

Capítulo 10 Agricultura sostenible: herramienta para la soberanía alimentaria

Chapter 10 Sustainable agriculture: a tool for food sovereignty

GONZÁLEZ-LEÓN, Yared †*, ANDUCHO-REYES, Miguel Angel, CARTAGENA-LUNA, Adriana y MERCADO-FLORES, Yuridia

Universidad Politécnica de Pachuca

ID 1^{er} Autor: *Yared, González-León* / **ORC ID:** 0000-0002-7053-4214, **CVU CONACYT:** 605765

ID 1^{er} Coautor: *Miguel Agel, Anducho-Reyes* / **ORC ID:** 0000-0003-2401-6608, **CVU CONACYT:** 89678

ID 2^{do} Coautor: *Adriana, Cartagena-Luna* / **ORC ID:** 0000-0002-1649-3706, **CVU CONACYT:** 715603

ID 3^{er} Coautor: *Yuridia, Mercado-Flores* / **ORC ID:** 0000-0003-3278-2783, **CVU CONACYT:** 122168

DOI: 10.35429/H.2020.8.142.153

Y. González, M. Anducho, A. Cartagena y Y. Mercado

arodiberna@ugto.mx

A. Marroquín, J. Olivares, L. Cruz y A. Bautista. (Coord) Ciencias ambientales, uso de recursos. Handbooks-©ECORFAN-México, Querétaro, 2020.

Resumen

La agricultura, ha sido una de las actividades económicas de mayor importancia a lo largo de la humanidad, ya que está relacionada directamente con la producción de alimentos. A lo largo de la historia los problemas del hambre se han ido solucionando con la finalidad de abastecer a toda la población, lo que llevó al desarrollo de la revolución verde, con lo cual, se logró un incremento importante en la productividad agrícola, sin embargo, el uso excesivo de agroquímicos como fertilizantes y plaguicidas, ha tenido un efecto negativo al medio ambiente, ocasionando la erosión de los suelos y amenazando el entorno socioeconómico, en donde una gran proporción de la población se encuentra inmersa. Como una alternativa a esta problemática surge la agricultura de conservación, que tiene como objetivo, hacer uso eficiente de los recursos naturales disponibles de manera amigable con el ambiente, y así lograr una producción agrícola sostenible que garantice la soberanía alimentaria de la población más vulnerable.

Cultivo agrícola, Labranza de conservación, Revolución verde

Abstract

Agriculture has been one of the most important economic activities for the humanity, due to this is directly related to the food production. Throughout history, the hunger problems have been solved in order to supply the entire population, which led to the development of the green revolution, thereby achieving a significant increase in agricultural productivity, however, the excessive use of agrochemicals, such as, fertilizers and pesticides has had a negative effect on the environment, causing soil degradation and threatening the socioeconomic environment, in where a lot of proportion of the population is immersed. Conservation agriculture arises as an alternative to this problem, its aims to make efficient use of available natural resources in an environmentally friendly way, and thus achieve sustainable agricultural production that guarantees the food sovereignty of the most vulnerable population.

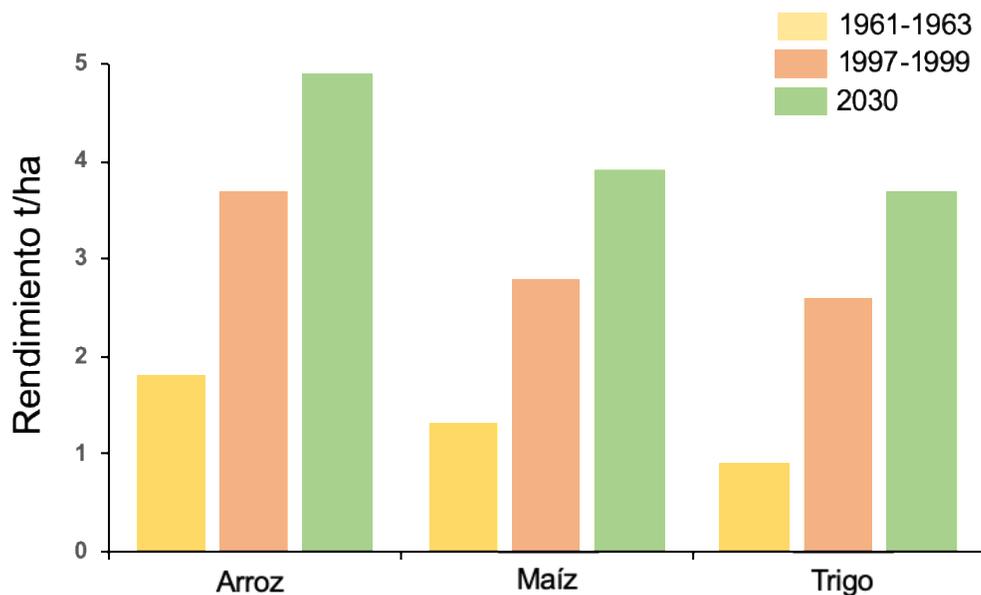
Agricultural crop, Conservation tillage, Green revolution

10. Introducción: La agricultura y su importancia

Etimológicamente la palabra agricultura es de origen griego, la cual se forma de la raíz agrós (ἀγρός), que significa campo y del sufijo -ura que expresa actividad, por lo que es toda acción relacionada con la producción de alimentos de origen vegetal, por lo que su importancia no solo radica en la producción generada y las hectáreas cosechadas, más bien es parte fundamental de la subsistencia humana, por lo que más de un tercio de la superficie del planeta es destinada para tal fin (Sámamo, 2013; Levine y col., 2011).

