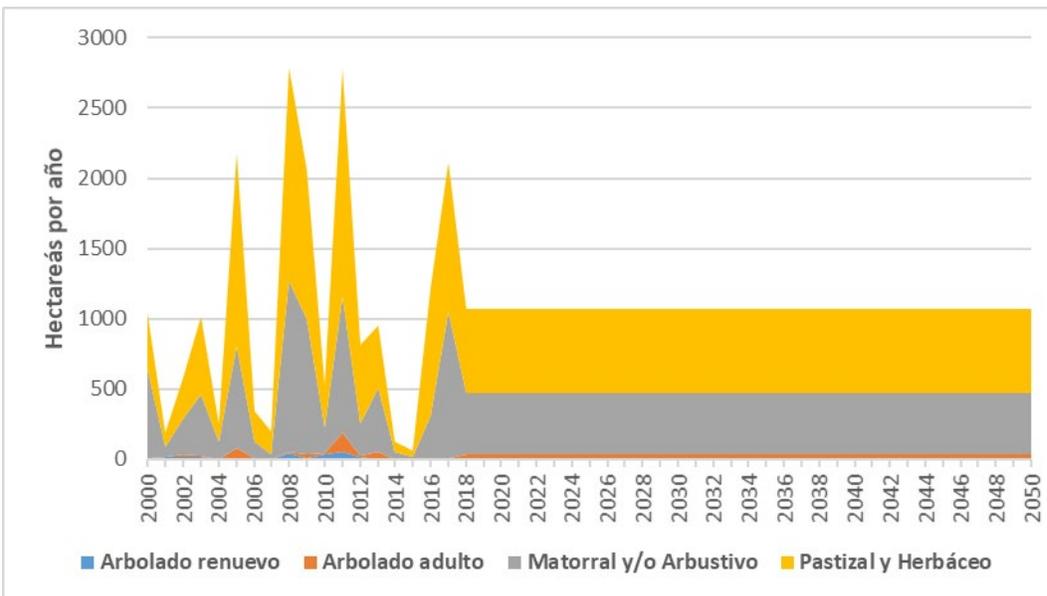


Figura 3. Superficie histórica y pronosticada de incendios forestales en diferentes tipos de uso de suelo.

## Factores de emisión

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER

THE CLIMATE GROUP

PARTNERS



Los factores de emisión para las transiciones de cambio de uso de suelo son la diferencia entre los contenidos de carbono en el cambio final de uso de la tierra sustraído por los contenidos de carbono en el uso inicial de la tierra. Estas reservas se presentan en toneladas de carbono. Se multiplica el valor de contenido de carbono por  $\sim 3.67$  para estimar las toneladas de CO<sub>2</sub>e. Para las categorías de deforestación, degradación forestal, y recuperación forestal, los factores de emisión se basan en los contenidos de carbono de biomasa aérea y subterránea de los diferentes tipos de bosque. Estos contenidos de carbono provienen de la Propuesta del Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales de México presentada a la CMNUCC en 2015<sup>3</sup>. Ya que las clases de tipos de bosques del análisis de usos de suelo del Programa del Ordenamiento Ecológico son diferentes que las clases de este Nivel de Referencia de Emisiones Forestales, se realizó un proceso de alineamiento para identificar los contenidos de carbono para cada tipo de bosque (Tabla 1). Como se indicó en esta propuesta, el carbono orgánico del suelo está excluido del análisis de carbono, ya que se consideró una fuente insignificante de emisiones GEI.

Tabla 1. Contenidos de carbono de biomasa aérea y subterránea de diferentes tipos de bosques<sup>4</sup>

Tipo de bosque	Contenidos de carbono (tonelada métrica C ha <sup>-1</sup> )	Alineamiento con los contenidos de carbono de los tipos de bosques identificado en el Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales de México
Bosque templado	34.0	El promedio de los contenidos de carbono de Bosques de Coníferas Primarios y Bosques de Encino Primarios
Bosque templado perturbado	23.1	El promedio de los contenidos de carbono de Bosques de Coníferas Secundarios y Bosques de Encino Secundarios
Bosque tropical	36.4	El promedio de los contenidos de carbono de Selvas Caducifolia Primarias, Selvas Perennifolias Primarias, y Selvas Subcaducifolias Primarias
Bosque tropical perturbado	20.1	El promedio de los contenidos de carbono de Selvas Caducifolia Secundarias, Selvas Perennifolias Secundarias, y Selvas Subcaducifolias Secundarias

