

# Externalities of industrial-agricultural production and their impact on sustainability

---

Yesenia Fuerte Velázquez<sup>1\*</sup>

José Alberto Solís Navarrete<sup>2</sup>

Manuel Ricardo Romo de Vivar Mercadillo<sup>1</sup>

Diana Janeth Fuerte Velázquez<sup>3</sup>

## Abstract

Agricultural production offers primary goods to the population, and it has been reconfigured as a higher-productivity industry leading to a series of issues for the environment and society. This study aims to analyze the externalities associated with agricultural production and the impact of these on sustainability. The methodological approach was based on a literature review on environmental externalities generated from intensive agriculture, transcending towards social effects. It was identified that industrial-agricultural production could cause collateral damage in the ecosystem such as water, soil and air pollution, biodiversity loss, and soil erosion, as well as direct and indirect damage to human beings due to diverse and current ways of production, based on the intensive use of inputs in order to increase the agricultural yields. Shadow prices may be an assessment method for these externalities generated by agricultural production, allowing the delimitation of private property and the management of a public policy through government involvement. The above can be an alternative for food security to be used in the long term, assuming the responsibility of the current actions to offer future generations the same environmental conditions.

**Keywords:** Agribusiness policy, shadow prices, environmental economics.

## Externalidades de la producción agrícola industrial y su impacto en la sustentabilidad

## Resumen

La producción agrícola provee de bienes primarios a la población y se ha reconfigurado como una industria de mayor productividad. Lo anterior ha conducido a una serie de problemas al ambiente y a la sociedad. El presente trabajo tiene la finalidad de analizar las externalidades de la producción agrícola y el impacto que estas tienen en la sustentabilidad. El estudio metodológico se basó en una revisión bibliográfica sobre externalidades ambientales que se generan a partir de una agricultura intensiva, trascendiendo hacia efectos sociales. Se identificó que la producción agrícola industrial puede generar daños colaterales en el ecosistema como la contaminación del agua, suelo, aire, pérdida de biodiversidad, erosión del suelo, así como daños directos e indirectos al ser humano por diversas formas actuales

---

<sup>1</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Economía "Vasco de Quiroga", Francisco J. Múgica s/n, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, C. P. 58060, México.

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Antigua carretera a Pátzcuaro núm. 8701, col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta, Morelia, Michoacán, C.P. 58190, México.

<sup>3</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales, ave. Juanito Itzicuaru s/n, Morelia, Michoacán, C. P. 58330. México.

\*Corresponding author: yesenia.fuerte@umich.mx Cel: 434 1076788 ORCID ID: 0000-0002-9362-0238

de producción, basadas en el uso intensivo de insumos con la finalidad de incrementar los rendimientos agrícolas. Los precios sombra pueden ser la opción como método de valoración a estas externalidades generadas por la producción agrícola, permitiendo delimitar la propiedad privada y la gestión de una política pública a través de la participación del gobierno. Esto puede ser una alternativa para que la seguridad alimentaria sea aprovechada en el largo plazo, asumiendo la responsabilidad de las acciones actuales para ofrecer las mismas condiciones ambientales a las generaciones futuras.

**Palabras clave:** Política agroindustrial, precios sombra, economía ambiental.

## Introduction

Agricultural production is an essential economic activity at a regional, national, and global level because it is an essential source of food supply for the survival of human beings and other populations. Two types of production manage this system: a familiar one or of small-scale and another industrial, characterized by monoculture agriculture; among the elements that characterize it, there are: the excessive use of natural resources such as water and soil and the use of chemical substances such as pesticides and fertilizers (Villota Andrade and Orbe Ortiz, 2013).

The agricultural industrialization is developed under the capitalist production system, whose objective is maximizing benefits and increasing involvement in the market by exploiting natural resources and using innovative technology. In the face of exponential population growth, industrial agriculture looks for new forms of supplying food; on the other side, this type of production causes different social, economic and environmental issues (Rohr et al., 2019). In this context, this study is aimed at analyzing the environmental externalities of industrial agricultural production and their impact on sustainability, focusing on the environmental economics, from reflecting on the impacts generated by this sector, seeking to answer the following question: Does industrial-agricultural production generate externalities that impact on sustainability? The analysis was developed from a literature review, considering the studies on the environmental impacts associated to industrial-agricultural, seen from sustainability.

According to Solana Álvarez and Vicario Alonso (2010), it means that these are related to acts of one person or company that affects the spheres of others,

## Introducción

La producción agrícola es una actividad económica de vital importancia a nivel regional, nacional y global, ya que es la fuente básica de abastecimiento de alimentos para la supervivencia del ser humano y otras poblaciones. Este sistema se maneja por dos tipos de producción: una familiar o de pequeña escala y otra industrial, caracterizada por una agricultura de monocultivo, entre los elementos que la caracterizan están: el uso excesivo de recursos naturales como agua y suelo, y el uso de sustancias químicas como plaguicidas y fertilizantes (Villota Andrade y Orbe Ortiz, 2013).

La industrialización agrícola se desarrolla bajo el sistema capitalista de producción, cuyo objetivo es la maximización de beneficios y aumentar la participación en el mercado a través de la explotación de recursos naturales y el uso de tecnologías de punta. Ante la dinámica del crecimiento exponencial de la población, la agricultura industrial busca nuevas formas para abastecer de alimentos, por otro lado, este tipo de producción es causante de diversos problemas sociales, económicos y ambientales (Rohr et al., 2019). En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar las externalidades ambientales de la producción agrícola industrial y su impacto en la sustentabilidad, teniendo como enfoque la economía ambiental, a partir de reflexionar sobre los impactos que genera este sector, buscando dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿La producción agrícola industrial genera externalidades que impactan en la sustentabilidad? El análisis se realizó a partir de una revisión bibliográfica, tomando como referencia los estudios sobre impactos ambientales que se asocian con una agricultura industrial, visto desde la sustentabilidad.

here, there is an imposition of costs on the part of those who develop the actions, but it does not necessarily compensate them, or, on the contrary, benefits for third parties are generated, without receiving compensation in return. The first case is about a negative externality when an affectation decreases welfare or a cost associated with the actions taken towards others, The second case concerns a positive externality that benefits third parties (De la Torre Vargas, 2014).

Currently, industrial-agricultural production can generate different externalities due to the inputs, overexploitation, and pollution of environmental systems, changing the ecological balance when generating difficult-to-be-degraded waste. On the other side, they limit the capacity of the natural resource regeneration times on the planet (Pierri, 2005), directly putting at risk the human health, because this type of agriculture uses necessary amounts of chemical inputs, or on the contrary, the indirect exposition derived from the pollution produced by other means of this agribusiness sector. Therefore, agricultural sustainability is threatened, as well as the economic and social system (Yu and Wu, 2018).

It is necessary to look for alternatives that help minimize the possible negative externalities, both social and environmental because an economy's basis is providing access to natural resources. Efforts have been found by the academy to generate knowledge between different disciplines, such as economics, biology, and sociology, among others, to minimize the adverse social and environmental effects of the various forms of economic production. One of the contributions related to the complementarity of these disciplines it has been the study through theoretical approaches, such as environmental economics and, recently, the ecological economy; in the latter, the relations between natural ecosystems and the economic system have required the support of more disciplines (Ruth and Thampapillai, 2019; Spash, 2020).

### ***The emergence of the industrial agricultural-production***

Agriculture is a historical-social production process; human abilities and knowledge have transformed the physical and biological environment to obtain

Según Solana Álvarez y Vicario Alonso (2010) refiere que las C están asociadas a los actos de una persona o empresa que inciden en la esfera de otros, en ello, hay una imposición de costos por parte de quienes desarrollan la acción, pero, esta no necesariamente las compensa, o, por el contrario, se generan beneficios a terceros, sin recibir retribución a cambio. En el primer caso, se trata de una externalidad negativa al existir una afectación que disminuye el bienestar o un costo asociado por las acciones realizadas hacia otros, el segundo caso se relaciona con una externalidad positiva, al haber beneficio a terceros (De la Torre Vargas, 2014).

En la actualidad, la producción agrícola industrial puede generar distintos tipos de externalidades, debido a los insumos, la sobreexplotación y contaminación de los sistemas ambientales, alterando el equilibrio ecológico al generar residuos difíciles de degradar, por otro lado, limitan la capacidad de los tiempos de regeneración de los recursos naturales en el planeta (Pierri, 2005), poniendo en riesgo la salud del ser humano de manera directa, ya que, este tipo de agricultura hace uso de importantes cantidades de insumos químicos, o por el contrario, la exposición indirecta derivados de la contaminación que se produce por otras vías de este sector agroindustrial. Por lo tanto, se amenaza la sustentabilidad agrícola, así como el sistema económico y social (Yu y Wu, 2018).

Es necesario buscar alternativas que ayuden a minimizar las posibles externalidades negativas tanto sociales, como ambientales, porque la base de una economía es la disposición del acceso a los recursos naturales. Se han encontrado esfuerzos desde la academia, al involucrarse en la generación de conocimientos entre las distintas disciplinas, como la economía, la biología, y la sociología, entre otras, con la finalidad de minimizar los efectos sociales y ambientales negativos que han tenido las diversas formas de producción económica. Uno de los aportes de la complementariedad de estas disciplinas ha sido el estudio a través de enfoques teóricos, tales como la economía ambiental y más recientemente de la economía ecológica; en esta última las relaciones entre los ecosistemas naturales y el sistema económico ha requerido del apoyo de más disciplinas (Ruth y Thampapillai, 2019; Spash, 2020).

food such as fruits, vegetables, and cereals. From antique times, agriculture has been the basis for food for living beings. Its main aim was to obtain primary products for self-consumption (Parra Vázquez et al., 1986). Humans respected the resources they used; in other words, it was a way of coevolving with them, balancing the ecosystem services they offer (Escobar, 2007) between the environment and human beings. This type of production is called familiar or small-scale.

