

Sistema de
Contabilidad
Ambiental y
Económica

VALORACIÓN MONETARIA DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS PARA LA PROVISION DE CULTIVOS PRIORITARIOS 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 inglés) 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 de los servicios de los ecosistemas para la provisión de cultivos prioritarios en Mexico. Informe del proyecto NCAVES. División de Estadística de las Naciones Unidas. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Nueva York.



**United
Nations**



System of
Environmental
Economic
Accounting

ONU 
medio ambiente



**Financiado por
la Unión Europea**

Contents

1. INTRODUCCIÓN.	4
2. EL SECTOR AGRÍCOLA EN MÉXICO: ALGUNOS HECHOS ESTILIZADOS.	6
3. VALORACION MONETARIA DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS A LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.	9
3.1. Marco conceptual general.	9
3.2. La valoración monetaria de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola a nivel nacional.	11
3.3. La valoración monetaria de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola a nivel nacional con base en el modelo KLEMS.	18
3.4. Estimación de la contribución de los servicios de los ecosistemas a cultivos seleccionados.	21
3.5. Los servicios de los ecosistemas en el sector agrícola nacional e irrigación: una aproximación	27
3.6. Servicios de los ecosistemas en el sector agrícola nacional: volatilidad y prospectiva.	29
4. LA CONTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS A LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA: UNA VISIÓN GEO-REFERENCIADA.	34
5. LA CONTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS EN EL SECTOR AGRÍCOLA: UNA VISIÓN CON MICRODATOS.	41
6. IDENTIFICACIÓN DEL RESIDUAL DEL MÉTODO DEL PRECIO DEL RECURSOS DE LA RENTA CON MICRO DATOS.	46
7. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES.	53
REFERENCIAS	56

1. INTRODUCCIÓN¹.

Las actividades agrícolas son fundamentales para la dinámica económica, la generación de empleos e ingresos de la población, en la balanza comercial, para el bienestar social y la seguridad alimentaria. Esta producción agrícola se realiza combinando a un conjunto de factores de producción (capital, trabajo), insumos como fertilizantes, energía e irrigación y algunos factores exógenos como el clima, la topografía o características del suelo con la contribución de un conjunto de servicios de provisión y de regulación de los ecosistemas. En este sentido, disponer de una valoración monetaria de los servicios de los ecosistemas (ES) contribuye a hacer visible su importancia económica y social y contribuye, por tanto, a su preservación, a su uso y aprovechamiento eficiente y a identificar las potenciales consecuencias de su pérdida o deterioro.

De este modo, el objetivo de este capítulo es estimar el valor monetario bruto de una canasta de servicios² de provisión (i.e. ciclo y estructura de nutrientes y humedad del suelo, biomasa, diversidad genética, control de plagas, provisión de agua, erosión del suelo) y de regulación final (i.e. polinización) de los ecosistemas a la producción agrícola total y de los cultivos agrícolas prioritarios. La valoración monetaria bruta de esta canasta de servicios de provisión y regulación de los ecosistemas a la producción agrícola incluye potencialmente una doble contabilidad como consecuencia de incorporar a los servicios de regulación (polinización) que proveen, simultáneamente, servicios a los ecosistemas y a la producción agrícola. Para obtener entonces el valor monetario neto de los servicios de los ecosistemas se debe sustraer la contribución del servicio de regulación final derivado de la polinización de los cultivos agrícolas. Es posible, además, a través de un proceso de identificación y atribución buscar aislar la contribución específica del valor monetario de un conjunto de servicios.

La valoración monetaria de esta contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola es, sin embargo, una tarea compleja donde se utilizan precios que no corresponden a los mercados reales y donde el análisis se basa en inferencias sobre mercados similares o en comportamientos hipotéticos de los agentes económicos que incorporan un conjunto de supuestos debatibles.

En este estudio, la valoración monetaria de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola se basa en el método de la renta unitaria del recurso. Este método, como el resto de los métodos de valoración monetaria, presenta ventajas, desventajas y limitaciones en donde destacan:

- El método de valoración monetaria de la renta del recurso es un método establecido y reconocido internacionalmente que corresponde a uno de los métodos recomendados en el manual de cuentas experimentales (SEEA-EEA, 2014). Este método tiene la ventaja que utiliza información directa de las cuentas nacionales

¹ Agradecemos los comentarios de Anil Markandya, Bran Edens y Jacob Salcone.

² Se toma como base la clasificación de Haines-Young y Potschin (2018).

reduciendo el nivel de inferencia y representa por tanto un primer paso en la estimación compleja del valor monetario de la contribución de los ecosistemas a la producción agrícola. Este método permite identificar, simultáneamente, a un conjunto servicios de los ecosistemas y, tiene la ventaja, para el caso de México, que evita el desafío de que una parte de los suelos agrícolas están fuera del mercado (ejidos) lo que lleva a un sesgo en la muestra.

- Sin embargo, este método de la renta unitaria del recurso presenta varios desafíos y limitaciones. En primer lugar, el método se basa en ciertos supuestos donde destacan que los ecosistemas se utilizan de una manera sostenible, precios relativos consistentes con el desarrollo sostenible, la presencia de competencia en el mercado que evita rentas monopólicas o procesos de especulación de la tierra y la presencia en el resto de los mercados de competencia perfecta de modo que los insumos y factores de producción contribuyen y son remunerados de acuerdo a su productividad. Estos supuestos no necesariamente son realistas y por tanto es importante considerar los potenciales efectos de su incumplimiento. En segundo lugar, el método de la renta unitaria del recurso presenta un problema de identificación. Esto es, el residual estimado que se asocia a la contribución de los servicios de los ecosistemas incluye servicios de provisión, de regulación o incluso culturales, pero también puede incorporar otros aspectos. Por ejemplo, el residual estimado puede incluir modificaciones en los precios de los productos agrícolas o de los insumos, modificaciones en los salarios o incluso cambios en las políticas públicas. Todo ello se refleja, por ejemplo, en una importante volatilidad del residual estimado y en resultados que pueden incluir valores negativos y positivos del residual. En este sentido, es necesario realizar un proceso de identificación del residual y de atribución de los efectos de los factores identificados. Por ejemplo, es posible buscar identificar al conjunto de los servicios de los ecosistemas incorporados en el residual.

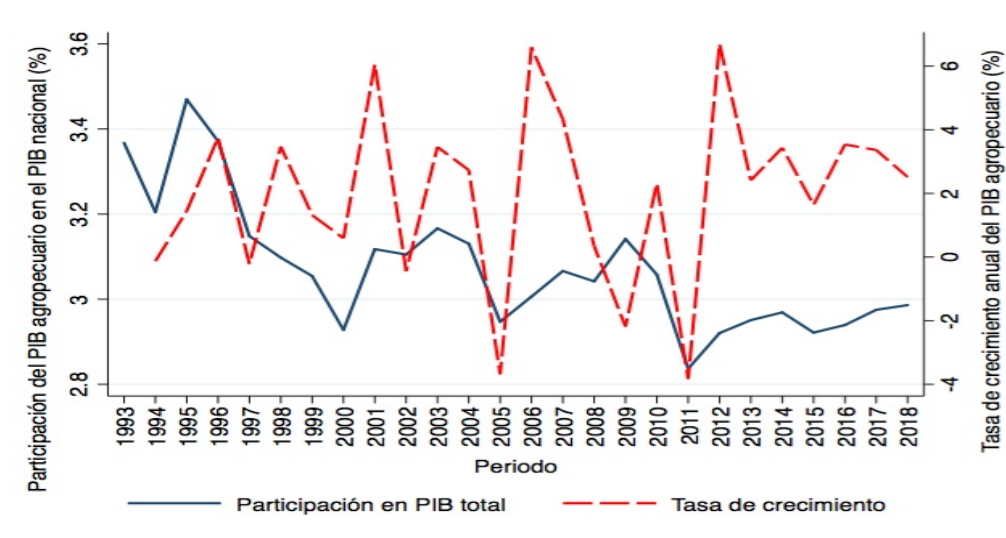
De este modo, estos resultados son preliminares y contienen un alto nivel de incertidumbre; por ello deben de tomarse con precaución. No obstante, estos resultados representan una primera aproximación al valor monetario de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola a nivel nacional y buscan contribuir a la preservación y aprovechamiento sustentable de estos ecosistemas. Por ejemplo, estas estimaciones permiten identificar las potenciales consecuencias de su pérdida, en algunos casos irreversibles.

El capítulo contiene seis secciones. La primera es, obviamente, la introducción, la segunda sección presenta una síntesis de la relevancia económica y social del sector agrícola, la tercera sección presenta las estimaciones agregadas de la contribución de una canasta de servicios de los ecosistemas a la producción agrícola a nivel nacional, la cuarta sección incluye las estimaciones de la contribución de la canasta de servicios de los ecosistemas a la producción agrícola geo-referenciada, la quinta sección presenta las estimaciones, con micro-datos, la sexta sección presenta la identificación del residual con micro datos y, finalmente la séptima sección concluye.

2. EL SECTOR AGRÍCOLA EN MÉXICO: ALGUNOS HECHOS ESTILIZADOS.

El sector agropecuario³ representó alrededor de 2.99% del PIB en 2018, con una tasa de crecimiento promedio anual del 1.94% entre 1993-2018 (Gráfico 1) y la producción de cultivos prioritarios⁴ (arroz, frijol, maíz, trigo, sorgo y soya) representó alrededor de 23.36% de la producción agrícola total en 2018. La superficie agrícola fue de 21.16 millones de hectáreas en 2018 con una tasa de crecimiento promedio anual de 0.48% durante el período 1993-2018, donde 6.17 millones de hectáreas corresponden a suelos irrigados y 14.99 millones de hectáreas a suelos de secano⁵ (Cuadro 1 y Cuadro 2).

Gráfico 1. Tasa de crecimiento de la producción agrícola y participación del PIB agropecuario en el PIB total.



Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México de INEGI, varios años. El PIB agropecuario comprende los subsectores 111 y 112 (agricultura y actividades pecuarias) de acuerdo al Sistema de Clasificación de América del Norte (SCIAN).

La evolución del sector agropecuario es relevante en la dinámica económica y social en México. En efecto, el sector agropecuario genera, en promedio, el 14.46% del empleo formal total, contribuye decisivamente al ingreso de la población rural que representa el 23.56% de la población total y de la evolución de la pobreza atendiendo a que el 66.47% de la población rural se encuentra en situación de pobreza (i.e. 16.77 millones de personas) para el período 1993-2019 (Cuadro 1 y Cuadro 2).

³ Subsectores 111 y 112 de acuerdo con el Sistema de Clasificación de América del Norte (SCIAN).

⁴ Los cultivos seleccionados como prioritarios derivan de su importancia en la dinámica económica y social y en su relevancia en la provisión de alimentos en México.

⁵ Estas cifras pueden variar por estaciones del año.

El sector agropecuario contribuye, además, con insumos fundamentales a otras actividades económicas y con la provisión de alimentos, representa una parte importante de las exportaciones del país y es un factor fundamental en la administración de riesgos y el autoconsumo de los productores de bajos ingresos.

Cuadro 1: Estadísticas básicas del sector agropecuario.

Concepto	Valor
Porcentaje PIB agropecuario en el PIB en 2018.	2.99%
Tasa de crecimiento promedio anual del PIB agropecuario entre 1993-2018.	1.94%.
Porcentaje de la producción de cultivos prioritarios (arroz, frijol, maíz, trigo, sorgo y soya) de la producción agrícola total 2018.	23.36%.
Superficie agrícola en 2018 (Estacionales).	21.16 millones de hectáreas.
Tasa de crecimiento promedio anual entre 1993-2018.	0.48%.
Suelos irrigados	6.17 millones de hectáreas.
Suelos de secano	14.99 millones de hectáreas
Porcentaje del empleo del sector agropecuario 1993-2019.	14.46%
Porcentaje de la población rural en la población total 1994-2019.	23.56%
Porcentaje de la población rural en situación de pobreza de la población rural 1993-2019.	66.47% (i.e. 16.77 millones de personas)
Número de beneficiarios del programa PROCAMPO 1995-2016 (promedio anual) (millones de beneficiarios)	3.01 (promedio) 2.10 (mínimo) 3.50 (máximo)
Monto anual transferido a productores a través del PROCAMPO (promedio anual) (millones de pesos de 2013)	\$16,692 (promedio) \$5,710 (mínimo) \$23,644 (máximo)
Seguridad alimentaria.	
Insumos.	
Exportaciones.	

Notas: Sector agropecuario corresponde de a Subsectores 111 y 112 de acuerdo con el Sistema de Clasificación de América del Norte (SCIAN). Fuente: Elaboración propia.

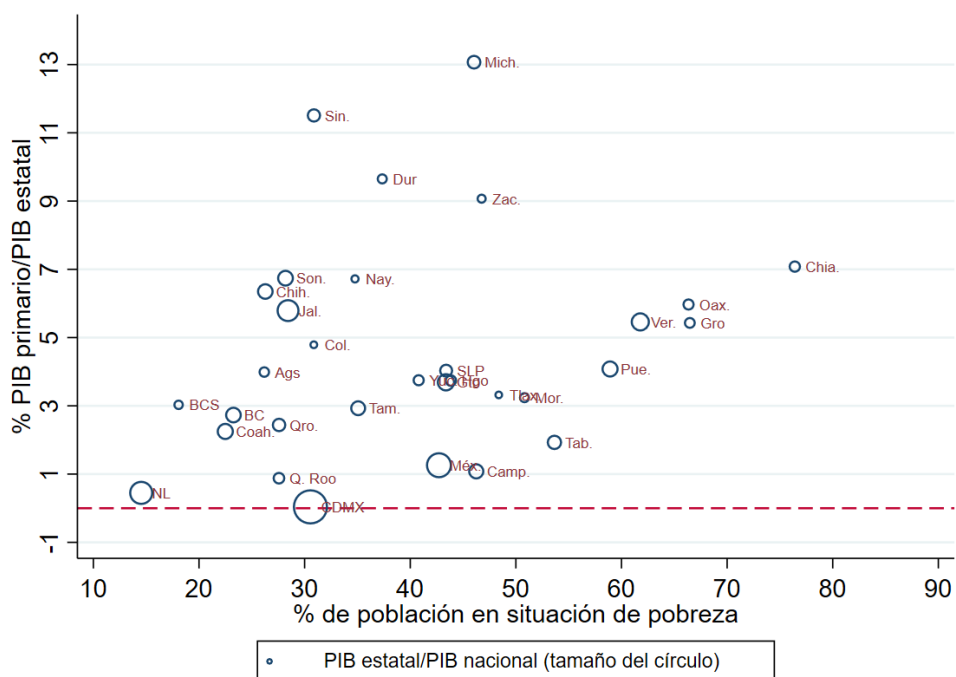
Cuadro 2: Promedio de estadísticos básicos del sector agropecuario: 1980-2019.

Periodo	Participación del PIB agropecuario en el PIB (%)	Participación del empleo del sector primario en el total de empleo (%)	Población rural (% de la población total)	Población rural en situación de pobreza (% del total rural)	Población rural en situación de pobreza (millones de personas)
1993	3.37	ND	27.40	ND	ND
1994	3.20	ND	27.02	ND	ND
1995	3.47	ND	26.63	ND	ND
1996	3.37	ND	26.33	ND	ND
1997	3.15	ND	26.07	ND	ND
1998	3.10	ND	25.81	ND	ND
1999	3.05	ND	25.56	ND	ND
2000	2.93	17.90	25.28	ND	ND
2001	3.12	17.85	24.96	ND	ND
2002	3.10	17.60	24.64	ND	ND
2003	3.17	16.37	24.32	ND	ND
2004	3.13	15.68	24.00	ND	ND
2005	2.95	14.70	23.69	ND	ND
2006	3.01	14.10	23.38	ND	ND
2007	3.07	13.57	23.08	ND	ND
2008	3.04	13.56	22.78	64.07	16.17
2009	3.14	13.73	22.48	ND	ND
2010	3.06	13.56	22.19	68.14	17.25
2011	2.84	13.73	21.89	ND	ND
2012	2.92	14.10	21.60	66.12	16.74
2013	2.95	13.77	21.30	ND	ND
2014	2.97	13.77	21.01	67.20	16.99
2015	2.92	13.37	20.72	ND	ND
2016	2.94	13.28	20.42	65.57	16.52
2017	2.98	13.35	20.13	ND	ND
2018	2.99	12.69	19.84	67.71	16.96
2019	2.90	12.41	ND	ND	ND
Promedio	3.07	14.46	23.56	66.47	16.77

Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, Consejo Nacional de Población y de Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, varios años. ND: información no disponible.

El sector agropecuario muestra además una expresión espacial heterogénea en donde se observa diferencias regionales significativas en los procesos productivos y las productividades agrícolas y en los tipos de cultivos y donde la participación en los estados del sector agrícola en el PIB y de la población en pobreza con respecto a la población total estatal es heterogénea (Figura 1). Ello indica que la contribución monetaria de los servicios de los ecosistemas muestra diferencias regionales significativas.