El sector agrícola es considerado como el motor de la economía, ya que fomenta la diversificación hacia otras áreas, desde la generación de empleos, hasta el suministro de insumos que proveen a industrias agroalimentarias. En el 2017 representó el 68% del empleo total en los países de bajos ingresos y el 26% de su PIB (FAO, 2017; Piña, 2019), por lo que esta actividad debería representar uno de los sectores económicos más importantes para la reducción de la pobreza, lo cual ha sido demostrado por diferentes estudios, sin embargo, la población más vulnerable se ubica en zonas agrarias, en donde se localizan comunidades rurales que dependen de la agricultura para ganarse la vida, dicho problema ha causado que mundialmente 400 millones de niños vivan en pobreza extrema, provocando 6 millones de muertes en menores de 5 años por desnutrición (Conrad y col, 2018; Raymond y col., 2011). En 2018 más de 820 millones de personas seguían padeciendo hambre en todo el mundo, lo que representa un inmenso reto para alcanzar el segundo objetivo de Desarrollo Sostenible según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que refiere que para el 2030 se deberá poner fin al hambre, por lo que, para abastecer el sector alimenticio, se necesitará producir más del doble de lo que se logró en los años sesenta (Figura 10.1), (FAO, 2018).

Figura 10.1 Comparación de la producción de diferentes cultivos durante los 60s y 90s con la predicción de la cantidad necesaria para lograr poner fin al hambre en el 2030, según los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU



Fuente consultada y modificada: FAO, 2018

La agricultura siempre será un sector indispensable y de constante trabajo; un ejemplo, es el problema que se enfrenta con la actual pandemia de la enfermedad COVID-19, lo cual ha puesto a prueba la capacidad de las empresas tanto públicas y privadas de los sectores industrial, financiero, alimentario, farmacéutico y de salud; sin embargo, esto lleva a la reflexión de la realidad que día a día enfrenta la humanidad, puesto que los alimentos de primera necesidad no pueden faltar. Aunque gran parte de los fondos en la economía mundial se usaron para el sector salud, un ejemplo, es que mientras que la mayoría de las empresas tuvieron la necesidad de parar sus actividades, los agricultores permanecieron produciendo, reinventándose e incluso ajustando los costos para abastecer a toda la población, por lo que se debe valorar el trabajo que existe atrás de cada uno de los productos agrícolas, que en la mayoría de los casos se tienen de fácil acceso en mercados locales (Dubé y col., 2012; Mie y col., 2017; García y Damiani, 2020).

Otro de los retos a superar para el desarrollo de la agricultura es el cambio climático, que ha traído como consecuencia el incremento en la temperatura, inundaciones y al mismo tiempo sequías en distintos sitios geográficos, lo que causa importantes daños a los cultivos y a la economía de los productores. Por otro lado, la escasez de recursos naturales como el agua y la biodiversidad, aunado a que en la actualidad el suelo a nivel mundial presenta más del 40% de degradación, es necesario buscar nuevas técnicas que permitan hacer más eficaz la producción y disponibilidad de alimentos (Foley y col., 2011; FAO, 2018).

10.1 La revolución verde

La revolución verde surgió en la década de los sesentas, buscando una solución para lidiar con el hambre en el mundo mediante el uso de la tecnología e insumos mejorados, como fertilizantes, pesticidas, herbicidas, y otros insumos agrícolas de origen químico. El resultado fue el incremento en la tasa de productividad agrícola, primordialmente en cereales. Los campos comenzaron hacer abastecidos con infraestructura de riego, lo que sigue siendo un componente crítico en esta intervención, ya que este sistema es suministrado en su mayoría con aguas negras, lo que ha despertado desconfianza en los consumidores. Posteriormente en los años noventa surgió una nueva etapa de este movimiento, en donde se involucró el aspecto genético y el uso de la biotecnología aplicando la ingeniería genética, con la misma finalidad (McArthur y McCord, 2017).

La primera revolución verde tenía como principal soporte, la selección genética de nuevas variedades de semillas, esto para aumentar el rendimiento en los cultivos, principalmente de los tres granos con más demanda, el arroz, el trigo y el maíz; con los cuales se realizaron importantes estudios para lograr tener híbridos que permitieran abastecer el sector alimentario, asociada a la explotación intensiva permitida por el riego y el uso masivo de fertilizantes químicos y de maquinaria pesada (Li y col., 2018).