Subsequently, the human-nature agricultural symbiosis moved to second place approximately during the twentieth century (De Noni and Trujillo, 1986), and nowadays, this system is based on the use of natural resources to satisfy, in the first instance, the needs of the society (Parra Vázquez et al., 1986). The above is, throughout the years, the family or small-scale agriculture was no longer just a source of food but became the economic basis of society.

Agriculture has suffered different changes (Huerta Sobalvarro and Martínez Centeno, 2018) that go from agricultural practices to ground rent. In the last case, there is the influence of a sociocultural change (Cotler Avalo et al., 2019) and external forces of the market, public policies, and infrastructure (Vargas Cuevas, 2017).

The agricultural policies through the years have had a precise aim based on increasing field productivity, a form of meeting population growth (United Nations [OUN], 2013), the critical discourse of the countries from the Global North (GN) mainly focused on the less-developed countries, also called the Global South (GS), this according to different theoretic currents of geography from a critical reflection, in the sense that guarantees food for all growing populations to change the productive dynamics for rural populations and small farmers that according to the GN (Horner, 2020), they are vulnerable populations from which any type of poverty must be eradicated (Truman, 1963).

In the fifties, the green revolution emerged, an event that was the *boom* of agricultural production; it caused a more significant development in production based on the use of technological packages (Röling, 2019), which include fertilizers, hybrid seeds, pesticides and, modern technology, among them, machinery such as tractors, motorized equipment, and irrigation systems, together with

### ***El surgimiento de la producción agrícola industrial***

La agricultura es un proceso de producción histórico-social; a partir de las habilidades y conocimientos del ser humano, ha transformado el medio físico y biológico para obtener alimentos como frutas, vegetales y cereales. Desde la antigüedad, la agricultura ha sido la base para la alimentación de los seres vivos, su principal objetivo era el obtener productos primarios para autoconsumo (Parra Vázquez et al., 1986), el hombre mantenía cierto respeto con los recursos que aprovechaba, es decir, era una forma de coevolucionar con ellos, manteniendo en equilibrio los servicios ecosistémicos que estos brindan (Escobar, 2007) entre el medio y el ser humano, a este tipo de producción se le conoce como familiar o de pequeña escala.

Posteriormente, la simbiosis agrícola hombre-naturaleza pasó a segundo término aproximadamente en el siglo XX (De Noni y Trujillo, 1986), y en la actualidad, este sistema tiene sus bases en el aprovechamiento de los recursos naturales para satisfacer en primera instancia las necesidades que demanda la sociedad (Parra Vázquez et al., 1986). Es decir, con el paso de los años, la agricultura familiar o de pequeña escala ya no era únicamente fuente de alimento, sino que pasó a ser la base económica de la sociedad.

La agricultura ha sufrido diversas transformaciones (Huerta Sobalvarro y Martínez Centeno, 2018), que van desde cambios en las prácticas agrícolas, hasta la renta de la tierra, en este último caso se encuentra la influencia de un cambio sociocultural (Cotler Avalo et al., 2019) y de las fuerzas externas del mercado, políticas públicas e infraestructura (Vargas Cuevas, 2017).

Las políticas agrícolas a través del tiempo han tenido un objetivo claro que se basa en aumentar la productividad en el campo, una forma de atender el crecimiento poblacional (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2013), discurso clave de los países del Norte Global enfocados sobre todo, para los países menos desarrollados o también denominados Sur Global, lo anterior de acuerdo con diversas corrientes teóricas de la geografía desde una reflexión crítica, en el sentido de asegurar alimento para toda la población creciente para cambiar la dinámica productiva a las poblaciones

techniques and procedures in order to increase agricultural yields.

In the eighties, a new green revolution emerged based on biotechnology and genetic engineering contributions. Its main aim was to create new species able to adapt to the environment, in other words, improve their phenotypic and genotypic characteristics by manipulating the genome of the plant, combining genes of different species in order to improve the fruit and the mother plant, and as a consequence, obtain a higher quality in agricultural production (Ceccon, 2008).

The technological and scientific innovations of the twentieth century in agricultural production have caused a gradual increase in areas of cultivated lands and production volumes (Huerta Sobalvarro and Martínez Centeno, 2018). According to statistics from the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), agricultural production increased from 5 166.45 billion tons in 1990 to 9 345.88 billion tons in 2020, which means an increase of 45 % in 30 years. Regarding the cultivated area in 1990, 1 151.65 billion hectares were recorded; for 2020, there were 1 442.71 billion hectares, representing an increase of 20 % (Figure 1) (FAO, 2023). These numbers help to understand that modernization and the agricultural revolution have increased agricultural production. At the same time, the area (ha) has been consistent over time (Huerta Sobalvarro and Martínez Centeno, 2018).

In this vein, the continent with higher agricultural production is Asia (49 %), followed by America (28 %), Europe (12 %), Africa (10 %); and Oceania (1 %) from 1990 to 2020 (Figure 2). It is essential to point out that of the 61 primary cultures recorded in the (2023) at the global level, four highlight in terms of production and harvested area in the last 30 years are, which are: sugar cane, corn, rice and wheat. In the case of America, one of the actions that made this sector grow was the entry of industrialization policies and technology transfer (Reyes, 2011).

Within the American continent, Brazil is the leading agricultural producer with 38 % of the total production, the United States are in the second place with 26 %, Argentina ranks third with 6 %, Canada takes fourth place with 5 % and Mexico is in the fifth place with 4 % of the production, within these regions,

rurales y pequeños productores que de acuerdo al Norte Global (Horner, 2020) se trata de poblaciones vulnerables de las que se debe erradicar cualquier tipo de pobreza (Truman, 1963).

En la década de los años cincuenta surge la revolución verde, suceso que fue el *boom* de la producción agrícola; provocó un mayor desarrollo en la producción basada en el uso de paquetes tecnológicos (Röling, 2019), que incluyen fertilizantes, semillas híbridas, plaguicidas y tecnología moderna entre ellos, maquinaria como los tractores, equipo motorizado, y los sistemas de riego, acompañados de técnicas y procedimientos con la finalidad de aumentar los rendimientos agrícolas.

En los años ochenta aparece una nueva revolución verde, basada en aportaciones de la biotecnología y la ingeniería genética. Su principal objetivo es crear nuevas especies capaces de adaptarse al medio, es decir, mejorar sus características fenotípicas y genotípicas a través de la manipulación del genoma de la planta, combinando los genes de distintas especies con el objetivo de perfeccionar el fruto y la planta madre, y como consecuencia, obtener una mayor calidad en la producción agrícola (Ceccon, 2008).

Las innovaciones tecnológicas y científicas del siglo XX en la producción agrícola han ocasionado paulatinamente un aumento en las superficies de tierra cultivadas y los volúmenes de producción (Huerta Sobalvarro y Martínez Centeno, 2018). De acuerdo con las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) la producción agrícola pasó de 5 166.45 mil millones de toneladas en 1990 a 9 345.88 mil millones de toneladas en el año 2020, lo que significa un crecimiento del 45 % en 30 años. Respecto a la superficie cosechada en 1990 se contabilizó 1 151.65 mil millones de hectáreas y para el 2020 se tenía 1 442.71 mil millones de hectáreas, lo que significa un crecimiento del 20 % (Figura 1) (FAO, 2023). Estas cifras ayudan a entender que la modernización y las revoluciones en el campo agrícola han venido generando un aumento en la producción agrícola, mientras que la superficie (ha) se ha mantenido más constante en el tiempo (Huerta Sobalvarro y Martínez Centeno, 2018).

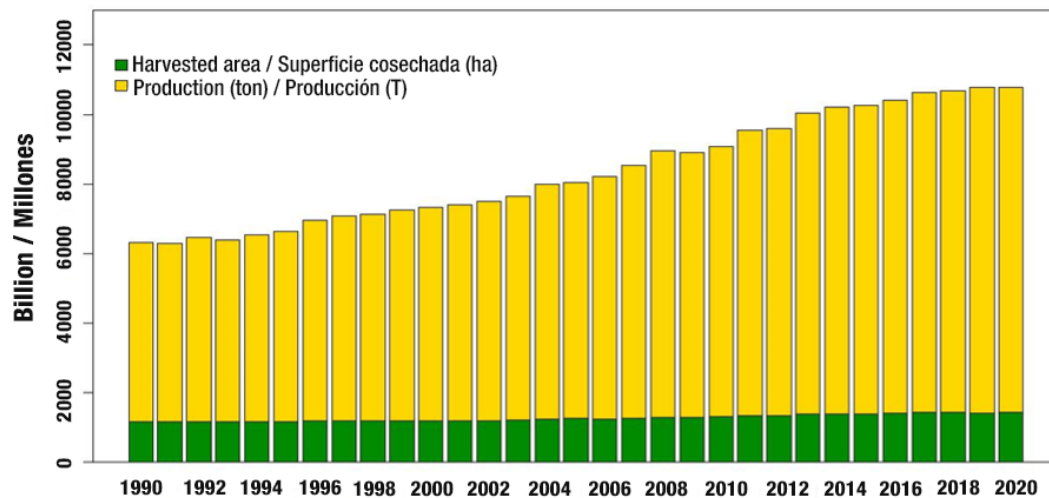


Figure 1. Agricultural production and area harvested with primary cultures at a global level from 1990 to 2020.

