

Fernando Paz Pellat  
Julio Wong González  
Ruth Torres Alamilla  
Editores



Serie: Síntesis Nacionales

Estado Actual  
del Conocimiento  
del Ciclo del Carbono  
y sus Interacciones en México:  
Síntesis a 2015

Programa Mexicano del Carbono

Programa Mexicano del Carbono

Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, A.C.

Centro Internacional de Vinculación y Enseñanza de la  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco





**Forma correcta de citar:**

Paz, F., J. Wong y R. Torres (editores). 2015. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2015. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, A.C y el Centro Internacional de Vinculación y Enseñanza de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Texcoco, Estado de México, México. ISBN en trámite. 678 p.

Programa Mexicano del Carbono A.C.  
Calle Chiconautla No. 8 Interior A  
Colonia Lomas de Cristo, C.P. 56230  
Texcoco, Estado de México, México

---

[www.pmcarbono.org](http://www.pmcarbono.org)

Esta obra fue elaborada por el Programa Mexicano del Carbono (PMC).  
Se prohíbe la reproducción parcial o total de esta obra, por cualquier medio.

# Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2015

Fernando Paz Pellat, Julio C. Wong González, Ruth Torres Alamilla

Editores

Programa Mexicano del Carbono.

Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, A.C

Centro Internacional de Vinculación y Enseñanza de la

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Villahermosa, Tabasco

2015



## 3.2 El valor de las emisiones de carbono asociadas al sistema agrícola de roza, tumba y quema

Borrego Armonía<sup>1</sup>; Salinas-Melgoza Miguel A.<sup>2,3</sup> y Skutsch Margaret<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CP 04510, D.F., México. Autor para correspondencia: armoniabg@economia.unam.mx

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta, CP 58190, Morelia, Michoacán, México

<sup>3</sup>Departamento de Gobernanza y Tecnología para la Sustentabilidad, Universidad de Twente, CP 7522, NB Enschede, Países Bajos.

<sup>4</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta, CP 58190 Morelia, Michoacán, México.

### Resumen

Una gran parte de la superficie forestada de México está degradada, sin embargo, existen oportunidades de recuperar los almacenes de carbono mediante regeneración natural, tras identificar las causas de la degradación y suprimirlas. Esta recuperación de stocks de carbono supone el conocimiento de los costes de oportunidad debido a que la principal causa de la degradación forestal está relacionada con actividades económicas como el sistema agrícola de roza tumba y quema, y el pastoreo de ganado. En este estudio calculamos los costes económicos asociados a la captura de carbono en la selva baja caducifolia para dos comunidades de Jalisco, México con base en un análisis de los costes de oportunidad. Los resultados pueden ayudar a tomar decisiones óptimas de política ambiental o decidir la participación en mecanismos internacionales como la iniciativa llamada REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación forestal).

**Palabras clave:** degradación forestal, selva baja caducifolia, captura de carbono, costes de oportunidad.

### Abstract

A large part of Mexico's forests are degraded but present the opportunity for recuperation of carbon stocks through natural growth, once the drivers of degradation are removed. However, there are opportunity costs involved since most of the drivers are related to economic activities including shifting cultivation and cattle grazing. The study calculates the economic costs of sequestration of carbon in tropical dry forest (TDF) in western Mexico based on an analysis of such opportunity costs. Results may help policy makers and land managers make informed decisions about whether to engage in international programs such as Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation (REDD+).

**Key words:** forest degradation, deciduous forest, carbon sequestration, opportunity costs.

## Introducción

La protección y conservación de bosques a menudo se relaciona con el papel de la vegetación para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ambientales, particularmente los depósitos de carbono contenidos en estos ecosistemas.

Las iniciativas de cooperación internacionales sobre cambio climático enfatizan la importancia de los bosques y sugieren que la absorción de carbono puede ser utilizada para cumplir los objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta es una posibilidad que se ha convertido en un elemento explícito en el diseño de políticas y mecanismos de incentivos para combatir el cambio climático a nivel mundial.