Figura 1. Participación del PIB primario en el PIB estatal y nivel de pobreza estatal



Fuente: Elaboración propia con datos de CONEVAL y del SCN de INEGI

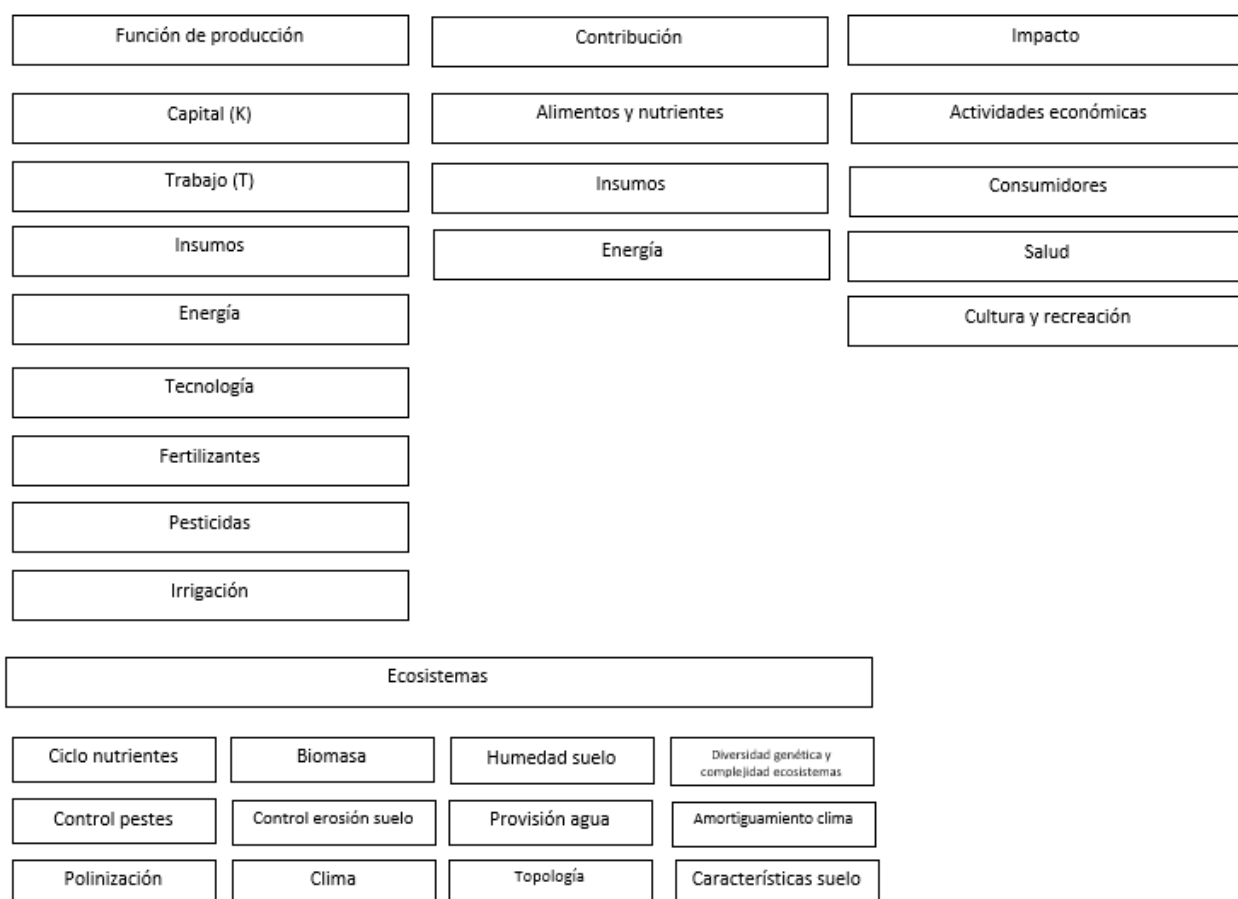
3. VALORACION MONETARIA DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS A LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.

3.1. Marco conceptual general.

Los servicios de los ecosistemas contribuyen, a través de diversos servicios de provisión y regulación, a la producción agrícola. En efecto, la producción agrícola es consecuencia de un proceso productivo que combina diversos factores de la producción (capital y trabajo), insumos (energía, fertilizantes, pesticidas e irrigación), de algunos factores exógenos adicionales como las condiciones climáticas o del suelo con un conjunto de servicios de provisión (ciclo y estructura de nutrientes y humedad del suelo, erosión del suelo, biomasa y retención y provisión de agua) y servicios de regulación (polinización) de los ecosistemas y (Figura 2) (Haines-Young y Potschin, 2018 y Turkelboom, *et al.*, 2013).

De este modo, la estimación agregada del valor monetario bruto de la contribución de una canasta de servicios de provisión y regulación final de los ecosistemas a la producción agrícola incluye, al menos, al conjunto de los servicios de la estructura y ciclo de nutrientes y humedad del suelo, biomasa, diversidad genética, control de plagas, provisión de agua, polinización y, adicionalmente, clima. La valoración monetaria neta de esta canasta de servicios, que busca evitar doble contabilidad, se obtiene al deducir el servicio de regulación final de polinización del conjunto de la contribución monetaria bruta de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola.

Figura 2. Función de la producción y contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. La valoración monetaria de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola a nivel nacional.

El marco conceptual de la estimación, con base en el precio unitario de la renta del recurso⁶, de la contribución de una canasta de servicios de los ecosistemas en el sector agrícola se sintetiza en las ecuaciones (1), (2) y (3). En efecto, el excedente de operación del sector agrícola (o de los productos agrícolas seleccionados) corresponde a la diferencia entre el valor bruto de la producción agrícola (o cada producto agrícola) menos su consumo intermedio, los sueldos y salarios y la diferencia entre los impuestos y los subsidios (ecuación (1)). De este modo, la renta unitaria del recurso se obtiene al substraer al excedente de operación el consumo de capital fijo (depreciación) y el rendimiento normal de los activos que en este trabajo se aproxima con una tasa de 4% anual (ecuación 2). La tasa de rendimientos de los activos se seleccionó imponiendo un valor superior a las tasas de descuento de los servicios y activos de los ecosistemas utilizadas de 2% y 3% y considerando que el promedio de la tasa de interés real anual de largo plazo en activos seguros en la economía mexicana se ubica también entre 2% y 4% y donde incluye algunos períodos de tasas reales negativas que probablemente inducen un sesgo a la baja (Cuadro 3). Además, se obtiene la renta neta del activo (*Technical Recommendations*, 2014, pp. 6 y pp. 25) que corresponde a la diferencia entre la renta unitaria del recurso y el costo de agotamiento del suelo⁷ (ecuación (3)).

$$EO_{it} = VBP_{it} - CI_{it} - RA_{it} - CTN_{it} - (ISP_{it} - SSPx_{it}) \quad (1)$$

$$R_t = EO_{it} - CKF_{it} - REN_{it} \quad (2)$$

$$RN_{it} = R_{it} - CAG_{it} \text{ o } R_{it} = RN_{it} + CDG_{it} \quad (3)$$

donde, EO_{it} es el excedente de operación en el año t y el subíndice i que representa al sector o al tipo de cultivo; VBP_{it} es el Valor Bruto de la Producción agrícola, CI_t representa la suma del consumo intermedio (costos de insumos de bienes y servicios, a precio de comprador, incluidos los impuestos a los productos), RA_{it} son las remuneraciones a los trabajadores asalariados, CTN_{it} es el costo del trabajo no remunerado, $(ISP_{it} - SSPx_{it})$ son los impuestos netos a la producción (impuestos (ISP_{it}) menos subsidios ($SSPx_{it}$)), R_t es el valor de la renta del recurso (o residual del recurso), CKF_{it} es el consumo de capital fijo, REN_t es el rendimiento neto de los activos ambientales que se aproxima con un valor de 4% promedio

⁶ Se utiliza, en forma indistinta, el precio unitario de la renta del recurso o la renta unitaria del recurso.

⁷ Ello busca incorporar el proceso de degradación del ecosistema que corresponde a la reducción del stock del recurso o capital natural como consecuencia a un nivel de explotación superior a su proceso de regeneración (SEEA-EEA, 2014, pp. 76). Ello busca reflejar la relación entre el uso del recurso y la capacidad de ofrecer una canasta de servicios del ecosistema (*Technical Recommendations*, 2014, pp. 6 y pp. 16). Esto es consistente con la importancia de incorporar en el análisis los efectos potenciales de la degradación de los activos del ecosistema como un factor determinante para ofrecer servicios (SEEA-EEA, 2014, pp. 119, pp. 134, *Technical Recommendations*, 2014, 16).

anual, RN_{it} es el rendimiento neto de los activos ambientales⁸ (activos ambientales ajustados por degradación)⁹ (SEEA-EEA, 2014, pp. 144) y CDG_t es el costo de degradación del suelo.

Cuadro 3: Tasas de interés real de CETES a tres meses.

	1978-2019	1986-2019	2000-2019	1993-2019	1988-2019
RR_t	0.9%	1.8%	2.4%	3.2%	4.2%

Fuente: Elaboración propia. RR_t es una aproximación de la tasa de interés real promedio anual que es la diferencia entre tasa promedio nominal de CETES a tres meses y la tasa de inflación promedio anual del índice de precios al consumidor.

Las estimaciones del valor monetario, con el método del precio unitario de la renta, de la contribución de servicios de los ecosistemas está sujeta a varios sesgos y desafíos que pueden agruparse en:

1. Sesgo potencial de incorrecta especificación o de exclusión de variables relevantes. Esto es, la estimación de la renta o del “residual” puede excluir a variables relevantes que deberían estar incorporadas. Estas variables pueden incluso condicionar la evolución de la renta o residual y por lo tanto su exclusión lleva a un sesgo en las estimaciones. La omisión de variables relevantes incluye, por ejemplo, a estructuras de mercado de competencia perfecta o monopólicas, procesos de especulación de la tierra, shocks climáticos, modificaciones en los procesos administrativos o productivos, shocks macroeconómicos nacionales o internacionales, áreas irrigadas, cambios de precios o de nivel de producción agrícola y otros factores no identificados.

2. Riesgo potencial de incorrecta identificación y de atribución de la renta o del residual. Esto es, los procesos al interior y de interacción de los servicios de los ecosistemas con las actividades económicas y el bienestar humano son extremadamente complejos. Ello se refleja en que persiste incluso un nivel de incertidumbre importante sobre la contribución específica de cada uno de estos servicios. De este modo, identificar, en forma individual, los servicios de provisión y de regulación de los ecosistemas está sujeto a dos desafíos:

- 2.1. La crítica de la identificación de la renta o del residual. Esto es, la estimación de la contribución agregada de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola debe buscar identificar apropiadamente a los componentes incluidos.

- 2.2. La crítica de la atribución de un servicio específico. Esto es, la valoración monetaria de la contribución a un servicio específico del ecosistema al rendimiento (producción) agrícola

⁸ Véase para su definición como ecuación a *Technical Recommendations*, (2014), pp. 25.

⁹ Estas mediciones se realizan, por ejemplo, al PIB ajustado por degradación y capital fijo, esto es, el Valor Neto Ajustado por degradación (SEEA-EEA, 2014, pp. 143, *Technical Recommendations*, 2014, pp. 123 y pp. 135). La inclusión del ajuste por degradación es también sugerida por Bateman, *et al.*, 2011 en *Technical Recommendations*, 2014, pp. 108).

debe aislar e identificar apropiadamente esta contribución, evitando sesgos y doble contabilidad.

3. Riesgo de sesgo en las inferencias debido a supuestos irreales o incorrectos. La estimación de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola por el método del precio unitario de la renta utiliza un conjunto de supuestos en donde destacan (SEEA-EEA, 2014):

- La explotación del recurso se realiza de forma sustentable.
- Los precios relativos son consistentes con una explotación sustentable.
- Las actividades económicas y los precios en el resto de los mercados corresponden a mercados competitivos.

El sector agrícola está en equilibrio y los pagos a los insumos reflejan su contribución marginal al producto.

Estos supuestos difícilmente se cumplen satisfactoriamente.

De este modo, la valoración monetaria de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola es una tarea compleja. Así, en este caso, las estimaciones realizadas sobre la contribución agregada consideran una canasta de servicios de los ecosistemas a la producción agrícola en donde debe atenderse el sesgo de incorrecta especificación, incorrecta identificación y atribución e incorrectas inferencias con base en los supuestos aplicados.

Fuentes de información.

VBP_{it}: Producción Bruta o Valor Bruto de Producción a precios básicos es producción de mercado más producción de uso propio más otra producción de no mercado (INEGI, 2013).

CI_{it}: Consumo Intermedio es compra de materiales y suministros menos variación de existencias de materiales y suministros (INEGI, 2013).

RA_{it}: Remuneración de asalariados es sueldos y salarios más contribuciones sociales a pagar por los empleadores (INEGI, 2013).

CTN_{it}: Costo del Trabajo No remunerado – cálculo propio asumiendo que el trabajo familiar no remunerado representa el 16.2% del total de trabajo empleado en la producción (INEGI, 2013).

ISP_{it}: Impuestos Sobre la Producción son pagos obligatorios sin contrapartida que las unidades productoras de bienes y servicios hacen a las unidades gubernamentales (pagos por unidad o *ad valorem*) (INEGI, 2013).

SSPx_{it}: Subsidios Sobre la Producción que son pagos corrientes sin contrapartida que el gobierno hace a las unidades económicas en función de los niveles de su actividad

productiva, de las cantidades o valores de los bienes y servicios que producen, venden o importan (pagos por unidad o *ad valorem*) (INEGI, 2013).

EO_{it} : Excedente de Operación se define como $VBP_{it} - CI_{it} - RA_{it} - TN_{it} - (ISP_{it} - SSP_{it})$ (estimación propia).

R_{it} : Es el valor de la Renta del recurso o residual del recurso – se define como $EO - D^{10} - REN_{it}$ (estimación propia).

CKF_{it} : Consumo de capital fijo que corresponde a la depreciación experimentada durante el periodo contable por el valor corriente del stock de activos fijos que posee y utiliza un productor como consecuencia del deterioro físico, de la obsolescencia normal o de daños accidentales normales (INEGI, 2013).

REN_{it} : Rendimiento de los activos producidos donde se asume que dicho rendimiento corresponde al 4% del VBP (tasa de interés real).

CDG_{it} : Costo de Degradación donde se utiliza el costo de degradación del suelo¹¹ (INEGI, 2013).

RN_{it} : Rendimiento Neto de los activos ambientales que se define como $R_{it} - CAG_{it}$ (estimación propia).

Fuente: Elaboración propia.

La estimación del método del precio unitario de la renta del recurso¹², realizada con base en la ecuación (2), indica que la contribución de la canasta¹³ los servicios de los ecosistemas¹⁴ (SE) a la producción del sector agrícola tiene un valor promedio anual de 140.72 miles de millones pesos constantes (2013=100) para todo el sector agrícola entre 1993 y 2018; ello representa el 37.78% promedio anual del valor de la producción agrícola, el 49.86% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola y el 0.99% del PIB nacional para el mismo periodo (Grafico 2, Cuadro 4, Cuadro 5 y Cuadro 6). Por su parte, la estimación del rendimiento neto de los SE en el sector agrícola, con base en la ecuación (3), indica una contribución promedio

¹⁰ D corresponde a la depreciación de capital fijo.

¹¹ El concepto de costos de degradación hace referencia a los costos en los que tendría que incurrir la sociedad en su conjunto, para remediar o prevenir el deterioro de la calidad de los activos del ambiente, deterioro que es producto de las diversas actividades económicas. La valoración económica de la degradación del suelo se basa en los costos de remediación requeridos para mantener la productividad de la tierra (INEGI, 2013). El método de estimación es derivar funciones de costos y daños que se relacionan con los diferentes niveles de emisiones y residuos y, por lo tanto, de degradación. La mayoría de los métodos para valorar la degradación consisten en combinar la información sobre el nivel de residuos y emisiones a eliminar con los costos por unidad de mejora. Estos costos no son lineales. A menudo, las grandes mejoras iniciales se pueden realizar a un costo por unidad mucho menor que el costo necesario para limpiar la última unidad de emisión.

¹² Este método incluye todos los servicios de los ecosistemas que contribuyen directamente a la producción agrícola (SEA-EEA, 2014).

¹³ La canasta de servicios incluye, al menos, a los servicios de provisión de nutrientes y humedad del suelo, diversidad genética, control de plagas, provisión de agua y al servicio de regulación final de polinización y clima (Figura 1) SEEA-EEA, 2014, pp. 62).

¹⁴ En la práctica el método unitario de la renta del recurso puede ofrecer resultados con un alto nivel de incertidumbre e incluso es posible que las condiciones y estructura del mercado eliminen la renta dando valores positivos muy bajos o incluso negativos (Horlinins, *et.al.*, 2019, pp. 7).

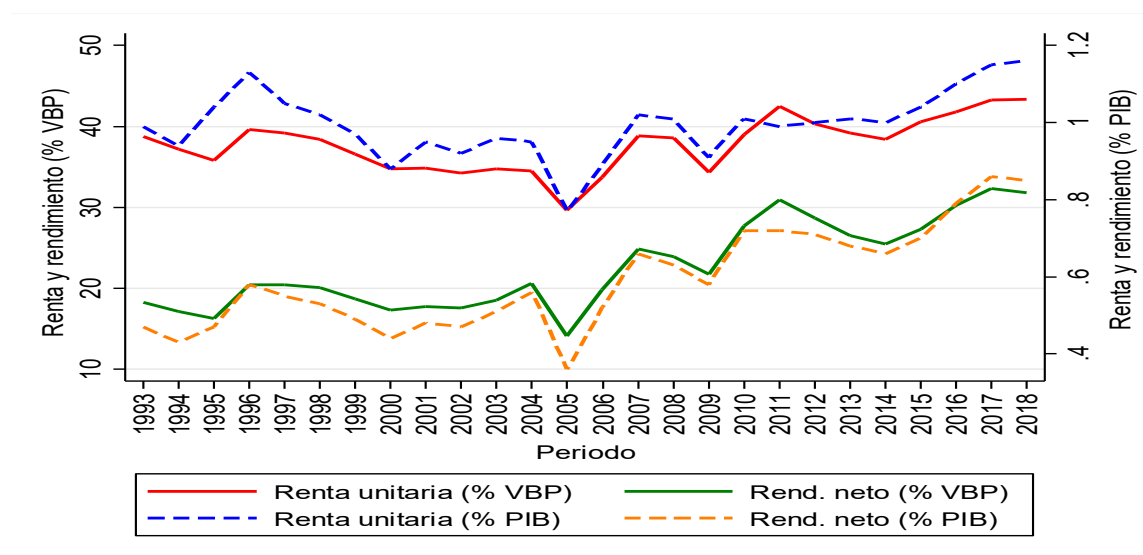
de 22.64% al valor de la producción agrícola que corresponde al 0.59% del PIB (Gráfico 2, Cuadro 5). Ello indica que la degradación de los suelos es relevante.

Estos resultados muestran un valor de la renta unitaria del recurso elevado y con una volatilidad significativa que sugiere que:

1. La estimación corresponde a una canasta de bienes de servicios de provisión y de regulación que contribuyen a la producción agrícola. Esta canasta de servicios incluye a varios servicios de provisión como nutrientes y humedad del suelo, diversidad genética, control de plagas y provisión de agua y de regulación final como polinización (Figura 1). En este sentido, este valor está sujeto a una posible doble contabilidad (i.e. polinización).
2. Existen factores adicionales que no corresponden a los servicios de provisión, y de regulación, que no están identificados y que están incorporados al residual estimado tales como estructuras de mercado no competitivas, potenciales procesos de especulación de la tierra, distancia a las áreas urbanas, perturbaciones o shocks macroeconómicos nacionales e internacionales, eventos climáticos extremos, modificaciones en los procesos administrativos o productivos, cambios en los precios o en los niveles de producción agrícola y en el uso de tierras irrigadas o y a otros factores aún no identificados (SEEA-EEA, 2014).

Estos elementos explican el alto valor y la volatilidad de las estimaciones del precio de la renta del recurso y sugieren la importancia de identificar el residual o la canasta de servicios y considerar un proceso de atribución a servicios específicos como la provisión de agua y la polinización.