Data was obtained from the FAO (2023).

Figura 1. Producción agrícola y superficie cosechada de cultivos primarios a nivel global del periodo de 1990 al 2020. Datos obtenidos de la FAO (2023).

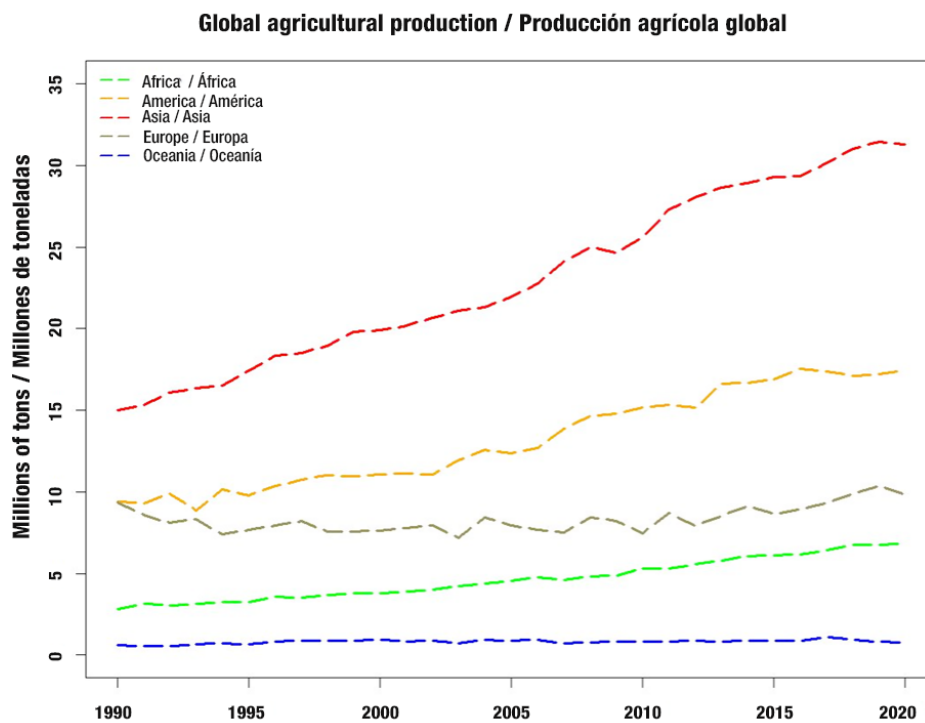


Figure 2. Agricultural production of the primary cultures per continent from 1990 to 2020.

Source: FAO (2023).

Figura 2. Producción agrícola por continente, de los cultivos primarios del periodo de 1990 a 2020.

Fuente: FAO (2023.)



of the 147 primary cultures, the sugar cane, beet, fresh tomato, blackcurrant, pineapple, banana and strawberry production highlights (Figure 3) (FAO, 2023). Regarding the agricultural yield in the central producing countries of America, the average is 11.14 t·ha<sup>-1</sup>. The country with the highest yield is the United States, with 16.69 t·ha<sup>-1</sup> and, the one with the lowest yield per hectare is Paraguay, with 8.71 t·ha<sup>-1</sup>. The yield estimation demonstrates how in America, in under-developed countries such as Paraguay, Brazil and, Mexico, the yield is almost 42 % lower than in the United States.

Although under-developed countries have shown essential results regarding the modernization of primary production and agribusiness since the nineties, these continue to have limitations in increasing their agricultural yields. The costs of implementing modern technology make the difference in developed countries with the capital to invest in this sector (Henson and Cranfield, 2013; Molina and Victorero, 2015).

En este tenor, el continente con mayor producción agrícola es Asia (49 %), seguido de América (28 %), Europa (12 %), África (10 %) y Oceanía (1 %) durante el periodo de 1990 a 2020 (Figura 2). Es importante referir que de los 61 cultivos primarios que se tiene registro en la FAO (2023) a nivel global, cuatro son los que destacan en cuanto a producción y superficie cosechada en los últimos 30 años, los cuales son: caña de azúcar, maíz, arroz y trigo. Tomando el caso de América, una de las medidas que hizo que este sector tuviera un crecimiento, fue la entrada de políticas de industrialización y la transferencia tecnológica (Reyes, 2011).

En el continente americano, Brasil se encuentra como el principal productor agrícola con un 38 % de la producción total, Estados Unidos como el segundo con un 26 %, Argentina se posiciona en el tercer lugar con un 6 %, Canadá ocupa el cuarto lugar con un 5 % y México se va hasta la posición quinta con un 4 % de la producción, en estas regiones de los 147 cultivos primarios destaca la producción de caña de azúcar,

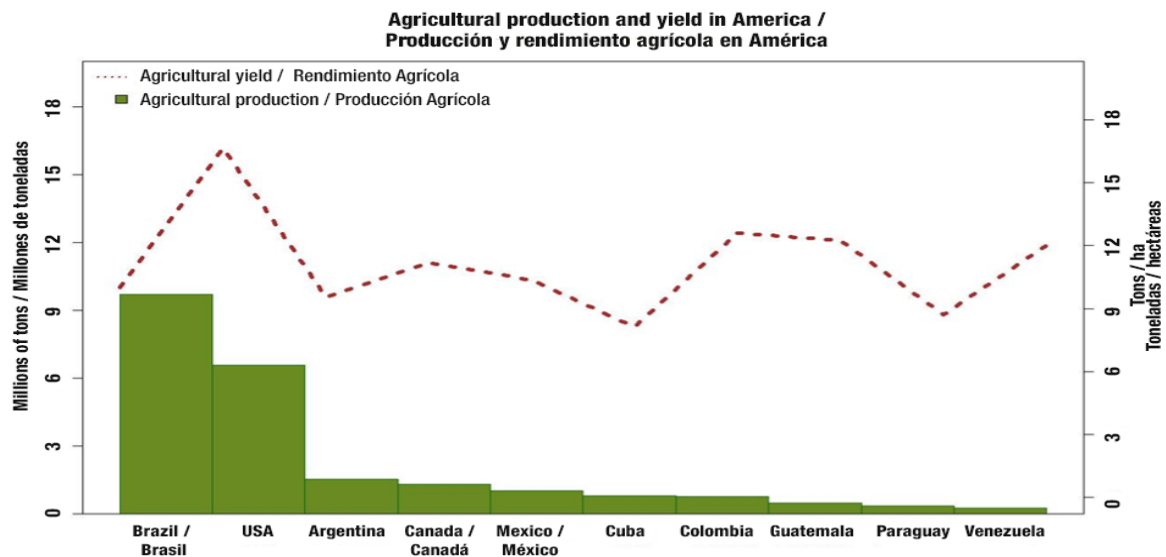


Figure 3. Central producer countries of primary cultures in America from 1990 to 2020. Data from the FAO (2023).

Figura 3. Principales países productores de cultivos primarios en América, del período de 1990 a 2020.

Datos de la FAO (2023).

### ***Externalities of industrial-agricultural production and their impact on sustainability***

*Sustainability* is defined as the satisfaction of current needs without compromising the needs of future generations (Brundtland, 1987) and consists of three spheres: environmental, social and, economic. The term emerged at the end of the eighties in the face of a discussion about the environmental crisis as the result of a holistic view from environmental movements, civil society and the academy, who have criticized the current capitalist economic development model (González Gaudiano and Gutiérrez Garza, 2010; Feola, 2020); the term is established in the book "Our common future" by the United Nations (Pierri, 2005).

Externalities that come from the environmental economics approach (a branch of economic sciences linked to the study of environmental wealth) follow sustainability. The main aim of this approach is to consider the environment and natural resources in economic studies so that through assessment instruments, it would be possible to quantify impacts on society and the environment and, thus, design and implement environmental policies (Kolstad, 2001).

Externalities are direct impacts (prejudice) or benefits made by a person, company or house, to third parties, in which the latest is not directly involved in transaction fees (Helbling, 2010). Therefore, generally, an externality is not aligned with the Pareto optimality because benefits will be only reflected in the private market and do not consider the social effects of economic activities, harming for better or worse the welfare of third parties (Vázquez Manzanares, 2014). As a result, society internalizes these (Benegas-Lynch, 1998). They are associated with the characteristics of goods and services, such as exclusivity, rivalry (or lack thereof), and saturability (Enriquez Andrade, 2008, p. 116). They are part of the market failures (Stigler, 1971; Furton and Martin, 2019), which strengthens the intensity of anthropogenic activities. Currently, agricultural production is part of an economic system that produces *commodities*, so named because they are primary goods produced to be marketed and add some value (Sztulwark and Girard, 2022). The processes of this sector generate wastes or residues for the environment, which are not assimilated by the natural environment. It requires

remolacha, tomate fresco, grosella, piña, banana y fresa (Figura 3) (FAO, 2023). Respecto al rendimiento agrícola en los principales países productores de América, el promedio en este aspecto es de 11.14 t·ha<sup>-1</sup>, y el país de mayor rendimiento es Estados Unidos con 16.69 t·ha<sup>-1</sup> y el que tiene un menor rendimiento por hectárea es Paraguay con 8.71 t·ha<sup>-1</sup>. La estimación de los rendimientos evidencia cómo en América en los países subdesarrollados como Paraguay, Brasil, México el rendimiento es casi un 42 % menor que en Estados Unidos.

Si bien los países subdesarrollados, desde la década de los años 90 han mostrado resultados importantes en cuanto a la modernización de la producción primaria y la agroindustria, estos aún siguen teniendo limitaciones para aumentar sus rendimientos agrícolas y es que, los costos por implementar tecnología moderna hacen la diferencia en países desarrollados donde tienen el capital para poder invertir en este sector (Henson y Cranfield, 2013; Molina y Victorero, 2015).