Como resultado de algunas iniciativas el ritmo de pérdidas netas de recursos forestales y las emisiones procedentes de la deforestación han disminuido en los últimos años, sin embargo, existe aún la preocupación en cuanto a la degradación forestal, debido -en buena parte- a la conversión de hectáreas de bosque para otros usos, especialmente agrícolas.

Uno de los mecanismos que aborda acciones dirigidas a la reducción de degradación forestal es la iniciativa llamada REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de bosques), que promueve la reducción de emisiones y captura de carbono mediante planes de conservación, expansión natural de bosques, manejos sostenibles y conservación de los stocks de carbono.

Al presente, la mayoría de los paisajes forestales degradados se presentan en bosques tropicales, es decir bosques donde la biomasa ha sido removida por la actividad humana, aunque continúa siendo una cobertura vegetal. Así, se observan transformaciones no controladas de bosques tropicales en favor de tierras de cultivo, un patrón que se repite para el caso de México donde gran parte de los bosques tropicales están degradados.

En México, la mayor parte de estos bosques están en manos de campesinos que a menudo siembran para autoconsumo, en pequeña escala y a veces practican un sistema agrícola rudimentario llamado roza, tumba y quema (RTQ). Habitualmente se culpa a este sistema agrícola por la elevada generación de emisiones derivadas del proceso de producción y por la pérdida de vegetación que conllevan las actividades de la preparación de la tierra para sembrar (Houghton, 2005; Houghton y Goodale, 2004; Nigh y Diemont, 2013). Ante este problema, se ha sugerido el cambio de un sistema agrícola RTQ a uno de agricultura permanente; es decir, la práctica de agricultura intensiva podría funcionar como un mecanismo de protección de bosques, garantizando la seguridad alimentaria con la consecuente disminución de emisiones que se realizan en cada ciclo de siembra (West *et al.*, 2010).

Una característica a tomar en cuenta es que la degradación de bosques tropicales tiene un impacto sobre la población y más directamente en los hogares y agricultores que dependen directamente de los recursos naturales para mantener su sustento. El implementar mecanismos o planes de conservación podría tener repercusiones económicas para estos hogares debido a las restricciones que implicaría el renunciar al uso y consumo habitual de los recursos naturales existentes en estos bosques (*i.e.*, coste de oportunidad). Tomando en cuenta que la reducción de emisiones debería lograrse de modo efectivo, a un mínimo coste y generando equidad social (Swallow *et al.*, 2007), conocer el valor económico (*i.e.*, coste de oportunidad) de las emisiones resulta relevante si se trata de implementar un mecanismo de reducción de emisiones de manera efectiva.

El objeto de este estudio es estimar el coste de oportunidad de las emisiones de carbono derivadas en el sistema agrícola de roza, tumba y quema. Conocer el valor de estas emisiones puede ayudar a la concreción de acuerdos internacionales donde deba incorporarse el coste de oportunidad para calcular los costes de una política de aumento en los stocks de carbono. A la vez, la fijación de este valor para las emisiones de carbono puede tener un impacto en la forma cómo los bosques son manejados o en la evaluación de políticas públicas.

La siguiente sección describe la zona de estudio y se presentan algunas características relevantes de la tierra y de la población en el área de estudio. Se presentan las principales características del