<sup>3</sup> [https://redd.unfccc.int/files/nivel\\_de\\_referencia\\_de\\_las\\_emisiones\\_forestales\\_de\\_mexico.pdf](https://redd.unfccc.int/files/nivel_de_referencia_de_las_emisiones_forestales_de_mexico.pdf)

<sup>4</sup> Modificada del Cuadro 4 en [https://redd.unfccc.int/files/nivel\\_de\\_referencia\\_de\\_las\\_emisiones\\_forestales\\_de\\_mexico.pdf](https://redd.unfccc.int/files/nivel_de_referencia_de_las_emisiones_forestales_de_mexico.pdf)

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER

THE CLIMATE GROUP

PARTNERS



Tipo de bosque	Contenidos de carbono (tonelada métrica C ha <sup>-1</sup> )	Alineamiento con los contenidos de carbono de los tipos de bosques identificado en el Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales de México
Bosque mesófilo de montaña	47.1	El contenido de carbono Bosques Mesófilos de Montaña Primarios
Bosque mesófilo de montaña perturbado	22.8	El contenido de carbono Bosques Mesófilos de Montaña Secundarios
Matorral	5.4	El contenido de carbono de Matorrales Xerófilos Leñosos Primarios
Matorral perturbado	4.0	El contenido de carbono de Matorrales Xerófilos Leñosos Secundarios

Para los contenidos de carbono en tierras de cultivo y pastizales, debido a la falta de datos disponibles a nivel nacional, se utilizaban datos predeterminados de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y, en su caso, de los Refinamientos de 2019 de estas directrices<sup>55</sup>. Estos contenidos sólo son de biomasa viva. Las emisiones de carbono orgánico del suelo de la conversión a tierras agrícolas se contabilizan en el sector agropecuario. Para los asentamientos humanos, infraestructura industrial, cuerpos de agua, y zonas sin vegetación aparente, las reservas de carbono se consideran cero.

Tabla 2. Contenidos de carbono de biomasa no forestal

Uso de suelo	Contenido de carbono (toneladas C ha <sup>-1</sup> )	Fuente
Pastizal	4.1 (originalmente presentado en toneladas)	IPCC 2006 Capítulo 6 Pastizales: Cuadro 6.4. Existencias de biomasa por defecto presentes en los Pastizales, después de la

<sup>55</sup> <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER

THE CLIMATE GROUP

PARTNERS



Uso de suelo	Contenido de carbono (toneladas C ha <sup>-1</sup> )	Fuente
	de biomasa materia seca como 8.7) <sup>6</sup>	conversión de otro uso de la tierra – valor de tropical seco
Agricultura de riego y de temporal	4.7	IPCC 2019 Capítulo Actualizado de Tierras de Cultivo: Cuadro 5.9 Existencias de carbono en biomasa por defecto presentes en tierras convertidas en tierras de cultivo durante el año siguiente a la conversión

Para evaluar los aumentos de los contenidos de carbono en los nuevos bosques como resultado de la forestación/reforestación, se aplicaron los factores de emisión por tipo de vegetación de praderas que se convierten a terrenos forestales<sup>7</sup>, calculados al nivel nacional y proporcionados por CONAFOR, para estimar las tasas anuales de remoción por los primeros 20 años después de la conversión. Después de 20 años, se aplicaban los factores de emisión nacionales de tierras forestales que permanecen como tierras forestales. Igual que en el caso de los contenidos de carbono, se realizó un proceso de alineamiento para identificar el factor de emisión para cada tipo de bosque (Tabla 3) debido a la diferencia entre la clasificación de bosques del análisis de usos de suelo del Programa del Ordenamiento Ecológico y la clasificación usada para identificar los factores de emisión.