Mientras tanto el segundo movimiento, tuvo como principal objetivo el desarrollo de Organismos Genéticamente Modificados (OGM), en el caso de la agricultura, son conocidos como plantas transgénicas; los cuales, son organismos diseñados haciendo uso de herramientas moleculares que consisten en la transferencia de información genética deseable, de un organismo a otro, para después manipular la estructura natural por la modificación de su genoma (Mendelsohn, y Wang, 2017).

El análisis de la producción agrícola durante el periodo que abarca del año 1960 al 2000, ha permitido determinar un importante aumento en los rendimientos por hectáreas en productos de mayor necesidad alimentaria, como por ejemplo, un 208 % para el trigo, 109 % para el arroz, 157 % para el maíz, 78 % para la papa y 36 % para la yuca, que con el objetivo de asegurar la producción, se han utilizado agroquímicos de manera desmedida, sin embargo, esto ha traído importantes problemas principalmente al medio ambiente como se describe en la **Tabla 1** (FAO, 2016; FAO, 2017;).

Con respecto a la superficie ocupada para la agricultura, a nivel mundial, se observó un incremento de un 12% como resultado del cambio de uso de suelo en América Latina, África, Oceanía y Asia (**Tabla 10.2, Figura 10.1A**). El sistema de riego también fue mayoritariamente preferido en África, Asia, Norteamérica y Oceanía, contribuyendo en un aumento del 46% a nivel mundial (**Tabla 2, Figura 1B**). Por otro lado, a excepción de Norteamérica, el uso de maquinaria pesada y el consumo de combustibles incrementó considerablemente (**Tabla 10.2, Figura 10.1C-D**), al igual que el uso de fertilizantes, siendo el nitrógeno el más utilizado a nivel mundial (**Tabla 10.2, Figura 10.1E-G**). Lo anterior, ha contribuido en la degradación de los suelos agrícolas y en la contaminación ambiental (FAO y col., 2019).

La FAO proyecta un aumento en la demanda mundial de alimentos de alrededor del 60% para el año 2030, por tal motivo se busca implementar nuevas técnicas que permitan incrementar la producción y que su impacto ambiental sea bajo (FAO, 2018).

Tabla 10.1 Ventajas y desventajas de la Revolución Verde

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Incremento de la productividad agrícola	Uso excesivo de agroquímicos
Abastecimiento alimenticio, evitando el hambre de millones de personas	Pérdida de la fertilidad del suelo
Acceso al agua por la implementación de infraestructura de riego	Se seleccionan plagas cada vez más resistentes a los pesticidas y herbicidas
Mejoras genéticas en variedades de semillas, con características deseadas	Pérdida de biodiversidad en el suelo
Reducción de poblaciones que presentaban pobreza	Contaminación en aire, suelo y agua
Disminución en la conversión de miles de hectáreas de suelos en cultivos agrícolas	Daños a la salud de los agricultores por contacto o por ingestión

