

VALORACIÓN MONETARIA DEL SERVICIO DE POLINIZACION EN MEXICO

Luis Miguel Galindo y Saúl Basurto

Informe del Proyecto NCAVES

Reconocimientos

Este informe fue preparado por Luis Miguel Galindo y Saúl Basurto, consultores externos para el Proyecto de Contabilidad de Capital Natural y de Valoración de Servicios Ecosistémicos (NCAVES, por sus siglas en inglés), y financiado por la Unión Europea. El proyecto NCAVES está siendo implementado en México bajo el liderazgo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), con el apoyo de la División de Estadísticas de las Naciones Unidas (UNSD, por sus siglas en ingles) y el Programa de las Naciones Unidas para Medio Ambiente (PNUMA).

Descargos de autoría y responsabilidades

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y no representan el punto de vista de las Naciones Unidas, la Unión Europea y las organizaciones involucradas en este proyecto.

Las denominaciones empleadas en los mapas que se incluyen en este informe y la forma en que aparecen presentados los datos que contienen no implican, de parte de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de países territorios, ciudades o zonas o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites

Información para citas bibliográficas y reproducción

Esta obra está disponible en acceso abierto cumpliendo con la licencia Creative Commons creada para organizaciones intergubernamentales, disponible en: http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/

Se permite la reproducción siempre que se cite la fuente.

Galindo, L.M y S. Basurto (2021). Valoración monetaria del servicio de polinización en Mexico. Informe del proyecto NCAVES. División de Estadística de las Naciones Unidas. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Nueva York.









Contents

1	Introducción				
2	Marco conceptual del método de valoración de la polinización en México	5			
3	Contribución del servicio de polinización a la producción agrícola en México.	13			
	3.1 Contribución agregada del servicio de polinización a la producción agrícola y cultivos prioritarios				
	3.2 Contribución geo-referenciada de la demanda potencial del servicio de polinización producción agrícola				
	3.3 Oferta potencial de polinización.	22			
	3.4 La contribución potencial del servicio de polinización a la producción agrícola: un an con consistencia con micro-datos.				
	3.5 La distancia y la contribución potencial del servicio de polinización a la producción agrícola: un análisis de consistencia con micro-datos	37			
4	Conclusiones y comentarios generales	47			
5	Referencias	50			
6	Anexo- Cuadros	53			
7	Apéndice: Método de Lonsdorf	54			

1 INTRODUCCIÓN

La polinización por animales es un servicio regulatorio de los ecosistemas que consiste en la contribución a la fertilización, a través de abejas, insectos, mariposas, aves o murciélagos y otros métodos, que aumenta la cantidad y calidad de los cultivos agrícolas y ayuda a su preservación. La valoración monetaria de este servicio de polinización por animales resulta relevante en México atendiendo, en primer lugar, a su contribución a la producción agrícola y de cultivos específicos y por tanto a su contribución indirecta al bienestar de la población. En segundo lugar, a que permite identificar las potenciales consecuencias y costos de la pérdida del servicio de polinización. En tercer lugar, a la importancia que tiene entonces incluir el valor monetario de la polinización por animales en los análisis de costo beneficio, por ejemplo, sobre el uso de suelos. En cuarto lugar, para analizar la importancia del capital natural en el contexto de un desarrollo sustentable. Esta valoración monetaria es, además, particularmente relevante tomando en cuenta que el servicio de polinización es considerado como un servicio emblemático de los ecosistemas.

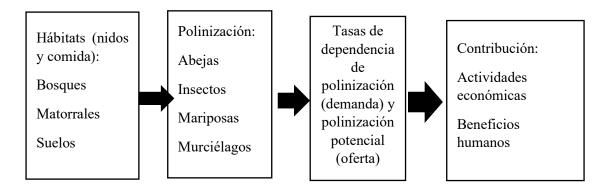
De este modo, el objetivo de este capítulo es estimar el valor monetario del servicio de regulación de polinización por animales en la producción agrícola. Este capítulo contiene cuatro secciones. La primera es, obviamente, la introducción, la segunda establece un marco general del servicio de polinización, la tercera sección presenta las estimaciones del valor monetario de la polinización por animales para México y la cuarta sección presenta las conclusiones.

2 MARCO CONCEPTUAL DEL MÉTODO DE VALORACIÓN DE LA POLINIZACIÓN EN MÉXICO.

El servicio de polinización que proveen los ecosistemas consiste en la fertilización de los cultivos a través de la acumulación y movimiento de polen¹. Este proceso de polinización es realizado a través de insectos (abejas², moscas, polillas o mariposas), murciélagos, aves y otros métodos (Klein *et al.*, 2007, Ricketts, *et al.*, 2008) por lo que es necesario disponer entonces de hábitats, nidos, cavernas, bosques, matorrales, suelo y flora, polen y néctar adecuados adyacentes o cercanas a las áreas de producción agrícola (Horlings, *et al.*, 2019b, pp. 33-34 y pp. 78).

Así, el proceso de polinización animal contribuye a la producción y a la productividad agrícola, a la calidad de los productos agrícolas y a reducir las pérdidas y la varianza en la producción agrícola (Horlings, *et al.*, 2019b, pp. 32, 33 y 46). En este sentido, el servicio de polinización tiene una contribución importante a un conjunto de actividades económicas y humanas (Smith, *et al.*, 2015) (Figura 1).

Figura 1. Servicio de regulación de la polinización por animales en la producción agrícola.



Fuente: Elaboración propia.

La evidencia disponible sobre la contribución del servicio de polinización por animales a la producción agrícola indica que es ciertamente relevante, aunque heterogénea dependiendo

¹ El proceso de polinización consiste en la transferencia de polen para el proceso de reproducción sexual de las flores de las plantas que posibilitan la fertilización y la reproducción vegetal y está directamente relacionada con el rendimiento de los cultivos (Vaissiere, *et al.*, 2011, IPBES, 2016). El proceso biológico de polinización es, sin embargo, particularmente complejo (Klein, *et al.*, 2007).

² Las abejas tienen un papel particularmente relevante en el proceso de polinización (Klein *et al.*, 2007; Rader *et al.*, 2009, Vaissirere *et al.*, 2011).

del tipo de cultivo³ y otros factores. Por ejemplo, Klein, et al., (2007) estima que 35% de cultivos de la producción global dependen de la polinización animal, que 60% de la producción global proviene de cultivos que no dependen de la polinización animal y 5% aún no está definido y que 87 de 124 cultivos (alrededor del 70%) para consumo humano dependen del proceso de polinización. Además, Vaissiere et al., (2011) coinciden que el servicio de polinización global afecta al 35% de la producción mundial de cultivos agrícolas y estiman que el valor monetario de la contribución de la polinización representa, alrededor, del 9.5% de la producción agrícola global que es utilizada directamente para alimentos y donde el valor promedio de la producción de cultivos como cereales, azúcar y raíces que no dependen de polinización por insectos tienen un valor inferior al de aquellos cultivos (principalmente frutas y vegetales) que dependen de la polinización. Asimismo, Aizen, et al., (2009) estiman que la polinización contribuye con alrededor del 3% o 8% de la producción agrícola global, con una mayor importancia en los países en desarrollo. Asimismo, Williams (1994) y Leonhardt, (2013) estiman que la polinización beneficia a más de 80% de los cultivos en Europa, Vallecillo et al., (2018) estima que la polinización representa el 15% del valor de los cultivos polinizados en Europa, Roubik (1995) estima que la polinización contribuye en 70% de los cultivos tropicales y Gallai et al., (2009) estima que la contribución económica de la polinización (i.e. Insect pollination economic value -IPEV) al valor del producto total para Centroamérica y Sudamérica se ubica entre 6.1% y 6.6% y en alrededor de 11.4% en América del Norte. Destaca también que los servicios de polinización tienen efectos indirectos relevantes como por ejemplo la polinización de cultivos que se utilizan como alimento para animales (Martin, 1975, Pimentel et al., 1997).

Existen varios métodos para estimar el valor del servicio de polinización en donde destacan⁴:

- 1. **El método de mercado** donde se estima el precio de mercado de la polinización que ya es una práctica comercial establecida actualmente en países como Estados Unidos, Canadá y Nueva Zelanda a través de la compra o renta de abejas⁵ (Gallai, *et al*, 2009, Martin, 1975). Sin embargo, este método utiliza un mercado aún segmentado e incompleto y que tiene aún precios muy heterogéneos.
- 2. El método del valor de remplazo del servicio de polinización que estima los costos de remplazar este servicio, por ejemplo, a través de polinización administrada o por otros medios (Allsopp, *et al.*, 2008).

³ Por ejemplo, la polinización es particularmente relevante en frutales, vegetales y otros cultivos aceitosos y no es tan relevante en la mayoría de los cereales (Klein *et al.*, 2007).

⁴ En estricto sentido, puede incluirse también en la estimación del bienestar que ocasiona la polinización en la población los aspectos estéticos (Bauer, y Wing, 2016).

⁵ Por ejemplo, en México existe evidencia de que los aguacateros mueven panales para mejorar las cosechas y que en la agricultura protegida se compran abejorros para la polinización.

- 3. El método del valor monetario total donde el valor monetario de la polinización es equivalente al valor total de los cultivos polinizados (Costanza *et al.*, 1997).
- 4. El método del valor monetario de la polinización basado en las razones de dependencia (RD) de los cultivos al servicio de polinización, que considera que la polinización contribuye con una parte de la producción agrícola, aunque de manera diferenciada por tipos de cultivos. Este método corresponde a la pérdida de producción agrícola debido a la carencia de polinización animal.

Una variación del método de razones de dependencia de polinización, corresponde al método del ingreso neto, donde las tasas de dependencia de polinización se aplican exclusivamente el ingreso neto (i.e. diferencia entre ingresos y costos totales en la producción de cultivos agrícolas) (Winfree, *et al.*, 2011). Este método no incorpora ajustes potenciales y procesos de adaptación de los productores (Winfree, *et al.*, 2011).

Este método permite además considerar posibles pérdidas o escasez de polinización animal a través de construir un modelo de demanda y oferta potencial de polinización animal. Esto es, las tasas de dependencia de polinización multiplicadas por la producción agrícola correspondiente representan la demanda potencial de polinización animal y la oferta potencial de polinización se construye a través de construir un índice potencial de polinización derivado de los hábitats de nidos y sustratos y nutrientes del suelo y la distancia entre las áreas cultivadas y las áreas de los polinizadores animales (Horlings, *et al.*, 2019b). Ello permite entonces ajustar la demanda y la oferta potencial de polinizadores animales.

5. El método de la función de producción donde la contribución marginal que tiene el servicio de polinización animal sobre el producto representa el valor monetario de dicho servicio (Hanley, *et al.*, 2015).

En este estudio se utiliza el método⁶ de la razón de dependencia (RD) junto con un índice de oferta potencial de polinizadores animales para la valoración monetaria del servicio de polinización animal de la producción agrícola. Este método es aplicado en diversas modalidades en estudios como Klein, *et al.*, 2007 y Gallai, *et al.*, 2009, Gallai y Vaissière, 2009 y Horlings, *et. al.*, 2019a y 2019b, Smith, *et al.*, 2011). Una síntesis de algunas de las valoraciones monetarias del servicio de polinización se sintetiza en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valor monetario del servicio de polinización: algunos estudios

Estudio	Región	Valor (2010 GBP)	Método
Matheson y Schrader	Nueva Zelanda	£1.83 bn	VC
<u>(1987)</u>			
Costanza et al. (1997)	Global	£118.4/ha	VC

⁶ En estricto sentido debería de disponerse series de tiempo para identificar el cambio en la contribución de la polinización, sin embargo, no se dispone de estas referencias históricas.

7

Calderone (2012)	Estados Unidos	£10.6 bn	RD
Jai-Dong y Chen (2011)	China (horticultura)	£29.3 bn	RD
Kasina et al. (2009)	Kenia (pequeños productores)	£25–£1910/ha	RD
Losey y Vaughn (2006)	Estados Unidos	£2.30 bn	RD
Morse y Calderone	Estados Unidos	£12.1 bn	RD
<u>(2000)</u>			
Zych y Jakubiec (2006)	Polonia	£520.2 M	RD
Carreck y Williams	Reino Unido	£322.1 M	RD
<u>(1998)</u>			
Canadian Honey Council	Canadá	£406.2 M	RD
(2001)		00.5.00.01	DD
Gill (1991)	Australia	£0.5-£0.9 bn	RD
<u>Pimtel et al. (1997)</u>	Global	£165.7 bn	RD
Guerra-Sanz (2008)	España (invernadero)	£470 M	RD
Brading et al. (2009)	Egipto	£1.3 bn	RD
Robinson et al. (1989)	Estados Unidos	£12.4 bn	RD
Garratt et al. (2014)	Reino Unido (manzanas)	£36.7 M	AR
Klatt et al. (2014)	Estados Unidos (fresas)	£750.7 M	AR
Stanley et al. (2013)	Irlanda (colza oleaginosa)	£3.32 M	AR
Greenleaf y Kremen (2006)	Estados Unidos (girasol)	£16.6 M	AR
Olschewski et al. (2006)	Indonesia y Ecuador (café)	£30-£31/ha	AR
Ricketts et al. (2004)	Costa Rica (café)	Up to £97/ha	AR
Shipp et al. (1994)	Canadá (pimientos de invernadero)	Upto £41,6450/ha	AR
Gallai et al. (2009)	Global	£121.8 bn	RD, EC
Southwick y Southwick	Estados Unidos	£2.5-£8.3 bn	RD, EC
<u>(1992)</u>			
Allsopp et al. (2008)	Sudáfrica	£17.9–£78.6 M	CR
Calzoni y Speranza	Italia (ciruelas)	£274/Ha	CR
<u>(1998)</u>			
Winfree et al. (2011)	NJ, Estados Unidos (sandía)	£0.13-£2.3 M	CR, AR, EC
Estudio	Región	Valor publicado/Valor actual 2020 (por año)	Método
Constanza et al. (1997)	Global	US\$117 bn/US\$206 bn	VC
Pimentel et al. (1997)	Global	US\$200 bn/US\$324 bn	RD
Gallai et al. (2009)	Global	EUR € 153 bn/US\$210 bn	RD
Lautenbach et al. (2012)	Global	US\$340 bn/US\$387 bn	RD
Bauer y Wing (2016)	Global	US\$140 bn/US\$195 bn	RD
Mathenson y Schrader (1987)	Nueva Zelanda	GBP£1.83 bn/US\$5.4 bn	VC
Robinson et al. (1989)	Estados Unidos	US\$9.3 bn/US\$19 bn	RD
Allsopp et al. (2008)	Sudáfrica (6 cultivos)	US\$358 M/US\$484 M	CR
JianDong y Chen (2011)	China (44 cultivos)	US\$52.2 bn/US\$63 bn	RD
Basu et al. (2011)	India (6 cultivos)	US\$726 M/US\$888 M	RD
Calderone (2012)	Estados Unidos (58 cultivos)	US\$15.2 bn/US\$18 bn	RD
Giannini et al. (2015)	Brasil (87 cultivos)	US\$12 bn/US\$13 bn	RD
Allsopp et al. (2008) JianDong y Chen (2011) Basu et al. (2011) Calderone (2012)	China (44 cultivos) India (6 cultivos) Estados Unidos (58 cultivos)	US\$52.2 bn/US\$63 bn US\$726 M/US\$888 M US\$15.2 bn/US\$18 bn	RD RD RD

Breeze et al. (2015)	Reino Unido	GBP£379 M/US\$512 M	DAP
Marco and Coelho (2004)	Brasil (café)	US\$1,861/ha/US\$2,595/ha	AR
Whittington et al. (2004)	Canadá (tomate)	US\$2,700/ha/US\$3,768/ha	AR
Greenleaf y Kremen (2006)	Estados Unidos (girasol)	US\$26 M/US\$37 M	AR
Olschewski et al. (2006)	Indonesia y Ecuador (café)	US\$43-76/ha/US\$64-112/ha	AR
Winfree et al. (2011)	Estados Unidos (sandía)	US\$0.18 M; US\$2.25 M ; US\$3.4 M /	CR, AR, EC
		US\$0.24 M; US\$3.04 M; US\$4.5 M	
Lye et al. (2011)	Reino Unido (frambuesa)	GBP£1,170/ha/ US\$1,737/ha	CR
Garratt et al. (2014)	Reino Unido (manzana)	GBP£36.7 M/ US\$50 M	AR
Stanley et al. (2013)	Reino Unido (colza)	EUR €3.9 M/US\$4.5 M	AR
Bravo-Monroy et al. (2015)	Colombia (café)	US\$146/ha/US\$159/ha	AR
Gibbs et al. (2016)	Canadá y Estados Unidos	US\$20,655-26,541/ha/US\$22,457-	AR
	(arándano)	28,857/ha	
Knapp y Osborne (2017)	Reino Unido (calabaza)	GBP£166/ha/ US\$220/ha	AR
Klatt et al. (2014)	Unión Europea (fresa)	US\$0.32 bn/US\$0.35 bn	AR

Notas: VC=Valor del cultivo; RD=razón de dependencia; EC=Excedente del consumidor, CR=Costos de reemplazo, AR=análisis de rendimiento; DAP=Disposición a pagar; bn=miles de millones por fuente en inglés; M=millones; ha=hectárea Fuente: Hanley, et al., (2015) y Guimaraes, et al., (2020).

De este modo, la valoración monetaria del servicio de polinización animal, considerado como un servicio regulatorio final, estima su contribución al valor de la producción (ingreso bruto) de aquellos cultivos agrícolas que muestran una tasa de dependencia a la polinización (Horligns, et al., 2009a, pp. 46). Sin embargo, esta valoración monetaria del servicio de regulación de la polinización en la producción agrícola está sujeta a una posible doble contabilidad (U.N. et al., 2014b, pp. 78). Esto es, resulta común que la valoración monetaria del servicio de polinización este incluido junto en la contribución de otros servicios de provisión de los ecosistemas a la producción agrícola, como los servicios de provisión de humedad y fertilidad del suelo, microclimas, agua o servicios derivados de los recursos hídricos (Klein, et al., 2007). Así, el valor monetario de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola es un valor bruto al que deben, en todo caso, de substraerse el valor monetario de la polinización para obtener el valor neto de la contribución de otros servicios de provisión y regulación a la producción agrícola (U.N. et al., 2014, pp. 52). Esto es, debe realizarse un proceso de identificación de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola. Sin embargo, persiste una fuerte incertidumbre sobre los factores que pueden estar incluidos en esta canasta de servicios de los ecosistemas a la producción agrícola y además persiste la incertidumbre de los efectos que tienen factores como el clima o prácticas agrícolas en el servicio de polinización (Vallecillo, et al, 2018, pp. 41, Corbet, et al., 1993).

De este modo, el método de valoración monetaria de la contribución del servicio de polinización se basa, en primer lugar, en aplicar las tasas de dependencia de la polinización al valor de los cultivos para obtener una demanda de polinización potencial. Estas tasas de dependencia se estiman con base en el valor de la polinización que se obtienen de calcular la pérdida potencial del valor (en nivel y calidad) de la producción agrícola debido a la

desaparición de la polinización animal (Klein, *et al.*, 2007, Gallai, *et al.*, 2009, Gallai y Vaissiere, 2009, Zulian, *et al.*, 2013). Estas razones de dependencia⁷ para diferentes cultivos, se clasifican como esencial, alta, modesta, baja o no necesaria para su producción (Klein, *et al.*, 2007, Horlings, *et al.*, 2019a, pp.47).