Tabla 3. Factor de remoción de forestación/reforestación

<sup>6</sup> Convertido usando la fracción de carbono 0.47

<sup>7</sup> Por la falta de factores de emisión disponibles de otros tipos de vegetación convertidos a terrenos forestales, se aplican estos factores para estimar las remociones de todas las conversiones de tierras no forestales a tierras forestales.

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER

THE CLIMATE GROUP

PARTNERS



Tipo de bosque <sup>8</sup>	Factores aplicados a los primeros 20 años		Factores aplicados después de 20 años		Alineamiento con los contenidos de carbono de los tipos de bosques identificado en el Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales de México
	Biomasa aérea (tonelada métrica C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Raíces (tonelada métrica C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Biomasa aérea (tonelada métrica C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Raíces (tonelada métrica C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	
Bosque templado perturbado	0.95	0.23	0.33	0.08	El promedio de los factores de remoción de Bosques de Coníferas Secundarios y Bosques de Encino Secundarios
Bosque tropical	1.24	0.31	0.30	0.07	El promedio de los factores de remoción de Selvas Caducifolia Primarias, Selvas Perennifolias Primarias, y Selvas Subcaducifolias Primarias
Bosque tropical perturbado	0.90	0.23	0.57	0.14	El promedio de los factores de remoción de Selvas Caducifolia Secundarias, Selvas Perennifolias Secundarias, y Selvas Subcaducifolias Secundarias

### Factores de emisión para GEI no-CO<sub>2</sub> de incendios forestales y pastizales

Los factores de emisión para las emisiones de gases no CO<sub>2</sub> de incendios se calculan multiplicando la masa disponible para la combustión ( $M_b$  toneladas ha<sup>-1</sup>) por la proporción de esta masa de combustible que fue consumida ( $C_f$ ) por la cantidad de un gas de efecto invernadero particular emitido por unidad de materia seca quemada ( $G_{ef}$  en g kg<sup>-1</sup>) y luego dividiendo el producto por 1000.

Para estimar la masa disponible para la combustión para cada una de las categorías de incendios forestales (arbolado renuevo, arbolado adulto, matorral y/o arbustivo, y pastizal y herbáceo), se utilizaban los valores estimados de biomasa aérea (en toneladas de materia seca) para cada una de estas categorías, con el supuesto que la biomasa subterránea no quema durante los incendios. Para arbolado renuevo y adulto, estos valores se estimaron a través de promediar los contenidos de carbono de los diferentes tipos de bosques<sup>9</sup>. Los promedios fueron ponderados por las áreas de los diferentes tipos de bosques dentro

<sup>8</sup> Según el análisis espacial, el área reforestada se clasificó como bosque templado perturbado, bosque tropical, y bosque tropical perturbado.

<sup>9</sup> Los bosques primarios se clasificaban como arbolado adulto, y los bosques secundarios se clasificaban como arbolado renuevo.

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER

THE CLIMATE GROUP

PARTNERS



del estado. Luego se dividieron los promedios ponderados por la fracción de carbono 0.47. Como no había información disponible sobre materia orgánica muerta, este grupo fue excluido. Es importante tener en cuenta que la materia orgánica muerta es generalmente un reservorio importante para considerar al evaluar las emisiones, ya que es más propensa a la quema que la biomasa viva. Como resultado, su exclusión probablemente conducirá a una subestimación de las emisiones de incendios forestales.

Para estimar el factor de combustión y el factor de emisión de metano y óxido nítrico, los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 eran aplicados.

Tabla 4. Valores aplicados para estimar las emisiones de metano y óxido nítrico de los incendios forestales por hectárea

Categoría de incendio	Masa disponible para la combustión, tonelada materia seca ha <sup>-1</sup>	Factor de combustión (proporción de la biomasa combustible previa al incendio consumida)	Factor de emisión para CH <sub>4</sub> (metano), g kg <sup>-1</sup> materia seca quemada	Factor de emisión para N <sub>2</sub> O (óxido nítrico), g kg <sup>-1</sup> materia seca quemada
Arbolado renuevo	37.30	0.55	6.8	0.2
Arbolado adulto	58.87	0.36	6.8	0.2
Matorral y/o Arbustivo	8.57	0.95	6.8	0.2
Pastizal y Herbáceo	8.70	0.77	2.3	0.21

Las emisiones de metano y óxido nítrico se convirtieron en equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>e) utilizando potenciales de calentamiento global del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5)<sup>10</sup>.