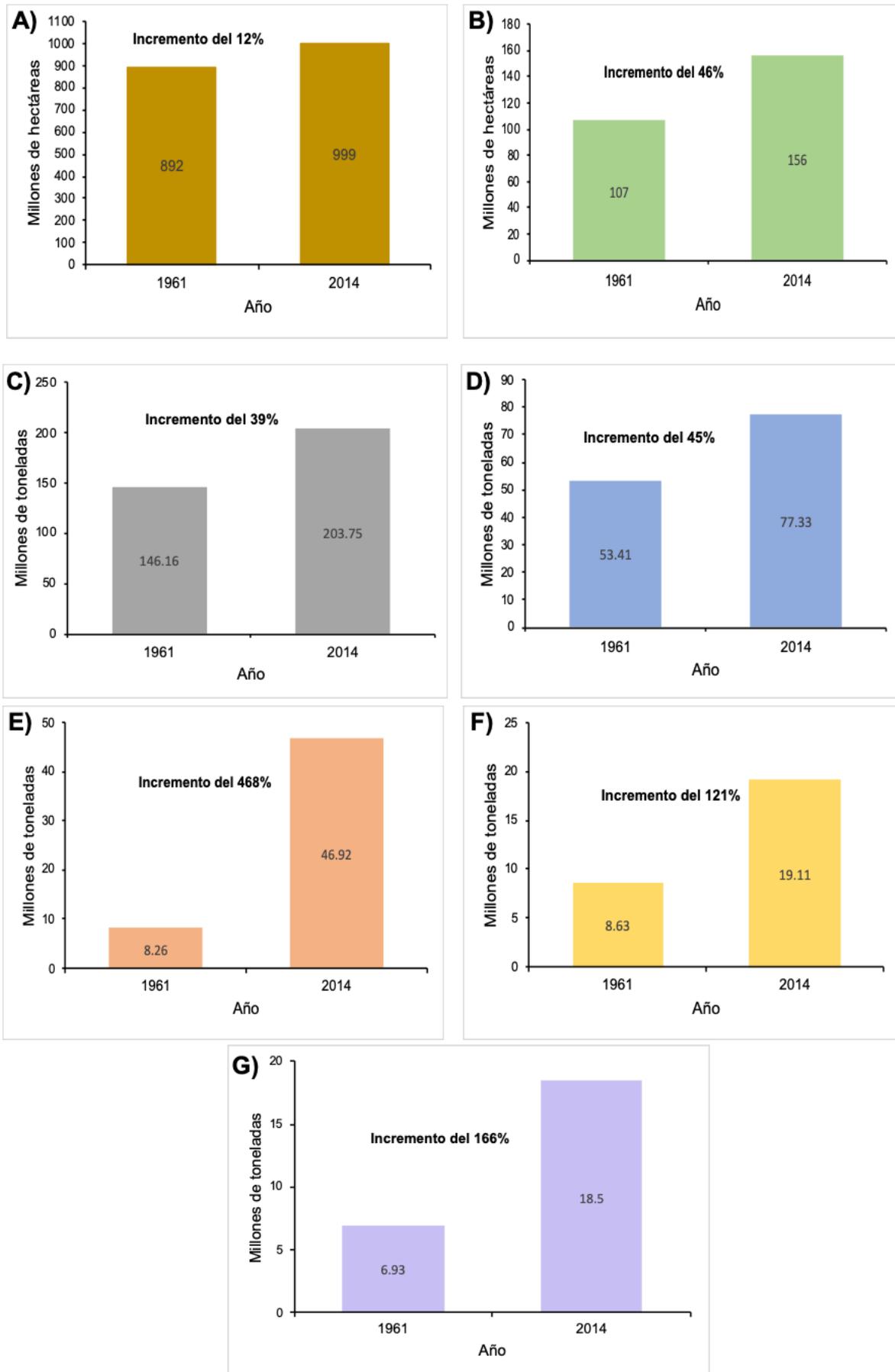
Fuente consultada y modificada: (FAO, 2017; Martínez-Hidalgo y col., 2019)

Tabla 10.2 Evolución de los insumos requeridos para la agricultura a nivel mundial durante el periodo de año 1961 al 2014.

Región	Suelo cultivado		Suelo con sistema de riego		Maquinaria		Combustible		Fertilizante Nitrógeno		Fertilizante Fósforo		Fertilizante Potasio	
	Millones de hectáreas				Millones de toneladas									
	1961	2014	1961	2014	1961	2014	1961	2014	1961	2014	1961	2014	1961	2014
África	76	120	2	55	1.02	1.3	0.51	0.65	0.07	1.08	0.15	0.52	0.04	0.29
Asia	115	161	15	40	0.85	35.45	0.32	13.3	0.34	9.23	0.24	3.28	0.04	3.84
Europa	353	288	14	13	40.2	59.74	17.59	26.1	4.37	12.63	4.65	2.83	4.49	2.91
América latina	83	175	55	18	2.85	14.71	1.25	6.43	0.28	7.32	0.27	6.42	0.14	6.26
Norteamérica	235	208	20	27	96.31	87.31	32.1	29.1	3.16	15.26	2.73	5.15	2.17	4.97
Oceanía	30	47	1	3	4.93	5.24	1.64	1.75	0.04	1.4	0.59	0.91	0.05	0.23

Fuente consultada y modificada: (FAO y col., 2019).

Figura 10.2 Incremento en los insumos requeridos para la agricultura a nivel mundial durante el periodo de año 1961 al 2014. A) Superficie de suelo. B) Sistema de riego. C) Maquinaria pesada. D) Combustibles. E) Fertilizantes a base de Nitrógeno. F) Fertilizantes a base de Fósforo. G) Fertilizantes a base de Potasio.



Fuente consultada: (FAO y col., 2019)