### ***Externalidades de la producción agrícola industrial y su impacto en la sustentabilidad***

La sustentabilidad es definida como la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones (Brundtland, 1987) y se compone de tres esferas: ambiental, social y económica. El término surge a finales de los años ochenta ante la discusión de la crisis ambiental, como el resultado de una visión holística a partir de los movimientos ambientalistas, la sociedad civil y la academia, quienes han criticado el modelo de desarrollo económico capitalista actual (González Gaudiano y Gutiérrez Garza, 2010; Feola, 2020); quedando asentado el término en el libro "Nuestro futuro común" por la Organización de las Naciones Unidas (Pierri, 2005).

Desde la sustentabilidad se desprenden las externalidades que provienen del enfoque de la economía ambiental, la cual es una rama de las ciencias económicas que se vincula con el estudio de la riqueza medioambiental. El objetivo central de este enfoque es considerar el ambiente y los recursos naturales en los estudios económicos, de tal forma que mediante instrumentos de valoración se pueda cuantificar las afectaciones a la sociedad y el medio



excessive use of natural resources by affecting their regeneration cycles, as it can be seen in Figure 4. As a result, agricultural production is linked to the linear production economic model.

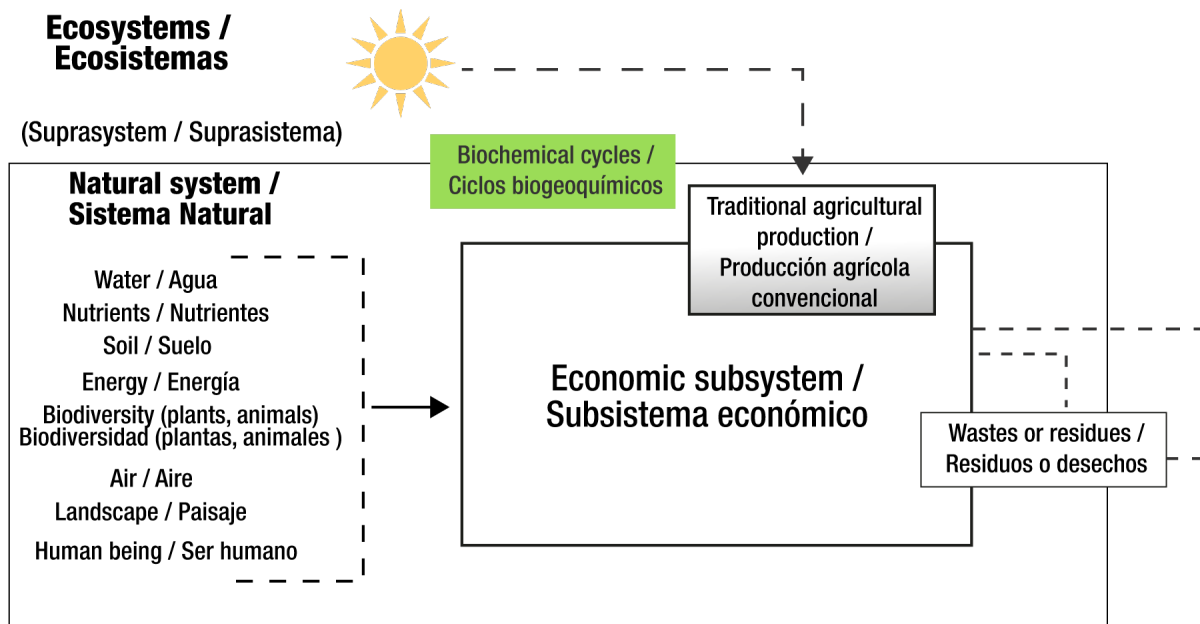
The industrial-agricultural sector works as an open, dynamic, and complex system; it needs several sources of income to operate, as shown in Figure 5. The first *inputs* come from natural resources: solar energy, water, and soil, which are the primary basis for the operation of agribusiness. In addition to the above, this sector incorporates external *inputs* such as fertilizers, biocides and, pesticides, in some cases, improved seeds or plants for sowing (Parra Vázquez et al., 1986), machinery that helps with tillage and equipment used in fumigation, applications and fertilization, supported by petroleum products (Fundación Rosa Luxemburg, s/f. quoted in Shkiliova et al., 2014).

Other elements contributing to agricultural development are the scientific information or knowledge and knowledge of peasants, also considering human workforce and finance capital. Finally, *outputs* are the produced agricultural goods (Sassone and Camacho, 2005) such as fruits, vegetables, cereals, pasture, and others.

ambiente, y, por lo tanto, diseñar e implementar políticas ambientales (Kolstad, 2001).

Las externalidades son la afectación (perjuicio) o beneficio que hace una persona, empresa u hogar de forma indirecta a terceros, en el que, estos últimos no participan en los costes de transacción de manera directa (Helbling, 2010), por lo tanto, una externalidad generalmente no se alinea con el óptimo de Pareto porque los beneficios estarán reflejados únicamente en el mercado privado y no contempla los efectos sociales de las actividades económicas, perjudicando para bien o para mal el bienestar de terceras personas (Vázquez Manzanares, 2014), en consecuencia, son internalizadas por la sociedad (Benegas-Lynch, 1998). Se asocian con las características de los bienes y servicios, como la exclusividad, la rivalidad (o ausencia de ella) y la saturabilidad (Enriquez Andrade, 2008, p. 116). Son parte de los fallos del mercado (Stigler, 1971; Furton y Martin, 2019), los cuales se han potenciado debido a la intensidad de las actividades antropogénicas.

En la actualidad, la producción agrícola forma parte de un sistema económico que produce *commodities*, denominado así porque son bienes

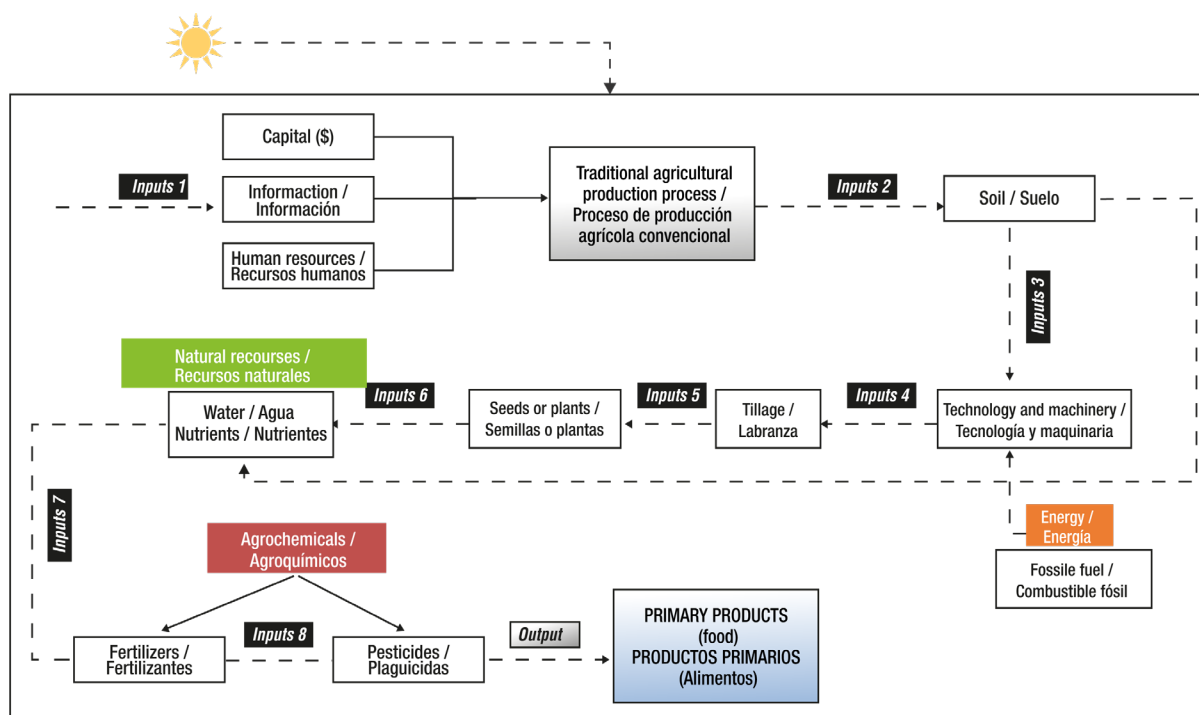


**Figure 4. Interaction between the natural environment and agricultural production.**

Source: Own elaboration from information of Cerón Hernández et al. (2019).

**Figura 4. Interacción entre el medio natural y la producción agrícola.**

Fuente: Elaboración propia con información de Cerón Hernández et al. (2019)



**Figure 5. Industrial-agricultural production process**

**Source:** Own elaboration from information of Sassone and Camacho (2005), Parra Vázquez et al. (1986), and (Rosalux 2013 quoted in Shkiliova et al., 2014).

**Figura 5. Proceso de producción agrícola industrial**

**Fuente:** Elaboración propia con información de Sassone y Camacho (2005), Parra Vázquez et al. (1986) y (Rosalux 2013 citado en Shkiliova et al., 2014).

In the agricultural production system, the following externalities are identified: those positively related to the food supply for the population and job creation, both direct and indirect, and consequently, the increased quality of life of families for those who surround agricultural production. Agriculture is multifunctional in general because, in addition to supplying food, it helps to maintain biodiversity, safeguard cultural processes, fully preserve the landscape (Ramírez-Sánchez et al., 2016) with its traditional crops and helps to sustain the vitality of rural areas (Gómez-Limón et al., 2008).