## Cálculos de emisiones y remociones

Para todas las actividades de cambio de uso del suelo, con la excepción de la forestación/reforestación, las emisiones totales se estimaron multiplicando los datos de actividad de cada año por los factores de emisión respectivos. En el caso de la forestación/reforestación, dado que el área forestada/reforestada

<sup>10</sup> These are the 100-year GWPs shown in Table 8.7 in [https://ar5-syr.ipcc.ch/resources/htmlpdf/WG1AR5\\_Chapter08\\_FINAL/](https://ar5-syr.ipcc.ch/resources/htmlpdf/WG1AR5_Chapter08_FINAL/).

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER

THE CLIMATE GROUP

PARTNERS



en el año 1 continúa capturando carbono de la atmósfera en los años siguientes, se estimaron las remociones para el área que se convirtió en bosques en un año determinado (por ejemplo, 2030) más las remociones de las áreas convertidas a bosques en años anteriores dentro del período de referencia (en el caso de 2030, las remociones se contabilizan para áreas convertidas a bosques de 1980 a 2029). También es importante tener en cuenta las remociones de la forestación/reforestación que ocurrieron antes del comienzo del período de referencia pero que continúan capturando carbono de la atmósfera durante el período de referencia. Como tal, las tasas históricas de forestación/reforestación a partir de 1980 se estimaron utilizando las tasas anuales promedio de reforestación/forestación entre los períodos 2011-2014.

## Emisiones y remociones totales

---

La Figura 4 muestra sólo las categorías de emisiones (deforestación, degradación forestal, incendios forestales, tierras de cultivo convertidas en asentamientos humanos e infraestructura industrial, pastizales convertidos en asentamientos humanos e infraestructura industrial, y pastizales convertidos en zonas sin vegetación aparente). Se proyecta que las emisiones de todos los diferentes cambios de uso de suelo van a disminuir debido a las disminuciones proyectadas de las tasas de cambio de uso de suelo en el estado. Las emisiones anuales promedio de 2000 a 2014 son casi 164.7 casi t CO<sub>2</sub>e, mientras que las emisiones anuales proyectados de 2015 a 2050 son 89.4 mil t CO<sub>2</sub>e, una reducción de 46%. La deforestación y la degradación son los mayores emisores de GEI durante periodo histórico y en el futuro. De 2000 a 2014, las emisiones totales por deforestación y degradación constituyeron el 50% y el 41% respectivamente de las emisiones totales. De 2015 a 2050, la degradación asume la posición como el emisor más grande contribuyendo al 53% de las emisiones totales mientras que la deforestación contribuye al 35% de estas emisiones.