10.2 Sostenibilidad y su diferencia con sustentabilidad

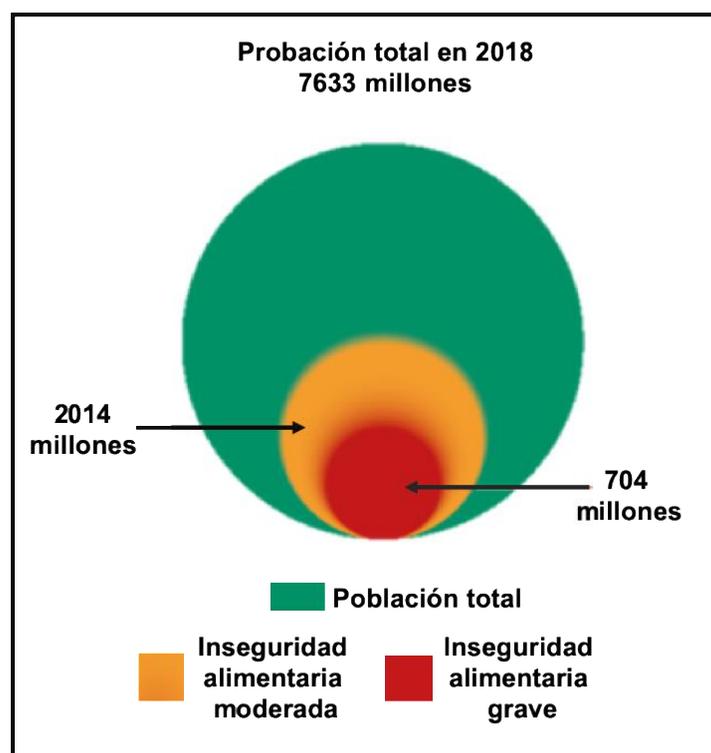
Actualmente el tema de los alimentos y la incertidumbre que existe en su disponibilidad, ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas que permitan dar un equilibrio sociocultural; dicho argumento se encuentra asociado a la pobreza, ya que las personas con inseguridad alimentaria se han visto obligadas a aceptar menos calidad o cantidad en lo que consumen debido a la falta de recursos económicos (Figura 3). Lo anterior, no es solo un problema local, pues, está relacionado con el agotamiento de las reservas de divisas y la devaluación de la moneda, que puede transmitirse al sistema económico y provocar el aumento de los precios nacionales, generando desempleo, disminución de sueldos y, en consecuencia, pérdida de ingresos. De los países donde han sido más intensas las repercusiones adversas de las desaceleraciones y debilitamientos de la economía, la gran mayoría de ellos dependen de las exportaciones e importaciones de productos básicos primarios, por lo que la seguridad alimentaria y nutrición se ve seriamente afectada (FAO, 2019; Di Fabio, 2017).

En los últimos años se busca mejorar distintos sectores que incrementen la calidad de vida de los seres humanos, sin impactar al medio ambiente, haciendo uso de la sustentabilidad y de la sostenibilidad, sin embargo, estos dos términos han generado confusión, para lo cual han sido discutidos, como temas relevantes para la supervivencia de la humanidad (Di Fabio, 2017).

Uno de los primeros términos conocidos fue el de la sustentabilidad, la cual atiende los problemas generados por la actividad humana y que pueden impactar en el medio ambiente de manera negativa, así como, las carencias que se tienen en la satisfacción de las necesidades de las sociedades; articulando los problemas que se presentan con sus consecuencias. En este caso, el enfoque debe ser multidisciplinario, en donde la participación de todas las ciencias y de las nuevas disciplinas que integren el conocimiento actual son fundamentales (Rockström y col., 2017).

Por otro lado, la sostenibilidad satisface tres ámbitos: el económico, el ambiental y el social, este último término hace la diferencia con la sustentabilidad, ya que contribuye a garantizar un equilibrio, puesto que correlaciona la estabilidad del ser humano, en donde lograr la equidad es fundamental, por lo que, en este caso, todos los estratos sociales se benefician del crecimiento económico, satisfaciendo las necesidades básicas de cada individuo establecidas en los principios generales de los tratados internacionales sobre los derechos humanos (Warren y col., 2015; Wamsler y col., 2018; Giunta y González, 2020).

Figura 10.3 Representación de la concentración y la distribución de la inseguridad alimentaria a nivel mundial en el 2018



Fuente consultada: (FAO y col., 2019)

10.3 Tipos de labranza y agricultura de conservación

La agricultura tradicional es aquella práctica agrícola en la que se eliminan todos los restos de la cosecha anterior, y se utiliza maquinaria o herramientas para arar el suelo, es decir, abrir los surcos en donde serán sembradas las semillas. En la actualidad la quema de residuos ha sido utilizada desde décadas atrás como herramienta de trabajo para la preparación del terreno, ya que trae consigo ventajas como; evitar el uso de maquinaria, combustible y mano de obra, así como el ahorro de tiempo en la preparación de la próxima siembra. Se estima que la actividad humana es responsable de la pérdida de 26 millones de toneladas de suelo por año, lo que significa 2.6 veces la tasa natural de la degradación, por lo que la aplicación de la labranza de conservación o labranza cero, es una opción para disminuir los daños, principalmente ambientales y de degradación de suelos que repercuten de cierta forma en la seguridad alimentaria. Este método se basa en mantener la materia orgánica que se genera de las cosechas anteriores, sembrando directamente sobre el rastrojo sin alteración del suelo. En la Tabla 3 se muestran las diferencias entre éstas dos estrategias (Hobbs y col., 2008; Mamani y Filippone, 2018; Ryan y col., 2018).