Gráfico 2. Valoración de los servicios de provisión del ecosistema a la producción agrícola por el método del precio unitario de la renta del recurso (residual del recurso) y la renta neta del recurso: 1993-2018.



Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de INEGI, varios años. La renta del recurso se obtuvo utilizando la ecuación (2) y una tasa media de beneficios de 4%.

Cuadro 4: Contribución de los SE en el sector agrícola por el método del precio unitario de la renta del recurso.

Concepto	Valor (renta unitaria)	Valor (rendimiento neto)
Valor promedio anual de la contribución de los SE a la producción del sector agrícola 1993-2018.	140.72 miles de millones pesos constantes (2013=100)	86.36 miles de millones pesos constantes (2013=100)
% del SE promedio anual del valor de la producción agrícola 1993-2018.	37.78%	22.64%
% del SE del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola 1993-2018.	49.86%	29.93%
% del SE del PIB nacional 1993-2018.	0.99%	0.59%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5: Renta unitaria del recurso y renta neta del recurso en el sector agrícola.

Periodo	Renta unitaria % del Valor Bruto de la Producción	Rendimiento neto	Renta unitaria % del Producto Interno Bruto	Rendimiento neto
1993	38.78	18.25	0.99	0.47
1994	37.18	17.12	0.94	0.43
1995	35.83	16.23	1.04	0.47
1996	39.58	20.43	1.13	0.58
1997	39.19	20.48	1.05	0.55
1998	38.37	20.09	1.02	0.53
1999	36.56	18.70	0.97	0.49
2000	34.80	17.35	0.88	0.44
2001	34.84	17.79	0.95	0.48
2002	34.21	17.56	0.92	0.47
2003	34.79	18.52	0.96	0.51
2004	34.51	20.58	0.95	0.56
2005	29.66	14.06	0.77	0.36
2006	33.75	19.85	0.89	0.52
2007	38.86	24.90	1.02	0.66
2008	38.61	23.90	1.01	0.63
2009	34.33	21.77	0.91	0.58
2010	39.00	27.74	1.01	0.72
2011	42.51	30.90	0.99	0.72
2012	40.29	28.70	1.00	0.71
2013	39.23	26.54	1.01	0.68
2014	38.40	25.44	1.00	0.66
2015	40.56	27.31	1.04	0.70
2016	41.79	30.26	1.10	0.79
2017	43.28	32.36	1.15	0.86
2018	43.33	31.85	1.16	0.85
Promedio	37.78	22.64	0.99	0.59

Fuente: Elaboración propia.

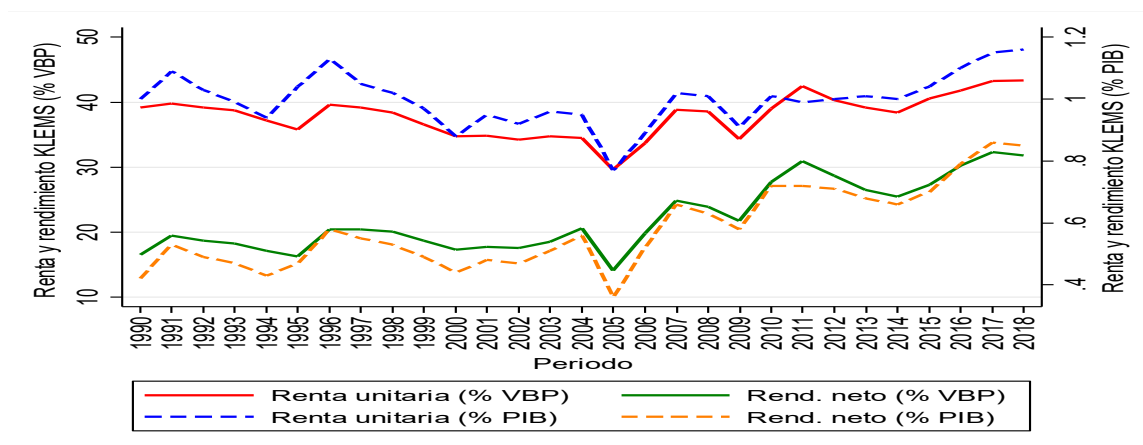
3.3. La valoración monetaria de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola a nivel nacional con base en el modelo KLEMS.

La contribución de la canasta de los SE a la producción agrícola por el método del precio unitario de la reta del recurso puede estimarse, además, con base en la información del modelo KLEMS¹⁵. Así, la información del modelo KLEMS se incorpora en la ecuación (2)¹⁶ para obtener una estimación de la renta unitaria del recurso del sector agrícola (Sector 111) y en la ecuación (3) para obtener el rendimiento neto de los activos ambientales (renta menos costo de degradación del suelo) como porcentaje del valor de la producción en valores básicos para el período 1990-2018 (Gráfico 3 y Cuadro 6). Los resultados de esta estimación de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola coinciden con la estimación que utiliza información del sistema de cuentas nacionales (SCN) (Cuadro 6). Ello confirma que los resultados son robustos. Asimismo, el uso de los datos del KLEMS permite ampliar el período de estimación para el periodo 1990-2018, mientras que los datos del SCN sólo están disponibles para el periodo 1993-2018. Así, la renta unitaria del recurso, o residual, con base en la información del KLEMS, representa entre 29.66% y 43.33% del valor de la producción agrícola, con un valor medio de 37.95% para el período 1990-2018.

¹⁵ Las siglas representan: Capital (K), Trabajo (L), Energía (E), Materiales (M) y Servicios (S). El modelo KLEMS, basado en INEGI, realiza diversas mediciones de los factores de la producción e insumos tales como capital (K), trabajo (L), energía (E), materiales (M) e insumos de servicios (S) y estimaciones sobre el crecimiento económico, la productividad, la creación de empleo, la formación de capital y el cambio tecnológico a nivel sectorial. Este proyecto busca construir y validar un marco analítico integrado y claro que se basa en las funciones de producción y en la teoría del crecimiento económico. De este modo, el proyecto KLEMS proporciona un marco conceptual lógico en el que se puede caracterizar y analizar la interacción entre las variables, el rendimiento productivo de las distintas industrias y la contribución de estas al crecimiento económico agregado. Este modelo es útil para elaborar análisis empíricos y formulación de políticas públicas en materia de productividad industrial y el crecimiento económico.

¹⁶ Se mantiene el supuesto de una tasa de ganancia real de 4% anual promedio.

Gráfica 3. Renta unitaria del recurso del sector agrícola y rendimiento neto de los activos ambientales (% del valor de la producción): KLEMS.



Cuadro 6. Contribución de los SE a la producción agrícola por el método de la renta unitaria del recurso del sector agrícola con información del SCN y de KLMES (en valor absoluto y en porcentaje el VPA: 1990-2018 (Millones de pesos constantes de 2013).

Periodo	Renta unitaria		Renta unitaria	
	Millones de pesos de 2013		% del Valor Bruto de la Producción	
	SCN	KLEMS	SCN	KLEMS
1990		91,445.78		39.22
1991		103,801.28		39.80
1992		101,789.76		39.20
1993	100,627.71	100,627.71	38.78	38.78
1994	99,763.55	99,763.55	37.18	37.18
1995	103,659.03	103,659.03	35.83	35.83
1996	120,718.77	120,718.77	39.58	39.58
1997	119,470.37	119,470.37	39.19	39.19
1998	122,438.00	122,438.00	38.37	38.37
1999	119,136.49	119,136.49	36.56	36.56
2000	114,001.81	114,001.81	34.80	34.80
2001	122,273.02	122,273.02	34.84	34.84
2002	118,424.54	118,424.54	34.21	34.21
2003	125,998.33	125,998.33	34.79	34.79
2004	128,288.84	128,288.84	34.51	34.51
2005	106,447.16	106,447.16	29.66	29.66
2006	128,784.45	128,784.45	33.75	33.75
2007	151,837.92	151,837.92	38.86	38.86
2008	151,694.78	151,694.78	38.61	38.61
2009	129,471.72	129,471.72	34.33	34.33
2010	151,583.43	151,583.43	39.00	39.00
2011	153,207.17	153,207.17	42.51	42.51
2012	160,600.95	160,600.95	40.29	40.29
2013	163,666.51	163,666.51	39.23	39.23
2014	167,210.53	167,210.53	38.40	38.40
2015	179,691.36	179,691.36	40.56	40.56
2016	195,059.02	195,059.02	41.79	41.79
2017	209,772.19	209,772.19	43.28	43.28
2018	214,979.10	214,979.10	43.33	43.33
Promedio	140,723.34	136,408.40	37.78	37.95

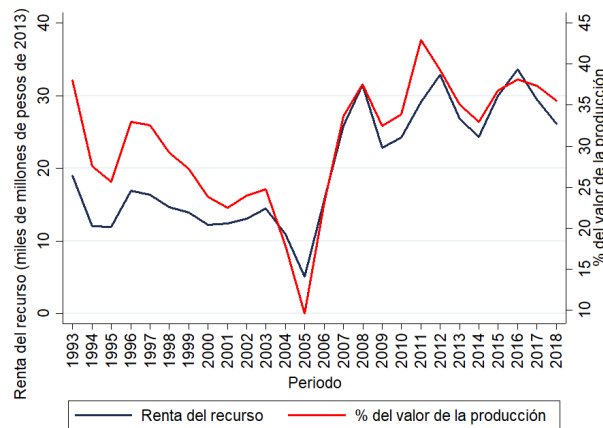
Fuente: Elaboración propia con base en información del modelo KLEIM y la ecuación (2).

3.4. Estimación de la contribución de los servicios de los ecosistemas a cultivos seleccionados.

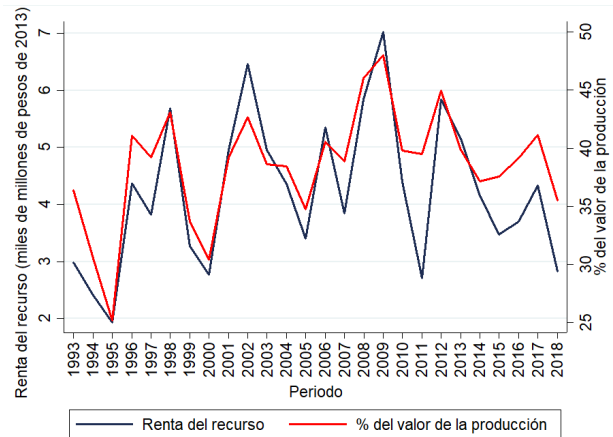
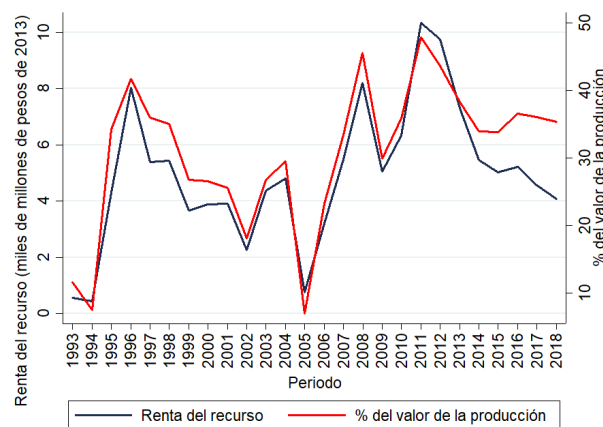
La estimación, por el método del precio unitario de la renta del recurso (ecuación (2)), de la contribución de los servicios de los ecosistemas en los cultivos seleccionados de arroz, frijol, maíz, trigo, sorgo y soya se sintetizan en la Gráfico 4, Gráfico 5, Cuadro 7 y Cuadro 8. Los resultados muestran que la contribución de los servicios ecosistémicos a la producción agrícola por producto es diferenciada y con una importante volatilidad anual en un rango de entre 9.59% y 51.12% del valor de la producción agrícola (VPA). Así, la contribución de los servicios de los ecosistemas al valor de la producción agrícola promedio, por el método de la renta unitaria del recurso, es de, aproximadamente, 41.00% para el arroz, de 30.55% para el maíz, de 35.10% para el trigo, de 30.78% para el sorgo, de 27.54% para la soya y de 38.51% para el frijol para el período 1993-2018. La elevada contribución y la volatilidad¹⁷ de los SE a la producción de estos cultivos se asocia a factores no identificados como a la presencia de estructuras de mercados no competitivas, procesos especulativos de la tierra, distintos procesos productivos (irrigación o seco) y otros factores. La estimación del rendimiento neto o renta neta para los cultivos prioritarios se presenta en el Cuadro 8.

¹⁷ Por ejemplo, la caída en la contribución de los SE al maíz en 2005 puede asociarse a diversos shocks climáticos, de precios o cambios en la irrigación.

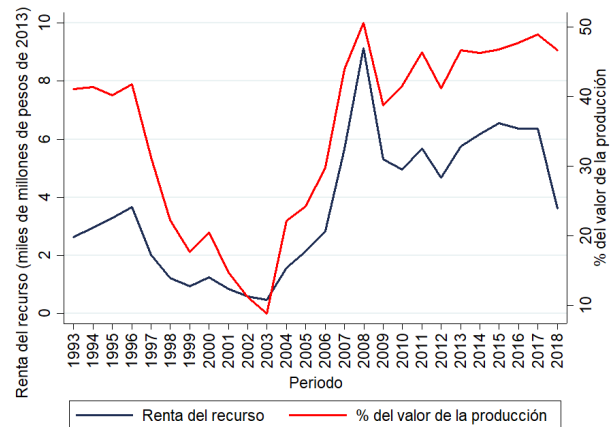
Grafica 4. Valor de los servicios del ecosistema por cultivos (arroz, frijol, maíz, trigo, sorgo y soya) por el método del precio unitario de la renta del recurso 1993-2018



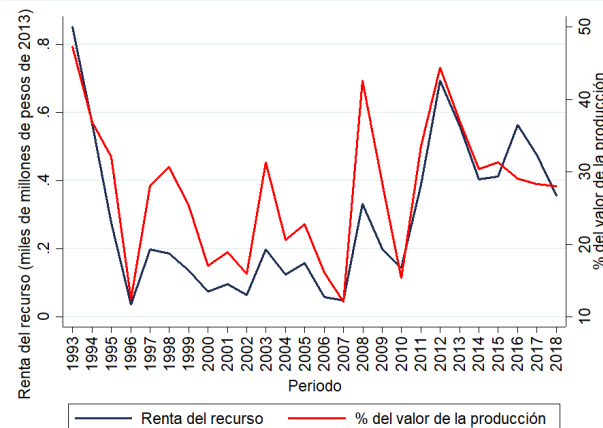
4.1 Renta del recurso: maíz



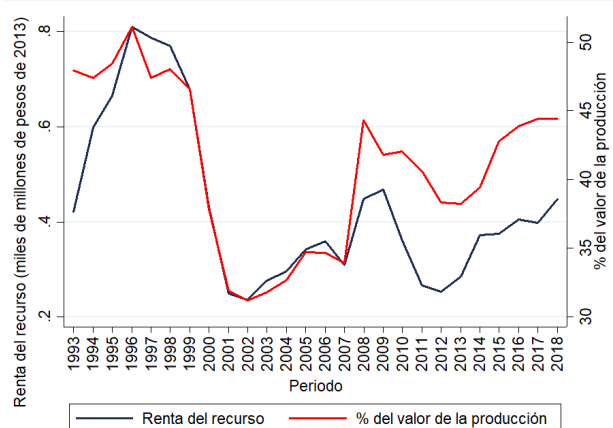
4.2 Renta del recurso: frijol



4.3 Renta del recurso: sorgo



4.4 Renta del recurso: trigo

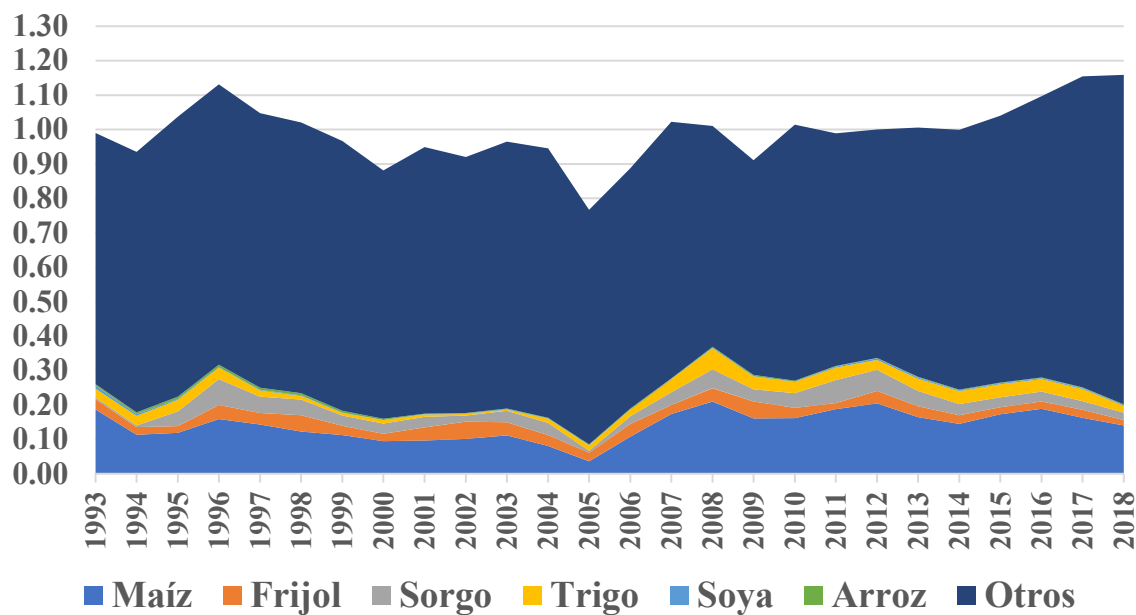


4.5 Renta del recurso: soya

4.6 Renta del recurso: arroz

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México, INEGI, varios años. La renta del recurso se obtuvo utilizando la ecuación (1) y una tasa media de beneficios de 4%.

Gráfico 5. Contribución de los SE por el método unitario de la renta del recurso en el producto agrícola y productos agrícolas seleccionados.



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México, INEGI, varios años. La renta del recurso se obtuvo utilizando la ecuación (1) y una tasa media de beneficios de 4%.