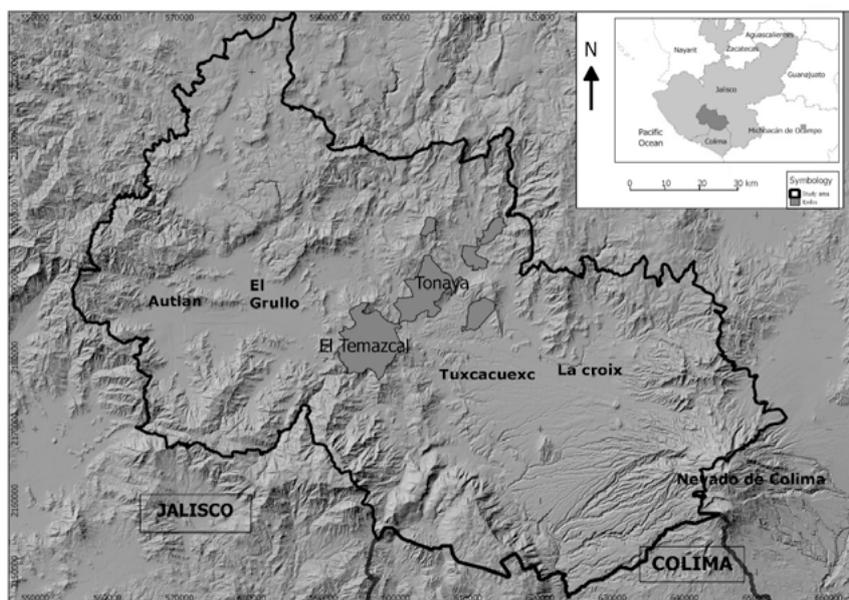
sistema agrícola roza tumba y quema según las prácticas habituales por campesinos de la región. Se describen los métodos utilizados para las estimaciones de carbono almacenado bajo diferentes sistemas y los respectivos costes de oportunidad. El tercer apartado presenta los principales resultados. Antes de concluir, se discute la utilidad de los valores obtenidos y se comparan con resultados de otros estudios similares.

## Material y métodos

Este análisis forma parte de un estudio más amplio que aborda las implicaciones de las estrategias REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación) para algunas comunidades situadas en los municipios de la Cuenca del Río Ayuquila. El estudio integra aspectos ecológicos, geográficos, económicos y sociales. A partir de la investigación de campo realizada se han seleccionado dos tipos de información para fines del presente análisis y también se definen las dos comunidades que constituyen el área de estudio. A continuación se describen las características de la zona de estudio y posteriormente las metodologías utilizadas.

### Área de estudio

Situados en la región sur del estado de Jalisco, los ejidos Tonaya y Temazcal pertenecen a la Cuenca del Río Ayuquila (Figura 1). Se localizan a una altitud media de 990 m s. n. m., con más de la mitad de la superficie formada por áreas accidentadas y con vegetación mayormente compuesta por selva baja caducifolia, robles y bosques de coníferas.



**Figura 1.** Localización la zona de estudio (ejidos Tonaya y El Temazcal, Jalisco, México).

Tonaya tiene una superficie total de 6913 ha. Al año 2010 la población total era de casi 3500 habitantes (INEGI, 2010), con 282 ejidatarios registrados. La población en Tonaya aumentó en 6% entre el 2000 y el 2010.

Para el 2010 la superficie cubierta por selva baja caducifolia era de 3308 ha de manera que, casi la mitad del ejido está cubierto por selva baja, con lo que a cada habitante en Tonaya le correspondería poco menos de una ha de esta vegetación. En promedio, en Tonaya había 6000 cabezas de ganado al año en que se realizó este estudio.

En el caso de El Temazcal, que tiene 5446 hectáreas de superficie total, registró una población total de 184 habitantes al año 2010 (INEGI, 2010) y 81 ejidatarios. La población total registró una disminución de 25% entre 2000 y 2010. Al año 2010 la selva baja caducifolia en cubría 3879 ha,

casi tres cuartas partes del ejido (71%). La superficie media de selva baja por habitante es de 21 ha. En este ejido había alrededor de 2500 cabezas de ganado para el mismo año. El Cuadro 1 muestra algunas características de la zona de estudio.

**Cuadro 1.** Principales características de la zona de estudio.

Características	Tonaya	El Temazcal
Población total (habitantes) <sup>1</sup>	3497	184
Ejidatarios registrados <sup>2</sup>	282	81
Número de hogares <sup>1</sup>	955	53
Altitud (m sobre nivel del mar) <sup>1</sup>	820	1039
Superficie total (ha) <sup>1</sup>	6913	5446
Superficie selva baja caducifolia (ha) <sup>1</sup>	3308	3879
Ratio selva baja por habitante	0.95	21.08
Superficie media sembrada por productor -bajo sistema roza tumba y quema- (ha) <sup>3</sup>	7.28	4.87
Cabezas de ganado en el ejido <sup>3</sup>	6000	2500
Grado de maginación <sup>4</sup>	Medio	Bajo

<sup>1</sup>INEGI, 2010.