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER

THE CLIMATE GROUP

PARTNERS



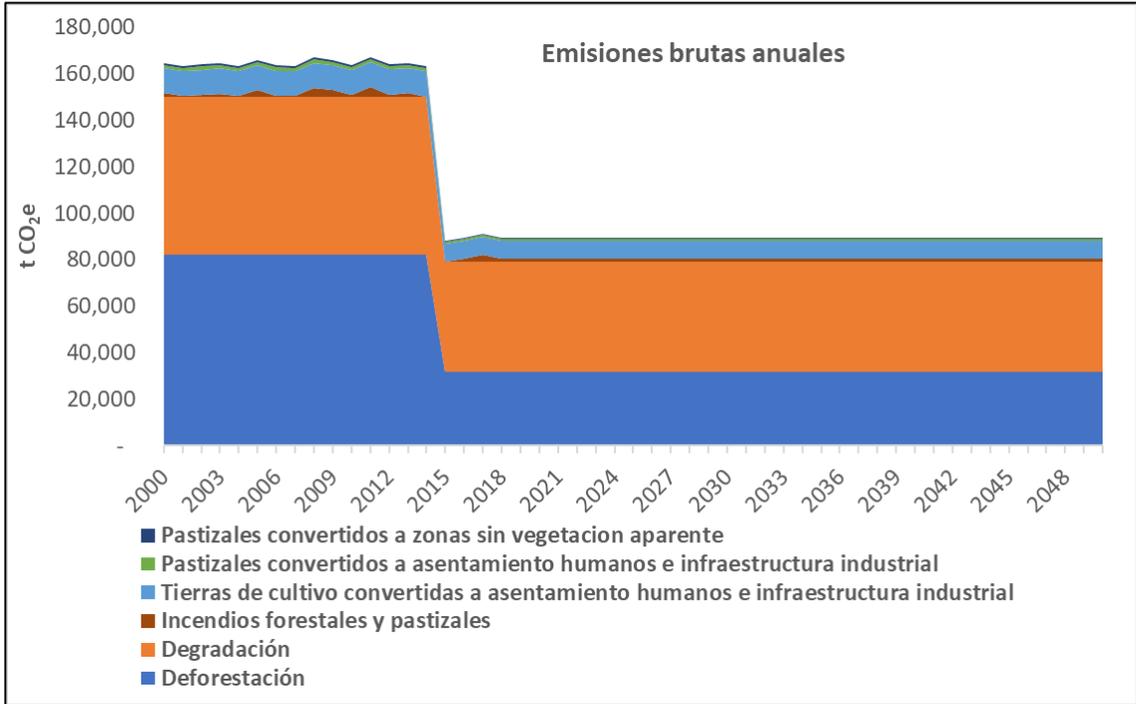


Figura 4. Emisiones brutas de GEI en el sector FOLU

La Figura 5 muestra las categorías de remociones brutas: reforestación/forestación, recuperación de bosques<sup>11</sup>. Igual que en caso de emisiones brutas, se proyecta que las remociones de todos estos cambios de uso de suelo van a disminuir debido a las disminuciones proyectadas de las tasas de cambio de uso de suelo en el estado. En el caso de reforestación/forestación, entre 2000 y 2014, el área anual promedio de conversión fue 177 hectáreas, mientras que el área anual promedio proyectada de 2015 y 2050 es solo 3.8 hectáreas. De manera similar, entre 2000 y 2014, el área anual promedio de recuperación forestal fue 433, y se proyecta ser 0.8 hectáreas anuales de 2015 a 2050. Como resultado, las remociones anuales promedio de 2015 a 2050 (-15,569 t CO<sub>2</sub>e) son un 77% más bajo que las remociones anuales promedio del periodo anterior (-67,804 t CO<sub>2</sub>e).

<sup>11</sup> El signo negativo, sugerido por el IPCC, indica remociones.