Cuadro 7: Contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción de cultivos agrícolas por el método del precio unitario de la renta del recurso (miles de millones de pesos de 2013 y % del valor de la producción)

Periodo	Agricultura		Maíz		Frijol		Sorgo		Trigo		Soya		Arroz	
	Renta	% R/VPA	Renta	% R/VPA	Renta	% R/VPA	Renta	% R/VPA	Renta	% R/VPA	Renta	% R/VPA	Renta	% R/VPA
1993	100.63	38.78	18.98	38.00	2.99	36.38	0.56	11.61	2.63	41.14	0.85	47.29	0.42	47.29
1994	99.76	37.18	12.08	27.53	2.41	30.53	0.45	7.54	2.96	41.39	0.57	36.84	0.60	47.29
1995	103.66	35.83	11.91	25.64	1.93	25.20	4.31	34.26	3.30	40.18	0.28	32.08	0.67	48.00
1996	120.72	39.58	16.92	32.98	4.37	41.07	8.02	41.72	3.67	41.80	0.04	12.45	0.81	51.00
1997	119.47	39.19	16.32	32.50	3.82	39.21	5.40	35.95	2.03	31.29	0.20	28.09	0.79	47.29
1998	122.44	38.37	14.71	29.18	5.69	43.08	5.44	35.11	1.23	22.19	0.19	30.67	0.77	48.00
1999	119.14	36.56	13.87	27.20	3.28	33.72	3.67	26.82	0.95	17.61	0.14	25.36	0.68	46.00
2000	114.00	34.80	12.23	23.85	2.77	30.44	3.88	26.60	1.26	20.46	0.07	17.02	0.43	37.00
2001	122.27	34.84	12.45	22.49	4.95	39.20	3.91	25.62	0.84	14.67	0.10	18.93	0.25	31.00
2002	118.42	34.21	13.06	23.99	6.46	42.66	2.26	18.08	0.59	11.16	0.06	15.91	0.24	31.00
2003	126.00	34.79	14.52	24.76	4.96	38.62	4.37	26.75	0.47	8.74	0.20	31.35	0.28	31.00
2004	128.29	34.51	10.91	17.83	4.36	38.42	4.80	29.49	1.58	22.16	0.12	20.66	0.30	32.00
2005	106.45	29.66	5.06	9.59	3.40	34.78	0.77	6.98	2.14	24.24	0.16	22.76	0.34	34.00
2006	128.78	33.75	15.66	23.12	5.36	40.53	3.20	23.27	2.86	29.81	0.06	16.09	0.36	34.00
2007	151.84	38.86	25.79	33.66	3.84	38.85	5.48	33.40	5.66	43.93	0.05	12.09	0.31	33.00
2008	151.69	38.61	31.48	37.51	5.84	46.01	8.21	45.57	9.14	50.63	0.33	42.58	0.45	44.00
2009	129.47	34.33	22.80	32.48	7.02	47.98	5.04	29.93	5.31	38.78	0.20	28.50	0.47	41.00
2010	151.58	39.00	24.22	33.90	4.40	39.78	6.33	35.88	4.96	41.60	0.14	15.41	0.36	42.00
2011	153.21	42.51	29.08	42.96	2.71	39.53	10.34	47.92	5.69	46.45	0.39	33.58	0.27	40.00
2012	160.60	40.29	32.86	39.29	5.85	44.97	9.76	43.68	4.68	41.15	0.69	44.40	0.25	38.00
2013	163.67	39.23	26.76	35.05	5.15	39.86	7.31	38.25	5.77	46.65	0.56	36.94	0.28	38.00
2014	167.21	38.40	24.29	32.96	4.16	37.13	5.46	33.95	6.17	46.29	0.40	30.37	0.37	39.00
2015	179.69	40.56	29.94	36.80	3.48	37.56	5.03	33.80	6.56	46.82	0.41	31.30	0.38	42.00
2016	195.06	41.79	33.58	38.08	3.70	39.14	5.22	36.57	6.36	47.76	0.56	29.06	0.40	43.00
2017	209.77	43.28	29.47	37.36	4.33	41.16	4.56	36.11	6.38	48.92	0.48	28.35	0.40	44.00
2018	214.98	43.33	26.07	35.54	2.83	35.54	4.09	35.33	3.62	46.73	0.36	28.07	0.45	44.00
Promedio	140.72	37.78	20.19	30.55	4.23	38.51	4.92	30.78	3.72	35.10	0.29	27.54	0.43	41.00

Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de INEGI, varios años. La renta del recurso se obtuvo utilizando la ecuación (1) y una tasa media de beneficios de 4%. %R/Y representa la razón de la renta del recurso con respecto al ingreso.

Cuadro 8: Contribución de los SE a la producción agrícola y a los cultivos prioritarios.

Concepto (promedio anual 1993-2018)	Valor Renta	Valor Rend.Neto
% del SE promedio anual del valor de la producción agrícola 1993-2018.	37.78% (0.99% del PIB) (KLEMS=37.95%)	26.64% (0.59% del PIB) (KLEMS=26.81%)
Contribución de los SE para el arroz	41.00%	25.87%
Contribución de los SE para el maíz	30.55%	15.41%
Contribución de los SE para el trigo	35.10%	19.96%
Contribución de los SE para el sorgo	30.78%	15.64%
Contribución de los SE para la soya	27.54%	12.41%
Contribución de los SE para el frijol	38.51%	23.38%

Fuente: Elaboración propia.

Así, la valoración monetaria de los servicios de los ecosistemas (SE) de todo el sector agrícola se ubica, en promedio, en \$6,500 pesos por hectárea¹⁸ (Cuadro 9 y Cuadro 10). Sin embargo, se observan diferencias significativas en la contribución por productos agrícolas; esto es, destaca que la contribución promedio es mayor en el caso del arroz con \$6,976 pesos por hectárea y substancialmente menor para el frijol con un promedio de \$2,250 pesos por hectárea. Estos resultados indican que la contribución de los SE es diferenciada por productos agrícolas lo que se refleja en una apropiación heterogénea de los SE por los distintos productores agrícolas; por ejemplo, el crecimiento del arroz requiere de una gran cantidad de humedad en el suelo lo que se refleja en la magnitud de su residual estimado de la renta del recurso. La contribución del rendimiento neto por hectárea por cultivos prioritarios se sintetiza en el Cuadro 9.

¹⁸ El promedio para los seis cultivos seleccionados es de \$3,552.83 pesos.

Cuadro 9: Valor monetario de los servicios de los ecosistemas en la agricultura por hectárea

Concepto	Valor (pesos por hectárea 2013=100)	
	Renta	Rendimiento Neto
Contribución promedio de los SE	\$6,500	\$3,982
Maíz	\$2.546	\$1,385
Frijol	\$2.251	\$1,412
Sorgo	\$2.585	\$1,426
Trigo	\$5.072	\$3,194
Soya	\$1.887	\$907
Arroz	\$6.976	\$4,491

Fuente: Elaboración propia. La contribución promedio corresponde al valor promedio de toda la agricultura y no representa, por tanto, el promedio de los seis cultivos seleccionados en el Cuadro.

Cuadro 10. Valoración monetaria de los SE de los ecosistemas a la producción agrícola y a la producción por productos agrícolas por hectárea por el método unitario de la renta del recurso.

Periodo	Agrícola	Maíz	Frijol	Sorgo	Trigo	Soya	Arroz
	\$*1,000/ha	\$*1,000/ha	\$*1,000/ha	\$*1,000/ha	\$*1,000/ha	\$*1,000/ha	\$*1,000/ha
	(2013=100)	(2013=100)	(2013=100)	(2013=100)	(2013=100)	(2013=100)	(2013=100)
1993	5.356	2.301	1.419	0.574	2.922	3.532	6.641
1994	4.840	1.313	1.028	0.312	2.910	1.902	6.183
1995	4.958	1.312	0.823	2.720	3.406	1.836	7.378
1996	5.671	1.959	1.990	3.422	4.298	0.669	8.869
1997	5.408	1.787	1.646	2.543	2.422	1.197	6.673
1998	5.590	1.727	2.395	2.475	1.558	1.867	7.049
1999	5.419	1.632	1.362	1.713	1.354	1.536	7.998
2000	5.234	1.449	1.304	1.779	1.720	0.955	4.909
2001	5.659	1.482	2.536	1.769	1.209	1.276	4.254
2002	5.469	1.579	2.901	1.115	0.896	1.073	4.286
2003	5.792	1.787	2.432	2.081	0.749	2.795	4.324
2004	5.865	1.298	2.392	2.458	2.955	1.289	4.414
2005	4.919	0.634	1.949	0.404	3.270	1.486	5.292
2006	6.008	2.006	2.959	1.778	4.282	0.743	4.872
2007	6.986	3.177	2.277	2.930	8.026	0.671	4.198
2008	6.926	3.963	3.594	4.238	10.817	3.769	8.674

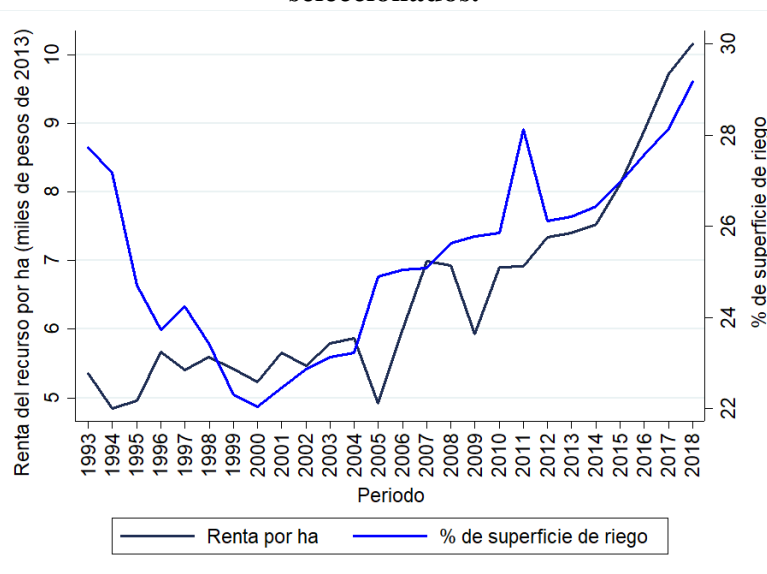
2009	5.930	2.951	4.189	2.577	6.133	2.156	7.703
2010	6.905	3.081	2.331	3.350	7.073	0.877	7.174
2011	6.921	3.752	1.802	5.242	7.958	2.334	7.250
2012	7.333	4.458	3.438	5.037	7.950	4.825	7.748
2013	7.401	3.574	2.811	3.634	8.440	3.142	8.363
2014	7.531	3.271	2.343	2.627	8.658	1.908	9.055
2015	8.113	3.939	2.073	2.852	7.851	1.629	8.875
2016	8.891	4.326	2.268	3.400	8.722	2.015	9.766
2017	9.716	3.909	2.584	3.128	9.634	1.791	9.505
2018	10.158	3.539	1.692	3.062	6.659	1.798	9.934
Promedio	6.500	2.546	2.251	2.585	5.072	1.887	6.976

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México, INEGI, varios años; y, con información del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. La renta del recurso se obtuvo utilizando la ecuación (1) e incluyendo una tasa media de beneficios de 4%.

3.5. Los servicios de los ecosistemas en el sector agrícola nacional e irrigación: una aproximación

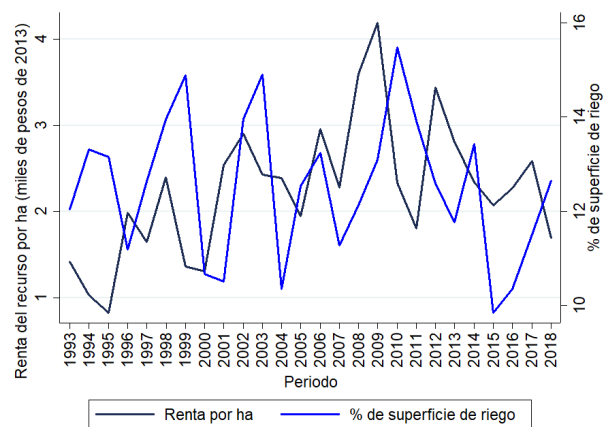
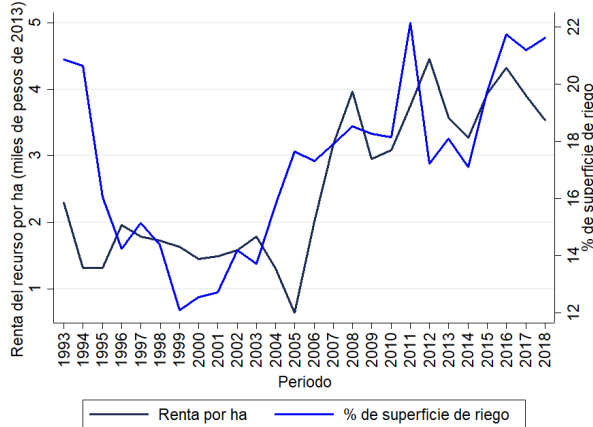
La elevada volatilidad del valor monetario de la canasta de los SE para el sector agrícola y los productos agrícolas prioritarios muestra una asociación positiva con la volatilidad de otras variables tales como la proporción de la superficie de los cultivos irrigados, con excepción del frijol¹⁹ (Gráfico 6). Estos resultados sugieren que la volatilidad de la contribución de los SE en el sector agrícola incorpora otros factores que no son apropiadamente identificados.

Gráfico 6. Volatilidad de la contribución de los SE en el sector y productos agrícolas seleccionados.

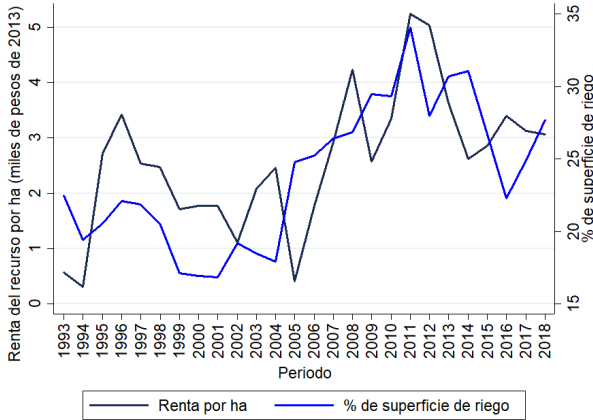


¹⁹ El frijol muestra, además, una fuerte volatilidad anual que se asocia a algunas de sus características tales como que es un cultivo de subsistencia que se produce en todo tipo de áreas con y sin irrigación.

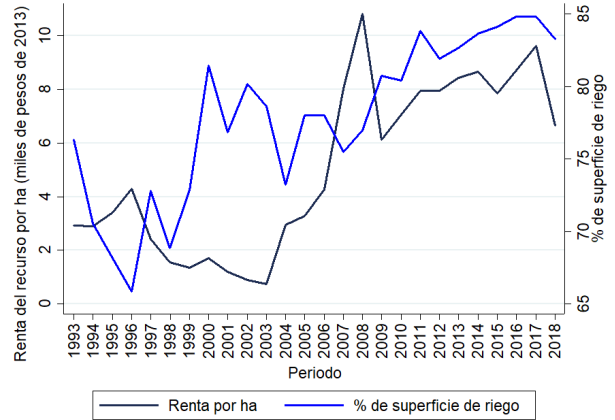
6.1 Renta por ha y superficie de riego: total agrícola ($\rho = 0.68$)



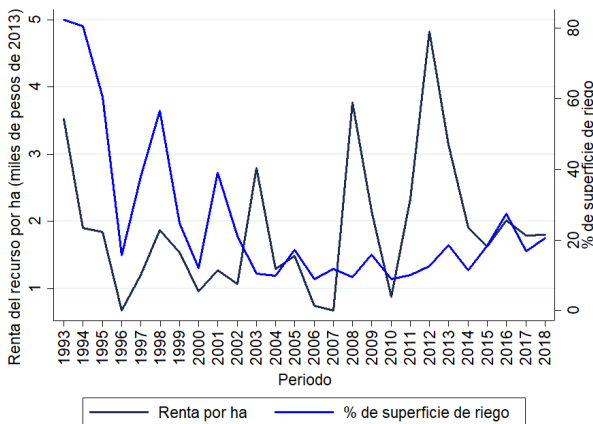
6.2 Renta por ha y superficie de riego: maíz ($\rho = 0.63$)



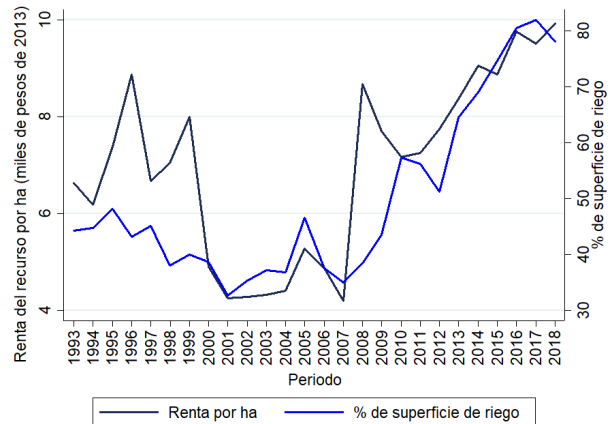
6.3 Renta por ha y superficie de riego: frijol ($\rho = -0.01$)



6.4 Renta por ha y superficie de riego: sorgo ($\rho = 0.60$)



6.5 Renta por ha y superficie de riego: trigo ($\rho = 0.56$)



6.6 Renta por ha y superficie de riego: soya ($\rho = 0.13$)

6.7 Renta por ha y superficie de riego: arroz ($\rho = 0.78$)

Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de INEGI, varios años; y, con información del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. La renta del recurso se obtuvo utilizando la ecuación (1) y una tasa media de beneficios de 4%. El parámetro ρ representa el coeficiente de correlación entre la renta por hectárea y el porcentaje de la superficie sembrada que cuenta con riego con respecto al total de la superficie sembrada.