<sup>2</sup>RAN, 2012

<sup>3</sup>Entrevistas en el área de estudio

<sup>4</sup>CONAPO, 2010.

### *Sistema agrícola de roza, tumba y quema en el área de estudio*

Este sistema agrícola se practica mayormente en terrenos de ladera, superficies montañosas y áreas accidentadas. No suele requerir de maquinaria, agroquímicos o fertilizantes debido a que los suelos son ricos en nutrientes por ser superficies descansadas. Las principales herramientas de trabajo son instrumentos rudimentarios como la coa, el machete, el azadón, hacha y barretón, lo cual puede implicar menores costes monetarios asociados a los insumos para la siembra, aunque un mayor coste en fuerza de trabajo.

El primer ciclo bajo esta forma de producción -habitualmente inicia en el segundo trimestre del año- requiere la selección de un terreno virgen cubierto por vegetación abundante para "desmontar" mediante la tumba. Después de derribar los árboles de mayor diámetro se trituran y se usan para obtener postes o leña. Los restos de la vegetación se depositan junto a las hojas y ramas para efectuar la quema, que puede hacerse de una manera controlada para evitar que el fuego se propague. Una vez "abierto" el terreno se inicia la siembra a mitad del año, coincidiendo con el inicio de la estación lluviosa. Las semillas utilizadas habitualmente se reservan de la última cosecha o mediante intercambios con gente de la localidad. Si se observa crecimiento de maleza tras la siembra, ésta se retira de forma manual o usando algún químico. Es habitual que durante el desarrollo del cultivo aparezcan roedores, aves, jabalís, tejones o coyotes, que son percibidos como una amenaza. Así, el uso de trampas rudimentarias o la cacería de algunos es una práctica frecuente. Finalmente la cosecha tiene lugar en el último mes del año y la producción se recoge de forma manual.

En otro caso, si se trata de sembrar en un terreno de un segundo o tercer período la preparación de la tierra requiere la roza, que consiste en la retirada de los restos de la cosecha del período anterior y también de algunos arbustos y vegetación poco densa que han crecido desde la última cosecha. Sembrar en un segundo período el mismo terreno puede implicar un menor esfuerzo físico con respecto a la siembra que se hace por primera vez en un terreno virgen. El terreno se siembra por dos o tres años consecutivos tras lo cual se deja en un período de descanso que puede variar entre tres y diez años para permitir la regeneración de la tierra mediante el crecimiento natural de la vegetación nativa. Una vez transcurrida la fase de descanso, el terreno inicia el primer ciclo de siembra como ya se ha detallado.

Al ser agricultura de subsistencia, el objetivo principal es garantizar el autoconsumo familiar, y cuando es posible, destinar una parte de la producción al mercado local. Los cultivos más comunes

son el maíz, frijol y calabaza. El rendimiento promedio puede alcanzar 2 t de maíz por ha aunque esta cantidad puede variar en función de las habilidades y experiencia del campesino, la cantidad de lluvia, la fertilidad de la tierra, entre otras variables.

### *Metodología para estimar los almacenes de carbono*

Los almacenes de carbono en la biomasa aérea y en el suelo se estimaron en 27 parcelas circulares de 400 m<sup>2</sup>. Del total, 13 estaban situadas en Tonaya y 14 en El Temazcal. Los sitios seleccionados representaban las dos principales fases del sistema RTQ (23 parcelas estaban en la fase de descanso -períodos que variaban entre tres y diez años de descanso- y cuatro parcelas en fase de producción). Los sitios en descanso se clasificaron en tres grupos de edad: seis a cuatro años, cinco a siete años y ocho a diez años. El muestro se realizó entre agosto del 2013 y marzo de 2014.