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER



PARTNERS



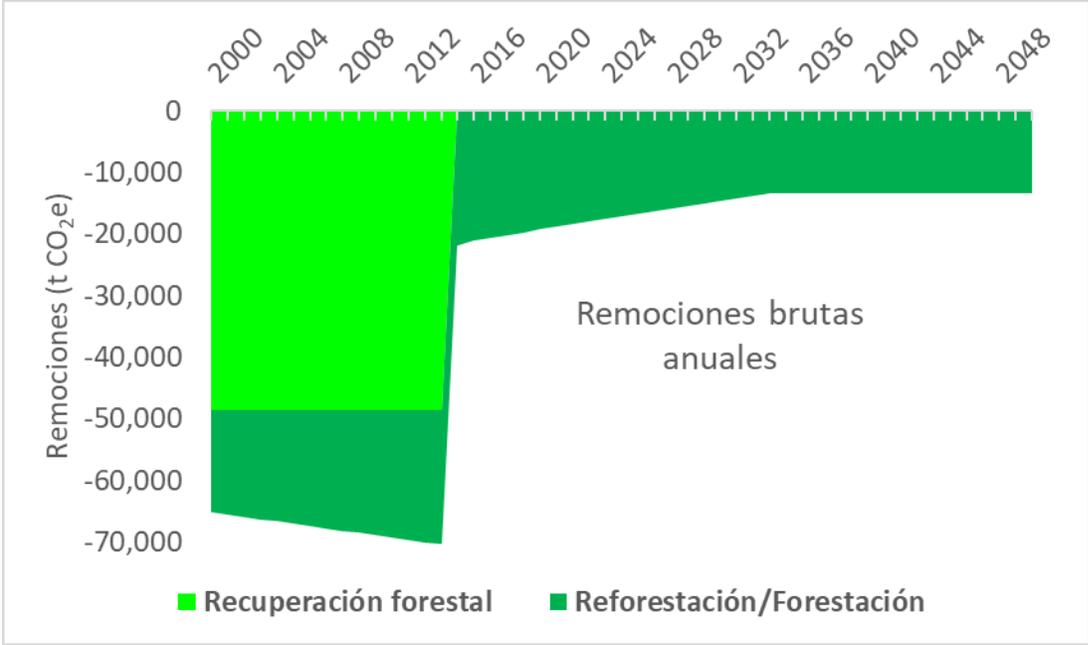


Figura 5. Remociones brutas de GEI en el sector FOLU

La Figura 6 presenta las emisiones netas totales del sector FOLU. Muestra que el sector FOLU en Querétaro es una fuente neta de gases de efecto invernadero. Se estima que las emisiones netas en 2014 fueron 92.9 mil t CO<sub>2</sub>e y que en 2050 serán 76.0 mil t CO<sub>2</sub>e.

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER



PARTNERS



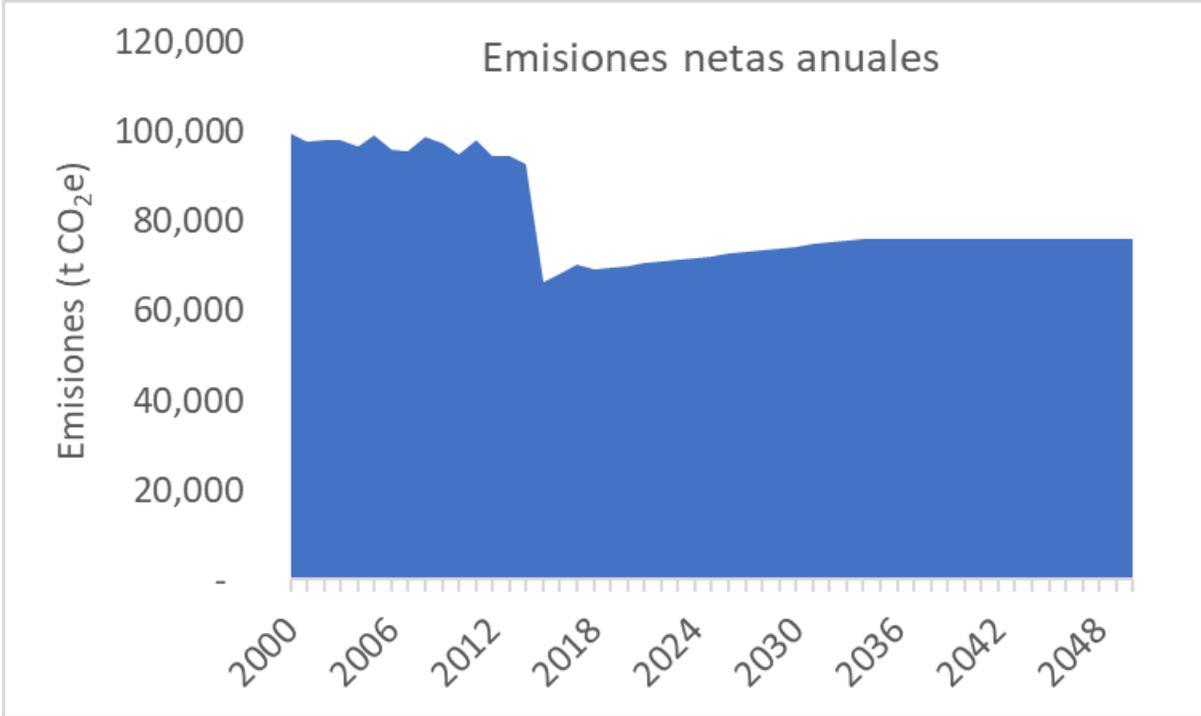


Figura 6. Línea de base de emisiones netas de GEI en el sector FOLU

SUPPORTED BY



LEAD PARTNER



PARTNERS