3.6. Servicios de los ecosistemas en el sector agrícola nacional: volatilidad y prospectiva.

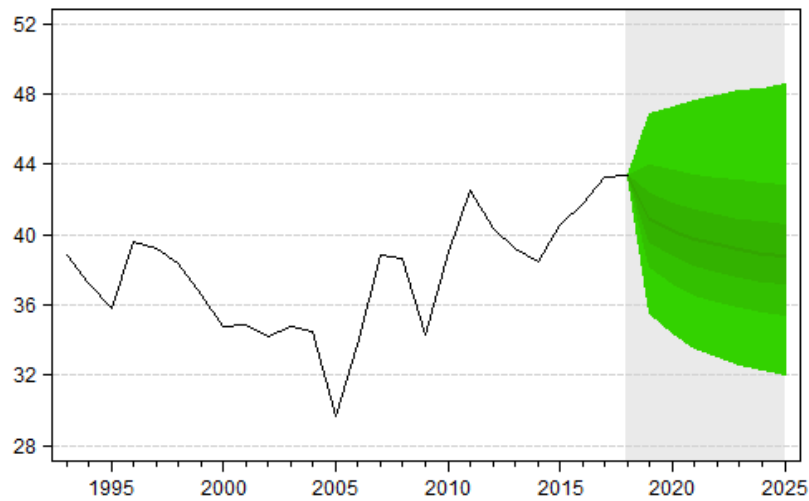
La evidencia disponible sobre la valoración monetaria de la contribución de los ecosistemas con base en el método del precio unitario de la renta del recurso para el período de 1993-2018 sintetizada en las pruebas de raíces unitarias sugieren que la contribución de los SE en la producción agrícola y en los productos seleccionados son series estacionarias, ello, no obstante, la importante volatilidad de las series (Cuadro 11). Este comportamiento estacionario de la contribución de los SE permite entonces estimar modelos Auto-Regresivos y de Promedios Móviles atendiendo al orden de integración (ARIMA) (Patterson, 2000) para las contribuciones de los SE a la producción agrícola y a los productos seleccionados. Estos modelos ARIMA sólo consideran que el valor actual depende de sus valores pasados y del término de error y pueden utilizarse para generar un escenario prospectivo inercial (i.e. *Business As Usual* -BAU-) con sus respectivas gráficas de abanico (*Fan charts*) (Britton, 1998). Ello permite construir escenarios prospectivos incorporando la incertidumbre en las series (Gráfica 7 y Cuadro 12). Estos escenarios BAU sugieren que la construcción de escenarios prospectivos para la valoración de los servicios y de los activos de los ecosistemas incorporan altos niveles de incertidumbre.

Cuadro 11. Pruebas de raíz unitaria

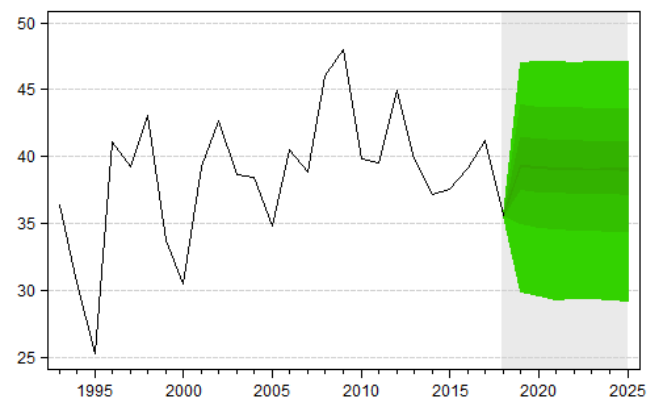
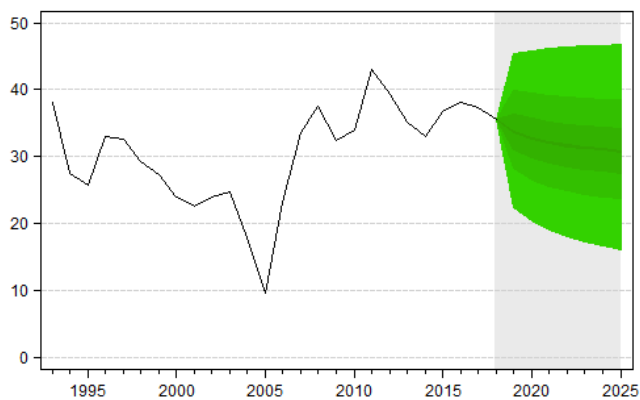
Variable	ADF(2)			PP(2)		
	A	B	C	A	B	C
Renta (%)	-0.39	-1.08	0.83	-1.73	-2.17	0.63
	0.90	0.91	0.88	0.41	0.49	0.85
Renta (%-diferencia)	-6.11***	-6.31***	-6.10***	-6.55***	-8.25***	-5.65***
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Renta maíz (%)	-1.04	-1.66	0.12	-2.12	-2.71	-0.49
	0.72	0.74	0.71	0.24	0.24	0.49
Renta maíz (%-diferencia)	-5.66***	-5.60***	-5.78***	-5.97***	-5.49***	-5.39***
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Renta frijol (%)	-3.40**	-3.64***	0.32	-3.26**	-3.50*	-0.21
	0.02	0.05	0.77	0.03	0.06	0.60
Renta frijol (%-diferencia)	-5.04***	-5.09***	-5.21***	-8.87***	-15.72***	-8.48***
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Renta sorgo (%)	-3.10**	-3.20	-0.43	-3.04**	-3.12	-0.06
	0.04	0.11	0.52	0.05	0.12	0.65
Renta sorgo (%-diferencia)	-5.27***	-5.07***	-5.42***	-5.81***	-5.63***	-5.83***
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Renta trigo (%)	-1.07	-1.83	-0.21	-1.19	-1.88	-0.21
	0.71	0.66	0.60	0.66	0.64	0.60
Renta trigo (%-diferencia)	-4.05***	-4.12**	-4.14***	-4.02***	-4.09**	-4.12***
	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00
Renta soya (%)	-4.17***	-4.12**	-0.811654	-4.17***	-5.96***	-1.43
	0.00	0.02	0.35	0.00	0.00	0.14
Renta soya (%-diferencia)	-5.72***	-5.44***	-5.91***	-8.93***	-9.97***	-9.40***
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Renta arroz (%)	-1.61	-1.32	-0.43	-1.70	-1.42	-0.43
	0.46	0.86	0.52	0.42	0.83	0.52
Renta arroz (%-diferencia)	-4.13***	-4.24**	-4.22***	-4.13***	-4.24**	-4.22***
	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00

Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de INEGI, varios años. La renta representa el porcentaje de la renta respecto al valor de la producción, calculada mediante la ecuación (1). Asimismo, se incluyen las pruebas de raíz unitaria para niveles y primeras diferencias de las series. La hipótesis nula en las pruebas Dickey Fuller Aumentada (ADF) (1979) y Phillips Perron (PP) (1988) es H_0 : existe raíz unitaria en la serie. El modelo A incluye la constante; el modelo B incluye constante y tendencia; y, el modelo C no incluye ni constante ni tendencia. El número entre paréntesis representa el número máximo de rezagos. El número debajo de los estadísticos calculados representa su probabilidad asociada.

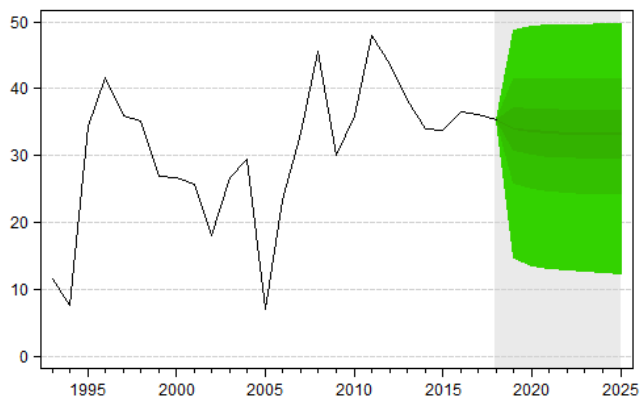
Gráfica 7. Escenarios simulados al 2025 de la contribución de los servicios de los ecosistemas en la producción agrícola y a productos seccionados por el método de la renta unitaria del recurso



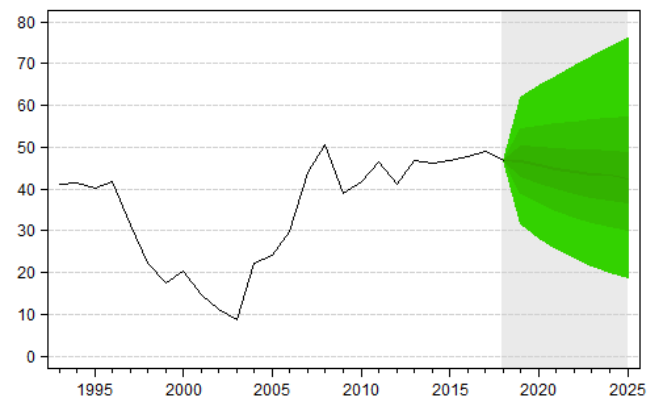
7.1 Proporción de renta respecto al valor de la producción: total agrícola



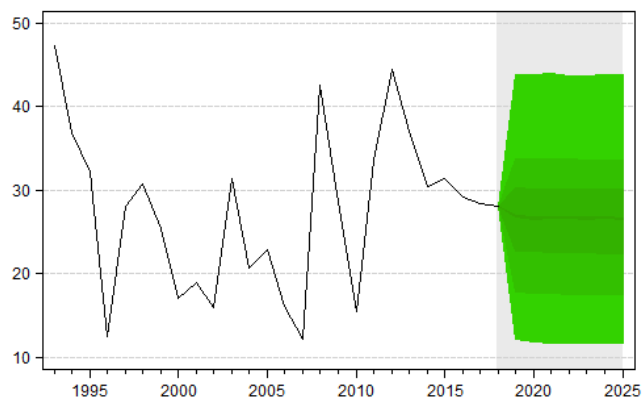
7.2 Proporción de renta respecto al valor de la producción: maíz



7.3 Proporción de renta respecto al valor de la producción: frijol

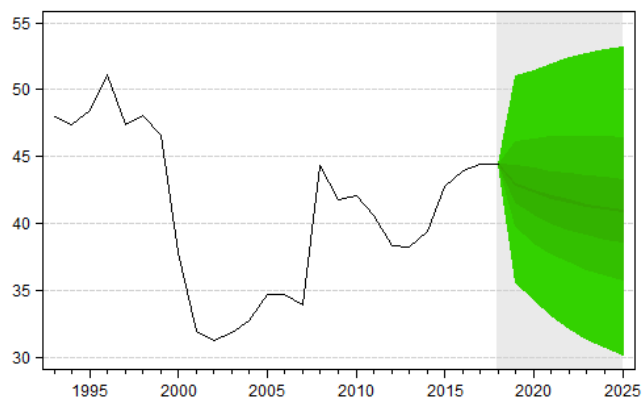


7.4 Proporción de renta respecto al valor de la producción: sorgo



7.6 Proporción de renta respecto al valor de la producción: soya

7.5 Proporción de renta respecto al valor de la producción: trigo



7.7 Proporción de renta respecto al valor de la producción: arroz

Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de INEGI, varios años. La renta del recurso se obtuvo utilizando la ecuación (1) y una tasa media de beneficios de 4%.

Cuadro 12. Rangos probabilísticos de los escenarios simulados de la contribución de los de los servicios de los ecosistemas en la producción agrícola y a productos seccionados por el método de la renta unitaria del recurso.

Agrícola								Maíz						
		30%		60%		90%			30%		60%		90%	
Año	Media	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Media	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
2019	40.99	39.58	42.30	38.20	43.94	35.47	46.86	33.87	31.09	36.35	28.17	39.79	22.39	45.34
2020	40.41	38.78	41.76	37.22	43.64	34.38	47.26	32.97	29.80	35.76	26.56	39.39	20.32	45.81
2021	40.04	38.24	41.35	36.57	43.37	33.57	47.57	32.34	29.02	35.22	25.56	39.09	18.98	46.15
2022	39.78	37.85	41.08	36.15	43.19	33.03	47.85	31.91	28.45	34.82	24.88	38.85	18.01	46.29
2023	39.61	37.55	40.85	35.85	43.04	32.62	48.13	31.59	28.13	34.53	24.36	38.67	17.31	46.49
2024	39.47	37.35	40.67	35.64	42.89	32.27	48.31	31.34	27.77	34.37	23.94	38.49	16.59	46.57
2025	39.41	37.20	40.54	35.45	42.80	32.01	48.52	31.16	27.55	34.16	23.68	38.44	16.09	46.66
Frijol								Sorgo						
		30%		60%		90%			30%		60%		90%	
Año	Media	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Media	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
2019	39.17	37.59	41.37	34.97	43.80	29.89	47.04	33.35	30.83	37.20	25.83	41.40	14.66	48.80
2020	38.98	37.38	41.25	34.67	43.69	29.57	47.11	33.05	30.13	36.95	25.02	41.40	13.52	49.23
2021	38.91	37.31	41.18	34.56	43.66	29.32	47.07	32.84	29.87	36.86	24.77	41.44	13.10	49.51
2022	38.92	37.24	41.17	34.47	43.61	29.38	47.04	32.73	29.74	36.80	24.59	41.47	12.82	49.49
2023	38.88	37.23	41.11	34.47	43.58	29.36	47.11	32.73	29.56	36.72	24.37	41.38	12.62	49.53
2024	38.90	37.21	41.10	34.37	43.58	29.28	47.10	32.67	29.58	36.73	24.25	41.50	12.52	49.76
2025	38.86	37.19	41.10	34.41	43.59	29.23	47.06	32.66	29.55	36.75	24.35	41.47	12.38	49.70
Trigo								Soya						
		30%		60%		90%			30%		60%		90%	
Año	Media	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Media	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
2019	46.69	42.90	50.15	38.94	54.39	31.80	61.96	26.55	22.73	30.20	17.80	33.66	12.10	43.82
2020	45.96	41.36	49.92	36.60	54.97	28.34	64.73	26.40	22.61	30.14	17.65	33.71	11.87	43.77
2021	45.37	40.04	49.65	34.78	55.66	25.68	67.06	26.40	22.55	30.10	17.57	33.69	11.70	43.87
2022	44.94	38.94	49.38	33.24	56.05	23.49	69.34	26.36	22.46	30.07	17.54	33.63	11.67	43.65
2023	44.63	38.01	49.18	32.04	56.46	21.63	71.69	26.33	22.51	30.03	17.54	33.61	11.64	43.61
2024	44.41	37.18	48.88	31.10	56.77	20.10	73.96	26.37	22.35	30.03	17.53	33.60	11.63	43.84
2025	44.29	36.60	48.62	30.04	57.03	18.59	76.18	26.36	22.36	30.00	17.54	33.61	11.65	43.75
Arroz														
		30%		60%		90%								
Año	Moda	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto							
2019	43.03	41.58	44.31	39.84	46.06	35.55	51.04							
2020	42.55	40.71	44.09	38.54	46.34	34.27	51.42							
2021	42.20	40.04	43.87	37.70	46.45	33.12	51.92							
2022	41.91	39.55	43.70	37.09	46.46	32.16	52.34							
2023	41.65	39.16	43.52	36.57	46.47	31.36	52.66							
2024	41.47	38.84	43.41	36.14	46.44	30.72	52.95							
2025	41.28	38.59	43.28	35.79	46.39	30.19	53.22							

Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de INEGI, varios años. La renta del recurso se obtuvo utilizando la ecuación (1) y una tasa media de beneficios de 4%.

4. LA CONTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS A LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA: UNA VISIÓN GEO-REFERENCIADA.

La contribución geo-referenciada de los servicios de los ecosistemas para el sector agrícola y por cultivos seleccionados, puede estimarse²⁰ con base en una aproximación de la ecuación (2). La evidencia disponible muestra que la producción agrícola de los productos como maíz, frijol y trigo se cultiva en el conjunto del país mientras que el arroz y la soya se cultivan en regiones específicas del territorio nacional (Figura 1). Asimismo, se observa que la renta estimada del recurso es heterogénea por regiones geográficas del país y donde los mayores niveles de renta se concentran en el norte (oeste y este) y el centro del territorio nacional (Figura 2)²¹. Además de ello, el nivel de renta tiende a ser superior en aquellas tierras agrícolas que cuentan con sistema de riego como la muestra la información en las figuras 1.1-1.6 y 2.1-2.6. Esta asociación positiva entre la renta estimada y el área irrigada podría sugerir que el riego se asocia con una mayor apropiación monetaria de servicios ecosistémicos en el sector agrícola. Esto es, en los casos donde se observa una adecuada provisión de agua, a través de la irrigación, entonces los cultivos agrícolas aprovechan, de forma más eficiente, los servicios de nutrientes y humedad del suelo, diversidad genética y polinización de los ecosistemas elevando los rendimientos agrícolas.

Metodología de geo-referenciación de la información de producción agrícola y por cultivos.

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 para los años 2007, 2011 y 2014.

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 geoprocésamiento 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 municipio²².
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

²⁰ En el Apéndice se incluyen los métodos de cálculo de las variables.

²¹ La información se incluye en el Apéndice.

²² Las tablas de atributos de estas nuevas cartas se exportan a Excel para su manejo.

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.

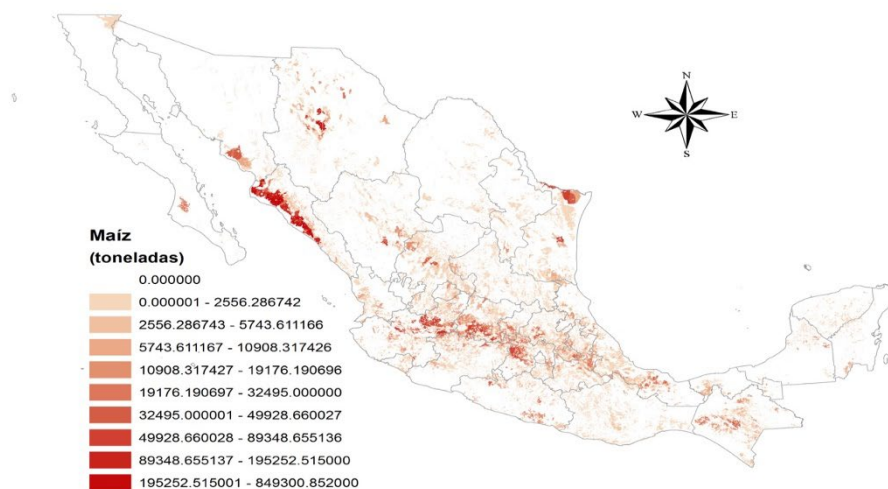
5. En este sentido, se procede a realizar una asignación del volumen de producción y/o el valor de la producción que no se pudieron asignar en el paso anterior. Para ello se seleccionan otros tipos de uso de suelo y vegetación dependiendo el cultivo y municipio del que se trate. Por ejemplo, en el caso 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 como el valor de la producción de los cultivos seleccionados.