En cada parcela se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP: 1.3 m de altura) para todos los individuos de tallo leñosos con  $DAP \geq 2.5$  cm. La biomasa seca de la parte aérea fue inferida mediante la fórmula de Martínez-Yrizar *et al.*, (1992), y para la fracción de carbón en madera seca (la biomasa aérea (BA)) se usó un factor de conversión de 0.5.

El carbono en el suelo de cada sitio se obtuvo siguiendo el protocolo OHHW con el analizador de elementos Perkin Elmer 2400 Series II en modo CHN de una muestra compuesta, es decir, derivada de cuatro sub-muestras de suelo de 10 cm de profundidad colectadas en los cuatro puntos cardinales sobre el límites de cada sitio. De esta manera las diferencias de carbono almacenado en cada grupo de edad correspondían a la fase de descanso y la fase de producción de RTQ y también se hicieron los cálculos equivalentes para el sistema de agricultura permanente (AP) que se evaluaron mediante un análisis de varianza. El carbono aéreo y del suelo se consideraron como variables dependientes, mientras que los tres grupos de edad y la fase de producción se consideraron como variable independientes.

### *Cálculo del carbono por tonelada de maíz*

Para este estudio se consideró un ciclo completo de RTQ de diez años dividido en dos fases: una fase de descanso (seis años) y otra fase de dos años de cultivo de maíz (Chávez, 1983; Gerritsen, 2002; Jardel, E. comunicación personal). Por otra parte, el sistema de AP se determinó por una sola fase. Las concentraciones de carbono para RTQ y AP se obtuvieron a partir de los resultados de Salinas-Melgoza *et al.*, (sometido) y se consideró el carbono aéreo en AP como cero. Se consultó la cosecha promedio de maíz en esta región para RTQ y para AP en datos publicados (Chávez, 1983; Gerritsen, 2002; Jourdain *et al.*, 2001), siendo de 1085 tonh<sup>-1</sup> y de 3,801 tonh<sup>-1</sup> para RTQ y AP respectivamente.

### *Metodología para calcular los costes de oportunidad*

Los costes económicos asociados a las prácticas agrícolas se obtuvieron mediante cuestionarios diseñados que se aplicaron a la población relevante. Para calcular los costes de oportunidad el cuestionario incluía preguntas sobre el consumo de recursos naturales que se aprovechan después de la siembra RTQ, la frecuencia de consumo, la temporada, los precios de mercado de cada bien, el tamaño de parcela sembrada, periodo de descanso de la tierra, rendimiento obtenido en la producción, etc. De esta manera se elaboró un inventario detallado con el registro de las decisiones reales de los campesinos según sus prácticas de agricultura asociadas al sistema agrícola de RTQ y también al sistema de agricultura permanente. En la literatura el método se basa en la observación de las preferencias (decisiones) reales se conoce como Técnica de Comportamiento Observado (Adamowicz *et al.*, 1997) o método a Precios de Mercado (IIED, 2003).

La modalidad de la entrevista fue personal y se realizó en los domicilios de los campesinos o en sus tierras de trabajo. En total se completaron 47 encuestas al año 2013 en las dos comunidades. El porcentaje de respuestas al cuestionario fue de 98%.

## Resultados

Los valores del Cuadro 2 muestran la cantidad de carbono medio, el coste medio y la superficie requerida para la producción de 10 t de maíz en un ciclo completo del sistema RTQ que corresponde a diez años. Como se observa, existe poca diferencia si se comparan las cantidades anuales medias de carbono fijado en el sistema agrícola de agricultura permanente ( $65.42 \text{ Mgha}^{-1}$ ) y el carbono medio fijado cada año en el sistema RTQ ( $59.94 \text{ Mg/ha}$ ). También se observan las diferencias en la superficie total requerida y en el coste medio por cada Mg en cada sistema. En concreto, producir 10 t de maíz en RTQ requiere de 4.43 ha sembradas simultáneamente y un período de diez años, mientras que para producir las mismas 10 t de maíz en agricultura permanente, se requiere de 0.26 ha sembrada cada año durante diez años consecutivos.