Negative externalities from the environmental perspective and taking as a basis the systematic and critical review of this study were identified (Figure 6): overexploitation of natural resources, where one of the most affected resources is water because it is considered that about 70 % of the water available for human use, is aimed at agriculture and this situation is expected to increase (Huerta

primarios producidos con el fin de comercializarlos y agregar algún tipo de valor (Sztulwark y Girard, 2022). Los procesos en este sector generan residuos o desechos al ambiente, que no son del todo asimilados por el medio natural, requiere de un uso excesivo de recursos naturales y afectando sus ciclos de regeneración, tal como se observa en la Figura 4. En consecuencia, la producción agrícola se vincula al modelo económico de producción lineal.

El sector agrícola industrial funciona como un sistema abierto, dinámico y complejo, requiere de varias fuentes de entradas para su funcionamiento las cuales se muestran en la Figura 5. Los primeros *inputs* son aquellos que provienen de los recursos naturales: energía solar, agua y suelo, son la base principal para el funcionamiento de la agroindustria. Aunado a los anteriores, este sector incorpora *inputs* externos como: fertilizantes, biocidas y plaguicidas, en algunos casos semillas mejoradas o plantas para la siembra (Parra Vázquez et al., 1986), maquinaria

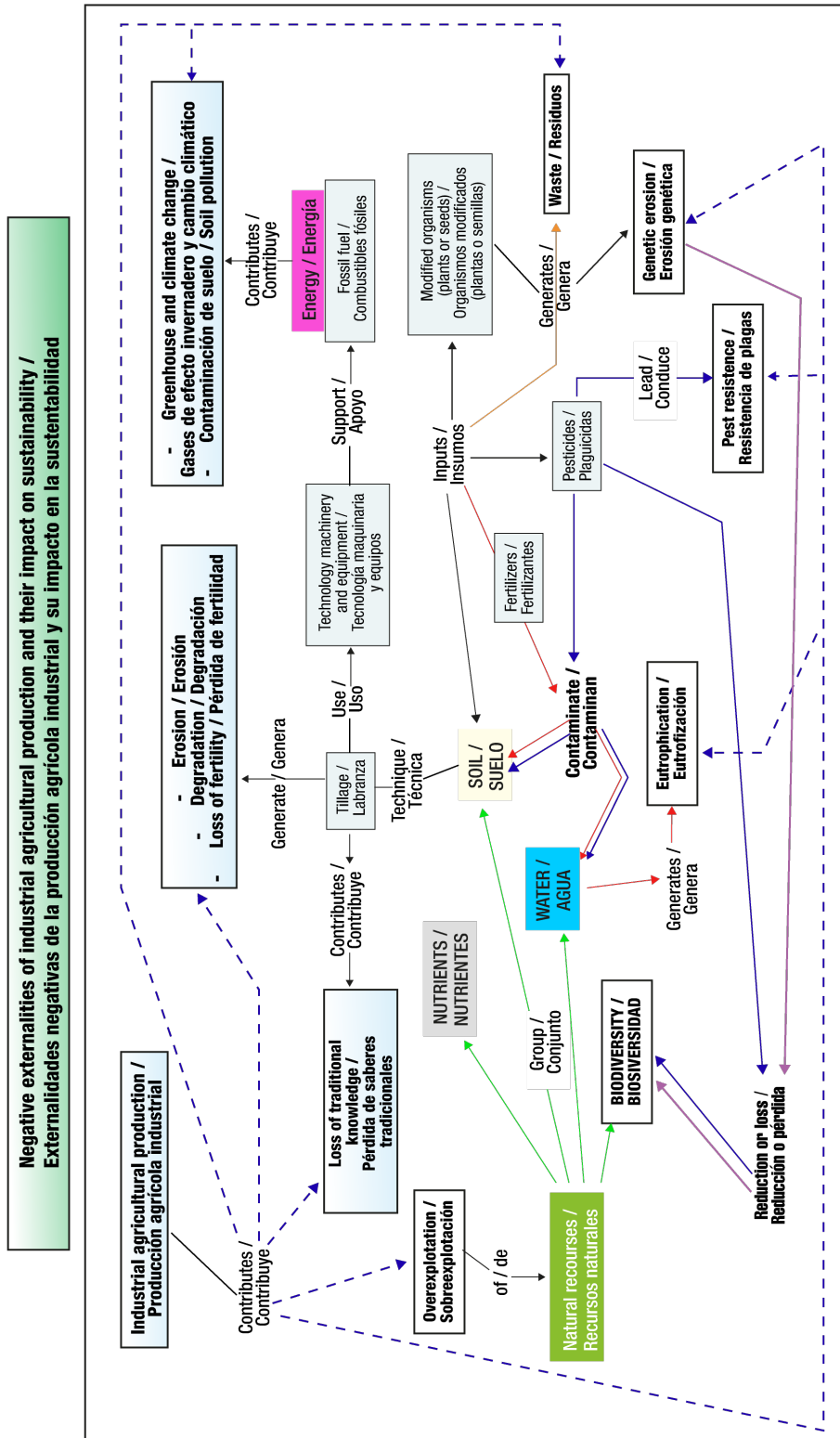


Figure 6. Negative environmental externalities of an industrial-agricultural production process.

Source: Own elaboration.

Figura 6. Externalidades ambientales negativas de un proceso de producción agrícola industrial.

Fuente: Elaboración propia.

Sobalvarro and Martínez Centeno, 2018; Banco Mundial, 2022).

The second issue is soil degradation and erosion due to the intensive use of machinery for tillage (Gliessman, 1998 quoted in Ceccon, 2008), as well as monoculture plantations, which impact negatively on the biodiversity of the ecosystem since managing a single crop species causes its fertility to decrease and, therefore, the symbiotic form that exists between the soil and the species (Silvetti, 2011; Altieri, 1999 quoted in Caldas Mejía, 2013).

A third externality is a genetic erosion related to the monoculture adoption and introduction of genetically modified organisms, which make ecosystems vulnerable, threatening food security of different living beings because it is easier for crops to be susceptible to physical, chemical, and biological damage, in addition to competing for biodiversity that coevolves with native species (Guerrero, 2004). The above has caused the disappearance of more than 70% of agrobiodiversity worldwide, being that this is the one that supports the production of small farmers (FAO, 2009 quoted in Holt-Giménez and Altieri, 2013). Apart from the preceding, traditional crops are food that contributes to a balanced diet and sustainable use of natural resources. For this it represents an opportunity to boost the local economy, especially when combined with specific policies focused on the social protection and welfare of communities (Cotler Avalos et al., 2019, p. 63).

A fourth effect is the loss of traditional knowledge, an essential form of maintaining the human-nature relation. From antique times, human beings have been guided through what the natural environment provides. An example is the sowing through the agricultural calendar, and hydrological cycles are part of it. Rotation or polycultures were another form of giving nutrients to the soil, which causes a symbiotic relationship between species. Thus, these are forms of fully exploited natural resources. These ancestral practices make agricultural production develop sustainably. Also, it is part of a cultural cosmovision in different parts of the world. However, the new acculturation process in agricultural fields (Cruz Hernández et al., 2020) has resulted in a strong dependence on the use of modern technology

que ayuda con la labranza del suelo y equipo que se emplea para la fumigación, aplicaciones y fertilización, soportados por los derivados del petróleo (Fundación Rosa Luxemburg, s/f. citado en Shkiliova et al., 2014).

Algunos otros elementos que contribuyen en el desarrollo agrícola son la información o conocimiento científico y los saberes de los agricultores, sin dejar de mencionar la fuerza de trabajo humana y capital financiero. Finalmente, los *outputs* son los bienes agrícolas producidos (Sassone y Camacho, 2005) como frutas, hortalizas, cereales, pastura, etc.

En el sistema de producción agrícola se identifican las siguientes externalidades: Las positivas están relacionadas con la provisión de alimentos a la población y la generación de empleos, tanto directos como indirectos, y, por consiguiente, el incremento en la calidad de vida de la familia para quienes se circundan la producción agrícola. La agricultura en general es multifuncional porque, además, proveer alimentos, ayuda a mantener la biodiversidad, a salvaguardar los procesos culturales, conservar integralmente el paisaje (Ramírez-Sánchez et al., 2016) con sus cultivos tradicionales y ayuda a sostener la vitalidad de los espacios rurales (Gómez-Limón et al., 2008).

Las externalidades negativas desde la perspectiva ambiental y tomando como base la revisión sistemática y crítica del presente estudio, se identificaron las siguientes (Figura 6): sobreexplotación de los recursos naturales, donde uno de los recursos más afectados es el agua y es que se considera que alrededor del 70 % del agua disponible para uso humano se usa para la agricultura y se prevé que esta situación aumente (Huerta Sobalvarro y Martínez Centeno, 2018; Banco Mundial, 2022).

Un segundo problema es la degradación y erosión del suelo por el uso intensivo de la maquinaria para la labranza de este (Gliessman, 1998 citado en Ceccon, 2008), así como las plantaciones en monocultivo, las cuales impactan negativamente en la biodiversidad del ecosistema, ya que al manejar una sola especie de cultivo provoca que disminuya su fertilidad y, por lo tanto, la forma simbiótica que existe entre suelo y las especies (Silvetti, 2011; Altieri, 1999 citados en Caldas Mejía, 2013).