Ello puede representarse de acuerdo con la ecuación (1.a) que se concentra en el impacto de la polinización animal en la función de producción o de acuerdo con la ecuación (1.b) que identifica la pérdida del servicio de polinización (Hanley, *et al.*, 2015, Vaissiere, *et al.*, 2011).

$$(1.a) Y_{jt} = F(X_{jt}) + A_{jt} + u_{jt}$$

$$(1.b) Y_{jt} = F[ins_{jt}, otro_{jt}, polin_{jt}, \in_{jt}] + u_{jt}$$

Donde Y_{jt} representa la producción del cultivo j incluyendo su rendimiento del cultivo por polinización medido en unidades físicas o monetarias, normalmente en producto por hectárea por año, X_{jt} es el nivel de polinización, F(...) corresponde a la relación entre el nivel de polinización X_{jt} y la producción Y_{jt} , A representa el rendimiento del cultivo j consecuencia de un proceso autónomo de la polinización, *ins*_{jt} corresponde a los insumos totales, *polin*_{jt} es el servicio de polinización, *otro*_{jt} son otras variables de control, ε_{jt} son variables estocásticas como el clima, u_{jt} es el término de error y los subíndices j corresponde al cultivo j y t al período de tiempo. De este modo, $F(X_{jt})$ indica la tasa de dependencia de la producción del cultivo j al proceso de polinización (Vaissiere, *et al.*, 2011) y corresponde al flujo de producción derivado de la polinización (Klein, *et al.*, 2007).

Así, la demanda del servicio de regulación final derivado de las tasas de dependencia de la polinización puede estimarse de acuerdo con la ecuación (2) (Gallai, *et al.*, 2009):

(2)
$$IPEV_{t} = \sum_{i=1}^{l} \sum_{x=1}^{x} (P_{ixt} * Q_{ixt} * D_{it} * \rho)$$

Donde IPEV $_t$ es la demanda del valor económico total de la polinización, P_{jxt} es el precio del cultivo j, Q_{jxt} es la cantidad producida, D_{jt} es la razón de dependencia del cultivo j de la polinización, ρ representa un parámetro entre cero y uno que busca capturar el efecto del déficit de polinización y que en este caso se supone que es uno y los subíndices j corresponde a los cultivos, x a los precios y t al tiempo.

⁷ Estas razones de dependencia tienen un comportamiento lineal (Clement, et al., 2007).

⁸ El nivel de polinización incluye la densidad de polinizadores y su diversidad.

La evidencia disponible sobre las tasas de dependencia para diversos cultivos se sintetiza en el Cuadro 2 con base en el análisis de Klein *et al.*, (2007) donde se observa que las tasas de dependencia de los cultivos agrícolas de los servicios de polinización son heterogéneas (Klein, *et al.*, 2007 y Gallai, *et. al.*, 2009). Por ejemplo, la producción de algunas frutas, semillas y nueces se reduce hasta 90% sin polinizadores (Southwick y Southwick, 1992), que la polinización es indispensable para la producción de productos como cocoa y vainilla (Vaissiere, *et al.*, 2011) o que la polinización animal no es relevante para la producción de algunos cereales. Ello sugiere que la importancia económica en el PIB de la polinización está asociada a la estructura de la producción agrícola.

Cuadro 2. Tasas de dependencia de los cultivos al servicio de polinización basado en la pérdida de rendimiento en ausencia de polinizadores.

Grado de dependencia	Reducción de la producción en ausencia de los polinizadores	Cultivos
Esencial	90% y 100% (95%)	Acerola, Achiote, Atemoya, Cacao, Calabaza, Cambuci, Copoazú, Gliricídia, Jurubeba, Kiwi, Macadamia, Maracuyá, Maracuyá dulce, Melón, Nuez de Brasil, Sandía y Vainilla
Alta	40% - 90% (65%)	Adesmia, Aguacate, Albaricoque, Alforfón (trigo), Almendra, Arándano, Araticum, Carambola, Cereza, Ciruela, Durazno, Frambuesa, Gabiroba, Guaraná, Guayaba, Jambo vermelho, Mango, Manzana, Membrillo, Nanche, Níspero, Nuez (anacardo), Nuez de Barbados, Pepino y Pera
Modesta	10% - 40% (25%)	Algodón, Algodón de árbol, Bálsamo de manzana, Berenjena, Café, Castaña, Cereza, Coco, Colza, Fresa, Girasol, Granada, Grosella, Haba, Higo, Mangaba, Mora negra, Okra, Pimienta de cayena, Ricino, Semilla de sésamo y Soya
Baja	0% - 10% (5%)	Aceite de palma, Caqui, Chiles, Ciruela de cerdo, Frijol, Gandul, Guanábana, Guisantes de vaca, Juazeiro, Limón, Linaza, Lychee, Mandarina, Maní, Mombin, Naranja, Papaya, Pimenta malagueta, Pimiento morrón, Rambután, Tamarindo y Tomate
No aumento	0%	Aceituna, Ajo, Alcachofa, Algodón de montaña, Árbol de goma, Arroz, Avena, Camote, Camote (Yam), Caña de azúcar, Casava, Cebada, Cebolla, Centeno, Cha de la India (té), Clavo, Coliflor y brócoli, Espárragos, Gengibre, Jaboticaba, Lechuga, Maíz, Malva, Mate, Nuez, Papa, Pimienta blanca, Piña, Planta de seda china, Plátano, Sisal, Tabaco, Trigo, Triticale, Uva, Yute y Zanahoria

Nota el valor entre paréntesis es el valor medio para generar los mapas de polinización. Fuente: Borneck y Bricout (1984), Robinson et al. (1994), Southwick y Southwick (1992), Morse y Calderon (2000), Klein, et al., (2007), Gallai y Vaissiere

(2009) y Giannnini et al. (2015). Se utilizan, principalmente, las tasas de dependencia en Klein et al. (2007), cuando no se reporta información, se utiliza información de Giannnini et al. (2015) y, por último, de los estudios restantes.

La evidencia muestra, sin embargo, que la intensificación de la agricultura, el cambio de uso de suelo, el uso intensivo de pesticidas, la introducción de nuevas especies, patógenos y parásitos, el cambio climático y la pérdida de hábitats naturales reduce y pone en riesgo a estos procesos de polinización animal (Hanley, et. al., 2015, Guimaraes, et al., 2020, Klein, et al. 2007). De este modo, las tasas de dependencia de polinización para diferentes cultivos pueden presentar un déficit potencial de polinización, en monto, compatibilidad o temporalidad (Vaissiere, et al., 2011).

Para identificar los posibles déficits de polinización animal se construye un modelo de demanda y oferta potencial de polinización animal donde las tasas de dependencia de la polinización animal permiten identificar la demanda potencial de polinización 10 y la oferta potencial de la polinización por cultivo que se deriva de los nidos y nutrientes del suelo y la distancia entre el hábitat de los polinizadores 11 y las superficies de cultivo. En todo caso, la posibilidad de un déficit de polinización puede, además, incluirse a través del coeficiente ρ en la ecuación (2).

La evidencia disponible indica que las visitas de los polinizadores y las tasas de polinización por regiones tienen una relación lineal y que las tasas de visitas de los polinizadores declinan a la mitad a una distancia máxima de 1,308 metros, aunque existen polinizadores que cubren hasta 1,750 metros entre el nido y el cultivo o incluso 2 o 6 kilómetros (véase, por ejemplo, el metaanálisis de Ricketts *et al.*, 2006, Ricketts, *et al.*, 2008, Horlings, *et al.*, 2019b, pp. 36, Vaissieve, *et al.* 2011, Zulian, *et al.*, 2013). De este modo, puede incorporarse un análisis ¹² de la distancia entre los habitas de los polinizadores y/o las áreas de los cultivos agrícolas en donde se considera que el potencial de polinización depende de factores adicionales como el tipo de suelo, clima, topografía y distancia ¹³. En este sentido, puede entonces construirse una oferta potencial de polinización ajustada por distancia. Ello debe considerar la evidencia disponible que sugiere que es común que se deposite más polen del necesario (Horlings, *et*

⁹ La demanda de polinización corresponde al número de hectáreas multiplicado por la suma de todos los cultivos que dependen de la polinización.

¹⁰ El área utilizada corresponde al número de hectáreas de cultivos polinizadas (Horlings, et al., 2019b).

¹¹ El análisis de la potencial presencia de déficits de polinización puede considerar, además, un indicador del nivel de polinizadores de acuerdo a los recursos de flora, los nidos y cavidades en árboles, vegetación y suelo, por ejemplo, con base en el meta-análisis de Kenedy *et al.*, (2013) en Horlings, *et al.*, (2019b).

¹² Véase en el apéndice la metodología de Horlings et al., (2019b).

¹³ Por ejemplo, se pueden utilizar ecuaciones como:

 $ppol_{it} = \beta_{i0} + \beta_{i1}clim_{it} + \beta_{i2}suel_{it} + \beta_{i3}top_{it} + \beta_{i4}dis_{it} + \sum_{1=1}^{k}otros_{kit} + u_{it}$

Donde *ppol*_{it} representa la tasa potencial de polinización, *clima*_{it} es el clima, *suel*_{it} es el tipo de suelo, top_{it} es la topografía del suelo, dis_{it} es la distancia entre el habita de los polinizadores y las áreas de cultivos, otros_{kit} son otros factores como agroquímicos que tienen un efecto negativo y u_{it} es el término de error (véase Rickettes, *et al.*, 2008).

al., 2019b, pp. 36) (Gallais, et al., 2009) y que, además, la relación entre la distancia y la polinización tiene una relación no lineal.

3 CONTRIBUCIÓN DEL SERVICIO DE POLINIZACIÓN A LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO.

La estimación del valor económico del servicio de polinización por animales utiliza información a nivel municipal y a nivel de unidad de producción. Respecto a la primera fuente, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) publica el valor de la producción, volumen de producción, rendimiento por hectárea, precio medio rural, modalidad hídrica y ciclo de producción de alrededor de 310 diferentes cultivos producidos en los 2,435 municipios de México. Con ello, es posible asignar las tasas de dependencia de polinización animal, del cuadro 2, a cada uno de los cultivos producidos en México. Respecto a la segunda fuente, la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) recolecta información sobre el volumen de producción, rendimiento por hectárea, precio de venta, modalidad hídrica y ciclo de producción de una extensa variedad de cultivos producidos en el ciclo agrícola 2013-2014. Dicha encuesta cuenta con representatividad a nivel nacional para los 29 cultivos más importantes en México. Siendo consistente con el análisis a nivel municipal, se utilizan los precios medios rurales del SIAP para valorar el volumen total de producción, incluso el que se utiliza para consumo propio (producción no vendida).

En este sentido, la estimación del valor monetario del servicio de polinización animal considerando tres opciones:

- La demanda potencial de polinización animal.
- La oferta potencial de polinización animal.
- La oferta de polinización animal ajustado por distancia.

3.1 Contribución agregada del servicio de polinización a la producción agrícola y cultivos prioritarios.

La estimación de la ecuación (2), con base en las tasas de dependencia de polinización derivadas del análisis de Klein *et al.*, (2007), sintetizadas en el Cuadro 2, indica que la demanda potencial del servicio de polinización, en 2018, es particularmente relevante para varios cultivos agrícolas en México¹⁴ en donde destacan el aguacate, tomate rojo (jitomate), calabaza, mango, sandía, manzana, pepino, algodón, fresa y frambuesa.

13

¹⁴ Existe además el valor adicional que corresponde al valor cultural de la polinización e incluso su potencial aprovechamiento en el turismo ecológico (Hanley, *et al.*, 2015).

Cuadro 3. Valor monetario de la demanda potencial del servicio de polinización en el valor de la producción agrícola en México: 2018

Cultivo	Grupo	IPEV		
		(millones de \$ de 2015)	% del valor bruto de producción agrícola	% del PIB total
Arroz	Cereales	0.000	0.00000	0.00000
Cebada	Cereales	0.000	0.00000	0.00000
Maíz	Cereales	0.000	0.00000	0.00000
Sorgo	Cereales	0.000	0.00000	0.00000
Trigo	Cereales	0.000	0.00000	0.00000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000
Cacao	Cultivos de bebidas y especias	840.163	0.15265	0.00435
Café	Cultivos de bebidas y especias	1,026.323	0.18647	0.00531
Chile seco	Cultivos de bebidas y especias	323.348	0.05875	0.00167
Chile verde	Cultivos de bebidas y especias	911.774	0.16566	0.00472
	Subtotal	3,101.608	0.564	0.016
Cacahuate	Cultivos de semillas oleaginosas	0.000	0.00000	0.00000
Copra	Cultivos de semillas oleaginosas	423.604	0.07696	0.00219
Soya	Cultivos de semillas oleaginosas	452.246	0.08217	0.00234
	Subtotal	875.850	0.159	0.005
Aguacate	Frutas y nueces	22,382.916	4.06667	0.11580
Durazno	Frutas y nueces	749.234	0.13613	0.00388
Frambuesa	Frutas y nueces	2,739.026	0.49764	0.01417
Fresa	Frutas y nueces	2,752.982	0.50018	0.01424
Guayaba	Frutas y nueces	911.839	0.16567	0.00472
Limón	Frutas y nueces	569.990	0.10356	0.00295
Mango	Frutas y nueces	4,514.851	0.82029	0.02336
Manzana	Frutas y nueces	4,155.119	0.75493	0.02150
Naranja	Frutas y nueces	2,092.515	0.38018	0.01083
Nuez	Frutas y nueces	0.000	0.00000	0.00000
Papaya	Frutas y nueces	254.155	0.04618	0.00131
Piña	Frutas y nueces	0.000	0.00000	0.00000
Plátano	Frutas y nueces	0.000	0.00000	0.00000
Uva	Frutas y nueces	0.000	0.00000	0.00000
Zarzamora	Frutas y nueces	2,177.007	0.39553	0.01126
	Subtotal	43,299.632	7.867	0.224
Frijol	Leguminosas	551.916	0.10028	0.00286
Garbanzo	Leguminosas	0.000	0.00000	0.00000
	Subtotal	551.916	0.100	0.003
Agave	Otros cultivos	0.000	0.00000	0.00000
Alfalfa	Otros cultivos	0.000	0.00000	0.00000
Algodón	Otros cultivos	2,969.144	0.53945	0.01536
Caña	Otros cultivos	0.000	0.00000	0.00000
Nopal	Otros cultivos	0.000	0.00000	0.00000
Papa	Otros cultivos	0.000	0.00000	0.00000

Pastos	Otros cultivos	0.000	0.00000	0.00000
Tuna	Tuna Otros cultivos		0.00000	0.00000
Subtotal		2,969.144	0.539	0.015
Brócoli	Vegetales y melones	0.000	0.00000	0.00000
Calabaza	Vegetales y melones	4,594.923	0.83484	0.02377
Cebolla	Vegetales y melones	0.000	0.00000	0.00000
Espárrago	Vegetales y melones	0.000	0.00000	0.00000
Lechuga	Vegetales y melones	0.000	0.00000	0.00000
Melón	Vegetales y melones	2,264.573	0.41144	0.01172
Pepino	Vegetales y melones	3,380.852	0.61425	0.01749
Sandía	Vegetales y melones	4,407.764	0.80083	0.02280
Tomate rojo Vegetales y melones (jitomate)		16,637.334	3.02278	0.08607
Tomate verde Vegetales y melones		2,044.251	0.37141	0.01058
Zanahoria	Zanahoria Vegetales y melones		0.00000	0.00000
	Subtotal		6.056	0.172
	Total	81,026.241	14.721	0.419

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP y tasas de dependencia en el cuadro 2

La demanda potencial promedio del servicio de polinización, atendiendo a la estructura ¹⁵ por cultivos de la producción agrícola, representa el 12.73% de la producción agrícola entre 2003-2018 y el 15.29% del valor de la producción agrícola en 2018 (Cuadro 3 y Gráfico 1). De este modo, la valoración monetaria promedio de la demanda del servicio de polinización a los cultivos agrícolas representa el 0.33% del PIB en México entre 2003-2018 y el 0.44% del PIB en 2018 (Cuadro 4). Se observa, además, que la contribución monetaria de la demanda del servicio de polinización animal al conjunto de las actividades agrícolas es relativamente volátil derivado, entre otros factores, de la volatilidad de la estructura de la producción agrícola, especialmente, consecuencia de un incremento importante en la exportación de aguacate, jitomate y frutos rojos. En este sentido, la importancia de la contribución monetaria de la demanda de polinización a la producción de cultivos agrícolas en el producto agrícola o el PIB se asocia a la evolución de ciertos fenómenos económicos; por ejemplo, el alto consumo de aguacate y jitomate para la preparación de guacamole en Estados Unidos durante el Super Bowl. De este modo, la volatilidad de la contribución de la polinización animal se observa en un modelo ARIMA y sus gráficas de abanico correspondientes (Gráfico 2.a y Gráfico 2.b). Esta volatilidad puede incorporarse en la construcción de escenarios (Gráfico 2.a y Gráfico 2.b).

Cuadro 4. Valor económico de la demanda potencial de polinización animal 2003-2018 (con tasas de dependencia).

Valor económico de la polinización

_

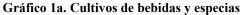
¹⁵ Por ejemplo, Guimaraes, *et. al.*, (2020) estima que la estructura de cultivos en México corresponde a 33.3 que dependen de la polinización, 33.7% que no dependen de la polinización y 33% que se desconoce.

Periodo	(millones de \$)	(millones de \$ 2015=100)	(% del VBP agrícola)	(% del PIB total)
2003	24,574.79	45,000.61	12.254	0.312
2004	30,460.97	51,624.74	13.640	0.345
2005	27,844.40	45,611.71	12.893	0.291
2006	33,079.77	51,758.88	13.146	0.311
2007	34,764.65	50,648.76	11.884	0.302
2008	37,025.54	50,548.75	11.485	0.300
2009	39,053.08	51,680.41	12.059	0.321
2010	43,063.56	53,517.85	11.976	0.322
2011	43,693.10	49,642.67	11.440	0.298
2012	47,179.09	51,434.64	11.122	0.298
2013	50,432.48	55,259.75	12.089	0.310
2014	55,308.60	58,660.46	12.797	0.316
2015	61,793.54	61,793.54	13.257	0.333
2016	76,520.37	69,712.91	13.718	0.380
2017	91,874.91	78,507.92	14.574	0.419
2018	102,384.60	84,127.85	15.285	0.435
Promedio	49,940.84	56,845.71	12.726	0.331

Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Klein *et al.*, (2007) y Giannini et al. (2015).