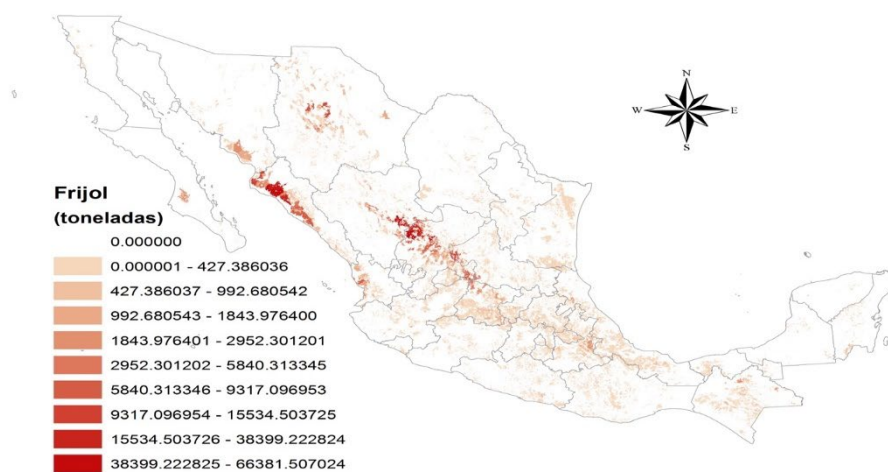
7. Utilizando información de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), se calcula el valor de renta promedio (como porcentaje del valor de la producción) para diferentes niveles de rendimiento por producto y por estado. Esta información se une con el cuadro de atributos de las CUSV utilizando la clave de entidad federativa, la clave de producto y el nivel de rendimiento como variables “claves” en la asociación de ambas bases de datos (o *matching*).

8. Con base en los valores medios de renta como proporción del valor de la producción, se calcula el valor de renta total para cada uno de los polígonos de la CUSV y se gráfica.

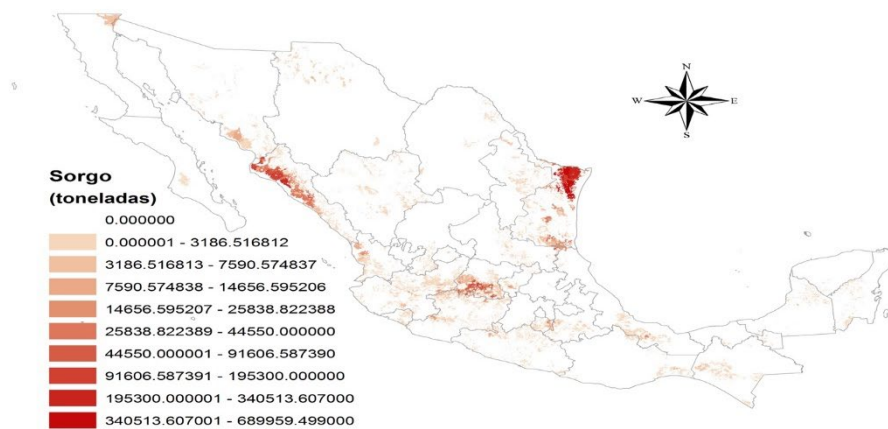
Figura 1. Geo-referenciación de producción agrícola



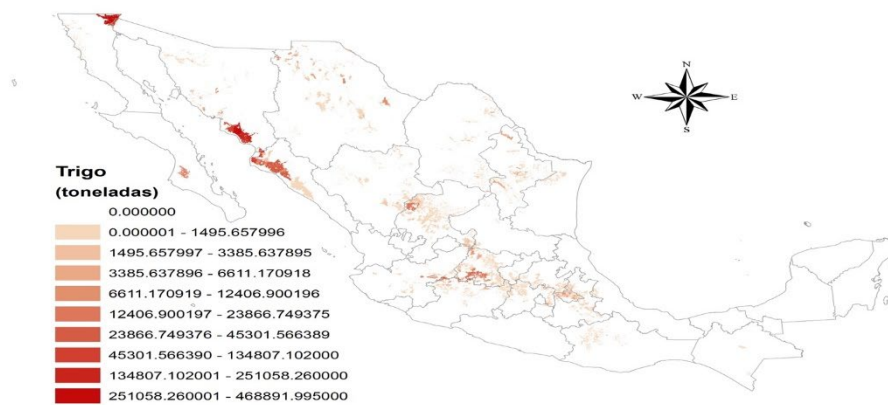
1.1 Producción de maíz 2014 (miles de toneladas)



1.2 Producción de frijol 2014 (miles de toneladas)



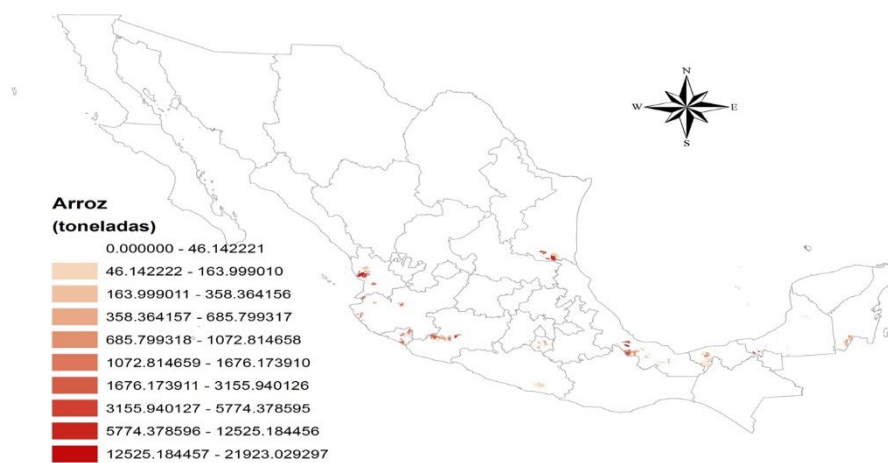
1.3 Producción de sorgo 2014 (miles de toneladas)



1.4 Producción de trigo 2014 (miles de toneladas)



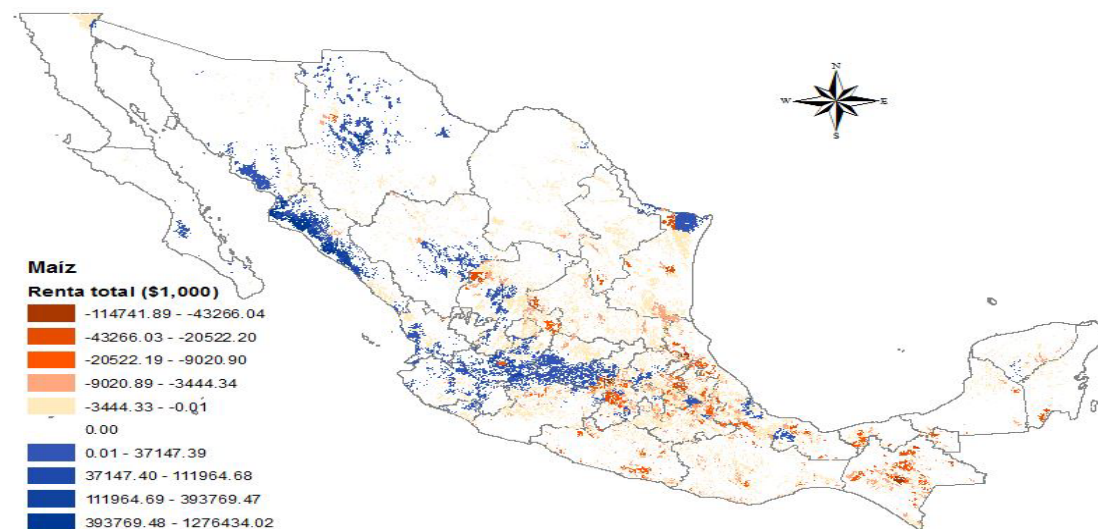
1.5 Producción de soya 2014 (miles de toneladas)



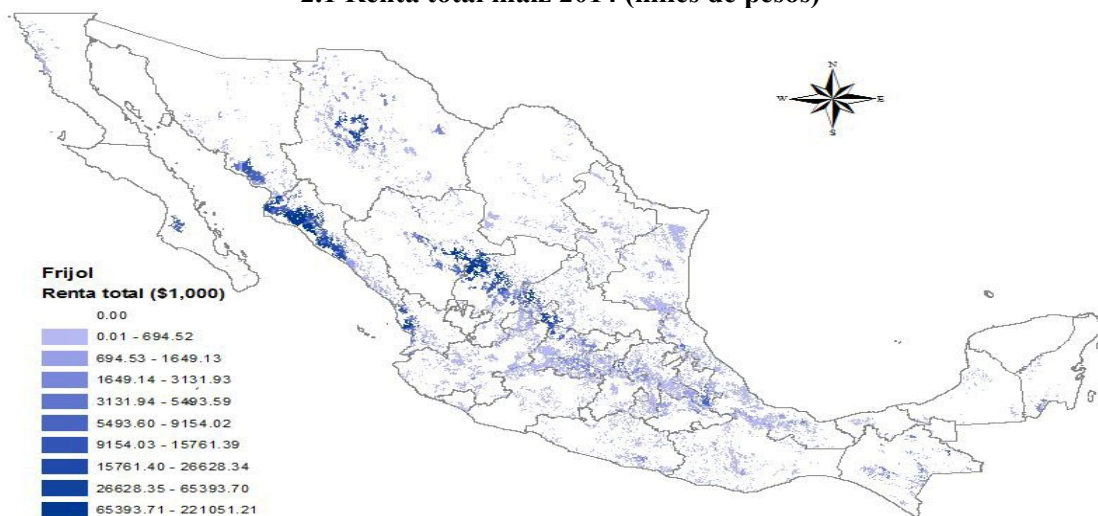
1.6 Producción de arroz 2014 (miles de toneladas)

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP y mapa de uso de suelo y vegetación (INEGI).

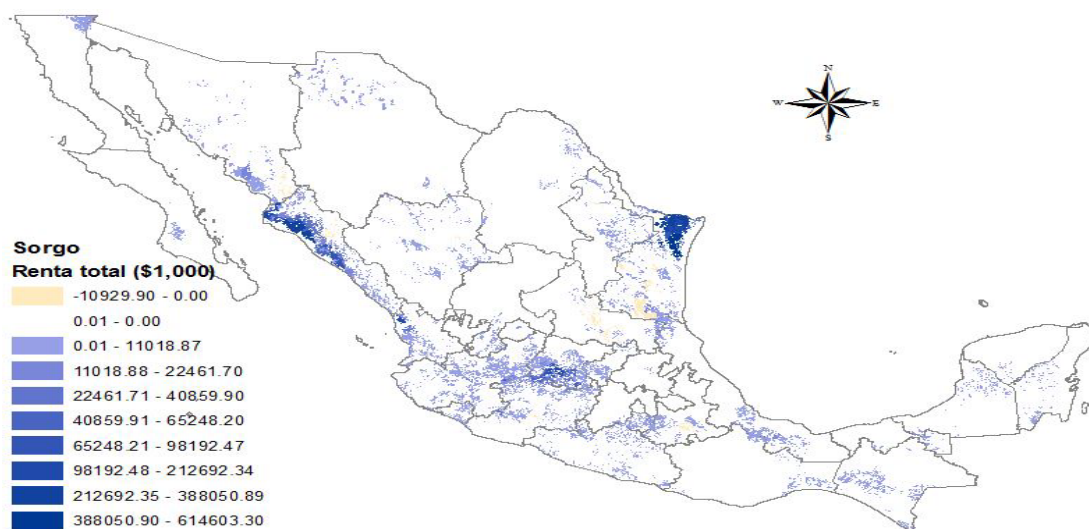
**Figura 2. Geo-referenciación del valor total de la renta unitaria del recurso 2014
(miles de pesos)**



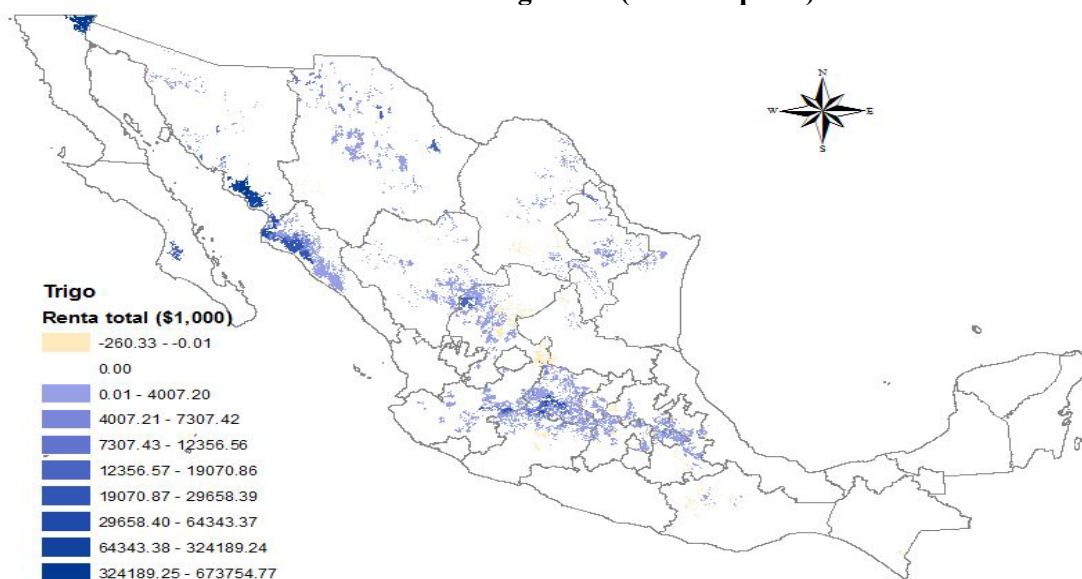
2.1 Renta total maíz 2014 (miles de pesos)



2.2 Renta total frijol 2014 (miles de pesos)



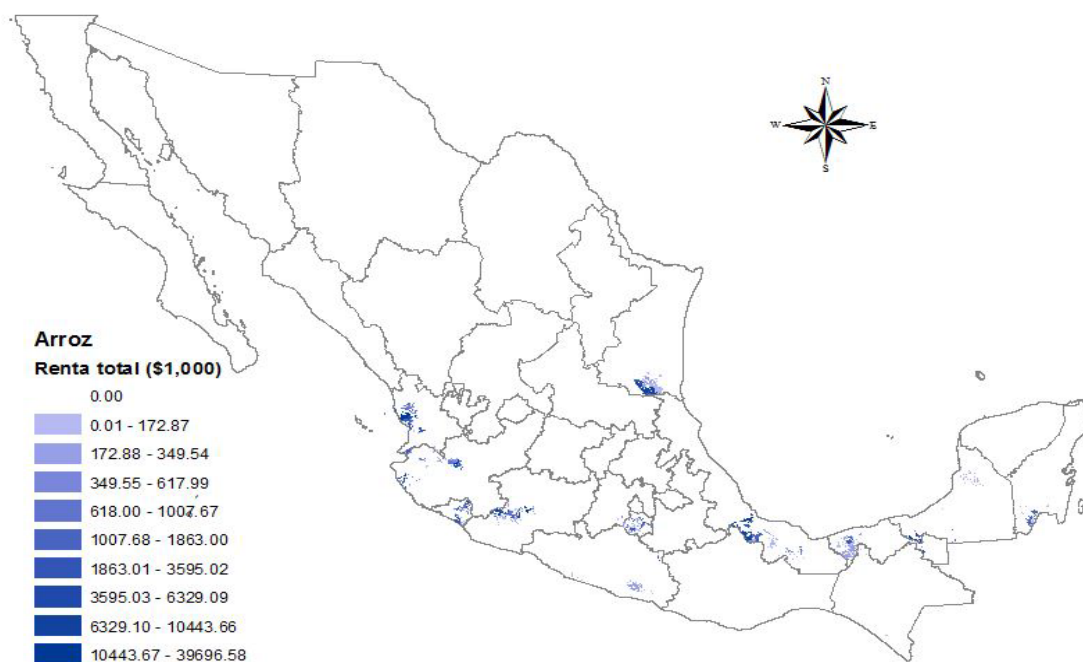
2.3 Renta total sorgo 2014 (miles de pesos)



2.4 Renta total trigo 2014 (miles de pesos)



2.5 Renta total soya 2014 (miles de pesos)



2.6 Renta total arroz 2014 (miles de pesos)

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP, mapa de uso de suelo y vegetación (INEGI) y de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2014.

5. LA CONTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS EN EL SECTOR AGRÍCOLA: UNA VISIÓN CON MICRODATOS.

Las estimaciones²³ de la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción agrícola con base en los micro-datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria, 2014 (ENA-2014), utilizando la ecuación (2), se sintetizan en la Gráfico 8. Estas estimaciones muestran que la contribución estimada de los SE a la producción agrícola por estratos de ingreso tiene una forma de S donde se observan valores, en su mayoría positivos y otros negativos²⁴. En este contexto, se observa que la contribución promedio de los SE a la producción agrícola con micro-datos equivale a \$8,775 por hectárea (Cuadro 13). Este valor es superior al estimado con los valores agregados, aunque está en un rango cercano lo que sugiere que las estimaciones son relativamente comparables.

²³ En el Apéndice se incluyen los métodos de cálculo de las variables.

²⁴ La presencia de valores negativos de la contribución de los SE es consistente con la evidencia en otros estudios como para los Países Bajos (Horlinins, *et al.*, 2019) y sugieren que este método no es completamente robusto.

Base de datos:

La base de datos utilizada en la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2014 contiene información para 66,398 unidades de producción agropecuaria (granjas) del año agrícola octubre de 2013-septiembre 2014. Dicha muestra cuenta con representatividad nacional para los 34 productos principales en México. Cada una de las unidades de producción entrevistadas, reportó el volumen de producción, valor de la producción y costos en los que incurrió durante el año agrícola 2014. Asimismo, los entrevistados utilizaron mapas digitales o impresos para reportar la ubicación geográfica de todos los terrenos que utilizan para las actividades agropecuarias. Utilizando la ubicación de las 202,000 tierras, para las cuales existe información en la ENA 2014, es posible vincular la información de la ENA con bases de datos de Sistemas de Información Geográfica (SIG), tales como, clima, características de suelos, proximidad a cuerpos de agua, proximidad a vegetación, proximidad a mercados, etc. Además de dicha información, la ENA 2014 reporta variables relacionadas con las características de los terrenos, ventas, tecnología, maquinaria y equipo, créditos, seguros, apoyos gubernamentales y variables sociodemográficas de los productores y de sus familiares. La ENA reporta que la superficie sembrada en México en 2014 fue de 22.4 millones de hectáreas, de las cuales, el 20.3% cuenta con algún sistema de riego, mientras que el 79.7% restante depende de los niveles de lluvia.

La contribución de los SE a la producción de arroz, frijol, maíz, trigo, sorgo y soya por estratos de ingreso muestra también una forma aproximada de S donde existen valores positivos y negativos (Gráfico 8). Esta contribución de la SE es diferenciada por productos. Así, por ejemplo, se observa que los SE tiene más valores positivos en arroz y trigo y, que los valores negativos son más comunes en la producción de maíz y frijol (Gráfico 8). Ello sugiere que los productos como maíz y frijol que están asociados directamente a las condiciones de vida de los productores agrícolas de bajos ingresos y que se utilizan en gran medida para subsistencia, exhiben una contribución monetaria de los SE menor o que parece incluso negativa.