Una tercera externalidad es la erosión genética relacionada con la adopción del monocultivo y

and inputs (Saldaña Duarte and Cota Yáñez, 2022), training with modern agriculture techniques and field subsidies that have been implemented thanks to the modernization public policy (Martínez-López et al., 2019); which weaken and threaten natural systems including human being together with the food supply both in quantity and quality.

Another collateral problem attributed to the industrial-agriculture is the environmental pollution caused by the primary use of agrochemicals. The use of inorganic nitrogen fertilizers increases carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations in the atmosphere when used intensively, which contributes to the increase of greenhouse gases (Zeng et al., 2014) and climate change (Rashmi et al., 2020). Agrochemicals generate, on one side, eutrophication of waterbodies (Withers et al., 2014), the water resource pollution by pesticides in both surface and groundwater, which has an impact on the poisoning of living species, including humans, since pesticide residues accumulate in the body through the trophic chain, process that is called bioaccumulation, until reaching the final recipient, which is the human being, this last process is known as biomagnification (Li, 2020), causing a loss of the native flora and fauna from different regions.

According to Mateo-Sagasta et al. (2018), developing countries consume 25 % of agricultural pesticides globally, and 99 % of deaths within the agricultural sector in these countries are attributed to the consumption of pesticides used in production; this is related to resistance and increase of pests (Huerta Sobalvarro and Martínez Centeno, 2018)

In the same vein as the effects of industrialized agriculture, there is the generation of plastic wastes that has increased with the protected agriculture development; this type of residue often are burnt in the open air, buried, or thrown into waterbodies, in the case of the first practice, these release high carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations, causing respiratory problems, in addition, the release of heavy metals into the environment, in the second and third cases, waterbodies and fauna pollution is generated directly or by leaching (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA], 2021).

la introducción de los organismos genéticamente modificados, los cuales vuelven a los ecosistemas vulnerables, amenazando la seguridad alimentaria de los distintos seres vivos debido a que es más fácil que los cultivos sean susceptibles a sufrir daños tanto físicos, químicos y biológicos, además, de que compiten por la biodiversidad que coevoluciona con las especies nativas (Guerrero, 2004). Esto ha llevado a la desaparición de más del 70 % de la agrobiodiversidad a nivel mundial, siendo que esta es la que soporta la producción de los pequeños productores (FAO, 2009 citado en Holt-Giménez y Altieri, 2013). Aunado a lo anterior, los cultivos tradicionales son los alimentos que contribuyen a una dieta equilibrada y al uso sostenible de los recursos naturales, por lo que representa una oportunidad para dinamizar las economías locales, especialmente cuando se combina con políticas específicas destinadas a la protección social y al bienestar de las comunidades (Cotler Avalos et al., 2019, p. 63).

Un cuarto efecto es la pérdida de saberes tradicionales; es una forma importante para mantener la relación entre hombre-naturaleza, desde la antigüedad el ser humano se ha guiado a través de lo que provee el medio natural, un ejemplo es la siembra mediante el calendario agrícola y, los ciclos hidrológicos son parte de ello. La rotación o los policultivos era otra manera de aportar nutrientes al suelo, lo que hace que guarden una relación simbiótica entre las especies, por lo tanto, son formas de aprovechar los recursos naturales al máximo. Estas prácticas ancestrales hacen que la producción agrícola se desarrolle sustentablemente. Además, forma parte de toda una cosmovisión cultural en las diferentes partes del mundo, sin embargo, el nuevo proceso de aculturación en los campos agrícolas (Cruz Hernández et al., 2020) ha dado como resultado una fuerte dependencia en el empleo de tecnología e insumos modernos (Saldaña Duarte y Cota Yáñez, 2022), capacitación con técnicas de una agricultura moderna y los subsidios al campo que se han implementado gracias a la política pública de la modernización (Martínez-López et al., 2019); lo que debilita y amenaza los sistemas naturales incluido el ser humano, en conjunto con la provisión de alimentos tanto en cantidad como en calidad.

In addition to the externalities mentioned above, agribusiness also generates inequity because wealth is not fairly distributed. While only a few benefits from the profits, others have to pay the socioenvironmental costs of the production process. Consequently, the current forms of industrial-agricultural production negatively impacted sustainability. In other words, they are attentive to the availability of natural resources, enjoy the ecosystem services offered by nature, and, in addition, to enjoy adequate social welfare.

### ***Shadow prices in the assessment of externalities of agricultural production***

This study allows us to analyze externalities from the environmental economics approach, mostly negative externalities of the current agricultural production, to propose alternatives to respect the planet's carrying capacity. To contribute to the preservation of the natural stock is a form to assure the continuity of this economic sector at local, regional, and global levels, as well as to guarantee supply in the production and distribution of food for the entire population.

From this reflection and analysis, we propose an option to assess the social and environmental costs of agricultural production through the assessment methods of environmental assets, such as the case of assessment through shadow prices (Bhattacharyya et al., 2019). The shadow price reflects the social value and the relative importance between several types of capital (Sato et al., 2015, p. 2). It is a method for those that do not have value within the market, or the service offered is not considered in a simple perception as in the case of ecosystem services. Thus, water, nutrients, solar energy, soil, and natural resources are not counted within productive processes because they are implicit in agricultural development.

This type of assessment instrument allows to determine of impacts generated by this type of sector and, thus, proposes public policies within the agribusiness sector aimed at decreasing these negative externalities through incentives or fines, in the case of compliance or noncompliance, respectively in the generation of rules and regulations related to food production. The proposal considers the use of shadow prices as a method to internalize

Otras problemáticas colaterales que se le atribuyen a la agricultura industrial, es la contaminación del ambiente por el uso principalmente de los agroquímicos. El empleo de fertilizantes inorgánicos nitrogenados aumenta las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera cuando estos son usados de manera intensiva, lo que contribuye al incremento en los gases de efecto invernadero (Zeng et al., 2014) y el cambio climático (Rashmi et al., 2020). Los agroquímicos generan, por un lado, la eutrofización de cuerpos de agua (Withers et al., 2014), la contaminación del recurso hídrico por agrotóxicos en aguas tanto superficiales como subterráneas, lo cual impacta en la intoxicación de las especies vivas incluido el ser humano, ya que, los residuos de los plaguicidas se van acumulando en el organismo a través de la cadena trófica, proceso que se denomina bioacumulación, hasta llegar al receptor final, que es el ser humano, este último proceso se le conoce como biomagnificación (Li, 2020), provocando una pérdida de la flora y la fauna nativa de las distintas regiones.

Según Mateo-Sagasta et al. (2018), los países en desarrollo consumen el 25 % de los plaguicidas agrícolas a nivel mundial, y el 99 % de las muertes en el sector agrícola en estos países se le atribuye al consumo de plaguicidas usados para la producción. Lo que se relaciona con la resistencia y aumento de las plagas (Huerta Sobalvarro y Martínez Centeno, 2018).

Siguiendo la misma línea sobre los efectos en la agricultura industrializada, se encuentran la generación de residuos plásticos, que han aumentado con el desarrollo de la agricultura protegida; este tipo de residuos son quemados muchas veces a cielo abierto, se entierran o son tirados en los cuerpos de agua, en el caso de la primera práctica estos liberan altas concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), provocando problemas respiratorios, además, de la liberación de metales pesados al ambiente, en el segundo y tercer caso, se genera contaminación de los cuerpos de agua y la fauna, ya sea de manera directa o por lixiviación (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA], 2021).

Además de las externalidades mencionadas, la agroindustria genera también inequidad, ya que



externalities generated, this through legal systems and the design and implementation of public policies, also relying on the use of direct internalization methods that correct market inefficiencies both in the allocation of resources and profit through the application of taxes and subsidies (Schneider, 2022). In this way, the proposal consists in:

1. Generate compensatory legal systems to establish transversal actions between different dependencies such as the Secretaría de Desarrollo Rural, Secretaría de Salud, Secretaría de Medio Ambiente and the Instituto Nacional de Estadística y Geografía, as well as its homologs at the state level.
2. Construction of observatories that allow to generate geostatistical information that includes health indicators, pollution, use of soil, agricultural production and use of pesticides, within the regions with this activity.
3. Generate a georeferenced health registry with the place of origin and economic activity.
4. Identify cases and diseases that impact health, whose cause could be the use of pesticides in people from agricultural regions.
5. Monitor pollution indicators and soil degradation by the use of pesticides, identifying their affectations on economic activities, remodeling costs, and presence in drinking water, such as nitrate pollution (Folkens et al., 2020).
6. Based on points 4 and 5, estimate the budget aimed at and exercised by the government to deal with the identified issues.
7. Generate and apply environmental taxes at medium and long term for using pesticides that seek to compensate the resources exercised according to the last point.
8. Generate incentives and implement more environmentally friendly techniques such as the ecological agriculture known as agroecology, which is a form of production based on minimizing the use of chemical substances and using integrated pest management, as well as improving soil conservation practices.

Shadow prices supported by direct internalization of externalities methods could be an affordable response, particularly for territories of countries from the global South, where the economic concentration

la riqueza no se distribuye de manera justa, mientras solo unos cuantos se benefician de las ganancias, otros tienen que pagar los costos socioambientales de los procesos de la producción. En consecuencia, las actuales formas de producción agrícola industrial están impactando negativamente en la sustentabilidad, es decir, está atenta contra la disponibilidad de los recursos naturales, de gozar de los servicios ecosistémicos que ofrece la naturaleza, y, además, de gozar de un adecuado bienestar social.