Gráfico 1. Valor económico de la demanda potencial de polinización animal 2003-2018 (% del valor bruto de la producción)





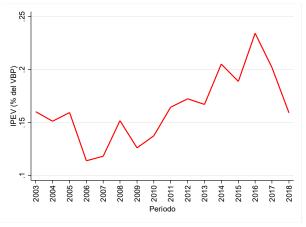
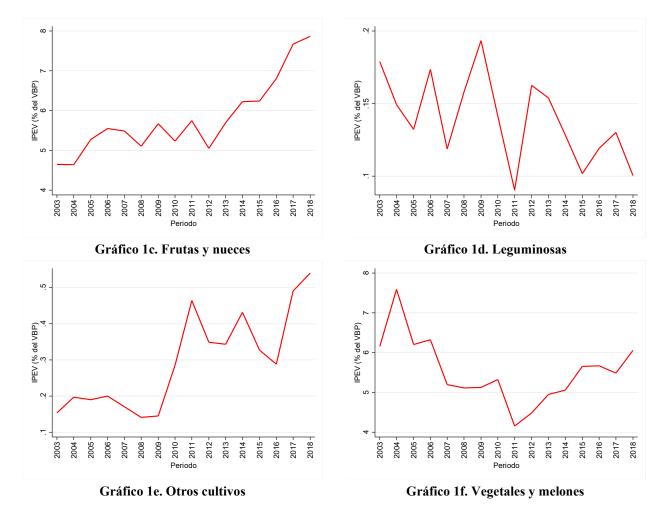


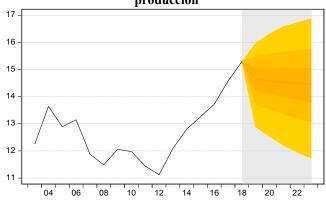
Gráfico 1b. Cultivos de semillas oleaginosas

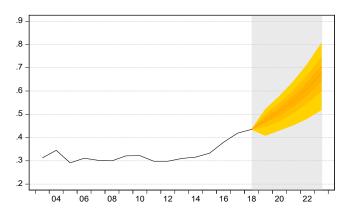


Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Klein et al. (2007) y Giannini et al. (2015). Nota: Cereales (trigo-0.00, maíz-0.00, arroz-0.00, sorgo-0.00 y cebada-0.00); Cultivos de bebidas y especias (café-0.25, cacao-0.95, chile seco-0.05 y chile verde-0.05); Cultivos de semillas oleaginosas (soya-0.25, cacahuate-NA y coco copra-0.25); Frutas y nueces (aguacate-0.65, plátano-0.00, mango-0.65, papaya-0.05, piña-0.00, limón-0.05, naranja-0.25, uva-NA, frambuesa-0.65, fresa-0.25, zarzamora-0.25, manzana-0.65, durazno-0.65, guayaba-0.65 y nuez-0.00); Leguminosas (frijol-0.05 y garbanzo-NA); Otros cultivos (agave-NA, alfalfa-NA, algodón-0.25, nopal-NA, pastos-NA, tuna-NA, caña-0.00 y papa-0.00); y, Vegetales y melones (espárragos-0.00, lechuga-0.00, jitomate-0.65, tomate-0.65, sandía-0.95, calabaza-0.95, zanahoria-0.00, cebolla-0.00, brócoli-0.00 y pepino-0.65).

Gráfico 2a. Escenarios: Porcentaje del valor bruto de la producción

Gráfico 2b. Escenarios: Porcentaje del PIB nacional





Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Klein et al. (2007) y Giannini et al. (2015).

3.2 Contribución geo-referenciada de la demanda potencial del servicio de polinización a la producción agrícola.

Las estimaciones geo-referenciadas de la demanda del servicio de polinización se sintetizan en el Gráfico 3 en donde se observa que la contribución de los servicios de polinización animal se concentra geográficamente en los municipios de Ensenada (BC), Tancítaro (Michoacán), Uruapan (Michoacán), Peribán (Michoacán), Tacámbaro (Michoacán), Salvador Escalante (Michoacán), Hermosillo (Sonora), Ario (Michoacán), Culiacán (Sinaloa) y Navolato (Sinaloa). Ello coincide con la producción de algunos productos agrícolas de exportación.

Metodología para geo-referenciación de la información del servicio de polinización a la producción agrícola.

La geo-referenciación de las variables de producción agrícola reportado en el Sistema de Información Agro-Alimentaria y Pesquera (SIAP) para los cultivos seleccionados se basa en el uso de las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación (CUSV) del INEGI.

1. Se unen las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación (CUSV) para cada uno de los años con el Marco geoestadístico municipal 2015. Este procedimiento se realiza mediante la operación de geoprocesamiento denominada "intersección" del software ARCgis. Con ello se obtiene las CUSV por municipio lo que permite identificar específicamente los tipos de suelo y vegetación para cada municipio 16.

18

¹⁶ Las tablas de atributos de estas nuevas cartas se exportan a Excel para su manejo.

- 2. Se estima el área total de cada uso de suelo y vegetación a nivel municipal. Esto se realiza sumando el área de los polígonos del mismo uso de suelo y del mismo municipio que están reportadas en el Cuadro de atributos obtenidas en el paso anterior.
- 3. Se estima el área proporcional de cada polígono del mismo tipo de uso de suelo y vegetación en el municipio. Para ello se divide el área de cada polígono entre el área total obtenida en el paso anterior (paso 2). Dicha proporción se considera como el ponderador de asignación de producción y valor de la producción, e.g. un factor de 0.3 indica que el polígono en cuestión representa el 30% del total de tierra agrícola en el municipio, por lo tanto, 30% del total de producción y del valor de la producción es asignado a dicho polígono.
- 4. Se asigna el volumen de producción y/o el valor de la producción reportado en el SIAP para los cultivos seleccionados en sus modalidades de riego y de temporal. Estos valores se asignan solamente a aquellos polígonos de las CUSV destinados como "agricultura anual de riego" y "agricultura anual de temporal" respectivamente. Sin embargo, los datos del SIAP pueden no coincidir con los datos de las CUSV. Por ejemplo, para el año 2014 el municipio de Mexicali, Baja California, reporta en el SIAP una producción de trigo en su modalidad temporal de 254,302.36 toneladas y de trigo en su modalidad riego de 265,992.19 toneladas. Por otro lado, en las CUSV no se reporta en dicho municipio ningún polígono asignado al uso de suelo de "agricultura anual de temporal", por lo tanto, en la asignación del paso anterior no se están georreferenciando las 254,302.36 toneladas de trigo en su modalidad de temporal para ese municipio.
- 5. En este sentido, se procede a realizar una asignación del volumen de producción y/o el valor de la producción que no se pudieron asignar en el paso anterior. Para ello se seleccionan otros tipos de uso de suelo y vegetación dependiendo el cultivo y municipio del que se trate. Por ejemplo, en el caso del arroz se pueden asignar dichos valores a los tipos de suelo "agricultura de humedad anual" y "agricultura de humedad anual permanente".
- 6. El cuadro obtenido en el paso 5 sobre asignación del volumen de producción y/o el valor de la producción se une con el Cuadro de atributos de las CUSV que se obtiene del paso 1. Ello permite geo-referenciar, en una escala de valores, tanto el volumen de la producción, el valor de la producción y la contribución del servicio de polinización animal a la producción de los cultivos seleccionados.

Gráfico 3. Contribución geo-referenciada de la demanda potencial del servicio de polinización animal a la producción agrícola 2003-2018 (millones de pesos de 2015)

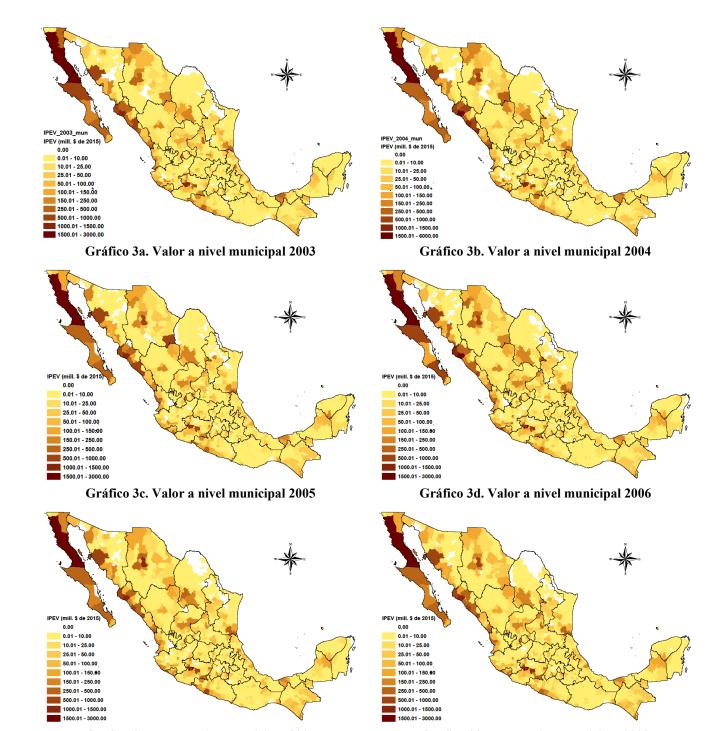
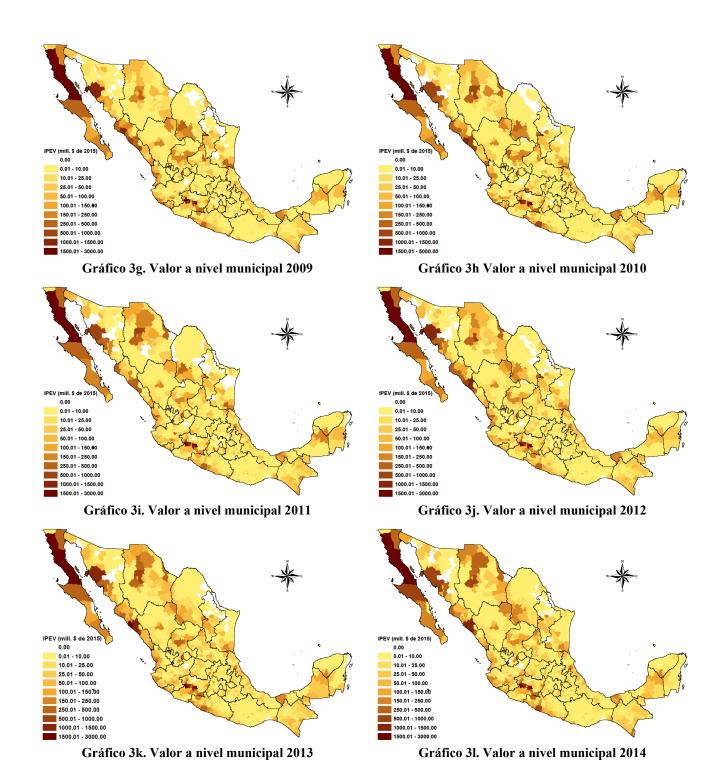
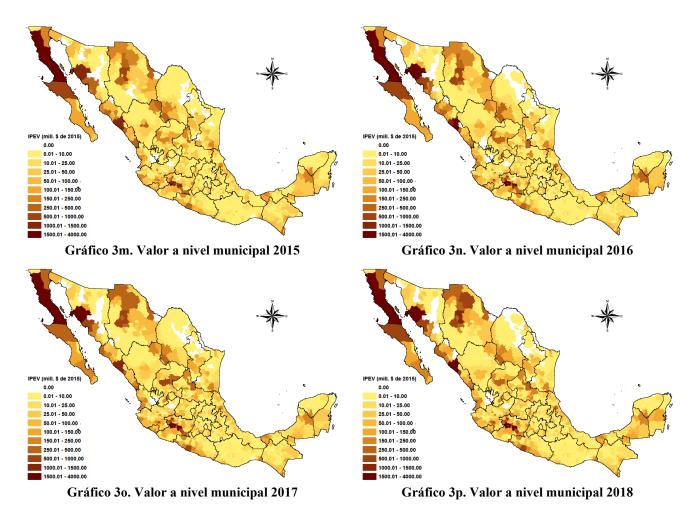


Gráfico 3e. Valor a nivel municipal 2007 Gráfico 3f. Valor a nivel municipal 2008





Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Klein et al. (2007) y Giannini et al. (2015). Nota: Cereales (trigo-0.00, maíz-0.00, arroz-0.00, sorgo-0.00 y cebada-0.00); Cultivos de bebidas y especias (café-0.25, cacao-0.95, chile seco-0.05 y chile verde-0.05); Cultivos de semillas oleaginosas (soya-0.25, cacahuate-NA y coco copra-0.25); Frutas y nueces (aguacate-0.65, plátano-0.00, mango-0.65, papaya-0.05, piña-0.00, limón-0.05, naranja-0.25, uva-NA, frambuesa-0.65, fresa-0.25, zarzamora-0.25, manzana-0.65, durazno-0.65, guayaba-0.65 y nuez-0.00); Leguminosas (frijol-0.05 y garbanzo-NA); Otros cultivos (agave-NA, alfalfa-NA, algodón-0.25, nopal-NA, pastos-NA, tuna-NA, caña-0.00 y papa-0.00); y, Vegetales y melones (espárragos-0.00, lechuga-0.00, jitomate-0.65, tomate-0.65, sandía-0.95, melón-0.95, calabaza-0.95, zanahoria-0.00, cebolla-0.00, brócoli-0.00 y pepino-0.65).

3.3 Oferta potencial de polinización.

Existe evidencia creciente que la intensificación de las prácticas agrícolas y la reducción de los habitas naturales de los polinizadores animales está disminuyendo su oferta en regiones específicas que contrasta, con el aumento global de cultivos que requieren de polinización animal (i.e. aumento en la estructura y aumento de prácticas de monocultivo). Ello lo ilustra el uso creciente de servicios de polinización administrados (i.e. renta de abejas).

La estimación de la oferta potencial de polinización animal se fundamenta en la evidencia de que la presencia de nidos y de recursos de flora influyen en la abundancia, la productividad y la diversidad de los polinizadores animales y por tanto en la productividad agrícola y en la calidad de los productos agrícolas (Ricketts, *et al.*, 2008),

De este modo, una estimación preliminar agregada de la contribución de la polinización animal, ajustada por la oferta potencial de polinización, puede construirse considerando la distancia, calidad y estructura de los campos aledaños, incluyendo flora (polen y néctar) y nidos (cavidades en árboles y sustratos en suelos) a los suelos agrícolas que proveen de habitas para los polinizadores y las prácticas productivas y administrativas agrícolas y sus interacciones (Ricketts, *et al.*, 2008). Estas estimaciones de la oferta potencial de polinización muestran una elevada incertidumbre y por tanto estos resultados deben de considerarse con precaución (Ricketts, *et al.*, 2008).

Así, la estimación de la oferta potencial de polinizadores animales¹⁷ en las áreas agrícolas se realiza con base en el método de la vegetación y abundancia de los polinizadores animales. El método la vegetación y abundancia¹⁸ de los polinizadores animales se basa en el modelo desarrollado por Lonsdorf *et al.*, (2009) y Kennedy, *et al.*, (2013). Este modelo busca predecir la abundancia y la diversidad de las abejas en referencia al tipo de suelo (Figura 1) y a través de ello el modelo predice la oferta potencial de polinización disponible en cada área de cultivo (Recuadro 1).

Cobertura vegetal

HN: Nidos y recursos florales disponibilidad

P_x abundancia

P_o servicio de polinización

Figura 1: Lógica del modelo de cobertura vegetal y abundancia de polinización.

Fuente: Elaboración propia.

Recuadro 1. Método de vegetación y abundancia de polinización.

- 1. La abundancia relativa de polinización (S_h), incluyendo nidos y flora, se obtiene con base en el índice de suelos de Londsdorf (LLI)¹⁹ que indica la relativa abundancia de los polinizadores (oferta) para cada especie en forma geo-referenciada con base en la cobertura vegetal para los nidos y los recursos de flora²⁰. Ello permite obtener un mapa de abundancia relativa de polinización animal geo-referenciado con valor entre 0 y 1.
- 2. El mapa del servicio de polinización potencial con base en la tasa de visitas esperadas ajustada por la distancia se obtiene con:

23

¹⁷ Las abejas son los polinizadores animales más importantes (Klein *et al.*, 2007)

¹⁸ La abundancia corresponde al número de abejas recolectadas en redes o trampas y las visitas corresponde al número de vistas por abeja (Kennedy, *et al.*, 2013).

¹⁹ El modelo de Lonsdorf se instrumentó utilizando ArcGIS, y está disponible a través del Natural Capital Project ('Crop Pollination' tool within the InVEST Software, http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html) (Tallis *et al.*, 2011).

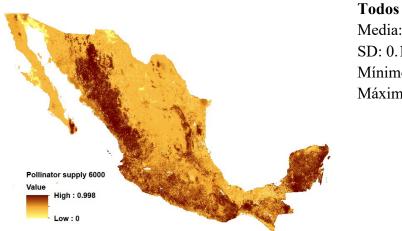
²⁰ Ver (LLI) (ver Apéndice S4 para detalles) de Kennedy, (2013).

(1.c)
$$P_c = \sum_{h=1}^{H} S_h \frac{e^{-0.00053d_{hc}}}{e^{-0.00053d}}$$

Donde P_c representa la polinización potencial S_h representa la abundancia relativa de polinización con valores entre 0 y 100 en el área h, dhc es la distancia entre el área h y el área c de cultivos y exp(-0.00053d) es el modelo óptimo de vistas donde d es la distancia entre el área de habitas de polinización y el área de cultivo (Horlindgs, et al, 2019). Sólo se consideran dos escenarios de Pc.

Utilizando la herramienta Invest del NATURAL CAPITAL PROJECT de la Universidad de Stanford, se calcularon los índices de polinización potencial (oferta y abundancia de polinizadores) en todo el territorio de México²¹. El Gráfico 4.1. muestra el índice de oferta de polinización animal en todo el territorio nacional con un nivel de resolución de aproximadamente 20 metros cuadrados (en el ecuador). La oferta de polinización animal es un indicador de los lugares en donde se originan los polinizadores. Asimismo, el Gráfico 4.2 muestra el índice de abundancia de polinizadores animales en México. La abundancia indica los lugares en donde los polinizadores se encuentran activos. Como se puede observar, existe una coincidencia clara entre la oferta y abundancia de polinizadores en el territorio de México concentrándose en lugares cercanos a tierras agrícolas y de bosques y selvas. Al comprender todos los usos de suelo, estos indicadores sugieres una media nacional de oferta potencial de polinización de 0.64.

Gráfico 4. Estimaciones preliminares de la oferta de polinización potencial.

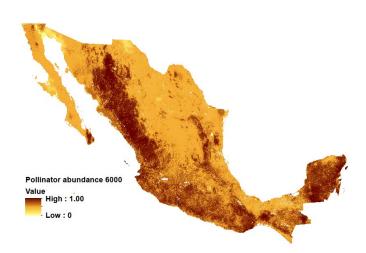


Todos los usos de suelo:

Media: 0.64 SD: 0.18 Mínimo: 0.00 Máximo: 1.00

Gráfico 4.1. Índice de oferta de polinización animal potencial.

²¹ La herramienta Invest se encuentra disponible en: https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/investmodels/crop-pollination



Todos los usos de suelo:

Media: 0.64 SD: 0.18 Mínimo: 0.00

Máximo: 1.00

Gráfico 4.2. Índice de abundancia de polinización animal.

Fuente: elaboración propia con base en carta de uso de suelo y vegetación VI (INEGI, 2019) y con la herramienta Invest disponible en http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/croppollination.html

Así, aplicando las tasas de dependencia de polinización potencial ajustadas por la oferta potencial agregada se observa que el valor de la polinización asciende a 36,381 millones de pesos constantes de 2015 que representa, en promedio, el 0.21% del PIB nacional y el 8.15% del valor bruto de la producción agrícola (Cuadro 5). Ello sugiere los riesgos que implica la pérdida potencial de la polinización animal.