**Cuadro 2.** Valor medio anual del coste de carbono almacenado durante un ciclo de diez años\*.

Sistema	Carbono medio anual ( $\text{Mgha}^{-1}$ )	Coste medio anual ( $\text{\$Mg}^{-1}$ )	Superficie acumulada (ha)***
RTQ**	59.94	126.7	4.43
AP	65.42	201	2.26

RTQ: Roza-tumba-quema

AP: Agricultura permanente

\* Valores medios anuales para la producción de 10 t de maíz

\*\* Corresponde a 2 años de cultivo consecutivos y ocho años de descanso

\*\*\* A lo largo de un ciclo de diez años

Las implicaciones para las superficies acumuladas comparando los dos sistemas agrícolas sugieren considerar que para RTQ una quinta parte del ciclo de diez años la superficie está en fase de cultivo (equivalente a 0.886 ha) y cuatro quintas parte del ciclo permanece en descanso (equivalente a 3.544 ha), tiempo que corresponde a selva en diferentes edades. Comparando con el sistema de agricultura permanente, cada año (en un ciclo de diez años) requeriría cultivar 0.26 ha y las restantes (4.17 ha) podrían permanecer como selva.

El Cuadro 3 incorpora valores más específicos del carbono almacenado en el suelo y el carbono aéreo que se liberaría debido a la conversión de selva baja en sistema agrícola RTQ y los costes asociados (los valores se han estimado usando una tasa de descuento al 5%).

**Cuadro 3.** Coste del carbono capturado según sistema agrícola mediante regeneración natural.

Uso de suelo	Carbono en suelo ( $\text{Mgha}^{-1}$ )	Carbono en suelo ( $\text{\$Mg}^{-1}$ )	Carbono aéreo ( $\text{Mgha}^{-1}$ )	Carbono aéreo ( $\text{\$Mg}^{-1}$ )	Carbono Total* ( $\text{\$Mg}^{-1}$ )
RTQ	62.72	126.7	0	0	126.7
FD1	40.55	47.55	6.02	7.04	49.3
FD2	56.23	24.43	7.63	3.32	26.6
FD3	60.97	16.08	7.72	2.04	17.93
FD medio	52.22	25.6	7.03	3.45	29.05
AP	24.33	201	0	0	201**

RTQ: Período de siembra roza-tumba-quema (fase de producción) años 1 y 2

FD1: Fase de descanso 3-4 años

FD2: Fase de descanso 5-7 años

FD3: Fase de descanso 8-10 años

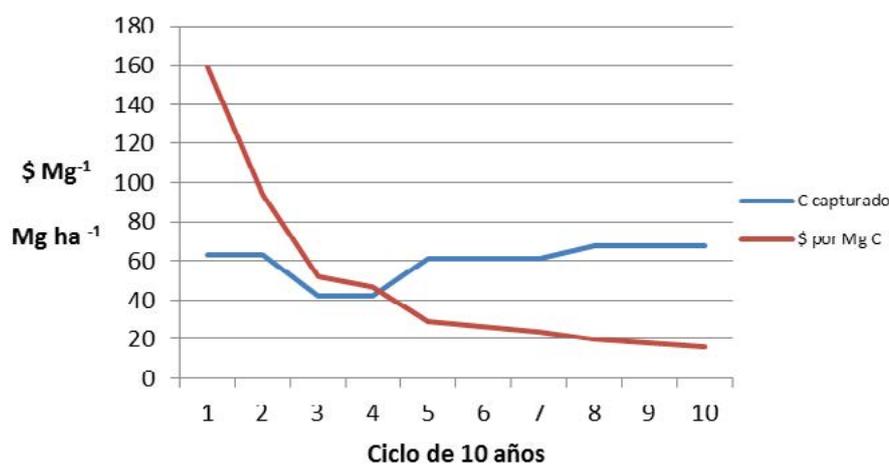
AP: Agricultura permanente

\* Incluye postes, leña y rastrojo para ganado

\*\* Sólo rastrojo.