### ***Los precios sombra en la valoración de externalidades de la producción agrícola***

La presente investigación permite analizar desde el enfoque de la economía ambiental a las externalidades, sobre todo negativas, de los procesos de producción agrícola actuales, con la finalidad de proponer alternativas para respetar la capacidad de carga del planeta. Contribuir a preservar el *stock* natural, es una forma de asegurar la continuidad de este sector económico a nivel local, regional y global, así como garantizar el abasto en la producción y distribución de alimentos para toda la población.

A partir de esta reflexión y el análisis, proponemos una opción para evaluar los costos sociales y ambientales de la producción agrícola, que es, a través de los métodos de valoración de los activos ambientales, tal es el caso de la valoración mediante los precios sombra (Bhattacharyya et al., 2019). El precio sombra refleja el valor social y la importancia relativa entre varios tipos de capital (Sato et al., 2015, p. 2). Es un método para aquello que no tiene valor en el mercado o que simplemente no se considera el servicio que ofrece en una simple percepción como en el caso de los servicios ecosistémicos. El agua, los nutrientes, la energía solar y el suelo; recursos naturales que no son contabilizados en los procesos productivos porque van implícitos en el desarrollo agrícola.

Este tipo de instrumentos de evaluación permiten determinar los impactos generados por este sector y con ello, proponer políticas públicas en el sector agroindustrial dirigidas a disminuir esas externalidades negativas a través de incentivos o multas, en caso de cumplimiento o incumplimiento, respectivamente en la generación de normas reglamentaciones,

is limited because the continuity of modern practices is hindered by a series of environmental and economic problems; in this way, the peasant can move towards this production model, having healthier food and yields and, mainly, preserve the environment and welfare.

## Conclusions

The current form of industrial-agricultural production tends to generate social and environmental repercussions, including alterations in the ecosystem, such as water, air, soil, and biodiversity, enhancing the risks of ecological imbalance and, consequently, adverse effects on human health. Most of these natural resources and ecosystem services are public goods. Consequently, their respective attention to their care and protection is minimal. Some of their effects are imperceptible for human beings, so their recovery becomes complex but necessary.

The agricultural sector has been modernized, achieving a higher efficiency producing more food to supply the current demand. However, it is urgent to propose measures to become more efficient in the use of the current natural resources, from agricultural techniques or practices, until respecting the biophysical limits of the ecosystems so that they can be maintained over time both in quantity and quality.

In this way, it is necessary to design and implement public policies in the agricultural sector that include transformation in the forms of using natural resources, as well as the use of inputs and intensive machinery. Also, it is necessary to transition towards renewed, integral, multidisciplinary, and sustainable agricultural policies, considering compensatory institutional frameworks, which will help maintain food supply and quantification of externalities towards the search for a balance with an adequate environment for the coexistence between human beings and their environment.

Finally, this analysis allows understanding that from the environmental economics, it is possible to assess externalities of the agricultural sector through shadow prices and direct methods of internalization, with the objective that this tool can contribute to internalizing the costs of the decisions that a

relacionadas con la producción de alimentos. La propuesta considera la utilización de precios sombra como método para internalizar las externalidades generadas, ello a través de ordenamientos jurídicos y el diseño e implementación de políticas públicas, apoyándose también en la utilización métodos directos internalización que corrijan las ineficiencias de mercado tanto en la asignación de recursos y la utilidad mediante la aplicación impuestos y subsidios (Schneider, 2022). Así, la propuesta consiste en:

1. Generar ordenamientos jurídicos compensatorios para establecer acciones transversales entre diferentes dependencias, como la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, la Secretaría de Salud, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, así como sus homólogos a nivel estatal.
2. Construcción de observatorios que permitan generar información geoestadística que incorpore indicadores de salud, contaminación, uso de suelo, producción agrícola y uso de plaguicidas, en las regiones con esta actividad.
3. Generar un padrón de salud georreferenciado, con lugar de procedencia y actividad económica.
4. Identificar casos y enfermedades de afectación a la salud, cuya causa pueda ser el uso de plaguicidas en personas provenientes de las regiones agrícolas.
5. Monitorear indicadores de contaminación y degradación del suelo por el uso de plaguicidas, identificando sus afectaciones tanto en las actividades económicas, los costos por remediación y la presencia en el agua potable como la contaminación por nitratos (Folkens et al., 2020).
6. Con base en los puntos 4 y 5, estimar el presupuesto destinado y ejercido por el gobierno para la atención de las problemáticas identificadas.
7. Generar y aplicar en el mediano y largo plazo impuestos ambientales por el uso de plaguicidas que busquen compensar los recursos ejercidos de acuerdo con el punto anterior.
8. Generar incentivos e implementar técnicas más amigables con el medio ambiente como agricultura ecológica o conocida como la agroecología, la cual

company or society can cause to third parties and, in this way, maintain both the ecological balance and the health of the human population and the economic system.

*End of English version*

## References / Referencias

- Banco Mundial. (2022). *El agua en la agricultura*. Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>
- Benegas-Lynch, A. (1998). *Vista de Bienes públicos, externalidades y los free-riders: el argumento reconsiderado* [Acta académica]. <http://revista.uaca.ac.cr/index.php/actas/article/view/515/535>
- Bhattacharyya, A., Kutlu, L., y Sickles, R. C. (2019). Palgrave Handbook of Economic Performance Analysis. In T. t. Raa & B. Greene (Eds.), *Pricing Inputs and Outputs: Market Prices Versus Shadow Prices, Market Power, and Welfare Analysis* (pp. 1-55).
- Brundtland, G. (1987). El desarrollo sostenible. *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Asamblea General de las Naciones Unidas*. Recuperado de: <https://desarrollosostenible.wordpress.com/2006/09/27/informe-brundtland>
- Caldas Mejía, F. R. (2013). *Entre la agricultura convencional y la agroecología, el caso de las prácticas de manejo en los sistemas de producción campesina en el municipio de Silvania* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana].
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias*, 1(91), 21-29.
- CEDRSSA. (2021). *Residuos plásticos en la agricultura, caso de México*. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/92Residuos%20pl%C3%A1sticos%20en%20la%20agricultura,%20caso%20M%C3%A9xico.pdf>
- Cerón Hernández, V. A., Fernández Vargas, G., Figueroa, A., y Restrepo, I. (2019). El enfoque de sistemas socioecológicos en las ciencias ambientales. *Investigación y Desarrollo*, 27(2), 805-109.
- Cotler Avalo, H., Robles Berlanga, H., Lazos Chavero, E., y Etchevers, J. (2019). Agricultura, alimentación y suelos. In L. Merino Pérez (Ed.), *Crisis ambiental en México: ruta para el cambio* (1a ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.

es una forma de producción basada en minimizar el uso de sustancias químicas, y emplear el manejo integrado de plaga, así como mejorar las prácticas de conservación de suelo.

Los precios sombra, apoyada de métodos directos de internalización de externalidades, pueden ser una respuesta asequible, en especial para los territorios sobre todo, de países del Sur Global, en donde, la concentración económica es limitada, debido a que se dificulta la continuidad de las prácticas modernas al existir una serie de problemas ambientales y económicos; es así que el agricultor puede transitar hacia este modelo de producción, teniendo rendimientos y alimentos más saludables y, sobre todo, preservar el medio ambiente y el bienestar.

## Conclusiones

La actual forma de producción agrícola industrial tiende a generar repercusiones sociales y ambientales, entre las que se encuentran: alteraciones en el ecosistema como el agua, aire, suelo y biodiversidad, potenciando los riesgos de desequilibrio ecológico y por consiguiente efectos negativos en la salud del ser humano. La mayoría de estos recursos naturales y servicios ecosistémicos son bienes públicos, por lo que, su respectiva atención sobre su cuidado y protección es mínima. Algunos de sus efectos, son imperceptibles para el ser humano, por lo que su valorización se vuelve compleja, pero necesaria.

El sector agrícola se ha modernizado, logrando una mayor eficiencia, lo que ha repercutido en una mayor cantidad de alimento para abastecer la demanda actual. Sin embargo, es urgente proponer medidas para hacer más eficiente el uso de los recursos naturales actuales, desde las técnicas o prácticas agrícolas, hasta respetar los límites biofísicos de los ecosistemas para que puedan mantenerse en el tiempo tanto en cantidad como en calidad.

Así que, es necesario diseñar e implementar políticas públicas en el sector agrícola que incluyan la transformación en las formas de utilizar los recursos naturales, así como el empleo de insumos y maquinaria intensiva, también se requiere de una transición hacia políticas agrícolas renovadas, integrales, multidisciplinarias y sostenibles, considerando marcos institucionales compensatorios, lo que ayudará a mantener la provisión de alimentos, la cuantificación

Cruz Hernández, S., Torres Carral, G. A., Cruz León, A., Salcedo Baca, I., y Victorino Ramírez, L. (2020). Saberes tradicionales locales y el cambio climático global. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(8).

De la Torre Vargas, D. (2014). Fallos del mercado y regulación económica en los servicios públicos domiciliarios. Aproximaciones a una disciplina poco entendida por los juristas. *Revista Digital de Derecho Administrativo*, (12), 45-62.

De Noni, G., y Trujillo, G. (1986). *La erosión actual y potencial del Ecuador: localización, manifestaciones y causas* [Documento de investigación].

Enríquez Andrade, R. R. (2008). *Introducción al análisis económico de los recursos naturales y del ambiente*. Universidad Autónoma de Baja California.

Escobar, A. (2007). *La invención del Tercer Mundo: Construcción y deconstrucción del desarrollo* (1a ed.).