Se ha estimado que existen pérdidas de hasta 44 mil millones de dólares anuales por daños a los suelos de cultivo, a la infraestructura y a la salud. Por lo que hay la creciente necesidad de implementar métodos amigables con el medio ambiente y que garantice la disponibilidad de alimentos de manera sostenible (Warren y col., 2015; Carrus y col., 2018).

Tabla 10.3 Diferencias entre labranza tradicional y la labranza de conservación.

Concepto	Labranza tradicional	Labranza de conservación
Práctica	Perturba el suelo y deja una superficie desnuda	Reduce la perturbación del suelo y lo mantiene cubierto
Erosión	Alta por el viento	Reducida significativamente
Salud física del suelo	Baja	Mejorada significativamente
Salud biológica del suelo	Baja	Mejorada significativamente
Compactación	Se usa para reducir la compactación, pero puede inducirla destruyendo los poros biológicos	Se reduce la compactación
Humedad	Baja	Alta
Materia orgánica disponible	Baja	Alta
Control de malezas	Bajo	Bajo
Temperatura del suelo	Variable	Variabilidad reducida
Uso de combustibles	Alto	Intermedio
Costos de producción	Altos	Intermedio

Fuente consultada y modificada: (Hobbs y col., 2008)

La agricultura de conservación se ha propuesto como una amplia forma de adaptación de algunos principios de manejo agronómico, que puede asegurar una mayor producción. Tiene como objetivo conservar, mejorar y hacer uso más eficiente de los recursos naturales a través del manejo integrado de los que hay disponibles, combinando insumos externos ecológicamente amigables, lo que trae como consecuencia una producción agrícola mejorada y sostenida (Hobbs y col., 2008; Aguilar, 2017; Peña, 2017), que ocurre principalmente en tres pasos (Figura 4); los cuales se describen a continuación.

A) Reducción en la labranza: Aunque puede involucrar sistemas de siembra con labranza controlada, que por lo general no perturban más del 20-25% de la superficie del suelo, la finalidad es lograr un sistema de cero movimiento en los residuos que se generaron de la cosecha anterior (Milder y col., 2015).

B) Retención de los niveles adecuados de residuos del cultivo y cobertura de la superficie del suelo: el objetivo es la retención de suficientes residuos sobre el suelo para protegerlo de la erosión hídrica y eólica, así como reducir los escurrimientos y la evaporación de agua, aumentando las propiedades físicas, químicas y biológicas asociadas con una productividad sostenible a largo plazo (Prestele y col., 2018).

C) Uso de rotación de cultivos: el objetivo es la diversificación de cultivos para ayudar a evitar posibles problemas de malezas, enfermedades y plagas, utilizando los efectos benéficos de algunas especies vegetales de interés económico sobre las condiciones del suelo y sobre la productividad, proporcionando a los agricultores opciones económicamente viables que minimicen los riesgos (Muñoz, 2009).

Mediante la agricultura de conservación, se mejora la calidad del suelo, lo cual incide en sus características físicas, químicas y biológicas (Prestele y col., 2018).

Las propiedades físicas del suelo condicionan el desarrollo del sistema radicular de las plantas y el aporte hídrico. Los terrenos que se trabajan con la labranza cero se vuelven más estables y menos susceptibles al deterioro estructural, mientras que los labrados de manera convencional son propensos a la erosión, ya que la textura de un suelo está determinada por las cantidades y el tamaño de las partículas minerales inorgánicas que contiene, por lo que la estructura es un factor clave en su funcionamiento y en la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de cultivos (Hirsch y col., 2018; Gouda y col., 2018).

Figura 10.4 Principios de la agricultura sostenible.



Fuente: "Elaboración Propia"

Bajo el sistema de labranza cero, disminuye la densidad del suelo, lo que permite que las raíces tengan la capacidad de penetrar las capas más profundas, es decir aumenta la porosidad conservando mayor humedad, de lo contrario una densidad alta puede ser perjudicial para las raíces e incluso inhibir la infiltración del agua (Hirsch y col., 2018; Gouda y col., 2018).

Los factores biológicos son determinados por la actividad de los microorganismos del suelo, puesto que los cambios en la labranza, los residuos y las prácticas de rotación de los cultivos inducen importantes variaciones en el número y composición de la microbiota.