Este análisis más detallado muestra que existen diferencias en la cantidad de carbono medio para cada período dentro de un ciclo completo de diez años y también en el coste de oportunidad correspondiente durante el ciclo del sistema RTQ. Los primeros dos años del ciclo corresponden a la fase de producción que es seguida de ocho años de descanso. Durante el tiempo de descanso el nivel de carbono se recupera rápidamente durante los años tres y cuatro, mientras que al año cinco el nivel inicial de carbono se ha recuperado. A partir del cuarto año, los costes de oportunidad por cada Mg de carbono son aproximadamente 40% menos que el valor por cada Mg al año uno. Al comparar los valores obtenidos de carbono anual y coste de oportunidad para agricultura permanente se observa que la fijación de carbono en suelo es constante durante cada año del ciclo ( $24.33 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) y un coste de oportunidad medio mayor (\$201 por Mg., usando una tasa de descuento del 5%), como es de esperarse.

Estos resultados sugieren que el sistema agrícola RTQ podría reducir las emisiones de carbono en mayor proporción a las emisiones que podrían absorberse en agricultura permanente, sin embargo, se requeriría de una mayor superficie introducida al sistema para producir la misma cantidad de producción demandada por ser un sistema menos intensivo. La evolución del coste de oportunidad y la cantidad de carbono fijada para cada año durante todo el ciclo en RTQ se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Valores medios por cada Mg de carbono fijado en cada período del ciclo y coste de oportunidad.

## Discusión

El supuesto habitual que sugiere cambiar la superficie dedicada al sistema agrícola RTQ a un sistema de agricultura permanente para reducir las emisiones de carbono (West *et al.*, 2010) podría ser contrario a los resultados obtenidos en este estudio. En concreto, los resultados muestran que las emisiones medias de carbono generadas en el sistema agrícola RTQ son ligeramente superiores a las emisiones producidas por el sistema de agricultura permanente, con lo cual, si el objetivo del tomador de decisiones es reducir las emisiones de carbono, no justificaría la eliminación de RTQ en favor de agricultura permanente. Estas diferencias encontradas en las emisiones medias producidas por los dos sistemas, no incorpora otras fuentes de emisiones producidas por el uso de fertilizantes, fuentes de energía u otros impactos ambientales derivados de la agricultura permanente. De esta manera, es posible que incorporar estos valores podría conducir a conclusiones distintas, en particular, debido a que el sistema RTQ no requiere de estos insumos para su producción.

Al analizar los valores medios de los almacenes de carbono durante un ciclo completo del sistema RTQ se encuentra un aumento en los stocks con el tiempo mientras que el coste de oportunidad asociado a cada Mg disminuye con el tiempo. Este resultado podría ser de relevante en las discusiones de REDD+, cuando el interés principal es la cantidad de carbono almacenado en la vegetación y el suelo de los bosques.

Finalmente, el cálculo de los costes de oportunidad en este estudio ha utilizado un método basado en precios de mercado. Al capturar únicamente valores a precios de mercado no considera otros valores de no mercado. Utilizar un método (de mercado) u otro (de no mercado) podría cambiar los resultados considerablemente. De igual manera, el uso de una tasa de descuento u otra podría cambiar las conclusiones del estudio.

## Conclusiones

Los resultados encontrados en este estudio podrían poner a discusión algunas implicaciones ambientales y económicas que han sido asociadas históricamente al sistema agrícola roza, tumba y quema. En particular las emisiones derivadas por este sistema rudimentario de producción agrícola podrían ser marginalmente diferentes a las emisiones producidas por la agricultura permanente en un ciclo largo de diez años y si se toman en cuenta otros insumos que se usan para la producción intensiva.

Por otra parte, es posible que los períodos de descanso característicos del sistema roza, tumba y quema puedan llevar a la captura de carbono hasta llegar a cantidades similares al nivel base que existían al inicio del ciclo, de ser así, habría un efecto de compensación que nunca se lograría en la agricultura permanente. Estas conclusiones podrían ser relevantes bajo el contexto de REDD+.