Cuadro 5. Valor monetario de la contribución de la oferta de polinización potencial a la producción agrícola.

	Valor económico de la polinización			
Periodo	(millones de \$)	(millones de \$ 2015=100)	(% del VBP)	(% del PIB total)
2003	15,727.87	28,800.39	7.843	0.200
2004	19,495.02	33,039.83	8.729	0.221
2005	17,820.41	29,191.49	8.252	0.186
2006	21,171.05	33,125.68	8.414	0.199
2007	22,249.38	32,415.20	7.606	0.193
2008	23,696.35	32,351.20	7.350	0.192
2009	24,993.97	33,075.46	7.718	0.205
2010	27,560.68	34,251.42	7.665	0.206
2011	27,963.58	31,771.31	7.321	0.191
2012	30,194.62	32,918.17	7.118	0.191
2013	32,276.79	35,366.24	7.737	0.198
2014	35,397.51	37,542.69	8.190	0.202
2015	39,547.87	39,547.87	8.485	0.213
2016	48,973.04	44,616.26	8.780	0.243

2017	58,799.94	50,245.07	9.327	0.268
2018	65,526.15	53,841.82	9.782	0.279
Promedio	31,962.14	36,381.26	8.145	0.212

Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Klein et al. (2007), Giannini et al. (2015) y simulaciones de la herramienta Invest disponible en http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/croppollination.html

De este modo, es posible identificar la oferta potencial de la polinización animal, en forma geo-referenciada, para estimar la contribución monetaria del servicio de polinización a los cultivos agrícolas. Así, los índices potenciales de la oferta de polinización se sintetizan en los Cuadros 6 y 7 y en la Figura 5 donde además se presenta el servicio de oferta potencial de polinización que se ajusta por la distancia entre los hábitats de los polinizadores animales y las áreas de cultivo. La contribución monetaria del servicio de polinización, derivado de la oferta de polinización ajustado por la proximidad a los hábitats, en 2018 fue de \$43,701 millones de pesos de 2015 que corresponde a 7.94% del Valor de la Producción Bruta agrícola y de 0.23% del PIB total. Estos resultados son consistentes con la contribución de la oferta de polinización potencial. No obstante, deben de tomarse con precaución y contiene una alta incertidumbre atendiendo a que la relación entre la distancia de las áreas de cultivos y las tasas de polinización tienen un comportamiento no lineal como se muestra en la sección con micro-datos.

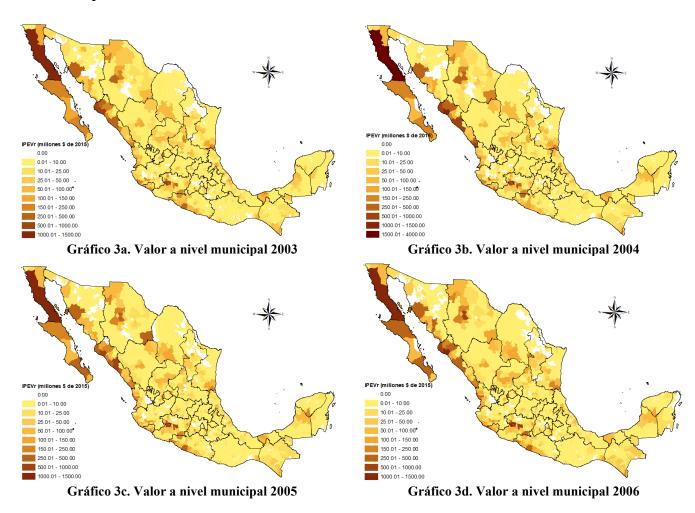
Cuadro 6. Valor de la contribución monetaria del servicio de polinización con base en la oferta potencial 2003-2018.

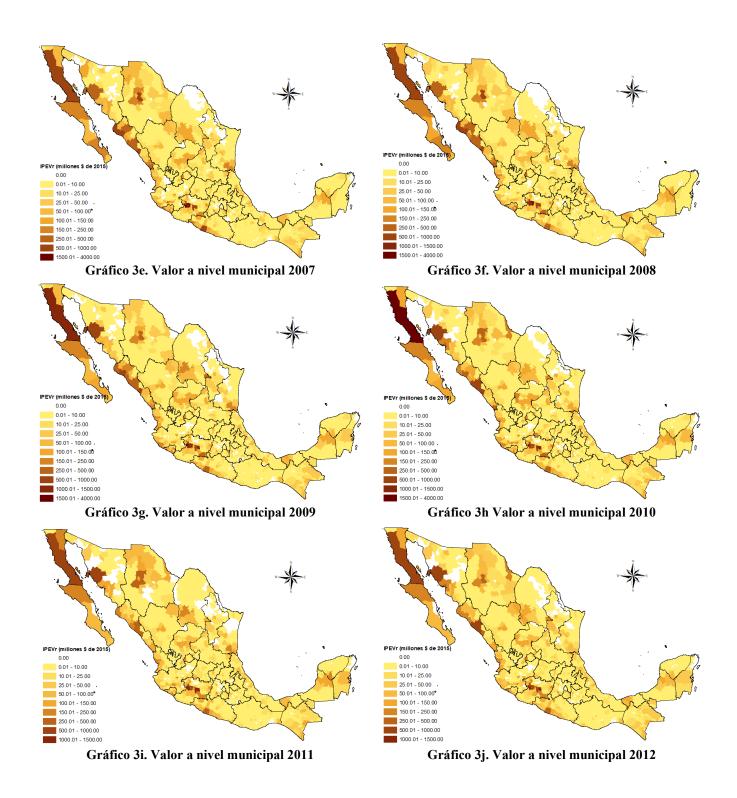
	Valor económico de la polinización				
Periodo	(millones de \$)	(millones de \$ 2015=100)	(% del VBP)	(% del PIB total)	
2003	15,941.95	29,192.41	7.949	0.203	
2004	19,772.09	33,509.40	8.853	0.224	
2005	18,220.53	29,846.92	8.437	0.191	
2006	21,667.12	33,901.87	8.611	0.204	
2007	23,056.55	33,591.17	7.881	0.200	
2008	24,530.41	33,489.89	7.609	0.199	
2009	25,816.23	34,163.59	7.972	0.212	
2010	28,270.62	35,133.70	7.862	0.212	
2011	28,914.11	32,851.27	7.570	0.197	
2012	31,077.02	33,880.16	7.326	0.196	
2013	33,510.14	36,717.65	8.033	0.206	
2014	36,595.02	38,812.78	8.467	0.209	
2015	40,711.48	40,711.48	8.734	0.219	
2016	50,824.07	46,302.62	9.111	0.252	
2017	60,894.14	52,034.58	9.659	0.278	

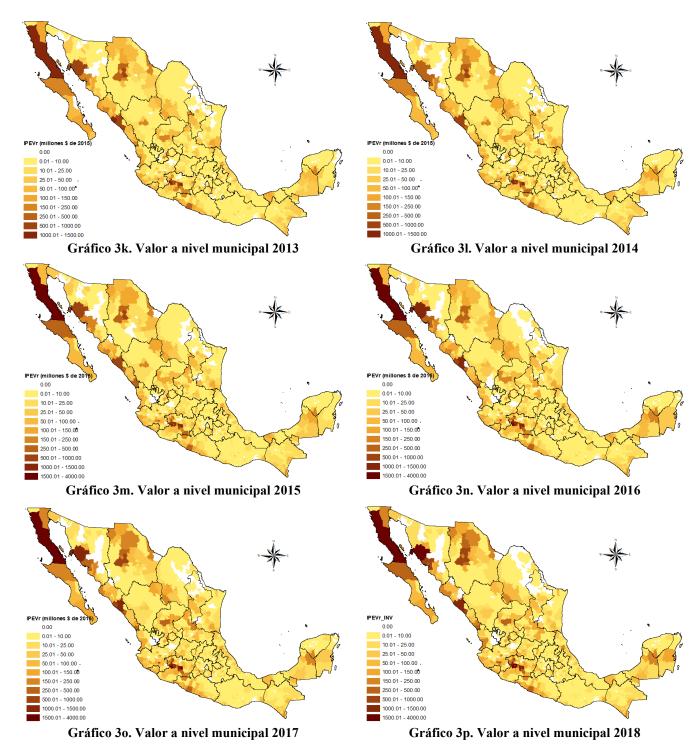
2018	67,877.11	55,773.57	10.133	0.289
Promedio	32,979.91	37,494.57	8.388	0.218

Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Klein et al. (2007), Giannini et al. (2015) y simulaciones de la herramienta Invest disponible en http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/croppollination.html. Nota: el valor de polinización a nivel municipal se ajustó utilizando el promedio de todos los valores de los pixeles en la figura 4.1 para cada uno de los municipios de México.

Gráfico 5. Valor de la contribución monetaria del servicio de polinización con base en la oferta potencial.







Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Klein et al. (2007), Giannini et al. (2015) y simulaciones de la herramienta Invest disponible en http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/croppollination.html

Cuadro 7. Valor de la contribución monetaria del servicio de polinización con base en la oferta potencial y ajuste por proximidad a tipos de vegetación 2018.

TIPO DE VEGETACIÓN	Ajustado con oferta potencial			y proxii	con oferta potencial midad a tipos de regetación		
	(millones de \$ 2015=100)	(% del VBP)	(% del PIB total)	(millones de \$ 2015=100)	(% del VBP)	(% del PIB total)	
BOSQUE CULTIVADO	44.21	0.00803	0.00023	38.74	0.00704	0.00020	
BOSQUE DE AYARÍN	0.05	0.00001	0.00000	0.05	0.00001	0.00000	
BOSQUE DE CEDRO	0.00	0.00000	0.00000	0.00	0.00000	0.00000	
BOSQUE DE ENCINO	713.45	0.12962	0.00369	596.47	0.10837	0.00309	
BOSQUE DE ENCINO-PINO	881.20	0.16010	0.00456	712.26	0.12941	0.00368	
BOSQUE DE GALERÍA	33.30	0.00605	0.00017	23.04	0.00419	0.00012	
BOSQUE DE MEZQUITE	53.72	0.00976	0.00028	43.15	0.00784	0.00022	
BOSQUE DE OYAMEL	9.10	0.00165	0.00005	7.63	0.00139	0.00004	
BOSQUE DE PINO	2,179.26	0.39594	0.01127	1,731.36	0.31457	0.00896	
BOSQUE DE PINO-ENCINO	5,230.46	0.95030	0.02706	4,497.08	0.81706	0.02327	
BOSQUE DE TÁSCATE	51.04	0.00927	0.00026	33.36	0.00606	0.00017	
BOSQUE INDUCIDO	0.10	0.00002	0.00000	0.10	0.00002	0.00000	
BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	1,048.74	0.19054	0.00543	1,041.57	0.18924	0.00539	
CHAPARRAL	596.01	0.10829	0.00308	543.49	0.09874	0.00281	
MANGLAR	252.61	0.04590	0.00131	201.98	0.03670	0.00104	
MATORRAL CRASICAULE	392.99	0.07140	0.00203	282.03	0.05124	0.00146	
MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO	1,464.91	0.26615	0.00758	1,211.08	0.22004	0.00627	
MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO	431.52	0.07840	0.00223	347.76	0.06318	0.00180	
MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO	22.48	0.00408	0.00012	19.31	0.00351	0.00010	
MATORRAL ROSETÓFILO COSTERO	374.74	0.06808	0.00194	368.99	0.06704	0.00191	
MATORRAL SARCO-CRASICAULE	79.92	0.01452	0.00041	64.67	0.01175	0.00033	
MATORRAL SARCO-CRASICAULE DE NEBLINA	75.10	0.01364	0.00039	39.77	0.00723	0.00021	
MATORRAL SARCOCAULE	386.14	0.07016	0.00200	283.02	0.05142	0.00146	
MATORRAL SUBMONTANO	247.07	0.04489	0.00128	207.79	0.03775	0.00107	
MATORRAL SUBTROPICAL	0.18	0.00003	0.00000	0.18	0.00003	0.00000	
MEZQUITAL TROPICAL	3.75	0.00068	0.00002	3.74	0.00068	0.00002	
MEZQUITAL XERFILO	617.61	0.11221	0.00320	508.96	0.09247	0.00263	
PALMAR INDUCIDO	21.77	0.00396	0.00011	17.50	0.00318	0.00009	
PALMAR NATURAL	51.07	0.00928	0.00026	29.59	0.00538	0.00015	
PASTIZAL CULTIVADO	3,376.47	0.61346	0.01747	2,596.23	0.47170	0.01343	
PASTIZAL GIPSÓFILO	11.62	0.00211	0.00006	11.62	0.00211	0.00006	
PASTIZAL HALÓFILO	389.93	0.07084	0.00202	238.42	0.04332	0.00123	
PASTIZAL INDUCIDO	6,244.60	1.13456	0.03231	4,167.32	0.75715	0.02156	
PASTIZAL NATURAL	1,466.04	0.26636	0.00758	942.50	0.17124	0.00488	
POPAL	12.20	0.00222	0.00006	11.38	0.00207	0.00006	
SABANA	5.29	0.00096	0.00003	4.37	0.00207	0.00002	
SABANOIDE	124.95	0.00090	0.00065	80.70	0.00079	0.00042	
SELVA ALTA PERENNIFOLIA	33.67	0.02270	0.00003	21.54	0.01400	0.00042	
SELVA ALTA FERENNIFOLIA SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA	0.13	0.00012	0.00017	0.13	0.00391	0.000011	
SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA SELVA BAJA CADUCIFOLIA	1,185.08	0.00002	0.00613	1,019.71	0.00002	0.00528	
SELVA BAJA CADUCIFOLIA SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA	61.91	0.21331	0.00013	57.18	0.18327	0.00328	
SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	3.82	0.00069	0.00032	3.82	0.00069	0.00030	

CELLIA DALLA DEDENDIROLLA	2.25	0.00061	0.0000	2.25	0.00061	0.0000
SELVA BAJA PERENNIFOLIA	3.35	0.00061	0.00002	3.35	0.00061	0.00002
SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA	0.05	0.00001	0.00000	0.05	0.00001	0.00000
SELVA DE GALERÍA	0.32	0.00006	0.00000	0.32	0.00006	0.00000
SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA	5.22	0.00095	0.00003	5.22	0.00095	0.00003
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	63.47	0.01153	0.00033	62.77	0.01140	0.00032
SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	57.83	0.01051	0.00030	56.87	0.01033	0.00029
TULAR	703.51	0.12782	0.00364	371.31	0.06746	0.00192
VEGETACIÓN DE DESIERTOS	101.95	0.01852	0.00053	95.25	0.01731	0.00049
ARENOSOS						
VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS	49.94	0.00907	0.00026	41.47	0.00753	0.00021
VEGETACIÓN DE GALERÍA	463.24	0.08416	0.00240	161.26	0.02930	0.00083
VEGETACIÓN HALÓFILA HIDRÓFILA	2,186.12	0.39719	0.01131	922.25	0.16756	0.00477
VEGETACIÓN HALÓFILA XERÓFILA	485.22	0.08816	0.00251	295.52	0.05369	0.00153
TOTAL VEGETACIÓN PRIMARIA	32,298.45	5.87	0.17	24,025.24	4.37	0.12
VEGETACION SECUNDARIA	11.18	0.00203	0.00006	5.88	0.00107	0.00003
ARBUSTIVA DE BOSQUE DE OYAMEL						
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO	1,651.77	0.30010	0.00855	1,450.62	0.26356	0.00750
VEGETACIÓN SECUNDARIA	412.07	0.07487	0.00213	363.20	0.06599	0.00188
ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO-	412.07	0.07467	0.00213	303.20	0.00399	0.00100
PINO						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.03	0.00001	0.00000	0.03	0.00001	0.00000
ARBUSTIVA DE BOSQUE DE GALERÍA	0.02	0.00001	0.0000	0.02	0.00001	0.0000
VEGETACIÓN SECUNDARIA	35.02	0.00636	0.00018	27.98	0.00508	0.00014
ARBUSTIVA DE BOSQUE DE						
MEZQUITE						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	415.39	0.07547	0.00215	363.94	0.06612	0.00188
ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	1,910.06	0.34703	0.00988	1,702.92	0.30940	0.00881
ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO-						
ENCINO L'ESTA CIÓN SE CINIDA DIA	74.01	0.01245	0.00020	60.00	0.01050	0.00026
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE TÁSCATE	74.01	0.01345	0.00038	68.82	0.01250	0.00036
VEGETACIÓN SECUNDARIA	117.23	0.02130	0.00061	99.93	0.01816	0.00052
ARBUSTIVA DE BOSQUE MESÓFILO	117.23	0.02130	0.00001	99.93	0.01610	0.00032
DE MONTAÑA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	29.75	0.00541	0.00015	28.62	0.00520	0.00015
ARBUSTIVA DE CHAPARRAL						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	37.90	0.00689	0.00020	35.41	0.00643	0.00018
ARBUSTIVA DE MANGLAR						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	389.53	0.07077	0.00202	278.66	0.05063	0.00144
ARBUSTIVA DE MATORRAL						
CRASICAULE						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	824.04	0.14972	0.00426	598.27	0.10870	0.00310
ARBUSTIVA DE MATORRAL						
DESÉRTICO MICRÓFILO	24.10	0.00420	0.00012	24.04	0.00427	0.00012
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL	24.10	0.00438	0.00012	24.04	0.00437	0.00012
DESÓRTICO ROSETÓFILO						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	11.33	0.00206	0.00006	10.90	0.00198	0.00006
ARBUSTIVA DE MATORRAL	11.33	0.00200	0.00000	10.90	0.00170	0.00000
ESPINOSO TAMAULIPECO						
LUITIONO ITHIIITODII DOO	<u> </u>					