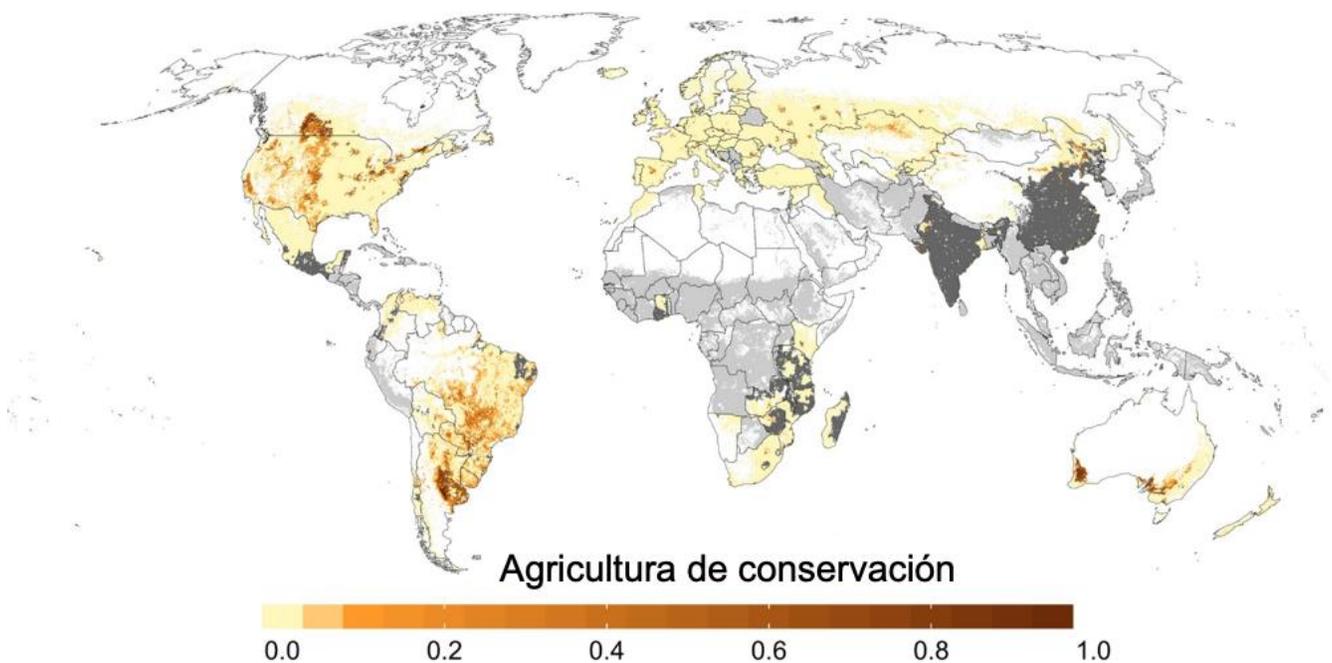
Cuando se implementa agricultura de conservación, aumenta la actividad biológica y esto se debe a que en el suelo existe materia orgánica que permite el desarrollo de diversos microorganismos, algunos de ellos pueden ser benéficos para las plantas (Gouda y col., 2018; Wu y col., 2019; do Nascimento y col., 2020).

Los componentes químicos, hacen referencia a la reserva de nutrientes para las plantas. Su disponibilidad se ve favorecida en la agricultura de conservación, por los beneficios que otorgan las propiedades biológicas y físicas que se logran en el suelo, proporcionando elementos de suma importancia para el desarrollo vegetal como los macronutrientes: Nitrógeno, Fósforo y Potasio, y los micronutrientes: Azufre, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Boro (Raman, 2017; Porter y col., 2019).

Económicamente, se han obtenido resultados donde se muestra que con el uso de la agricultura de conservación se genera un ahorro considerable en la lámina de agua y preparación del terreno, además de obtener mayor producción por hectárea, lo que puede implicar una disminución en los costos de producción (Aguilar, 2017; Peña, 2017); por tal motivo esto contribuye a fomentar una soberanía alimentaria, donde se fortalecen tanto los derechos de las personas que producen, como las que distribuyen y consumen alimentos, mediante la aplicación de sistemas o técnicas en campo, como también políticas alimentarias justas, forjando así una seguridad sostenible para toda la población (Galli, y Losch, 2019).

En la actualidad esta práctica ya es utilizada en más de 72 países, siendo más importante en Estados Unidos, Canadá, Australia y Nueva Zelanda (Figura 5). En el primero, la agricultura de conservación ocurre principalmente en la parte occidental y central, que se caracteriza por un clima más árido. En Australia, se concentra principalmente en las zonas templadas del suroeste y sureste (Prestele y col., 2018; Noguera y col., 2019).

Figura 10.5 Distribución espacial actual de Agricultura de Conservación. (Las áreas en las diferentes tonalidades de gris indican suelos de cultivo que se excluyeron del mapeo debido a la falta de datos)



Fuente de consulta: (Prestele y col., 2018)

10.4 Conclusión

El incremento en la población y el compromiso de lograr la desaparición del hambre en la humanidad para el 2030, lleva a la búsqueda de estrategias sostenibles que permitan la disponibilidad de alimentos y la soberanía alimentaria en los países en vías de desarrollo, por lo que es necesario impulsar la agricultura de conservación, como una estrategia, que permita proveer sustento a los pueblos, rechazando la privatización de los recursos naturales, utilizando prácticas que no perjudiquen al medio ambiente, para combatir la hambruna, la pobreza y la desnutrición.

10.5 Referencias

Aguilar C. H. (2017) Maíz bajo los sistemas de producción convencional, convencional modificado y Agricultura de Conservación. *Revista Enlace*, 41:38–40.