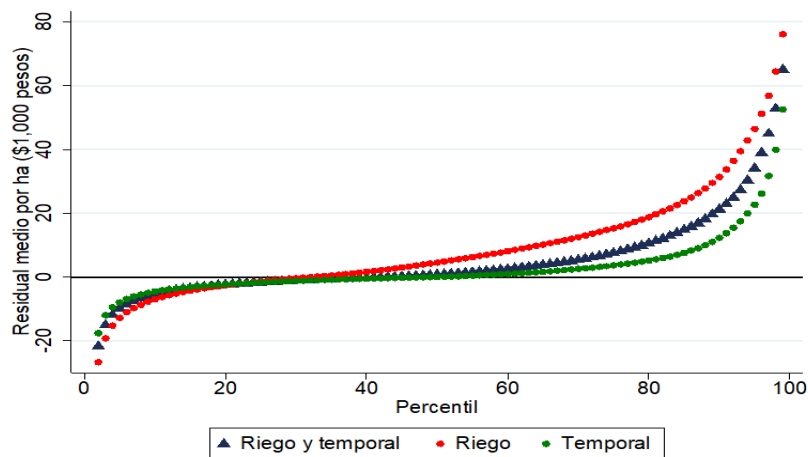
La presencia de un residual de la renta del recurso negativo en productores de bajos ingresos no debe interpretarse como una contribución negativa de los SE. En efecto, la presencia de residuales imputados positivos y negativos refleja que los productores agrícolas tienen formas de uso y apropiación de los SE y del conjunto de subsidios que reciben diferenciadas y que los objetivos de los productores agrícolas son más amplios que una maximización directa del beneficio económico. En efecto, las contribuciones de los SE positivas y negativas muestran un comportamiento de los productores agrícolas que busca, simultáneamente:

1. Maximizar ganancias.
2. Maximizar la recepción de los subsidios y apropiarse de la recompensa del derecho a cultivar la tierra que incluye el usufructo de los SE.
3. Construir una estrategia de administración de riesgos apoyada en la contribución de los SE que es diferenciada entre los productores de altos y bajos ingresos.

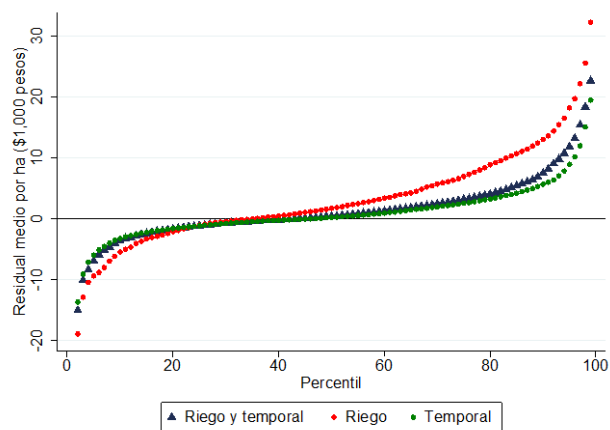
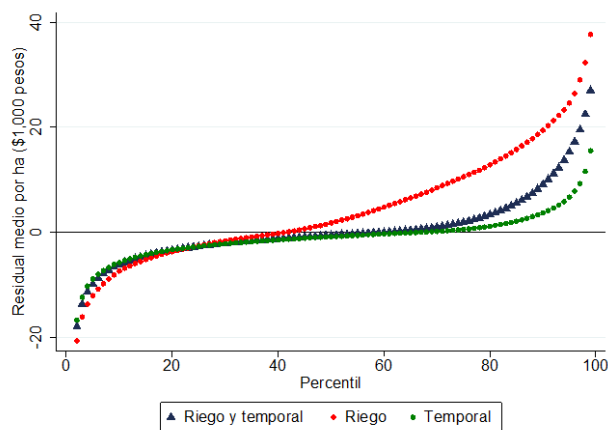
En este sentido, los productores agrícolas buscan apropiarse de la contribución de los SE a la producción agrícola que en la mayoría de los casos se expresa en valores positivos (residual superavitario) y en algunos casos en valores negativos (residual deficitario). De este modo, los SE, en forma similar a los subsidios, contribuyen a que la diferencia entre los ingresos y los costos totales, se expresen en elevar el superávit, a pasar de un déficit a un superávit y a reducir el déficit de los productores individuales. La presencia entonces de valores negativos en algunos productores sugiere que la diferencia entre los ingresos y los costos totales refleja no sólo la contribución de los SE sino también la presencia de comportamientos diferenciados y de formas de apropiación del excedente económico en los productores. Por ejemplo, los productores de bajos ingresos cultivan productos básicos incluso en el caso en que no parece rentable en la medida en que ello les permite regresar al autoconsumo o mantener un ingreso adicional “seguro” ante *shocks* adversos como aumento de precios o escasez de alimentos, pérdida de cultivos o algún evento climático extremo o desastre natural. Ello representa una estrategia de administración de riesgos con base en la contribución de los SE que resulta fundamental para los grupos de bajos ingresos. Por tanto, difícilmente puede argumentarse que existen productores donde la contribución de los SE es, estrictamente, negativa, sino que ello refleja formas de uso y apropiación de los SE diferenciadas por grupos de ingreso de los productores agrícolas.

El comportamiento diferenciado de los productores agrícolas con respecto al uso y apropiación del residual de la renta del recurso del sector agrícola y de los productos seleccionados se refleja en que el residual de la renta es mayor en cultivos irrigados que de secano (Gráfico 8). De este modo, la apropiación de la contribución de los SE se traduce en ingresos monetarios que son efectivamente potenciados por los productores de altos ingresos, con irrigación, a diferencia de los grupos de bajos ingresos asociados a procesos de autoconsumo y con producción de secano. Ello indica que, en todo caso, la imputación del residual estimado directamente a los SE, con base en la ecuación (2), no puede ser homogénea y debe contemplar la presencia de comportamientos heterogéneos de los productores agrícolas en referencia a su uso y apropiación de los SE.

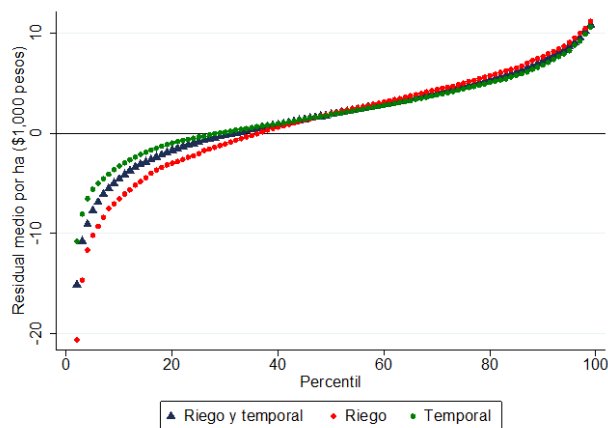
Gráfica 8. Excedente de los servicios de los ecosistemas en el sector agrícola con micro datos (percentiles)



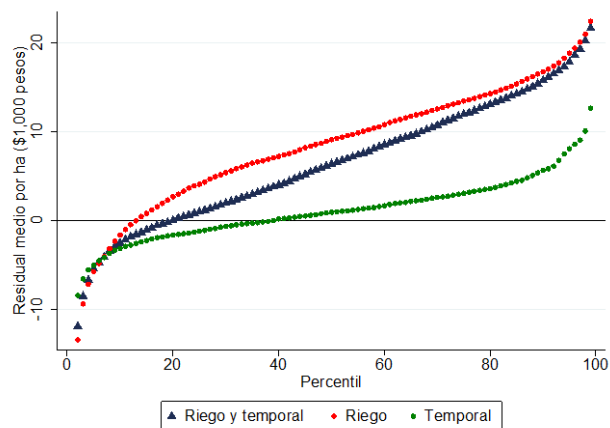
Gráfica 8.1 Residual promedio (\$ pesos por ha)



Gráfica 8.2 Residual promedio: maíz (\$ pesos por ha)

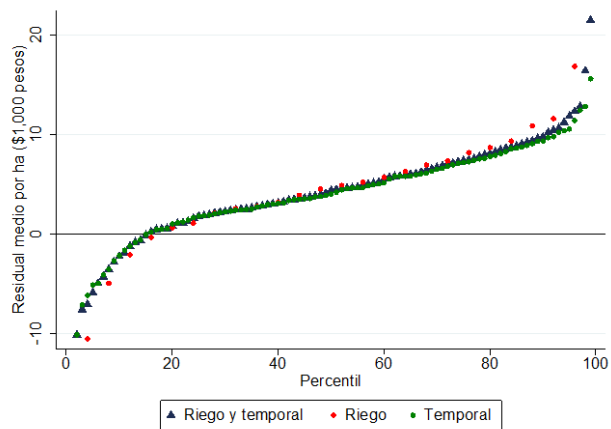


Gráfica 8.3 Residual promedio: frijol (\$ pesos por ha)

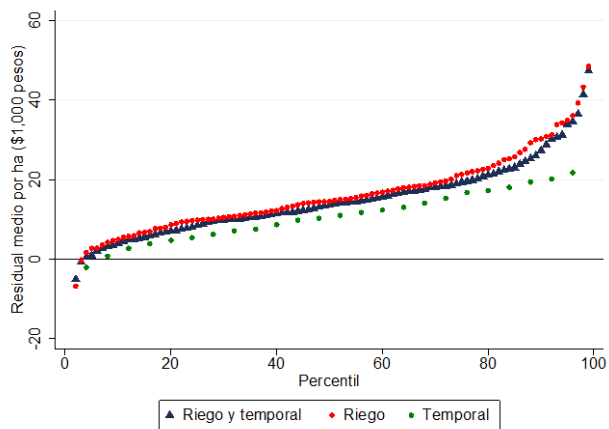


Gráfica 8.4 Residual promedio: sorgo (\$ pesos por ha)

Gráfica 8.5 Residual promedio: trigo (\$ pesos por ha)



Gráfica 8.6 Residual promedio: soja (\$ pesos por ha)



Gráfica 8.7 Residual promedio: arroz (\$ pesos por ha)

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

Este conjunto de resultados, con micro datos, muestra que la contribución de los ecosistemas, con micro-datos, por hectárea es de \$8,775 para la producción agrícola total y de \$12,396 para áreas cultivadas con irrigación y de \$4,025 para áreas cultivadas de secano (Cuadro 13). Estas diferencias en la contribución por áreas cultivadas con y sin irrigación refleja, claramente, las formas diferenciadas de apropiación de la contribución de los SE. Ello resulta relevante para construir políticas públicas diferenciadas por grupos socioeconómicos y tipos de productores agrícolas.

Cuadro 13: Valoración monetaria promedio de los SE por hectárea por producto con micro-datos (\$ de 2013).

	Agrícola	Maíz	Frijol	Sorgo	Trigo	Soya	Arroz
Riego y temporal	\$8,775	\$6,521	\$8,585	\$4,404	\$5,198	\$3,065	\$12,541
Riego	\$12,396	\$10,173	\$9,253	\$7,049	\$4,822	\$3,718	\$11,689
Temporal	\$4,025	\$1,609	\$2,401	\$3,018	\$5,460	\$2,769	\$16,061

Fuente: Elaborado ecuación (1) basado en la Encuesta Nacional Agropecuaria, 2014 (ENA-2014).

6. IDENTIFICACIÓN DEL RESIDUAL DEL MÉTODO DEL PRECIO DEL RECURSOS DE LA RENTA CON MICRO DATOS.

La estimación econométrica de la contribución e identificación de los SE en el sector agrícola por el método del precio unitario de la renta se realiza con base en la ecuación (4) que tiene como referente a los modelos econométricos Ricardianos de cambio climático y con base en la información de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2014 (ENA-2014). Estos modelos Ricardianos, estimados con datos panel o de sección cruzada, buscan asociar a los diferenciales en la renta de la tierra con factores climáticos y otros factores (Mendelshon, *et. al.*, 1994). Así, la ecuación (4) indica que el residual estimado por el método del precio unitario de la renta excluye a la mayor parte de los efectos sistemáticos del proceso de producción agrícola y puede asociarse, por tanto, a los efectos de los SE de los ecosistemas. De este modo, la regresión econométrica estima el residual imputado por el método del precio unitario de la renta a los SE con respecto al clima, a otras variables s socioeconómicas de control y a los servicios asociadas a los SE. Ello busca identificar la contribución de los distintos componentes de los SE al comportamiento del residual estimado por el método del precio de la renta. Los SE que se incluyen corresponden a los servicios de provisión de nutrientes del suelo que representa un indicador de la fertilidad del suelo (*Technical Recommendations*, 2014, pp. 65), al servicio de humedad del suelo y el servicio (regulación) de polinización:

$$resag_{it} = \beta_0 + \beta_1 temp_{it} + \beta_2 temp_{it}^2 + \beta_3 prec_{it} + \beta_4 prec_{it}^2 + \beta_5 se_{it} + \beta_6 otros_{it} + u_{it} \quad (4)$$

donde $resag_{it}$ representa el residual agrícola del método de la renta unitaria del recurso derivado de la ecuación (2) con micro-datos, $temp_{it}$ representa la temperatura, $prec_{it}$ es la precipitación, se_{it} corresponde a los servicios de los ecosistemas de fertilidad y humedad del

suelo (soil) y de polinización aproximado por la cercanía de un área verde a los campos cultivados y *otros_{it}* incluye a un conjunto de variables socioeconómicas y demográficas como la edad, los años de educación²⁵ o programas como PROCAMPO.

Las estimaciones econométricas de la ecuación (4) para la estimación del sector agrícola agregado y de los productos agrícolas seleccionados, sintetizadas en el Cuadro 14, se realizan por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) incluyendo efectos fijos²⁶ y en donde se elimina el suelo Vertisol. Así, la interpretación de los coeficientes corresponde a un aumento o disminución con respecto al suelo Vertisol²⁷. Los resultados obtenidos muestran que la mayoría de los coeficientes son estadísticamente significativos y tienen sentido económico. Esto es, las estimaciones econométricas sugieren que el clima y algunas de las variables de control como la edad, los años de educación²⁸ o programas como PROCAMPO inciden en la evolución del residual estimado a través de la ecuación (2). Por ejemplo, las variables climáticas de temperatura y precipitación son estadísticamente significativas para la producción agrícola agregada y para la producción de maíz, sorgo y trigo y la precipitación para el arroz y estas variables climáticas no son estadísticamente significativas para el frijol y la soya y para la temperatura para el arroz. Asimismo, las variables de maquinaria y equipo son estadísticamente significativas en la producción agrícola, el maíz y el sorgo y, además, los años de educación tiene un impacto positivo en la magnitud del residual. Esto sugiere que la magnitud y la forma de apropiación de los SE está influenciada por las características del productor, por el tipo de proceso productivo y por el tipo de producto.

Los resultados econométricos, estimado a través de los diferentes tipos de suelo, indican que los servicios de los ecosistemas de nutrientes²⁹, humedad del suelo y polinización tienen una contribución positiva bruta (incluyendo la polinización) y neta (excluyendo la polinización)

²⁵ Ello sugiere la relevancia de factores como las prácticas administrativas en la producción y productividad agrícola (SEEA-EEA, 2014, pp. 63).

²⁶ 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 adicionales 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).

²⁷ Las estimaciones corresponden a la contribución bruta y no representan el valor neto (SEEA-EEA, 2014, pp. 36).

²⁸ Ello sugiere la relevancia de factores como las prácticas administrativas en la producción y productividad agrícola (SEEA-EEA, 2014, pp. 63).

²⁹ Nutrientes del suelo puede ser un indicador agregado incompleto ya que el promedio en suelos no incorpora la heterogeneidad y es mejor, por tanto, utilizar comparaciones con condiciones de referencia (*Technical Recommendations*, 2014, pp. 65).

en la evolución del residual derivado del método del precio unitario de la renta. Asimismo, se observa que, en la mayoría de los casos, la proximidad (menor distancia) de los terrenos agrícolas a algún tipo de bosque (frijol, sorgo, trigo, soya y arroz) o selva (maíz, frijol, sorgo, trigo y arroz) se asocia con un nivel de renta más alto. En algunos casos, la proximidad a bosques (maíz), vegetación secundaria arbórea (arroz), herbácea (maíz y sorgo) y arbustiva (maíz y arroz) se asocia con un nivel de renta más bajo, lo que, entre otras cosas, puede deberse a la presencia de plagas propias del tipo de vegetación. Dichos resultados, reflejan la presencia positiva del servicio de regulación de polinización.

Este conjunto de información permite identificar que, en efecto, el residual de los SE del método de la renta unitaria del recurso derivado de la ecuación (2) refleja, parcialmente, a los SE pero también refleja a otros factores que es necesario identificar en análisis posteriores. Asimismo, se observa que los servicios identificados corresponden a aquellos de provisión asociados con los nutrientes y humedad del suelo y con el servicio de regulación de la polinización.