ARBUSTIVA DE MATORRAL ROSETÓFILO COSTEGO	VECETA CIÓNI CECUNDA DIA	171 (0	0.02110	0.0000	115.00	0.02106	0.00000
ROSETÓFILO COSTERO VEGETACIÓN SECUNDARIA 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00016 31.86 0.00579 0.00006 0.000	VEGETACIÓN SECUNDARIA	171.68	0.03119	0.00089	115.92	0.02106	0.00060
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL SARCO-CRASICAULE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL SARCO-CRASICAULE DE NEBLI VEGETACIÓN SECUNDARIA 16.19 0.00294 0.00008 0.00007 126.90 0.00206 0.00006 0.00007 0.00							
ARBUSTIVA DE MATORRAL SARCO-CRASICAULE		21.06	0.00570	0.00016	21.06	0.00570	0.00016
CRASICAULE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL SARCO-CRASICAULE DE SUNDARIA 16.19 0.00294 0.00008 16.19 0.00294 0.00006 0.00007 126.90 0.00206 0.00006 0.00007 126.90 0.00007 0.00007 0.00007 0.00007 0.00007 0.00007 0.00007 0.00007 0.00007 0.00007 0.00007 0.0007		31.00	0.00379	0.00010	31.80	0.00379	0.00010
VEGETACIÓN SECUNDARIA 16.19 0.00000 0.28 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.000000 0.00000000							
ARBUSTIVA DE MATORRAL SARCO-CRASICAULE DE NEBLI		0.20	0.00005	0.00000	0.29	0.00005	0.00000
CRASICAULE DE NEBLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL SARCOCAULE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL SUBMONTANO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL SUBTROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL TROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL TROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL TROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA VEGE		0.28	0.00003	0.00000	0.28	0.00003	0.00000
VEGETACIÓN SECUNDARIA 16.19 0.00294 0.00008 16.19 0.00294 0.00008 16.19 0.00294 0.00008 16.19 0.00294 0.00008 16.19 0.00294 0.00008 16.19 0.00294 0.00008 16.19 0.00294 0.00008 16.19 0.00294 0.00008 16.19 0.00204 0.00008 16.19 0.00205 0.00006 1.10 0.00205 0.00006 1.10 0.00205 0.00006 1.10 0.00205 0.00001 1.10 0.00205 0.00001 1.10 0.00205 0.00001 0.000001 0.00001 0.00001 0.00001 0.00001 0.00001 0.00001 0.00							
ARBUSTIVA DE MATORRAL SARCOCAULE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESUBCATIVA DE SELVA BAJA ESUBCAUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESUBCATIVA DE SELVA BAJA ESUBCATIVA DE SELVA BAJA ESUBCAUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESUBCAUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESUBCADOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL MATURAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SEL		16.10	0.00204	0.00000	16.10	0.00204	0.00008
SARCOCAULE VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL SUBMONTANO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL SUBTIVA DE MATORRAL SUBTIVA DE MATORRAL SUBTIVA DE MATORRAL SUBTIVA DE MATORRAL SUBTROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL TROPICAL TROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL TROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL ARBUSTIVA DE MEZQUITAL ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO T.00 0.00309 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.00000000		10.19	0.00294	0.00008	10.19	0.00294	0.00008
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL SUBMONTANO							
ARBUSTIVA DE MATORRAL SUBMONTANO VEGETACIÓN SECUNDARIA 1.10 0.00020 0.00001 1.10 0.00020 0.00001 0.00005 0.00001 0.00005		1/12/15	0.02607	0.00077	126.00	0.02306	0.00066
SUBMONTANO		140.43	0.02097	0.00077	120.90	0.02300	0.00000
VEGETACIÓN SECUNDARIA 1.10 0.00020 0.00001 1.10 0.00020 0.00001 0.0000							
ARBUSTIVA DE MATORRAL SUBTROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL TROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL TROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA 0.09 0.00002 0.00000 0.09 0.00002 0.00000 ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA 0612.52 0.11129 0.00317 453.57 0.08241 0.00235 ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA 0.60 0.00011 0.00000 0.60 0.00011 0.00000 ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA 7.914.27 1.43792 0.04094 6,313.81 1.14713 0.03266 ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA 415.68 0.07552 0.00215 385.16 0.06998 0.00199 ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA 29.74 0.00540 0.00015 29.74 0.00540 0.00015 ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA 29.74 0.00540 0.00015 29.74 0.00540 0.00015 ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA 0.91 0.00016 0.00000 0.47 0.00009 0.00000 ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA 0.91 0.00016 0.00000 0.47 0.00009 0.00000 ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206		1 10	0.00020	0.00001	1.10	0.00020	0.00001
SUBTROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA SECUNDARIA CADUCIFOLIA SECUNDARIA CADUCIFOLIA SECUNDARIA CADUCIFOLIA SECUNDARIA CADUCIFOLIA SECUNDARIA CADUCIFOLIA		1.10	0.00020	0.00001	1.10	0.00020	0.00001
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL TROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SEPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SEPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SEPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA O.91 O.00016 O.00000 O.47 O.00009 O.00000 O.000000 O.00000 O.000000 O.00000000 O.000000 O.000000000 O.0000000000							
ARBUSTIVA DE MEZQUITAL TROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA DESCRIPCIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA		244.86	0.04440	0.00127	125.80	0.02286	0.00065
TROPICAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO 17.00 0.00002 0.00000 0.09 0.00002 0.00000 0.00002 0.00000 0.00002 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.0000000 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.0000000 0.00000000		244.00	0.04449	0.00127	123.00	0.02260	0.00003
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA 0.09 0.00002 0.00000 0.09 0.00002 0.00000 0.09 0.00002 0.00000 0.09 0.00002 0.00000 0.09 0.00002 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.00000000							
ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA SERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA		300.28	0.05456	0.00155	212 29	0.03857	0.00110
XERÓFILO		300.20	0.03430	0.00133	212.27	0.03037	0.00110
VEGETACIÓN SECUNDARIA 0.09 0.00002 0.00000 0.09 0.00002 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000000	XFRÓFILO						
ARBUSTIVA DE PASTIZAL GIPSÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CSPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA		0.09	0.00002	0.00000	0.09	0.00002	0.00000
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO 17.00 0.00309 0.00009 15.00 0.00272 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL 612.52 0.11129 0.00317 453.57 0.08241 0.00235 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA 240.44 0.04368 0.00124 198.29 0.03603 0.00103 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA 0.60 0.00011 0.00000 0.60 0.00011 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA 7,914.27 1.43792 0.04094 6,313.81 1.14713 0.03266 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA 415.68 0.07552 0.00215 385.16 0.06998 0.00199 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA 0.91 0.00016 0.00000 0.47 0.00099 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 <td< td=""><td></td><td>0.07</td><td>0.00002</td><td>0.00000</td><td>0.07</td><td>0.00002</td><td>0.00000</td></td<>		0.07	0.00002	0.00000	0.07	0.00002	0.00000
ARBUSTIVA DE PASTIZAL HALÓFILO VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA		17.00	0.00309	0.00009	15.00	0.00272	0.00008
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL 612.52 0.11129 0.00317 453.57 0.08241 0.00235 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA 240.44 0.04368 0.00124 198.29 0.03603 0.00103 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA 0.60 0.00011 0.00000 0.60 0.00011 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA 7,914.27 1.43792 0.04094 6,313.81 1.14713 0.03266 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA 415.68 0.07552 0.00215 385.16 0.06998 0.00199 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA 29.74 0.00540 0.00015 29.74 0.00540 0.00000 0.47 0.00009 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206		17.00	0.00507	0.0000	15.00	0.00272	0.0000
ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA		612.52	0.11129	0.00317	453.57	0.08241	0.00235
ARBUSTIVA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA							
PERENNIFOLIA	VEGETACIÓN SECUNDARIA	240.44	0.04368	0.00124	198.29	0.03603	0.00103
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA 0.60 0.00011 0.00000 0.60 0.00011 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA 7,914.27 1.43792 0.04094 6,313.81 1.14713 0.03266 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA 415.68 0.07552 0.00215 385.16 0.06998 0.00199 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA 29.74 0.00540 0.00015 29.74 0.00540 0.00000 0.47 0.00009 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206	ARBUSTIVA DE SELVA ALTA						
ARBUSTIVA DE SELVA ALTA SUBPERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA	PERENNIFOLIA						
SUBPERENNIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA 7,914.27 1.43792 0.04094 6,313.81 1.14713 0.03266 ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA 415.68 0.07552 0.00215 385.16 0.06998 0.00199 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI 29.74 0.00540 0.00015 29.74 0.00540 0.00015 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA 0.91 0.00016 0.00000 0.47 0.00009 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206	VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.60	0.00011	0.00000	0.60	0.00011	0.00000
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA 7,914.27 1.43792 0.04094 6,313.81 1.14713 0.03266 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA 415.68 0.07552 0.00215 385.16 0.06998 0.00199 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA 29.74 0.00540 0.00015 29.74 0.00540 0.00015 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA 0.91 0.00016 0.00000 0.47 0.00009 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206	ARBUSTIVA DE SELVA ALTA						
ARBUSTIVA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA	SUBPERENNIFOLIA						
CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA 415.68 0.07552 0.00215 385.16 0.06998 0.00199 ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA 29.74 0.00540 0.00015 29.74 0.00540 0.00015 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA 0.91 0.00016 0.00000 0.47 0.00009 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206	VEGETACIÓN SECUNDARIA	7,914.27	1.43792	0.04094	6,313.81	1.14713	0.03266
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA 415.68 0.07552 0.00215 385.16 0.06998 0.00199 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI 29.74 0.00540 0.00015 29.74 0.00540 0.00015 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA 0.91 0.00016 0.00000 0.47 0.00009 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206	ARBUSTIVA DE SELVA BAJA						
ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA							
ESPINOSA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA 29.74 0.00540 0.00015 29.74 0.00540 0.00015 ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA ARBUSTIVA DE SEL	VEGETACIÓN SECUNDARIA	415.68	0.07552	0.00215	385.16	0.06998	0.00199
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI 29.74 0.00540 0.00015 29.74 0.00540 0.00015 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA 0.91 0.00016 0.00000 0.47 0.00009 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206							
ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLI VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA O.00290 O.00008 15.94 O.00290 O.00008 397.78 O.07227 O.00206	ESPINOSA CADUCIFOLIA						
ESPINOSA SUBPERENNIFOLI	VEGETACIÓN SECUNDARIA	29.74	0.00540	0.00015	29.74	0.00540	0.00015
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA 0.91 0.00016 0.00000 0.47 0.00009 0.00000 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206	ARBUSTIVA DE SELVA BAJA						
ARBUSTIVA DE SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA O.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 397.78 0.07227 0.00206	ESPINOSA SUBPERENNIFOLI						
SUBCADUCIFOLIA 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 VEGETACIÓN SECUNDARIA CADUCIFOLIA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206 ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206	VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.91	0.00016	0.00000	0.47	0.00009	0.00000
VEGETACIÓN SECUNDARIA 15.94 0.00290 0.00008 15.94 0.00290 0.00008 ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206	ARBUSTIVA DE SELVA BAJA						
ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206	SUBCADUCIFOLIA						
CADUCIFOLIA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206	VEGETACIÓN SECUNDARIA	15.94	0.00290	0.00008	15.94	0.00290	0.00008
VEGETACIÓN SECUNDARIA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206 ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA 463.77 0.08426 0.00240 397.78 0.07227 0.00206							
ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA							
		463.77	0.08426	0.00240	397.78	0.07227	0.00206
SUBCADUCIFOLIA	ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA						
3 3 2 6 H 3 2 H 1	SUBCADUCIFOLIA						

VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA	86.06	0.01564	0.00045	67.10	0.01219	0.00035
SUBPERENNIFOLIA	54.06	0.00007	0.00020	27.70	0.00607	0.00020
VEGETACIÓN SECUNDARIA	54.86	0.00997	0.00028	37.79	0.00687	0.00020
ARBUSTIVA DE VEGETACIÓN DE						
DESIERTOS ARENOSOS	27.40	0.00670	0.00010	10.65	0.00220	0.00010
VEGETACIÓN SECUNDARIA	37.40	0.00679	0.00019	18.65	0.00339	0.00010
ARBUSTIVA DE VEGETACIÓN DE GALERÍA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.00	0.00000	0.00000	0.00	0.00000	0.00000
ARBUSTIVA DE VEGETACIÓN	0.00	0.00000	0.00000	0.00	0.00000	0.00000
HALÓFILA HIDRÓFILA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	439.24	0.07980	0.00227	398.33	0.07237	0.00206
ARBUSTIVA DE VEGETACIÓN	433.24	0.07980	0.00227	370.33	0.07237	0.00200
HALÓFILA XERÓFILA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	1.19	0.00022	0.00001	1.18	0.00021	0.00001
ARBÓREA DE BOSQUE DE CEDRO	1.17	0.00022	0.00001	1.10	0.00021	0.00001
VEGETACIÓN SECUNDARIA	182.12	0.03309	0.00094	165.58	0.03008	0.00086
ARBÓREA DE BOSQUE DE ENCINO	102.12	0.03307	0.00074	103.30	0.05000	0.00000
VEGETACIÓN SECUNDARIA	82.03	0.01490	0.00042	81.79	0.01486	0.00042
ARBÓREA DE BOSQUE DE ENCINO-	02.03	0.01470	0.00012	01.77	0.01400	0.00042
PINO						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.00	0.00000	0.00000	0.00	0.00000	0.00000
ARBÓREA DE BOSQUE DE GALERÍA	0.00	0.00000	0.0000	0.00	0.00000	0.00000
VEGETACIÓN SECUNDARIA	2.91	0.00053	0.00002	2.75	0.00050	0.00001
ARBÓREA DE BOSQUE DE MEZQUITE						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	2.20	0.00040	0.00001	2.20	0.00040	0.00001
ARBÓREA DE BOSQUE DE OYAMEL						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	2,120.63	0.38529	0.01097	1,821.10	0.33087	0.00942
ARBÓREA DE BOSQUE DE PINO						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	1,326.05	0.24092	0.00686	1,269.80	0.23071	0.00657
ARBÓREA DE BOSQUE DE PINO-						
ENCINO						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.50	0.00009	0.00000	0.49	0.00009	0.00000
ARBÓREA DE BOSQUE DE TÁSCATE						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	130.22	0.02366	0.00067	120.24	0.02185	0.00062
ARBÓREA DE BOSQUE MESÓFILO DE						
MONTAÑA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	29.59	0.00538	0.00015	20.30	0.00369	0.00011
ARBÓREA DE MANGLAR	215.00	0.02024	0.00110	101.00	0.00000	0.00004
VEGETACIÓN SECUNDARIA	215.99	0.03924	0.00112	181.09	0.03290	0.00094
ARBÓREA DE SELVA ALTA PERENNIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	9.75	0.00177	0.00005	8.17	0.00148	0.00004
ARBÓREA DE SELVA ALTA	9.73	0.001//	0.00003	8.17	0.00148	0.00004
SUBPERENNIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	983.13	0.17862	0.00509	882.53	0.16034	0.00457
ARBÓREA DE SELVA BAJA	903.13	0.17602	0.00309	862.33	0.10054	0.00437
CADUCIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	76.44	0.01389	0.00040	65.54	0.01191	0.00034
ARBÓREA DE SELVA BAJA ESPINOSA	70.11	0.01507	0.00010	05.51	0.01171	0.00031
CADUCIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	49.13	0.00893	0.00025	45.09	0.00819	0.00023
ARBÓREA DE SELVA BAJA ESPINOSA					-	
SUBPERENNIFOLIA						

,	I				ı	
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.01	0.00000	0.00000	0.01	0.00000	0.00000
ARBÓREA DE SELVA BAJA						
SUBCADUCIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	84.66	0.01538	0.00044	80.92	0.01470	0.00042
ARBÓREA DE SELVA MEDIANA						
CADUCIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	550.89	0.10009	0.00285	516.63	0.09387	0.00267
ARBÓREA DE SELVA MEDIANA						
SUBCADUCIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	340.15	0.06180	0.00176	316.76	0.05755	0.00164
ARBÓREA DE SELVA MEDIANA	5 .0.15	0.00100	0.00170	2101,0	0.00,00	0.0010.
SUBPERENNIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	4.54	0.00083	0.00002	4.54	0.00083	0.00002
HERBÁCEA DE BOSQUE DE ENCINO	7.57	0.0003	0.00002	7.57	0.00003	0.00002
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.13	0.00002	0.00000	0.13	0.00002	0.00000
_	0.13	0.00002	0.00000	0.13	0.00002	0.00000
HERBÁCEA DE BOSQUE DE ENCINO-						
PINO VECETA CIÓN CECUNDA DIA	0.05	0.00001	0.00000	0.05	0.00001	0.00000
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.05	0.00001	0.00000	0.05	0.00001	0.00000
HERBÁCEA DE BOSQUE DE OYAMEL						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.08	0.00001	0.00000	0.08	0.00001	0.00000
HERBÁCEA DE BOSQUE DE PINO						
VEGEȚACIÓN SECUNDARIA	0.30	0.00005	0.00000	0.30	0.00005	0.00000
HERBÁCEA DE BOSQUE DE PINO-						
ENCINO						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	1.18	0.00021	0.00001	1.18	0.00021	0.00001
HERBÁCEA DE BOSQUE MESÓFILO DE						
MONTAÑA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.38	0.00007	0.00000	0.38	0.00007	0.00000
HERBÁCEA DE MANGLAR						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.23	0.00004	0.00000	0.23	0.00004	0.00000
HERBÁCEA DE MATORRAL	0.23	0.0000	0.0000	0.25	0.00001	0.00000
CRASICAULE						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.03	0.00001	0.00000	0.03	0.00001	0.00000
HERBÁCEA DE MATORRAL	0.03	0.00001	0.00000	0.03	0.00001	0.00000
DESÉRTICO MICRÓFILO						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.01	0.00000	0.00000	0.01	0.00000	0.00000
	0.01	0.00000	0.00000	0.01	0.00000	0.00000
HERBÁCEA DE PASTIZAL NATURAL	10.07	0.00222	0.00006	11.05	0.00017	0.00006
VEGETACIÓN SECUNDARIA	12.27	0.00223	0.00006	11.95	0.00217	0.00006
HERBÁCEA DE SELVA ALTA						
PERENNIFOLIA						
VEGEȚACIÓN SECUNDARIA	6.46	0.00117	0.00003	6.46	0.00117	0.00003
HERBÁCEA DE SELVA ALTA						
SUBPERENNIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	43.90	0.00798	0.00023	43.69	0.00794	0.00023
HERBÁCEA DE SELVA BAJA						
CADUCIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.03	0.00000	0.00000	0.03	0.00000	0.00000
HERBÁCEA DE SELVA MEDIANA						
CADUCIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	0.70	0.00013	0.00000	0.70	0.00013	0.00000
HERBÁCEA DE SELVA MEDIANA	0.70	0.00013	0.00000	0.70	0.00013	0.00000
SUBCADUCIFOLIA						
VEGETACIÓN SECUNDARIA	1.60	0.00029	0.00001	1.60	0.00029	0.00001
HERBÁCEA DE SELVA MEDIANA	1.00	0.00029	0.00001	1.00	0.00029	0.00001
SUBPERENNIFOLIA						

VEGETACIÓN SECUNDARIA HERBÁCEA DE VEGETACIÓN HALÓFILA XERÓFILA	0.58	0.00010	0.00000	0.58	0.00010	0.00000
TOTAL VEGETACIÓN SECUNDARIA	23,446.66	4.26	0.12	19,675.94	3.57	0.10
TOTAL	55,745.11	10.13	0.29	43,701.18	7.94	0.23

Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Klein et al. (2007), Giannini et al. (2015) y simulaciones de la herramienta Invest disponible en http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/croppollination.html. Nota: para el ajuste por distancia se realizó el siguiente procedimiento: i) el valor de polinización ajustado por oferta potencial se asignó a los polígonos agrícola de cada uno de los municipios de México utilizando un promedio ponderado de área; ii) para cada polígono agrícola se calculó la posición de su centroide; iii) se calculó la distancia (en metros) de cada uno de los 37,908 centroides de las áreas agrícola al tipo de vegetación más cercana; y iv) el valor de la polinización asignado en el punto i) se ajustó por proximidad a dichos polígonos usando el 100% del valor para aquellos donde la proximidad fue menor o igual a 1,308 metros, 50% del valor entre 1,309 y 6,000 metros y 0% para todos los demás; y, v) se calcularon los totales para cada tipo de vegetación. El procedimiento anterior distingue entre diferentes tipos de vegetación y proximidad de éstos a los polígonos agrícola.

Esta estimación de la contribución del servicio final de regulación de la polinización a la producción agrícola permite identificar la contribución agregada de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola. Por ejemplo, la valoración monetaria de la contribución estimada, por el método del precio unitario de la renta (i.e. residual), de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola, incluye a los servicios de provisión (humedad y nutrientes del suelo) y de regulación (polinización). De este modo, la estimación de la contribución de los servicios de polinización puede substraerse de la contribución agregada lo que permite pasar de identificar la contribución bruta a identificar la contribución neta de los servicios de los ecosistemas en la producción agrícola.