Desde luego, estos resultados son válidos para un tipo de vegetación concreta (selva baja caducifolia) y para el sistema agrícola roza, tumba y quema como es practicado habitualmente en México.

## Agradecimientos

El estudio se llevó a cabo dentro de las actividades relacionadas con tres proyectos: “Addressing forest degradation in Mexico through REDD+”, financiado por Climate Works; “Estudio para determinar el estado de degradación y potencial de restauración en ecosistemas forestales bajo manejo de la Cuenca Baja Del Río Ayuquila” financiado por la Junta Intermunicipal del Río Ayuquila con apoyo de CONAFOR y la Agence Française de Développement (AFD); y “Linking local action with international climate agreements in the dry tropical forests of Mexico”, financiado por The Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO)–Science for Global Development (WOTRO).

## Bibliografía

- Adamowicz W., M. Luckert, M. Veeman. 1997. Issues in using valuation techniques cross-culturally: three cases in Zimbabwe using contingent valuation, observed behaviour and derived demand techniques. *Commonwealth Forestry Review* 76:194-197
- CONAPO. 2010. Índices de marginación a nivel localidad, 2010. Consejo Nacional de Población, México.
- Chávez B. C. 1983. Coamil, un sistema de producción agrícola tradicional en Jalisco. Tesis de licenciatura. Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- Gerritsen P. R. W. 2002. Diversity at stake: A farmers' perspective on biodiversity and conservation in Western Mexico. Tesis de doctorado. Universidad de Wageningen, Países Bajos. 286 pp.
- Houghton R. A. 2005. Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions. *In: Moutinho, P., S. Schwartzman, (eds). Tropical Deforestation and Climate Change. Amazon Institute for Environmental Research, Belém, Brazil, and Environmental Defense, Washington D.C.*
- Houghton R. A., C. L. Goodale. 2004. Effects of land-use change on the carbon balance of terrestrial ecosystems. *In: DeFries, R. S., G. P. Asner, R. A. Houghton (eds). Ecosystems and land use change. American Geophysical Union, Washington, D. C., 85–98 pp.*
- IIED. 2003. Valuing forests: A review of methods and applications in developing countries. Environmental Economics Programme. International Institute for Environment and Development.
- INEGI. 2010. XIII Censo General de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- Jourdain D., E. Scopel, F. Affholder. 2001. The Impact of conservation tillage on the productivity and stability of maize cropping systems: A case study in Western Mexico. CIMMYT Economics working paper 01–02. México D.F. CIMMYT.



- Martínez–Yrizar A., J. Sarukhan, A. Perez–Jimenez, E. Rincon, J. M. Maass, A. Solis–Magallanes, L. Cervantes. 1992. Above–ground phytomass of a tropical deciduous forest on the coast of Jalisco, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 8:87–96.
- Nigh R., S. A. Diemont. 2013. The Maya milpa: fire and the legacy of livingsoil. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: 45–54.
- RAN. 2012. Ejidatarios registrados. Registro Agrario Nacional, México.
- Salinas-Melgoza M. A., M. Skutsch, J. C. Lovett. (sometido). Shifting cultivation in the context of REDD+: a case study of Mexican tropical dry forest. *Land Use Policy*.
- Swallow B., M. van Noordwijk, S. Dewi, D. Murdiyarto, D. White, J. Gockowski, G. Hyman, S. Budidarsono, V. Robiglio, V. Meadu, A. Ekadinata, F. Agus, K. Hairiah, P. N. Mbile, D.J. Sonwa, S. Weise. 2007. Opportunities for avoided deforestation with sustainable benefits. An interim report by the ASB Partnership for the tropical forest margins. *The Forests Dialogue*.
- West P. C., H. K. Gibbs, C. Monfreda, J. Wagner, C. C. Barford, S. R. Carpenter, J. A. Foley. 2010. Trading carbon for food: global comparison of carbon stocks vs. crop yields on agricultural land. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107:19645–19648.