Cuadro 14. Modelo tipo “Ricardiano” del residual por el método de la renta unitaria del recurso

	Residual (\$)	Residual (\$)	Residual (\$)	Residual (\$)	Residual (\$)	Residual (\$)	Residual (\$)
VARIABLES	Agrícola	Maíz	Frijol	Sorgo	Trigo	Soya	Arroz
Temp. Primavera-verano (°C)	7,101.38***	7,644.52***	-1,017.50	7,044.98***	5,653.18	168,456.14	2,130.09
	(695.63)	(696.17)	(2,190.77)	(1,547.77)	(3,713.16)	(1,073,278.55)	(44,951.48)
Temp. Primavera-verano^2 (°C)	-154.55***	-155.15***	39.76	-135.64***	-82.74	-3,572.03	-468.35
	(13.73)	(13.61)	(44.37)	(29.41)	(64.39)	(20,387.92)	(869.76)
Temp. Otoño-invierno (°C)	-3,782.26***	-4,832.95***	-233.59	-3,883.99***	-8,253.90***	-88,405.36	23,077.56
	(497.73)	(653.99)	(1,170.30)	(1,185.38)	(2,254.70)	(507,632.93)	(39,430.56)
Temp. Otoño-invierno^2 (°C)	132.73***	113.43***	-3.50	92.35***	197.48***	2,996.41	-160.20
	(13.71)	(15.24)	(30.99)	(28.50)	(63.68)	(12,737.37)	(932.77)
Prec. Primavera-verano (mm)	129.63*	67.66	-332.87	461.24**	-54.57	-6,759.76	260.88
	(77.61)	(84.33)	(268.58)	(186.93)	(810.36)	(9,422.18)	(2,252.02)
Prec. Primavera-verano^2 (mm)	-0.41***	0.38**	0.25	-0.81**	1.09	2.29	-2.98
	(0.15)	(0.17)	(0.34)	(0.40)	(3.07)	(20.92)	(2.89)
Prec. Otoño-invierno (mm)	205.54**	-208.21**	420.06	-108.31	-233.31	20,075.83	-3,728.88
	(99.46)	(87.12)	(288.17)	(208.34)	(1,047.04)	(22,166.76)	(4,579.94)
Prec. Otoño-invierno^2 (mm)	1.93***	-0.08	-0.42	-1.77***	-1.49	-37.20	10.77**
	(0.33)	(0.18)	(0.67)	(0.59)	(9.13)	(175.72)	(4.30)
Temp.*Prec. Primavera-verano	-2.00	-4.90	12.96	-15.07**	0.28	221.12	62.09
	(3.16)	(3.72)	(10.80)	(6.98)	(28.17)	(324.80)	(100.31)
Temp.*Prec. Otoño-invierno	-21.62***	8.12*	-18.90	14.55	-0.77	-712.45	29.04
	(4.61)	(4.30)	(13.73)	(10.17)	(40.98)	(752.87)	(194.50)
Acrisol (% del área de control)	34.43	22.90	5.89	90.70**	-595.86		156.05
	(30.70)	(22.60)	(30.89)	(43.88)	(384.32)		(98.58)
Andosol (% del área de control)	131.51***	-16.03	-16.47	-9.05	132.69*		966.55
	(22.07)	(11.24)	(30.11)	(145.55)	(77.65)		(791.43)
Arenosol (% del área de control)	-69.95	-93.28*	-53.60	-91.54			-607,486.57
	(58.63)	(50.01)	(132.18)	(67.36)			(617,207.61)
Cambisol (% del área de control)	-19.36**	-9.71	14.90	55.91***	-37.08**		-480.73***
	(8.84)	(8.99)	(22.18)	(16.31)	(18.86)		(159.21)

Castañozem (% del área de control)	24.46***	15.60	6.56	12.38	-8.64		1,125.80
	(9.29)	(14.64)	(21.19)	(9.55)	(22.34)		(758.95)
Chernozem (% del área de control)	112.27	60.07	-180.50**	76.63***	-460.08*		
	(112.90)	(111.63)	(86.25)	(26.59)	(249.28)		
Feozem (% del área de control)	19.35**	-12.21	-5.25	-33.23***	-20.70	410.22	8.67
	(7.87)	(11.77)	(19.41)	(8.69)	(18.83)	(856.05)	(135.79)
Fluvisol (% del área de control)	336.69***	-21.63	-222.42**	-116.07*	-209.78		1,233.94
	(78.66)	(38.57)	(112.61)	(70.32)	(176.25)		(801.98)
Gleysol (% del área de control)	-2.56	-38.68*	174.73*	7.90			822.93**
	(20.68)	(22.96)	(102.16)	(39.56)			(368.42)
Litosol (% del área de control)	-8.28	-4.24	-4.14	-56.30***	71.10	286.30	331.55
	(9.50)	(14.97)	(24.47)	(13.90)	(44.10)	(520.31)	(330.63)
Luvisol (% del área de control)	4.91	19.73	42.46	-87.54***	-201.11**		-351.93
	(12.27)	(18.61)	(42.29)	(29.33)	(102.04)		(304.90)
Nitosol (% del área de control)	-60.06	-74.11**	115.38	328.91***			1,850,502.29
	(81.69)	(29.90)	(152.26)	(118.81)			(1,878,139.14)
Planosol (% del área de control)	-5.49	-30.67***	19.69	-86.01***	-15.76		
	(9.22)	(10.93)	(21.58)	(28.56)	(48.82)		
Ranker (% del área de control)	5,351.09***	150.87	2,729.72	2,149.34***	-515.27		
	(1,208.56)	(691.74)	(1,790.88)	(627.51)	(1,557.65)		
Regosol (% del área de control)	-2.12	-15.72	-3.61	-36.48***	38.21	-1,118.18	-265.61***
	(8.57)	(9.77)	(17.89)	(13.38)	(27.68)	(2,212.09)	(94.64)
Rendzina (% del área de control)	-41.57***	-37.61**	-36.67	-16.51	25.09	1,283.79	103.73
	(9.57)	(14.87)	(22.81)	(12.42)	(62.16)	(2,403.06)	(274.20)
Solonchak (% del área de control)	-39.97*	-85.28**	-48.58	20.13	-57.92		-900.98***
	(23.83)	(42.10)	(70.32)	(26.35)	(47.11)		(231.65)
Solonetz (% del área de control)	-63.49	-624.45***	-106.34**	-360.29	721.05		
	(59.37)	(148.81)	(50.09)	(529.53)	(878.63)		
Xerosol (% del área de control)	25.61***	-22.29**	-11.10	29.15***	-20.56	353.45	
	(7.31)	(10.99)	(20.99)	(8.24)	(22.62)	(710.44)	
Yermosol (% del área de control)	53.82	297.38***	196.52*	-96.61	26.50		
	(38.82)	(65.25)	(103.42)	(68.46)	(89.04)		
Años de educación	80.48***	149.48***	68.88	-22.83	7.00	298.98	343.81*

	(29.23)	(38.20)	(51.48)	(18.63)	(51.61)	(284.44)	(199.31)
Edad	-45.64	111.87	-12.17	-6.76	-33.04	359.20	175.68
	(75.46)	(74.90)	(88.43)	(38.79)	(108.44)	(291.24)	(480.58)
Edad^2	0.28	-1.02	0.08	-0.06	0.22	-3.27	-1.26
	(0.63)	(0.64)	(0.77)	(0.34)	(0.98)	(2.61)	(4.17)
Procampo (1=recibe procampo)	-3,369.92***	-459.34	-1,560.60*	-186.01	614.52	98.55	86.46
	(288.68)	(342.15)	(869.42)	(286.58)	(648.84)	(2,032.12)	(1,554.52)
Distancia al bosque (km)	14.98**	27.60***	-3.92	-30.75***	-17.25	-640.85	-358.63*
	(6.25)	(9.33)	(18.88)	(7.67)	(28.78)	(1,600.03)	(186.73)
Distancia a la selva (km)	1.30	-10.05*	-1.72	-4.63	-13.38*	344.44	-387.21*
	(2.29)	(5.20)	(12.68)	(6.56)	(8.05)	(1,073.05)	(224.90)
Distancia a vegetación secundaria arbórea (km)	13.86**	-16.04*	18.22	13.02	-1.62	626.24*	1,356.37**
	(6.43)	(9.63)	(22.18)	(9.82)	(16.01)	(339.70)	(554.04)
Distancia a vegetación secundaria herbácea (km)	9.73***	24.08***	8.99	8.70**	-18.38*	-318.47	80.57
	(2.73)	(4.67)	(9.00)	(3.46)	(9.40)	(656.27)	(138.54)
Distancia a vegetación secundaria arbustiva (km)	194.24***	173.33***	-322.07**	54.44	-83.00	604.54	1,452.51
	(41.77)	(65.22)	(132.25)	(38.85)	(169.96)	(4,550.67)	(900.72)
Tractores (1=tractores propios)	2,169.13***	1,540.97***	580.66	16.12	214.20	4,298.88**	1,885.13
	(397.93)	(346.08)	(581.45)	(241.96)	(552.29)	(1,945.02)	(2,400.19)
Maquinaria (1=maquinaria propia)	875.09***	1,924.83***	709.09	626.67**	548.87	137.67	-310.09
	(318.82)	(377.79)	(537.89)	(248.08)	(444.95)	(2,969.05)	(3,426.99)
Vehículos (1=vehículos propios)	1,708.59***	207.10	120.61	62.99	-668.70	-7,384.14	4,542.60
	(257.97)	(262.00)	(394.16)	(242.40)	(557.25)	(5,656.57)	(2,995.32)
Distancia a la ciudad más cercana (km)	-23.88	-154.33***	-93.98	-22.09	-76.26	-829.45	954.68**
	(28.59)	(28.32)	(57.99)	(21.32)	(64.30)	(2,813.20)	(378.22)
Distancia al cuerpo perene de agua (km)	-15.47*	-37.86***	-15.01	30.79***	-36.84*	-655.34	-118.04
	(8.98)	(8.05)	(15.75)	(11.76)	(22.34)	(432.36)	(110.50)
Distancia al río perene más cercano (km)	-21.48***	-7.20	-14.77	24.14**	24.32	-470.86	449.49***
	(5.97)	(8.29)	(13.01)	(9.86)	(27.17)	(457.61)	(132.41)
Área cultivada	-3.57***	13.01***	42.08***	-1.98	-6.26*	2.41	-58.92***

	(0.44)	(4.72)	(14.56)	(1.96)	(3.55)	(9.73)	(21.35)
Área cultivada^2	0.00***	-0.01***	-0.10***	0.00*	0.00	-0.01	0.04**
	(0.00)	(0.00)	(0.03)	(0.00)	(0.00)	(0.01)	(0.02)
Constante	-51,675.27***	-39,735.22***	13,435.30	-55,017.00***	15,856.61	-1492761.66	-198,713.59
	(6,294.54)	(5,396.16)	(16,519.94)	(12,703.77)	(43,528.95)	(9,271,681.73)	(252,612.12)
Efectos fijos por cultivo	Sí	No	No	No	No	No	No
Observaciones	85,936	31,262	5,395	4,002	2,761	226	244
R²	0.151	0.198	0.178	0.254	0.262	0.168	0.560
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.							

7. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES.

La contribución de los SE a la producción agrícola tienen una especial relevancia. Ello atendiendo a que las actividades agrícolas contribuyen al PIB nacional, al empleo, a las exportaciones, al bienestar de la población rural, a la evolución de la pobreza y a la provisión de insumos y a la seguridad alimentaria del país.

El conjunto de resultados muestra que la contribución de los servicios de los ecosistemas a la producción total agrícola y a los cultivos seleccionados por el método del precio unitario de la renta del recurso es relevante. La valoración monetaria de la contribución de los SE para el sector agrícola y los productos agrícolas seleccionados son, relativamente, consistentes y similares en orden de magnitud por los distintos métodos utilizados, incluyendo la información derivada del modelo KLEMS. Así, se observa que la contribución monetaria agregada de los SE a la producción agrícola representa, en promedio, 49.86% del PIB agrícola (subsector 111) y 32.40% del PIB agropecuario (subsectores 111 y 112), lo que corresponde a 0.99% del PIB nacional y la contribución promedio de los SE con base en el rendimiento neto de 22.64% al valor de la producción agrícola que corresponde al 0.59% del PIB para el período 1993-2018.

El valor estimado de la renta o residual, a nivel agregado y para los cultivos seleccionados (maíz, trigo, soya, sorgo, frijol y arroz) es positivo, relevante y con una fuerte volatilidad y heterogeneidad por productos. Ello sugiere, que los SE contribuyen de manera diferenciada en diferentes tipos de cultivo y la presencia de factores adicionales incorporados en el residual como estructuras de mercado no competitivas, procesos de especulación de la tierra, diferencias en los procesos productivos (irrigación y secano), diferencias socioeconómicas de los productores (e.g. nivel educativo), shocks en los precios de los alimentos o eventos climáticos extremos y a la presencia de otros factores no identificados. Ello se observa, por ejemplo, en que la elevada volatilidad en el residual estimado se correlaciona positivamente con la evolución del área cultivada irrigada a nivel agregado y por productos seleccionados con la excepción de frijol. Asimismo, se observa que el valor monetario de la contribución de la canasta de servicios de los ecosistemas a la producción agrícola muestra diferencias regionales importante. Por ejemplo, la contribución de los SE a los cultivos de maíz y frijol se distribuye en todo el país mientras que los otros cultivos tienden a concentrarse en el norte y centro del país. De este modo, la contribución del SE no es homogénea por tipo de cultivo, productores y regiones en el país.

En este contexto, se observa que las proyecciones con modelos ARIMA y sus respectivas gráficas de abanico capturan una elevada volatilidad en los escenarios prospectivos. Ello debe considerarse al construir escenarios prospectivos.

Las estimaciones de los SE por el método del precio unitario de la renta del recurso, con miro-datos, muestra un residual promedio positivo, pero donde existen residuales positivos y negativos en distintos productores tanto a nivel agregado como por cultivos y donde existen

más valores negativos en cultivos como el maíz y el frijol que en el arroz. La presencia de residuales negativos no debe interpretarse como la presencia estricta de un SE negativo, sino que ello refleja comportamientos y formas de apropiación diferenciada de los productores agrícolas. En efecto, los productores buscan maximizar sus beneficios económicos, pero también, en forma simultánea, buscan maximizar la obtención de subsidios (incluyendo aquellos asociados a los SE) a los diferentes cultivos y buscan administrar sus riesgos. Así, por un lado, en los productores agrícolas de bajos ingresos se observa que los SE contribuyen a una mejor administración de riesgos donde un shock externo se amortigua a través del autoconsumo y, por el otro lado, en los productores de altos ingresos se observa unos SE que contribuyen a elevar el ingreso monetario. Ello se observa también al dividir entre la agricultura de irrigación y de secano donde existe, en las áreas irrigadas, un residual más elevado y por tanto mayor ganancias monetarias que en los cultivos de secano. En este sentido, la desaparición de los SE incide de manera diferenciada sobre los productores agrícolas ya que en los productores de mayores ingresos reduce su ingreso mientras que en el caso de los productores de menores ingresos reduce sus ingresos y elimina sus estrategias de administración de riesgos ante diversos shocks. Estas pérdidas diferenciadas contemplan consecuencias diferenciadas sobre el bienestar de los distintos tipos de productores agrícolas.

La estimación econométrica de la ecuación (4) muestra que el residual estimado del precio unitario de la renta del recurso refleja, parcialmente, a los SE pero también a otros determinantes adicionales. Por ejemplo, las variables asociadas al clima (temperatura y precipitación), al proceso productivo (maquinaria y equipo), el tipo de producto y factores socioeconómicos como el nivel de educación inciden positivamente en el valor del residual. Ello sugiere que las formas de uso y apropiación de los SE están condicionadas por las características del productor, del proceso de productivo y por tipo de producto. Asimismo, se observa que la distancia de áreas naturales tiene un efecto positivo en el residual que sugiere la presencia del servicio de regulación de la polinización. De este modo, la contribución de los SE estimados corresponde a la contribución bruta y requiere eliminar el servicio de regulación de polinización para identificar la contribución neta. Debe, además, considerarse que los servicios de polinización incluyen mecanismos diferenciados de transmisión distintas para diferentes productos agrícolas.

El conjunto de resultados obtenidos sobre la contribución de los SE, sintetizados en el Cuadro 15, muestran que existe una estrecha interrelación entre los SE y las características y condiciones de la producción agrícola (pequeños o grandes productores o cultivos de irrigación o secano). Ello resulta relevante para construir políticas públicas diferenciadas por grupos socioeconómicos, tipos de productores agrícolas y regiones.

Cuadro 15: Valoración monetaria de la contribución de los servicios de los ecosistemas al producto agrícola y productos seleccionados como porcentaje del PIB y valor por hectárea.

	Producción agrícola		Maíz		Trigo		Frijol		Soya		Sorgo		Arroz	
ESTIMACIÓN AGREGADA (PROMEDIO 1993-2018)	R	RN	R	RN	R	RN	R	RN	R	RN	R	RN	R	RN
Contribución monetaria de los SE (miles de millones de \$ de 2013)	140.72	86.36	20.19	10.83	3.72	2.34	4.23	2.61	0.29	0.15	4.92	2.72	0.43	0.27
Porcentaje en el cultivo (%)	37.78	22.64	30.55	15.41	35.10	19.96	38.51	23.38	27.54	12.41	30.78	15.64	41.00	25.87
Valor por hectárea (\$ de 2013)	6,500	3,982	2,546	1,385	5,072	3,194	2,251	1,412	1,887	907	2,585	1,426	6,976	4,491
Porcentaje en el PIB (%)	0.994	0.594	0.141	0.072	0.026	0.015	0.031	0.018	0.002	0.001	0.035	0.019	0.003	0.002
ESTIMACIÓN CON MICRO-DATOS (ENA 2014)														
Valor por hectárea (\$ de 2013)	8,775		6,521		8,585		4,404		5,198		3,065		12,541	
Irrigación (\$ de 2013)	12,396		10,173		9,253		7,049		4,822		3,718		11,689	
Sin irrigación (\$ de 2013)	4025		1609		2401		3018		5460		2769		16061	
Porcentaje en el cultivo	44		38		45		49		50		44		50	
Porcentaje irrigación	44.48		41.51		44.89		41.33		43.7		40.02		46.56	
Porcentaje sin irrigación	44		33		46		54		54		46		66	
Contribución monetaria de los SE (Miles de millones de \$ de 2013)	185.69		46.04		4.61		10.96		1.34		13.13		0.27	
Porcentaje en el PIB (%)	1.11		0.275		0.028		0.065		0.008		0.078		0.002	

Fuente: Elaboración propia con base en las estimaciones realizadas.

REFERENCIAS

Britton, E., P. Fisher y J. Whitley (1998), The inflation Report Projections: understanding the Fan Chart, Quarterly Bulletin, Bank of England.

Dickey, D.A. y W.A. Fuller (1981), Likelihood ratio statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root, *Econometrica*, 49, 1057-1072.

Haines-Young, R. y M.B. Potschin (2018), Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. Available from www.cices.eu

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

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2014), Encuesta Nacional Agropecuaria.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2013), Fuentes y Metodologías Año base 2013. Sistema de Cuentas Nacionales. México.

Mendelshon, R., W.D. Nordhaus y D. Shaw (1994), The impact of global warming agriculture: A Ricardian Analysis, *The American Economic Review*, vol. 84, No. 4, septiembre, pp. 753-771.

Patterson, K. (2000), *An introduction to Applied Econometrics: A Time Series Approach*, Palgrave MacMillan.

Sistema de Cuentas Nacionales de México de INEGI, varios años.

Turkelboom, F., R. P. Raquez, M. Dufrene, L. Raes, I. Simoens, S. Jacobs, M. Stevens, R. De Vreese, J Panis, M. Hermy, M. Thoonen, I Liekens, C. Fontaine, N. Dendoncker, K. van der Biest, J. Casaer, H. Heyrman, L. Meiresonne y H. Keune (2013), CICES going local: Ecosystem services classification adapted for a highly populated country.

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).

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

Phillips, P.C.B. y P. Perron (1988), Testing for a unit root in Time Series Regression, *Biometrika*, 75, pp. 335-346.

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