3.4 La contribución potencial del servicio de polinización a la producción agrícola: un análisis con consistencia con micro-datos.

El valor monetario de la contribución de la polinización por animales con micro datos se basa en información de la Encuesta Nacional Agropecuaria de 2014.

Así, la estimación del valor económico de la demanda de polinización por animales en los cultivos agrícolas en el valor bruto de la producción es similar a la estimación generada con información municipal del SIAP. Esto es, el valor económico de la demanda de polinización por animales con respecto al valor bruto de la producción representa el 6.25%, 3.92%, 0.76%, 0.27%, 0.19%, 0.09% y 0% para los grupos de vegetales y melones, frutas y nueces, otros cultivos, cultivos de bebidas y especias, cultivos de semillas oleaginosas, leguminosas y cereales, respetivamente. De este modo, el valor económico de la demanda del servicio de polinización por animales total representa el 11.48% del VBP agrícola en 2014 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Contribución de la demanda del servicio de polinización al valor de la producción (VBP) agrícola en México: 2014 (micro datos-ENA 2014)

Cultivo	Grupo	IPEV	Cultivo	Grupo	IPEV
		% del VBP			% del VBP

ARROZ	Cereales	0.0000	CACAHUATE	Cultivos de semillas oleaginosas	0.0000
CEBADA	Cereales	0.0000	SOYA	Cultivos de semillas oleaginosas	0.1930
CEBADA FORRAJERA	Cereales	0.0000	Subt	Subtotal	
MAIZ	Cereales	0.0000	FRIJOL	Leguminosas	0.0870
MAIZ FORRAJERO	Cereales	0.0000	GARBANZO	Leguminosas	0.0000
SORGO	Cereales	0.0000	Subt	otal	0.0870
SORGO ESCOBERO	Cereales	0.0000	AGAVE	Otros cultivos	0.0000
SORGO FORRAJERO	Cereales	0.0000	ALFALFA ACHICALADA	Otros cultivos	0.0000
TRIGO	Cereales	0.0000	ALFALFA VERDE	Otros cultivos	0.0000
TRIGO FORRAJERO	Cereales	0.0000	ALGODON	Otros cultivos	0.7596
Subto	tal	0.0000	CANA DE AZUCAR	Otros cultivos	0.0000
CACAO	Cultivos de bebidas y especias	0.0496	CANA DE AZUCAR FORRAJERA	Otros cultivos	0.0000
CAFE	Cultivos de bebidas y especias	0.0785	CANA DE AZUCAR FRUTA	Otros cultivos	0.0000
CHILE	Cultivos de bebidas y especias	0.1452	CANA DE AZUCAR PILONCILLO	Otros cultivos	0.0000
Subto	tal	0.2733	NOPAL	Otros cultivos	0.0000
AGUACATE	Frutas y nueces	0.8335	PAPA	Otros cultivos	0.0000
DURAZNO	Frutas y nueces	0.0795	PASTO	Otros cultivos	0.0000
FRAMBUESA	Frutas y nueces	0.0164	Subt	otal	0.7596
FRESA	Frutas y nueces	0.6010	BROCOLI	Vegetales y melones	0.0000
GUAYABA	Frutas y nueces	0.1450	CALABACITA	Vegetales y melones	0.3389
LIMON	Frutas y nueces	0.1121	CALABAZA	Vegetales y melones	0.5845
MANGO	Frutas y nueces	0.4595	CEBOLLA	Vegetales y melones	0.0000
MANZANA	Frutas y nueces	1.3294	ESPARRAGO	Vegetales y melones	0.0000
NARANJA	Frutas y nueces	0.2747	JITOMATE	Vegetales y melones	1.7702
NUEZ	Frutas y nueces	0.0000	LECHUGA	Vegetales y melones	0.0000
PAPAYA	Frutas y nueces	0.0306	MELON	Vegetales y melones	1.9763
PLATANO	Frutas y nueces	0.0000	PEPINO	Vegetales y melones	0.3928
UVA	Frutas y nueces	0.0000	SANDIA	Vegetales y melones	0.8958
ZARZAMORA	Frutas y nueces	0.0381	TOMATE	Vegetales y melones	0.2884
Subto	tal	3.9199	ZANAHORIA	Vegetales y melones	0.0000
			Subt	6.2468	
			To	11.4796	

Fuente: elaboración propia con datos de la ENA, 2014 y tasas de dependencia en cuadro 2

3.5 La distancia y la contribución potencial del servicio de polinización a la producción agrícola: un análisis de consistencia con micro-datos

La identificación de la contribución de la polinización a la producción agrícola, incluyendo la distancia entre los habitas de los polinizadores y las áreas de cultivos para atender el posible déficit de polinizadores, puede estimarse econométricamente considerando una función de ingresos (i.e. Winfree *et al.*, (2011) o, de manera similar, en Mendelsohn *et al.*, (1994). En efecto, la función de ingresos netos estimada considera a los ingresos netos agrícolas (π_{ji}) función de un conjunto de variables climáticas (F_i), perfiles de suelo (S_i), características socio-demográficas de los productores (K_i), distancia a mercados y a cuerpos de agua (A_i), proximidad a distintos tipos de vegetación (H_i) y otras variables de control (X_i) (Mendelsohn *et al.*, 1994; Winfree *et al.*, 2011):

$$\pi_{ji} = (p_j * q_{ji}) - VC_{ji} = f(F_i, S_i, K_i, A_i, H_i, X_i)$$
(6)

$$\pi_{ji} = \beta_0 + \sum \beta_{1f} F_{fi} + \sum \beta_{2s} S_{si} + \sum \beta_{3k} K_{ki} + \sum \beta_{4a} A_{ai} + \sum \beta_{5h} H_{hi} + \sum \beta_{6x} X_{xi} + u_{ji}$$
 (7)

Donde, p_j es el precio de mercado del producto j, q_{ji} es la cantidad de producto del bien j en la unidad de producción i, VC_{ji} son los costos variables en los que se incurrió para producir el bien j por la unidad de producción i, el vector F_i incluye términos lineales, cuadrados e interacciones de las normales²² de temperatura y precipitación observadas durante los últimos 30 años (Mendelsohn, et al., 1994; Fezzi y Bateman, 2015), el vector S_i incluye un conjunto de perfiles de suelos que contienen características físicas y químicas de las tierras arables, el vector K_i comprende la educación y edad de los productores, A_i incluye las distancias Euclidianas de las parcelas correspondientes al cuerpo de agua, río y ciudad más cercana, H_i comprende la distancia que existe entre las tierras arables de la muestra y bosques, selvas, vegetación secundaria arbórea, herbácea y arbustiva, dichas distancias se presentan como rangos para obtener la contribución marginal de proximidad a hábitats en los ingresos netos tal y como se señala en el apartado de revisión de literatura, el vector X_i comprende indicadores de tenencia de tractores, maquinaria y vehículos y la superficie cultivada con el propósito de controlar por heterogeneidad en la utilización de capital y tierra entre unidades de producción, y, finalmente, u_{ii} es el término de error.

²² Promedio de variables climáticas de los últimos 30 años.

La estimación²³ de la ecuación (7), sintetizada en el Cuadro 9, muestra el conjunto de parámetros obtenidos para 9 muestras distintas (agrícola, maíz, frijol, sorgo, trigo, soya, arroz, agrícola-temporal y agrícola-riego). En general, se observa que existe una asociación significativa y no lineal entre el clima y los ingresos netos en el conjunto de estimaciones, ello es consistente con la literatura existente (Mendelsohn et al., 2009). Asimismo, se puede observar que las características del suelo mantienen una asociación significativa con los ingresos netos, ello, depende del tipo de cultivos incluidos en la regresión y del perfil de suelo. Por ejemplo, en el caso donde el porcentaje de suelo Andosol en el área donde se ubica la parcela es superior en 1% con respecto otras áreas, los ingresos netos tienden a ser, en promedio, \$121 pesos más altos (ver coeficiente asociado a Andosol en cuadro 6 columna 1). Los años de educación del productor, generalmente, se asocian con ingresos netos más altos. Sin embargo, la edad, tomada como un proxy de experiencia en actividades agrícolas, resulta no significativa, con la excepción de tierras de temporal. Así, considerando la muestra completa, se observa que aquellas unidades de producción que cuentan con tractores, maquinaria y vehículos propios suelen tener ingresos netos superiores a las unidades de producción que no cuentan con ellos, de \$1,928, \$930 y \$1,738 pesos, respectivamente. Al no deducirse el costo del capital fijo de los ingresos netos entonces estos valores podrían incluir el costo promedio (valor implícito) por hectárea de dichos equipos.

La proximidad a los mercados y cuerpos de agua mantienen, en general, las relaciones esperados con los ingresos netos, esto es, un kilómetro más alejado del mercado, del cuerpo de agua perenne y de un río perenne reduce el ingreso neto por hectárea en \$8 (no estadísticamente significativo), \$19 y \$19 pesos, respectivamente. En algunos casos, las magnitudes de estas contribuciones marginales son más altas. Por ejemplo, para los productores de maíz, el estar un kilómetro más lejos del mercado reduce sus ingresos netos en \$129 pesos, lo que puede asociarse a costos de traslado para compra de insumos. La asociación entre tierra cultivada e ingresos netos es sensible al tipo de cultivo y al disponer o no con un sistema de riego ya que se observan asociaciones de tipo U y de U-invertida en las diferentes muestras.

Atendiendo a que distintos tipos de vegetación suelen ser hábitats naturales de los polinizadores animales y que estos polinizadores tienen un radio de alcance en sus visitas (véase el metaanálisis de Ricketts *et al.*, 2006, Horlings, *et al.*, 2019b, pp. 36, Vaissieve, *et*

-

²³ La estimación del modelo Ricardiano comprende información de sección cruzada para 85,936 siembras que se llevaron a cabo durante el año agrícola 2013-2014. Las pruebas de correcta especificación sugieren que, en conjunto, las variables climáticas, de perfiles de suelo y controles adiciones son estadísticamente significativas (F-statistic). Asimismo, se utilizan errores robustos estándar para tomar en cuenta la heterogeneidad que existe entre las unidades de análisis para estimar la significancia estadística de los coeficientes. Para controlar por efectos no observables, se utilizan efectos fijos por cultivo en la estimación que comprende toda la muestra y se estima el conjunto de parámetros para diferentes submuestras, con lo que se puede comprobar o descartar que existen diferencias estructurales en las asociaciones entre el residual y las variables de control. Por último, el tamaño de la muestra minimiza la posibilidad de que los estimadores sean inconsistentes y sesgados (Wooldridge, 2016).

al. 2011, Zulian, et al., 2013), se generaron indicadores para los 4 rangos de distancias sugeridas. Por ejemplo, el primer indicador es igual a 1 si la distancia se encuentra entre 0 y 1,308 metros e igual a 0 si es superior; el segundo es igual a 1 si la distancia está entre 1,309 y 1,750 metros y así sucesivamente para los 2 rangos restantes. Al interactuar (multiplicar) cada uno de estos indicadores con las distancias entre la parcela y los 5 tipos de vegetación se puede estimar de manera diferenciada la asociación que existe entre la distancia a los hábitats y los ingresos netos para cada uno de los 4 rangos de distancia.

En el Cuadro 9 se presentan los coeficientes asociados a la distancia Euclidiana entre las parcelas y distintos tipos de vegetación por rango. Para el sector agrícola, se observa que un metro adicional de distancia entre el bosque y las tierras agrícolas reduce los ingresos netos en promedio \$3.23 pesos en el rango de 0 a 1,308 metros. Por otro lado, no se encuentra una asociación significativa entre la proximidad con el bosque entre 1,309 y 6,000 metros. Después de 6,000 metros se observa una asociación positiva y significativa, un metro más de distancia se asocia con un ingreso neto adicional de \$0.02 pesos, sin embargo, este es muy bajo y puede deberse al alejamiento de plagas o animales que podrían dañar las cosechas. Respecto a la distancia a selvas, un metro adicional de distancia se asocia con un ingreso neto inferior de \$3.89 y \$3.36 por metro dentro de los rangos 0-1,308 y 1,309-1,750 metros y no existe una asociación significativa después de los 1,750 metros.

Cuadro 9. Estimaciones econométricas, con micro-datos, de la contribución de la polinización a la producción agrícola.

	Residual (\$)	Residual (\$)	Residual (\$)						
VARIABLES	Agrícola	Maíz	Frijol	Sorgo	Trigo	Soya	Arroz	Temporal	Riego
Temp. Primavera-verano (°C)	7,079.40***	7,698.40***	-160.40	6,968.92***	4,701.61	-8,076.85	-129,136.60	2,805.33***	7,544.67***
	(706.01)	(714.93)	(2,147.02)	(1,600.34)	(3,889.04)	(43,273.43)	(120,253.46)	(595.44)	(1,552.68)
Temp. Primavera-verano^2 (°C)	-155.12***	-156.49***	19.53	-137.60***	-63.95	,	1,860.40	-57.83***	-185.28***
	(14.04)	(14.30)	(42.96)	(29.56)	(67.15)		(1,998.75)	(11.78)	(32.86)
Temp. Otoño-invierno (°C)	-3,676.13***	-4,754.94***	-324.75	-4,054.04***	-8,365.57***	1,730.00	147,951.61	567.28	-6,504.72***
	(516.97)	(607.96)	(1,259.71)	(1,184.49)	(2,245.14)	(15,602.00)	(93,402.54)	(391.30)	(945.76)
Temp. Otoño-invierno^2 (°C)	131.90***	111.78***	-4.54	97.34***	197.19***		-2,824.33	-23.84**	229.29***
	(14.26)	(14.53)	(32.12)	(28.31)	(64.24)		(1,873.57)	(11.52)	(26.23)
Prec. Primavera-verano (mm)	139.49*	58.72	-417.64	427.07**	-199.72	1,027.70	-5,679.21	95.96	-276.79
	(79.19)	(82.65)	(285.77)	(189.62)	(869.70)	(4,566.43)	(5,691.16)	(75.50)	(177.03)
Prec. Primavera-verano^2 (mm)	-0.44***	0.45**	0.43	-0.75*	1.05	,	8.26	-1.18***	0.09
	(0.15)	(0.18)	(0.37)	(0.43)	(3.67)		(5.47)	(0.17)	(0.42)
Prec. Otoño-invierno (mm)	236.92**	-193.43**	381.12	37.99	-623.68	-768.13	-2,868.64	58.87	474.93*
	(102.20)	(88.71)	(294.92)	(211.09)	(1,122.36)	(4,922.26)	(2,389.05)	(102.71)	(244.00)
Prec. Otoño-invierno^2 (mm)	1.95***	-0.19	-0.51	-2.62***	1.74	,	11.97	0.96**	2.28***
	(0.33)	(0.19)	(0.67)	(0.67)	(10.10)		(10.63)	(0.43)	(0.53)
Temp.*Prec. Primavera-verano	-1.95	-5.49	14.07	-13.30*	9.63		220.62	6.23**	13.85**
	(3.15)	(3.70)	(10.84)	(6.97)	(29.19)		(233.59)	(2.99)	(6.87)
Temp.*Prec. Otoño-invierno	-23.76***	8.47*	-14.72	10.95	11.96		, ,	-6.38	-36.56***
	(4.72)	(4.41)	(13.26)	(10.30)	(44.06)			(4.66)	(11.81)
Acrisol (% del área de control)	51.06	27.49	-34.24	97.78**	-453.03		230.28	52.48	51.15
	(31.89)	(23.36)	(34.05)	(49.20)	(349.45)		(545.83)	(37.18)	(45.32)
Andosol (% del área de control)	121.33***	-19.08*	-30.11	-21.96	134.32*		1,524.89	104.67***	196.96***
	(21.96)	(11.33)	(30.96)	(145.78)	(79.46)		(1,749.85)	(17.95)	(64.06)
Arenosol (% del área de control)		,	, ,	, ,	,			. ,	-
Archosof (70 del area de control)	71.43	-118.04**	-169.35	-13.65			183,738.78	174.63***	1069917.41***
	(64.87)	(59.57)	(143.62)	(82.35)			(2,141,461.73)	(64.40)	(167,964.69)
Cambisol (% del área de control)	-12.18	-8.43	-1.69	31.79**	-23.58		-391.29	30.93***	-96.45***
	(9.16)	(9.79)	(20.62)	(13.79)	(24.28)		(408.49)	(10.38)	(18.72)
Castañozem (% del área de control)	40.71***	24.37*	-5.87	22.77**	-37.86		3,143.95*	46.86***	37.67**
	(9.50)	(14.73)	(24.01)	(9.78)	(23.10)		(1,738.60)	(8.38)	(18.89)

Chernozem (% del área de control)	118.74	17.93	-313.45***	109.34***	-780.72**			68.24	1,885.33***
	(108.34)	(95.60)	(95.49)	(34.01)	(310.31)			(79.44)	(323.05)
Feozem (% del área de control)	28.59***	-9.39	-8.46	-40.00***	-27.92	30.69	109.84	26.97***	27.52**
	(7.75)	(10.94)	(20.63)	(8.31)	(18.22)	(392.74)	(262.41)	(5.51)	(13.18)
Fluvisol (% del área de control)	356.37***	8.92	-172.49	-32.17	-250.89		1,922.21	79.66	443.18***
	(77.33)	(35.32)	(109.34)	(74.71)	(171.22)		(1,426.17)	(97.44)	(110.11)
Gleysol (% del área de control)	12.51	-30.48	103.38	97.00**			642.71	-2.86	18.73
	(20.96)	(21.83)	(98.28)	(48.36)			(736.73)	(22.28)	(40.53)
Litosol (% del área de control)	11.97	-2.75	-11.32	-32.70**	50.62	262.11	1,136.60**	31.44***	-1.29
	(9.48)	(12.45)	(25.25)	(13.44)	(47.89)	(650.37)	(498.54)	(8.01)	(26.23)
Luvisol (% del área de control)	9.37	20.70	17.10	-72.55**	-189.77*		-1,095.27*	49.07***	-114.18***
	(12.33)	(18.62)	(29.87)	(33.53)	(103.01)		(635.53)	(13.39)	(31.40)
Nitosol (% del área de control)	22.26	-49.79	70.74	423.10***			-555,838.71	-154.56**	616.20*
	(78.82)	(34.59)	(157.71)	(127.10)			(6,515,470.41)	(67.71)	(360.59)
Planosol (% del área de control)	5.70	-30.90***	21.94	-69.60**	-73.28			21.40***	-33.83**
	(9.51)	(10.84)	(21.01)	(28.79)	(50.90)			(6.88)	(16.55)
Ranker (% del área de control)	5,167.65***	-169.48	3,080.55*	2,121.94***	309.65			1,864.98***	5,307.95***
	(1,232.69)	(706.30)	(1,793.80)	(644.91)	(1,589.72)			(426.46)	(1,450.94)
Regosol (% del área de control)	5.87	-17.44*	-8.30	-42.75***	36.43	-1,300.54	-370.09	20.75***	17.30
	(8.97)	(9.50)	(18.17)	(14.09)	(33.49)	(1,272.03)	(321.80)	(7.74)	(16.78)
Rendzina (% del área de control)	-40.79***	-39.12**	-40.07	-25.80**	-24.09	-374.00	278.25	4.56	-23.06
	(9.91)	(15.52)	(24.78)	(12.41)	(69.19)	(511.40)	(451.17)	(9.07)	(26.06)
Solonchak (% del área de control)	-19.91	-82.36*	-69.80	45.25*	-37.31		-1,668.79*	200.63***	-106.55***
	(23.37)	(42.43)	(69.39)	(27.24)	(48.52)		(859.43)	(25.23)	(30.24)
Solonetz (% del área de control)	-63.24	-636.87***	-178.87***	-911.27*	1,215.69			-61.86**	-1,683.10***
	(61.68)	(155.72)	(61.01)	(542.37)	(876.76)			(25.23)	(460.23)
Xerosol (% del área de control)	28.21***	-21.48*	-12.73	39.38***	-15.16	367.24		19.87***	11.42
	(7.33)	(11.12)	(21.85)	(8.87)	(23.40)	(1,400.65)		(7.53)	(10.01)
Yermosol (% del área de control)	32.66	259.95***	195.38**	-58.00	60.99			-2.40	-139.86***
	(39.16)	(65.56)	(98.89)	(68.44)	(102.72)			(43.17)	(50.66)
Años de educación	70.29**	149.44***	70.31	-12.73	8.21	298.98	350.27*	59.61**	13.85
	(29.68)	(37.85)	(51.13)	(17.77)	(51.27)	(284.44)	(209.84)	(25.86)	(48.88)
Edad	-40.91	116.74	6.82	-17.26	-44.30	359.20	195.72	68.72*	-151.39
	(75.40)	(73.27)	(83.92)	(39.43)	(108.75)	(291.24)	(496.67)	(37.89)	(133.89)
Edad^2	0.20	-1.05*	-0.06	0.06	0.31	-3.27	-1.44	-0.53	1.06
	(0.62)	(0.63)	(0.74)	(0.34)	(0.98)	(2.61)	(4.29)	(0.33)	(1.14)