FAO. (2023, marzo 24). *Cultivos y productos de ganadería*. FAOSTAT statistical database. Retrieved June 23, 2023, from <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

Feola, G. (2020). Capitalism in sustainability transitions research: Time for a critical turn? *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 35, 241-250. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.02.005>

Folkens, L., Wiedemer, V., y Schneider, P. (2020). Monetary Valuation and Internalization of Externalities in German Agriculture Using the Example of Nitrate Pollution: A Case-Study. *Sustainability*, 12(16), 6681. <https://doi.org/10.3390/su12166681>

Furton, G. L., y Martin, A. (2019). Beyond market failure and government failure. *Public Choice*, 177(1), 197-216. [10.1007/s11127-018-0623-4](https://doi.org/10.1007/s11127-018-0623-4)

Gómez-Limón, J. A., Picazo-Tadeo, A. J., y Martínez, E. R. (2008). Agricultura, desarrollo rural y sostenibilidad medioambiental. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (61), 103-126.

González Gaudiano, É., y Gutiérrez Garza, E. (2010). *De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable: construcción de un enfoque multidisciplinario* (1ª ed.). Universidad Autónoma de Nuevo León.

Guerrero, E. M. (2004). Erosión genética en la biodiversidad agrícola. *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*, 12(1).

de externalidades hacia la búsqueda de un equilibrio con un ambiente adecuado para la coexistencia entre el ser humano y su medio.

Finalmente, este análisis permite entender que desde la economía ambiental es posible valorar las externalidades del sector agrícola a través de los precios sombra y métodos directos de internalización, con el objetivo de que esta herramienta puede contribuir a internalizar los costos de las decisiones que una empresa o sociedad puede causar a terceros y, de esta manera mantener tanto el equilibrio ecológico, así como la salud de la población humana y el sistema económico.

*Fin de la versión en español*

Helbling, T. (2010). What are Externalities? *Finance & Development*, 47(4), 48-49. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2010/12/pdf/basics.pdf>

Henson, S., y Cranfield, J. (2013). Planteamiento de un caso político para las agroindustrias y agronegocios en los países en desarrollo. In C. A. da Silva, D. Baker, A. W. Shepherd, C. Jenane, & S. Miranda da Cruz (Eds.), *Agroindustrias para el desarrollo* (pp. 11-50). FAO.

Holt-Giménez, E., y Altieri, M. A. (2013). Agroecología, soberanía alimentaria y la nueva revolución verde. *Agroecología*, 8(2), 65-72.

Horner, R. (2020). Towards a new paradigm of global development? Beyond the limits of international development. *Progress in Human Geography*, 44(3), 415-436. <https://doi.org/10.1177/03091325198361>

Huerta Sobalvarro, K. K., y Martínez Centeno, A. L. (2018). La revolución verde (A. P. Colon García, Ed.). *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(8). <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i8.6717>

Kolstad, C. D. (2001). *Economía ambiental* (J. Aldana Alfonso, Trans.). Oxford University Press.

Li, Z. (2020). Spatiotemporal pattern models for bioaccumulation of pesticides in common herbaceous and woody plants. *Journal of Environmental Management*, 276, 111334. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111334.

- Martínez-López, A., Cruz-León, A., Sangerman-Jarquín, D. M., Díaz Cárdenas, S., Cervantes Herrera, J., y Ramírez-Valverde, B. (2019). El estudio de los saberes agrícolas como alternativa para el desarrollo de las comunidades cafetaleras. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(7).
- Mateo-Sagasta, J., Marjani Zadeh, S., y Turrall, H. (2018). *Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta*. FAO-IWMI. <https://www.fao.org/news/story/es/item/1141818/icode/>
- Molina, E., y Victorero, E. (2015). *La agricultura en países subdesarrollados. Particularidades de su financiamiento* [Informe]. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- ONU. (2013). *Informe sobre el Comercio y el Desarrollo, 2013*. UNCTAD. [https://unctad.org/es/system/files/official-document/tdr2013\\_es.pdf](https://unctad.org/es/system/files/official-document/tdr2013_es.pdf)
- Parra Vázquez, M. R., Inzunza Mascareño, F., Solano, C., Guadarrama Zugasti, C., y Zizumbo Villareal, D. (1986). El proceso de la producción agrícola. *BOLETÍN E.C.A.U.D.Y.*, 13(77), 3-14.
- Pierri, N. (2005). Historia del concepto de desarrollo sustentable. In G. Foladori & N. Pierri (Eds.), *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre desarrollo sustentable* (1a ed.).
- Ramírez-Sánchez, L. G., Priego-Santander, Á. G., Bollo Manent, M., y Castelo-Agüero, D. D. C. (2016). Potencial para la conservación de la geodiversidad de los paisajes del Estado de Michoacán, México. *Perspectiva Geográfica*, 21(2), 321-344. 10.19053/01233769.5856
- Rashmi, I., Roy, T., Kartika, K. S., Pal, R., Coumar, V., Kala, S., Shinoji, K. C., y Gill, S. S. (2020). Organic and Inorganic Fertilizer Contaminants in Agriculture: Impact on Soil and Water Resources. In M. Naeem & A. A. Ansari (Eds.), *Contaminants in Agriculture: Sources, Impacts and Management* (pp. 3-41). 10.1007/978-3-030-41552-5\_1
- Reyes, G. E. (2011). Problemas estructurales del sector agrícola y subsidio recurrente a otros sectores económicos en América Latina. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XVII(3), 503-516.
- Rohr, J. R., Barrett, C. B., Civitello, D. J., Craft, M. E., Delius, B., DeLeo, G. A. A., Hudson, P. J., Jouanard, N., Nguyen, K. H., Ostfeld, R. S., Remais, J. V., Riveau, G., Sokolow, S. H., y Tilman, D. (2019). Emerging human infectious diseases and the links to global food production. *nature sustainability*, 2(6), 445-456. 10.1038/s41893-019-0293-3
- Röling, N. (2019). The Agricultural Research-Technology Transfer Interface: A Knowledge Systems Perspective. In *Making the Link* (pp. 1-42). 10.1201/9780429044410-1
- Ruth, M., y Thampapillai, D. J. (2019). *Environmental Economics: Concepts, Methods and Policies* (1a ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315163246>
- Saldaña Duarte, M. G., y Cota Yáñez, R. (2022). Principales efectos socioambientales del cultivo agroindustrial de aguacate en San Gabriel, Jalisco. (Contexto latinoamericano). *HorizonTes Territoriales*, 2(4), 1-28. <https://doi.org/10.31644/HT.02.04.2022.A19>
- Sassone, P., y Camacho, M. (2005). *Desarrollo endógeno: un debate necesario* (1ª. ed.). Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales.
- Sato, M., Phim, R., y Managi, S. (2015). Sustainability indicators and the shadow price of natural capital. In *MPRA Paper 62612*. University Library of Munich, Germany.
- Schneider, N. (2022). Internalizing Environmental Externalities and the Coase Theorem. *World Journal of Applied Economics*, 8(2), 93-100. doi: 10.22440/wjae.8.2.4
- Sellare, J., Meemken, E. M., y Qaim, M. (2020). Fairtrade, Agrochemical Input Use, and Effects on Human Health and the Environment. *Ecological Economics*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106718>
- Shkiliova, L., Fundora, R., y Jarre, C. (2014). La mecanización en la Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola (ISPA). *Revista La Técnica*, (13), 32-43.
- Silvetti, F. (2011). Una revision conceptual sobre la relación entre campesinos y servicios ecosistémicos: un examen critique des cadres conceptuels. *Cuadernos de desarrollo rural*, 8(66), 19-45.
- Solana Álvarez, J. M., y Vicario Alonso, P. (2010). La economía oculta. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, XLIII, 393-400.
- Spash, C. L. (2020). A tale of three paradigms: Realising the revolutionary potential of ecological economics. *Ecological Economics*, 168(36-37), 106518. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106518>



- Stigler, G. J. (1971). The Theory of Economic Regulation. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 2(1), 3-21.
- Sztulwark, S., y Girard, M. (2022). Bienes primarios, proceso de descomoditización y renta de innovación. *Journal of technology management & innovation*, 17(1), 100-109. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242022000100100>
- Truman, H. S. (1963). *Public papers of the presidents of the United States: Containing the Public Messages, Speeches, and Statements of the President. 1947*.
- Vargas, R. (2022). *Los suelos, origen de los alimentos*. Naciones Unidas. Crónicas ONU. <https://www.un.org/es/cr%C3%B3nica-onu/los-suelos-origen-de-los-alimentos>
- Vargas Cuevas, J. A. (2017). *Estudio etnográfico sobre el sistema de producción agrícola del anexo de Mosopuquio del Distrito de Characato, en el año 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín].
- Vázquez Manzanares, V. M. (2014). Externalidades y medio ambiente. *Revista Iberoamericana de Organización de Empresas y Marketing*, (1), 1-15.
- Villota Andrade, L. M., y Orbe Ortiz, X. D. R. (2013). *La contaminación del sector de Yahuarcocha, por las actividades antropogénicas de sus habitantes* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte].
- Withers, P. J. A., Neal, C., Jarvie, H. P., y Doody, D. G. (2014). Agriculture and Eutrophication: Where Do We Go from Here? *sustainability*, 6(9), 5853-5875. 10.3390/su6095853
- Yu, J., y Wu, J. (2018). The Sustainability of Agricultural Development in China: The Agriculture–Environment Nexus. *Sustainability*, 10(6), 1-17. doi:10.3390/su10061776
- Zeng, N., Zhao, F., Collatz, G. J., Kalnay, E., Salawitch, R. J., West, T. O., y Guanter, L. (2014). Agricultural Green Revolution as a driver of increasing atmospheric CO2 seasonal amplitud. *Nature*, 515, 394-397. 10.1038/nature13893