Procampo (1=recibe procampo)	-3,322.27***	-468.23	-1,570.77*	-193.34	688.47	98.55	-130.47	-814.71**	-2,670.49***
	(285.35)	(340.09)	(858.51)	(287.34)	(646.82)	(2,032.11)	(1,656.95)	(330.06)	(429.91)
			Distancia a	l bosque (km)					
Menor o igual a 1.308 kms	-3,226.25***	-2,668.38***	1,559.53	2,071.10	6,334.98***		38,142.09	954.82	-1,518.65
	(701.98)	(571.18)	(1,096.01)	(1,553.82)	(1,727.35)		(39,664.88)	(666.49)	(2,507.56)
Menor o igual a 1.750 kms	931.39	827.10	1,140.04	1,424.67	292.15		-2,645.68	1,131.14*	1,338.46
	(605.45)	(523.51)	(872.04)	(919.05)	(1,005.74)		(12,964.55)	(641.22)	(1,597.29)
Menor o igual a 6.000 kms	-38.71	67.83	-171.64	-357.96***	584.14***	3,173.09	1,551.20	232.51***	-62.43
	(87.07)	(95.37)	(179.51)	(117.54)	(208.71)	(8,267.33)	(2,953.56)	(71.25)	(151.70)
Mayor a 6.000 kms	20.12***	22.58**	-3.51	-21.11***	-10.97	511.87	-722.50	32.42***	4.32
	(6.94)	(9.58)	(19.61)	(8.07)	(28.90)	(1,938.63)	(471.10)	(6.50)	(12.70)
			Distancia a	ı la selva (km)					
Menor o igual a 1.308 kms	-3,894.00***	-7,473.28	-4,026.65**	3,741.54	-4,060.22			-727.58	-5,726.55
	(1,199.04)	(5,083.56)	(1,838.41)	(2,960.76)	(2,584.41)			(989.23)	(5,470.17)
Menor o igual a 1.750 kms	-3,359.51***	827.70*	174.66					-2,814.01***	-3,419.15**
	(570.28)	(477.36)	(899.92)					(534.19)	(1,442.03)
Menor o igual a 6.000 kms	-6.23	-211.07*	-142.57	299.61***	-333.90	-4,425.44	308.41	233.60***	-684.37***
	(94.58)	(124.61)	(230.82)	(101.92)	(701.30)	(21,370.13)	(2,624.64)	(85.41)	(177.14)
Mayor a 6.000 kms	0.85	-15.09***	-1.02	1.61	-9.58	-104.71	-228.21	-3.57	-1.91
	(2.40)	(5.55)	(12.71)	(6.34)	(8.84)	(369.69)	(760.71)	(4.20)	(3.43)
		Dis	stancia a vegetación	secundaria arbó	rea (km)				
Menor o igual a 1.308 kms	-2,313.27***	-251.21	2,606.81*	-1,151.63	-8,569.87***	-62,882.34	-5,091.03	-2,801.28***	-3,943.45*
	(753.26)	(605.93)	(1,373.27)	(1,039.61)	(1,929.42)	(214,001.49)	(26,982.60)	(510.64)	(2,143.57)
Menor o igual a 1.750 kms	-1,368.86**	513.82	-143.48	-595.73		-9,682.94	-108,525.36	-453.92	-8,323.22***
	(588.29)	(362.95)	(797.10)	(524.38)		(18,551.55)	(69,040.99)	(542.89)	(1,963.85)
Menor o igual a 6.000 kms	404.82***	285.99**	863.84***	202.40**	-186.01	5,205.11	5,522.18*	80.19	478.28***
	(86.65)	(114.90)	(211.45)	(100.04)	(230.02)	(10,213.12)	(3,340.98)	(78.74)	(158.91)
Mayor a 6.000 kms	17.19**	-6.04	21.99	5.23	-11.95	44.10	1,910.08	15.60	14.99
	(6.84)	(9.96)	(22.36)	(9.62)	(16.77)	(658.65)	(2,045.79)	(9.53)	(9.23)
		Dis	tancia a vegetación	secundaria herb	ácea (km)				
Menor o igual a 1.308 kms									
Menor o igual a 1.750 kms									
Menor o igual a 6.000 kms	437.43**	315.44	-289.02	1,343.39*	-877.97**		2,821.64	366.80*	-1,010.60**
	(186.56)	(260.46)	(240.19)	(745.96)	(344.83)		(5,050.63)	(206.88)	(433.05)

Mayor a 6.000 kms	9.22***	25.68***	10.00	5.83*	-23.23**	136.79	4.52	-0.44	20.78***
	(2.77)	(4.63)	(8.98)	(3.27)	(10.56)	(875.26)	(296.82)	(3.21)	(3.95)
		Dist	ancia a vegetación	secundaria arbust	tiva (km)				
Menor o igual a 1.308 kms	-716.15	-1,483.33**	-751.56	481.00	3,103.46**	13,176.66	-5,838.72	180.65	-2,078.85**
	(480.97)	(629.33)	(1,041.37)	(463.64)	(1,539.20)	(20,445.76)	(22,093.21)	(403.26)	(919.32)
Menor o igual a 1.750 kms	-1,069.57***	-1,666.67***	554.44	-1,086.75***	1,811.67**	-2,168.81	1,676.75	310.25	-2,622.96***
	(320.17)	(378.87)	(857.76)	(370.96)	(901.73)	(16,092.36)	(18,919.18)	(278.46)	(606.69)
Menor o igual a 6.000 kms	229.26*	-308.53**	-317.53	-197.08*	-19.22	-2,946.76	4,033.79	292.74**	-413.45**
	(120.88)	(144.89)	(297.21)	(113.45)	(384.65)	(1,974.46)	(6,002.36)	(121.14)	(204.73)
Mayor a 6.000 kms	166.39***	6.88	-290.97*	59.93	16.05	-1,754.21	1,581.64	132.73***	-19.67
	(49.26)	(66.22)	(160.68)	(38.17)	(192.12)	(4,443.64)	(2,370.81)	(47.00)	(68.55)
Tractores (1=tractores propios)	1,928.10***	1,566.68***	641.95	5.39	311.04	4,298.88**	1,997.16	717.24***	1,263.25
	(391.99)	(346.97)	(582.83)	(246.13)	(556.30)	(1,945.02)	(2,525.08)	(271.70)	(829.10)
Maquinaria (1=maquinaria propia)	930.06***	1,869.44***	628.05	672.33***	481.39	137.67	-464.15	1,081.61***	603.49
	(320.17)	(378.57)	(532.44)	(255.29)	(453.68)	(2,969.05)	(3,632.80)	(251.80)	(536.99)
Vehículos (1=vehículos propios)	1,738.73***	162.92	-41.58	43.49	-615.70	-7,384.14	4,584.48	955.04***	2,283.71***
	(257.51)	(259.66)	(415.30)	(249.21)	(564.50)	(5,656.57)	(3,217.10)	(262.23)	(483.69)
Distancia a la ciudad más cercana (km)	-8.03	-129.33***	-127.84**	-9.08	-60.22	996.73	1,634.34*	-107.71***	81.64*
	(29.74)	(27.97)	(63.06)	(23.48)	(71.37)	(1,164.29)	(833.17)	(30.98)	(47.49)
Distancia al cuerpo perene de agua (km)	-19.21**	-44.55***	-4.92	23.86*	-22.84	,	-30.12	2.83	-17.82
	(9.37)	(8.23)	(16.36)	(12.57)	(23.05)		(324.46)	(6.55)	(16.64)
Distancia al río perene más cercano (km)	-18.80***	-2.50	-24.25	21.42**	22.66		523.82	-13.41***	-5.46
	(6.12)	(8.26)	(14.78)	(10.23)	(30.44)		(489.76)	(4.30)	(12.34)
Área cultivada	-2.92***	13.64***	39.64***	-2.09	-6.30*	2.41	-59.07**	0.46	-3.51***
	(0.45)	(4.44)	(14.08)	(1.93)	(3.58)	(9.73)	(28.56)	(3.17)	(0.80)
Área cultivada^2	0.00***	-0.01***	-0.10***	0.00*	0.00	-0.01	0.04	-0.00	0.00***
	(0.00)	(0.00)	(0.03)	(0.00)	(0.00)	(0.01)	(0.03)	(0.00)	(0.00)
Constante	-53,005.56***	-39,433.43***	7,278.96	-52,251.37***	28,164.15	129,073.57	222,186.27	-47,315.79***	-20,379.11
	(6,341.77)	(5,532.07)	(15,879.75)	(13,671.12)	(43,736.03)	(685,739.10)	(685,964.21)	(4,958.09)	(15,159.43)
Efectos fijos por cultivo	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí
Observaciones	85,936	31,262	5,395	4,002	2,761	226	244	54,904	31,032
R-cuadrada	0.157	0.208	0.196	0.270	0.269	0.168	0.567	0.163	0.190

Fuente: elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2014.

Errores estándar robustos en paréntesis

^{***} p<0.01. ** p<0.05. * p<0.1

En vegetación secundaria arbórea, un metro adicional (alejamiento) entre las parcelas y dicha vegetación se asocia con cambios en los ingresos netos por hectárea de -\$2.31, -\$1.37, \$0.40 y \$0.017 pesos, respectivamente. Para la vegetación herbácea, se omiten los coeficientes asociados a los dos primeros rangos debido a la cercanía que existe con dicho tipo de vegetación (en muchos casos es cero) y se observa que en aquellos casos donde se rebasan los 1,750 (6,000) metros, una asociación significativa positiva de \$0.44 y \$0.009 pesos por metro. A pesar de que la magnitud de la asociación es muy limitada, esto puede deberse a la existencia de plagas cuyo crecimiento se propicia en este tipo de vegetación. Para vegetación secundaria arbustiva, se observa una asociación no significativa entre 0 y 1,308 metros, sin embargo, un metro adicional en el rango de 1,309 a 1,750 tiende a reducir el ingreso neto por hectárea en \$1.07 pesos y se observan asociaciones positivas, pero muy bajas, en los dos rangos superiores.

Los resultados econométricos obtenidos para los 6 cultivos seleccionados (maíz, trigo, frijol arroz, soja y soya) no son estadísticamente significativos en la mayoría de los casos. Esto obedece a que los cereales tienen una nula o muy baja tasa de dependencia a la polinización por animales. En aquellos casos en donde se observa una asociación significativa, como es el caso del maíz, dicha asociación se puede atribuir a externalidades negativas/positivas que generan los distintos tipos de vegetación a la producción de alimentos. Por ejemplo, las externalidades negativas pueden ser: i) proximidad a plagas, ii) proximidad a animales que dañan cosechas, entre otras; y externalidades positivas como: i) humedad relativa, ii) existencia de materia orgánica, entre otras. Dichas externalidades, diferentes a la polinización por animales, podrían estar reflejadas en los coeficientes estimados para el sector agrícola, por lo tanto, éstos deberán tomarse como una aproximación de la contribución de la polinización animal en los ingresos netos de los productores de alimentos.

La evidencia disponible, sintetizada en el Cuadro 8 y el Gráfico 6, muestra que la contribución de los servicios de polinización a los ingresos netos en el sector agrícola es heterogénea y no lineal por tipo de productor considerando la contribución marginal que tiene un metro adicional de distancia entre las tierras agrícolas y los distintos tipos de vegetación para los 4 rangos de distancia. En efecto, en los gráficos, 3a, 3b y 3c se observa la asociación con los ingresos netos que con el aumento del rango de distancia se diluye e incluso se torna positiva, especialmente, en el rango de 1,751 a 6,000 metros.

Asimismo, las estimaciones diferenciando entre tierras de riego y de temporal indica que las tierras de riego suelen beneficiarse más de la proximidad a ciertos tipos de vegetación o hábitats de polinizadores animales. Por ejemplo, un metro adicional de proximidad a vegetación secundaria arbórea se asocia con un incremento de ingresos netos de \$3.94 y de \$2.80 pesos en tierras de riego y temporal en el rango 0-1,308, respectivamente. Asimismo, un metro adicional de proximidad a selvas y vegetación secundaria arbórea en el rango 1,309-1,750 se asocia con incrementos en los ingresos netos de \$3.42 y \$8.32 pesos en tierras con riego, mientras que en tierras de temporal las contribuciones marginales corresponden a

\$2.81 y \$0.00 pesos, respectivamente. Incluso, las tierras de riego suelen beneficiarse por la proximidad a vegetación secundaria arbustiva, mientras que las tierras de temporal no observan beneficio alguno en los rangos 0-1,308 y 1,309-1,750 metros (ver Cuadro 1A en el anexo para todos los productos). Ello muestra la importancia del contexto y características de la producción agrícola para identificar la contribución monetaria de la provisión del servicio de polinización animal.

Gráfico 6. Cambio en el ingreso neto por ha por distancia a tipo de vegetación (\$/m).

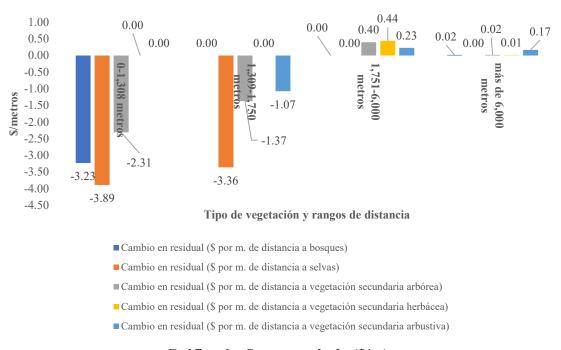


Gráfico 6a. Sector agrícola (\$/m)

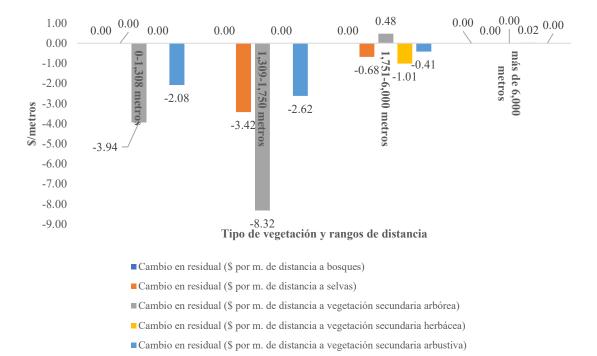


Gráfico 6b. Producción en tierras de riego (\$/m)

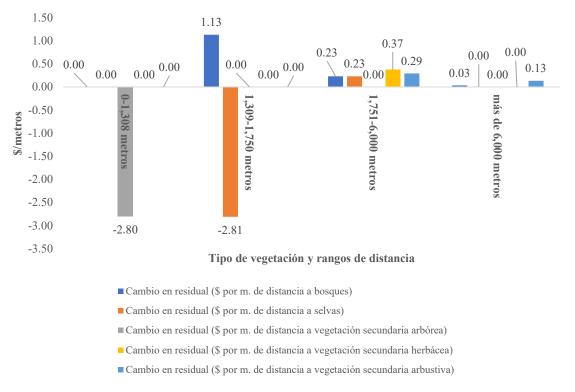


Gráfico 6c. Producción en tierras de temporal (\$/m)

Fuente: elaboración propia con datos de la ENA 2014

De este modo, los coeficientes estimados de la ecuación (7) permiten aproximar la contribución monetaria de la polinización por animales a la producción de alimentos. En promedio, se espera que la proximidad a bosques, selvas, vegetación secundaria arbórea y arbustiva contribuyan con \$4,225, \$6,573, \$3,627 y \$473 pesos por hectárea en aquellas parcelas que se encuentren dentro de un rango de proximidad de entre 0 y 1,750 metros de dichos tipos de vegetación. La vegetación secundaria herbácea parece no presentar una asociación significativa. Dichos montos deben interpretarse con precaución, puesto que, estas contribuciones marginales pueden estar capturando externalidades originadas en cada uno de los tipos de vegetación diferentes al servicio de polinización por animales.

4 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES

La evidencia disponible muestra que el servicio de polinización animal es relevante para la producción agrícola en México. En efecto, se observa, a nivel municipal (SIAP), que el valor monetario de la demanda del servicio de polinización representa en promedio 12.73% de la producción agrícola entre 2003 y 2018, lo que representa el 0.33% del PIB nacional entre 2003-2018. Las estimaciones resultantes del análisis de información de la ENA 2014 proveen de resultados similares con un valor monetario de la demanda del servicio de polinización animal que representa el 11.48% de la producción agrícola en 2014. Asimismo, aplicando, a nivel agregado, la oferta potencial promedio de polinización animal, durante el periodo 2003-2017, representa, el 0.21% del PIB nacional y el 8.15% del valor bruto de la producción agrícola. Además, la contribución monetaria del servicio de polinización, derivado de la oferta de polinización ajustado por la proximidad a los hábitats, en 2018 fue de \$43,701 millones de pesos de 2015 que corresponde a 7.94% del Valor de la Producción Bruta agrícola y de 0.23% del PIB total (Cuadro 10). De este modo, los valores de la oferta potencial son muy similares.

Cuadro 10. Valor de la contribución de la polinización animal en la producción agrícola como porcentaje del PIB.

	Valor 2018	Valor promedio 2003-2018
Demanda potencial	0.435	0.331
Oferta potencial	0.279	0.212
Oferta potencial ajustada	0.289	0.218
por distancia		

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se observa que la demanda potencial, la oferta potencial y la oferta potencial ajustada por distancia de polinización tienen una evolución consistente para el período de

2003-2018 y donde la oferta de polinización potencial y la oferta de polinización potencial ajustada por distancia ofrecen valores similares. Estos resultados sugieren, además, la presencia de un déficit persistente de la oferta de polinización potencial y de la oferta de polinización potencial ajustad por distancia en referencia a la demanda potencial. Este comportamiento se observa también por regiones del país donde se refleja la importancia de la polinización en la producción agrícola en el centro y el oeste del país.

Estas diferencias entre la demanda y la oferta potencial de polinización animal muestran las consecuencias del actual estilo de desarrollo agropecuario. Estas estimaciones muestran, además, que existe una importante volatilidad anual de la contribución monetaria de la polinización que debe considerarse para construir escenarios prospectivos y que se asocia, parcialmente, a modificaciones en la estructura de la producción agrícola. Por ejemplo, destaca la creciente relevancia económica de cultivos como el aguacate que han aumentado su exportación asociada a su consumo emblemático del guacamole en eventos como el Super Bowl.

Este valor monetario del servicio de regulación final de la polinización puede entonces substraerse del valor total agregado de la contribución de los servicios de los ecosistemas de la producción agrícola. Ello permite evitar una doble contabilidad y pasar de la contribución bruta de los servicios de los ecosistemas a la contribución neta de los servicios de los ecosistemas (U.N. *et al.*, 2014, pp. 52).

Las estimaciones econométricas muestran que la distancia entre los habitas de los polinizadores y las áreas cultivadas son relevantes en el servicio de polinización en México. En promedio, se espera que la proximidad a bosques, selvas, vegetación secundaria arbórea, y arbustiva contribuya con \$4,225, \$6,573, \$3,627 y \$473 pesos en los ingresos netos por hectárea de aquellas parcelas que se encuentren dentro de un rango de proximidad de entre 0 y 1,750 metros de dichos tipos de vegetación. La vegetación secundaria herbácea parece no presentar una asociación significativa.

Se observa, además, que las formas y capacidad de apropiación de la contribución monetaria del servicio de polinización animal en la producción agrícola es diferenciado por tipo de productores y/o producción. Esto es, que las estimaciones econométricas diferenciando entre tierras de riego y de temporal indican que las tierras de riego suelen beneficiarse más de la proximidad a ciertos tipos de vegetación o hábitats de polinizadores animales. Por ejemplo, un metro adicional de proximidad a vegetación secundaria arbórea se asocia con un incremento de ingresos netos de \$3.94 y de \$2.80 pesos en tierras de riego y temporal en el rango 0-1,308, respectivamente. Asimismo, un metro adicional de proximidad a selvas y vegetación secundaria arbórea en el rango 1,309-1,750 se asocia con incrementos en los ingresos netos de \$3.42 y \$8.32 pesos en tierras con riego, mientras que en tierras de temporal las contribuciones marginales corresponden a \$2.81 y \$0.00 pesos, respectivamente. Incluso, las tierras de riego suelen beneficiarse por proximidad a vegetación secundaria arbustiva, mientras que las tierras de temporal no observan beneficio alguno en los rangos 0-1,308 y

1,309-1,750 metros. Todo ello muestra que la apropiación del servicio de polinización animal depende de las condiciones y características de la producción agrícola (i.e. riego o secano).

Este conjunto de resultados muestra que la perdida de estos servicios de polinización animal tendría costos económicos significativos para la agricultura en México, con efectos heterogéneos por tipo de productor y para la construcción de una agricultura sustentable (Hanley, *et al.*, 2015).

5 REFERENCIAS

Aizen, M.A., L.M. garibaldi, S.A. Mingham, A.M. Klein (2009), how much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long term trends in crop production, Ann Bot, 103(9), pp. 1579-1588.

Allsopp, M.H., de Lange, W.J. & Veldtman, R. (2008) Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. PLoS ONE, 3, e3128.

Bauer, D.M. y I.S. Wing (2016), The macroeconomic costs of catastrophic pollination declines, Ecological Economics, 126, pp. 1-13.

Borneck, R., Bricout, J.P. 1984. Evaluation de l'incidence économique de l'entomofaune 15 pollinisatrice en agriculture. Bulletin Technique Apicole 11(2), 117-124.

Corbet, S.A., Fussell, M., Ake, R., Fraser, A., Gunson, C., Savage, A. & Smith, K. (1993) Temperature and the pollinating activity of social bees. Ecological Entomology, 18, 17-30.

Costanza, R., d'Arge, R. & Groot, R. (1997), "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature*, 387, 253-260.

Gallai, N. & Vaissière, B. (2009) Guidelines for the economic valuation of pollination services at a national scale. FAO, Rome.

Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J. & Vaissière, B.E. (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecological Economics, 68, pp. 810-821.

Guimaraes, R., R. Fernández de Almeida, O. Cruz-Neto, M. Tabarelli, , B. F. Viang, C.A Pérez y A. Valentina (2020), Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research, funding and policy actions, Food Security, mayo. Pp. 1-19. Hanley, N, T.D. Breeze, C. Ellis, D. Goulson (2015), Measuring the economic value of pollination service: principles, evidence and knowledge gaps, Ecosystem Services, vol. 14, pp. 124-132.

Horlinings, E., S. Schenau, L. Hein, M. Lof, L. de Jongh y M. Polder (2019a), Experimental monetary valuation of ecosystem services and assets in the Netherlands, University of Wageningen.

Horlinins, E., S. Schenau, L. Hein, M. Lof, L. de Jongh y M. Polder (2019b), Experimental monetary valuation of ecosystem services and assets in the Netherlands, Technical Background report, University of Wageningen.

IPBES (2016), The assessment report of the Intergovernmental science. Policy platform on biodiversity and ecosystem services on pollinators, pollination and food production, S.G.

Potts, V. Limeratriz-Fonseca y H.T. Ngo (eds.), Secretariat of the Intergovernmental Science-policy Platform on biodiversity and ecosystem services, Bonn, Germany.

Kennedy, C.M., E. Lonsdorf, M. C. Neel, N.M. Williams, T.H. Ricketts, R. Winfree, R. Bommarco, C. Brittain, A. L. Burley, L.G. Carvalheiro, N. P. Chacoff, S. A. Cunningham, B.N. Danforth, J-H. Dudenhoffer, E. Elle, H.R. Gaines, L. A. Garibaldi, C. Gratton, A. Holzschuh, R. Isaacs, S.K. Javorek, S. Jha, A. M. Klein, K. Krewenka, Y. Mandelik, M.M. Mayfield, L. Morandin, L.A. Neame, M. Otieno, M. Park, S. G. Potts, M. Rundlof, A. Saez, I. Steffan-Dewenter, H. Taki, B. F. Viana, C. Westphal, J. K. Wilson, S. S. Greenleaf y C. Kremen (2013) A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems, Ecology Letters, (2013) 1685), marzo, pp. 584–599.

Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 274, 303-313.

Leonhardt, S.D., Gallai, N., Garibaldi, L.A., Kuhlmann, M. & Klein, A.M. (2013) Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe, Basic and Applied Ecology, 14, 461-471.

Lonsdorf, E., Kremen, C., Ricketts, T., Winfree, R., Williams, N. & Greenleaf, S. (2009). Modelling pollination services across agricultural landscapes. Ann. Bot., 103, 1589–1600.

Martin E. C., 1975. The use of bees for crop pollination. In: Dadant & Sons (Editors), The hive and the honey bee. Hamilton, Illinois, pp. 579-614.

Morse, R. A., Calderone, N. W. 2000. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. Bee Culture, 1-15. Robinson, W. S., Nowogrodzki, R., Morse, R. A., 1989. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops: Part II. American Bee Journal 129, 477-87.

Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, 19 T., Cliff, B., 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. BioScience 47, 20 747-757

Rader R., Howlett B.G., Cunningham S.A., Westcott D.A., Newstrom-Lloyd L.E., Walker M.K., Teulon D.A.J., Edwards W. 2009. Alternative pollinator taxa are equally efficient but not as effective as the honeybee in a mass flowering crop. J. Appl. Ecol. 46:1080-1087.

Ricketts, T.H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmill-Herren, B., Greenleaf, S.S., Klein, A.M., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Ochieng, A. & Viana, B.F. (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? Ecology Letters, 11, 499-515.

Robinson, W. S., Nowogrodzki, R., Morse, R. A., 1989. The value of honey bees as 22 pollinators of U.S. crops: Part II. American Bee Journal 129, 477-87.

Roubik, D. W. 1995 Pollination of cultivated plants in the tropics. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy. Bull. 118.

Smith, M.R., G.M. Singh, D: Mozaffarian y S.S. Myres (2015), Effects of decreases of animal pollinators on human nutrition and global health: a modelling analysis, The lancet, vol. 386, Issue 1007, pp. 1964-1972.

Smith, P., M.R. Ashmore, H.I.J. Black, P.J. Burgess, C.D. Evans, T.A. Quine, A.M. Thomson, K. Hicks y H.G. Orr (2011), The role of ecosystems and their management in regulating climate and soil water and air quality, Journal of Applied Ecology, 50, pp. 812-829.

Southwick, E. E., Southwick, L., 1992. Estimating the economic value of honey-bees 4 (Hymenoptera, Apidae) as agricultural pollinators in the United-States. Journal of 5 Economic Entomology 85, 621-633.

U.N, *et al* (2014a), System of Environmental-Economic Accounting: Experimental Ecosystem Accounting: 2012 (SEEA-EEA) (2014), United Nations (UN), European Commission (EC), Organization for Economic Cooperation and Development (OCDE), World Bank Group (WB).

U.N. et al., (2014b), Technical Recommendations in Support of the System of Environmental-Economic Accounting, 2012, (2014), United Nations (UN), New York.

Vaissiere, B., B.M. Freitas y B. Gemill-Heren (2011), Protocal to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use, Pollination services for Sustainable agriculture, Field manuals, Food and Agriculture Organization of the United nations (FAO), Rome.

Vallecillo, S., A. La Notte, C. Polce, G. Zulian, N.Alexandris, S. Feirini, y J. Maes (2018), Ecosytem Services Accounting, Part I, Outdoor recreation and crop pollination EUR 29024, Unión Europea.

Williams, I.H. (1994) The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees Agricultural Zoology Reviews, 229-257.

Winfree, R., B.J. Gross, C. Kremen (2011), Valuing pollination services to agriculture, Ecological Economics, vol. 71, pp. 80-88.

Wooldrige, J. M. (2016). Introductory econometrics: A modern approach. Nelson Education.

Zulian, G., Maes, J. y Paracchini, M. (2013) Linking Land Cover Data and Crop Yields for Mapping and Assessment of Pollination Services in Europe. Land, 2, 472-492.

6 ANEXO-CUADROS

Cuadro 1A. Cambio en el ingreso neto por ha por distancia a tipo de vegetación (\$/m)

	Agrícola	Maíz	Frijol	Sorgo	Trigo	Soya	Arroz	Temporal	Riego
		Cambio e	n residual (\$ por m. de	distancia a	a bosques)			
0-1,308 metros	-3.23	-2.67	0.00	0.00	6.33	0.00	0.00	0.00	0.00
1,309-1,750 metros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	0.00
1,751-6,000 metros	0.00	0.00	0.00	-0.36	0.58	0.00	0.00	0.23	0.00
más de 6,000 metros	0.02	0.02	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
		Cambio	en residual	(\$ por m. d	le distancia	a selvas)			
0-1,308 metros	-3.89	0.00	-4.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,309-1,750 metros	-3.36	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.81	-3.42
1,751-6,000 metros	0.00	-0.21	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.23	-0.68
más de 6,000 metros	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cambio er	residual (§ por m. de	distancia a	vegetación	secundaria	a arbórea)		
0-1,308 metros	-2.31	0.00	2.61	0.00	-8.57	0.00	0.00	-2.80	-3.94
1,309-1,750 metros	-1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.32
1,751-6,000 metros	0.40	0.29	0.86	0.20	0.00	0.00	5.52	0.00	0.48
más de 6,000 metros	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cambio en	residual (\$	por m. de	distancia a	vegetación	secundaria	herbácea)		
0-1,308 metros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,309-1,750 metros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,751-6,000 metros	0.44	0.00	0.00	1.34	-0.88	0.00	0.00	0.37	-1.01
más de 6,000 metros	0.01	0.03	0.00	0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.02
Cambio en residual (\$ por m. de distancia a vegetación secundaria arbustiva)									
0-1,308 metros	0.00	-1.48	0.00	0.00	3.10	0.00	0.00	0.00	-2.08
1,309-1,750 metros	-1.07	-1.67	0.00	-1.09	1.80	0.00	0.00	0.00	-2.62
1,751-6,000 metros	0.23	-0.31	0.00	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.29	-0.41
más de 6,000 metros	0.17	0.00	-0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00

Fuente: elaboración propia con datos de la ENA, 2014.

Cuadro 2.A: Tasas de "consenso" de caída de la riqueza y de visitas de los polinizadores.

variable	N	μь	Pr (μ _b < 0)*	Punto de caída del 50% (m)
Riqueza	19	-0.00046	> 0.999	1507 (921–3332)
Tasa de visita	22	-0.00104	0.996	668 (395–1727)
Templadas	11	-0.00053	0.971	1308 (437–13849)
Tropical	11	-0.00118	0.959	589 (296–8186)
Social	10	-0.00158	0.985	439 (240–1791)
Solitaria	10	-0.00117	0.946	591 (274–ND)
Fruta y semillas	12	-0.00003	0.698	26 826 (5038–ND)

Fuente: Rickettes, et al. 2008.

7 APÉNDICE: MÉTODO DE LONSDORF.

En la primera etapa, el modelo genera el índice ecológico de Lonsdorf²⁴ (Lonsdorf *et al.*, 2009) que permite predecir la abundancia y riqueza relativa de abejas con base en la calidad y cantidad estimada de los hábitats (nidos) y la flora y su distancia a los cultivos. El índice de suelos de Londsdorf (LLI)²⁵ indica la relativa abundancia de los polinizadores (oferta) para cada especie en forma geo-referenciada con base en la cobertura vegetal para los nidos y los recursos de flora²⁶. Ello permite obtener un mapa de abundancia relativa de polinización animal geo-referenciado con valor entre 0 y 1.

Así, el mapa de cobertura vegetal se convierte en un mapa de nidos y recursos florales considerando: una especie polinizadora para simplificar el análisis.

Recursos de nidos de polinizadores:

Los recursos de los nidos de polinizadores se obtienen bajo el supuesto de que los habitas en las parcelas (pixeles) (x) por especies de polinizadores es una función de la cobertura vegetal que corresponde a j,P_{jx} (Lonsdorf *et al.*, 2009):

$$(4) HN_{sv} = \sum_{i=1}^{j} N_{js} P_{jx}$$

Donde x es la parcela y la cobertura vegetal corresponde a j,pjx, N_{js} representa la compatibilidad de la cobertura vegetal por nidos de especies s y donde un valor de 1 indica que la cobertura vegetal provee nidos para especies s mientras que un valor de 0.2 indica que sólo el 20% del área provee habitas para las especies s.

Recursos florales: el índice de recursos florales oscila entre 0 y 1, con un valor medio de 0.83 y mediana de 0.90.

Los recursos florales (HF) se estiman con base en la opinión de expertos para identificar el período estacional (k) de los polinizadores animales con base en los recursos florales disponibles que se estiman como pesos ponderados (entre 0 y 1) de la flora para cada estación por k. El índice de recursos florales oscila entre 0 y 1, con un valor medio de 0.83 y mediana de 0.90. Los pesos ponderados se circunscriben a:

$$\sum_{k=1}^{k} W_{sk} = 1$$

²⁴ El índice de Lonsford *et al.*, (2009), construido con base en un meta-análisis de 39 estudios para 23 cultivos y 14 países).

²⁵ EL modelo Lonsdorf se instrumentó utilizando ArcGIS, y está disponible a través de Natural Capital Project ('Crop Pollination' tool within the InVEST Software, http://www.naturalcapitalproject.org/ InVEST.html) (Tallis *et al.*, 2011).

²⁶ Ver (LLI) (see Appendix S4 for further detail) de Kennedy, 2013.

El modelo predice entonces el potencial de recursos florales (HF) disponibles de especies s en parcelas x para k estaciones ponderados por la distancia y normalizados por la disponibilidad máxima (Lonsdorf *et al.*, 2009):

(6)
$$HF_{SX} = \sum_{k=1}^{k} W_{Sk} \frac{\sum_{M=1}^{M} \sum_{j=1}^{j} F_{jS,k} P_{jm} e^{-DmX/\alpha_S}}{\sum_{M=1}^{M} e^{-DmX/\alpha_S}}$$

Donde P_{jm} representa la proporción de la parcela m con cobertura vegetal j, Dmx es la distancia euclidiana entre la parcela y la parcela cultivada x, s es el tipo de especie y $F_{js,k}$ (0-1) representa la capacidad de la cobertura vegetal j para las especies s durante la sesión k. $F_{js,k}$ permite incluir diferentes especies en el mismo tipo de cobertura vegetal. El numerador representa los recursos florales ponderados por la distancia en las M parcelas.

Mapa de fuentes de polinizadores animales:

El mapa de los servicios relativos de polinización se estima como la proporción de los habitas m de donde llegan los polinizadores a las parcelas:

De este modo, la suma de los polinizadores corresponde a P_{sx} que representa la abundancia relativa y la localización de los polinizadores disponibles para cada área de cultivo x que representa el mapa de fuentes de recursos:

$$(7) P_{sx} = HF_{sx} + HN_{sx}$$

Donde: P_{sx} es el índice del mapa de recursos de polinización de la abundancia relativa de polinizadores.

Mapa de servicios de polinización potencial:

La segunda etapa se construye un índice que relaciona la abundancia de cada especie de polinizadores (oferta) ajustado por distancia que llega a cada parcela cultivada. Este índice de abundancia relativa de cada polinizador en los cultivos representa el mapa de servicios de

polinización. Así, la oferta potencial o abundancia relativa de los polinizadores que viajan (P_{os}) del nido de la marcela m a un área se define como (Lonsdorf *et al.*, 2009):

(8)
$$P_{os} = \frac{\sum_{m=1}^{M} P_{sm} e^{-Dom/\alpha_s}}{\sum_{m=1}^{M} e^{-Dom/\alpha_s}}$$

Donde P_{sm} es la abundancia relativa de los polinizadores s en el área m, Dom es la distancia entre la unidad m y la granja o y α es el promedio de la distancia posible de la especie s.

La estimación del nivel de polinización total normalizado para cada área de cultivo corresponde a (Lonsdorf *et al.*, 2009):

(9)
$$P_o = \frac{\sum_{s=1}^{S} C_{os} P_{os}}{\sum_{s=1}^{S} C_{os}}$$

Donde C_{os} es 1 en el caso en que la granja requiere polinizadores y 0 en otro caso.

Esta ecuación puede ponderarse para incorporar las diferencias en la disponibilidad de distintos tipos de polinizadores animales (Lonsdorf *et al.*, 2009):

(10)
$$P_{o} = \frac{\sum_{s=1}^{S} \epsilon_{s} C_{os} P_{os}}{\sum_{s=1}^{S} C_{os}}$$

Donde ε_s es la abundancia del polinizador s en los suelos. Estos pesos ponderados se determinan por opinión de expertos.