Carrus, G., Pirchio, S., y Mastandrea, S. (2018). Social-cultural processes and urban affordances for healthy and sustainable food consumption. *Front Psychol*, 9: 2407–2411. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02407>

Conrad, Z., Niles, M. T., Neher, D. A., Roy, E. D., Tichenor, N. E., y Jahns, L. (2018). Relationship between food waste, diet quality, and environmental sustainability. *PloS one*, 13: e0195405. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195405>

Di Fabio A. (2017). The Psychology of Sustainability and Sustainable Development for Well-Being in Organizations. *Front Psychol*, 8: 1534. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01534>

do Nascimento, F. S., Calle-Collado, Á., & Benito, R. M. (2020). Economía social y solidaria y agroecología en cooperativas de agricultura familiar en Brasil como forma de desarrollo de una agricultura sostenible. *CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa*, (98), 189-211. DOI: <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.98.14161>

Dubé, L., Pingali, P., y Webb, P. (2012). Paths of convergence for agriculture, health, and wealth. *PNAS USA*, 109: 12294–12301. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0912951109>

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2016). Desarrollo agrícola sostenible para la seguridad alimentaria y la nutrición: ¿qué función desempeña la ganadería?. Disponible en línea: <http://www.fao.org/3/a-mq860s.pdf>. Consultado en Junio de 2020.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Disponible en línea: <http://www.fao.org/3/a-I7658s.pdf> Consultado en Junio de 2020.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Servicio de información migración, agricultura y desarrollo rural. Disponible en línea: <http://www.fao.org/3/I9549ES/i9549es.pdf>. Consultado en Junio de 2020.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). 2019, el estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Disponible en línea: <http://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf>. Consultado en Junio de 2020.

Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., O'Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennett, E. M., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., Zaks, D. P. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337–342. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature10452>

Galli, A., y Losch, A. (2019). Beyond planetary protection: What is planetary sustainability and what are its implications for space research?. *Life Sci Space Res (Amst)*, 23: 3–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2019.02.005>

- García, A., y Damiani, O. (2020). Sistemas de riego y agricultura prehispánica en el centro oeste de Argentina. *RIVAR*, 7: 22–45. DOI: <http://orcid.org/0000-0002-3537-5879>
- Giunta, I., & González, J. D. (2020). Crecimiento económico inclusivo y sostenible en la Agenda 2030: un análisis crítico desde la perspectiva de la soberanía alimentaria y los derechos de la naturaleza. *Revista Iberoamericana de Estudios de Desarrollo= Iberoamerican Journal of Development Studies*, 9(1), 146–176. DOI: https://doi.org/10.26754/ojs_ried/ijds.438
- Gouda, S., Kerry, R. G., Das, G., Paramithiotis, S., Shin, H. S., y Patra, J. K. (2018). Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiol Res*, 206: 131–140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.016>
- Hirsch, A. L., Prestele, R., Davin, E. L., Seneviratne, S. I., Thiery, W., y Verburg, P. H. (2018). Modelled biophysical impacts of conservation agriculture on local climates. *Global Change Biology*, 24: 4758–4774. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14362>
- Hobbs, P. R., Sayre, K., y Gupta, R. (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363: 543–555. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2169>
- Levine, U. Y., Teal, T. K., Robertson, G. P., y Schmidt, T. M. (2011). Agriculture's impact on microbial diversity and associated fluxes of carbon dioxide and methane. *The ISME journal*, 5: 1683–1691. DOI: <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.40>
- Li, S., Tian, Y., Wu, K., Ye, Y., Yu, J., Zhang, J., Liu, Q., Hu, M., Li, H., Tong, Y., Harberd, N. P., y Fu, X. (2018). Modulating plant growth-metabolism coordination for sustainable agriculture. *Nature*, 560: 595–600. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0415-5>
- Mamani de Marchese, A., y Filippone, M.P. (2018). Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible. *Rev Agron Noroeste Argent*, 38: 9–21.
- Martínez-Hidalgo, P., Maymon, M., Pule-Meulenberg, F., y Hirsch, A. M. (2019). Engineering root microbiomes for healthier crops and soils using beneficial, environmentally safe bacteria. *Can J Microbiol*, 65: 91–104. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjm-2018-0315>
- McArthur, J. W., y McCord, G. C. (2017). Fertilizing growth: Agricultural inputs and their effects in economic development. *J Dev Econ*, 127: 133–152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2017.02.007>
- Mendelsohn, R., y Wang, J. (2017). The impact of climate on farm inputs in developing countries agriculture. *Atmósfera*, 30: 77–86. DOI: <https://doi.org/10.20937/ATM.2017.30.02.01>
- Mie, A., Andersen, H. R., Gunnarsson, S., Kahl, J., Kesse-Guyot, E., Rembiałkowska, E., Quaglio, G., y Grandjean, P. (2017). Human health implications of organic food and organic agriculture: a comprehensive review. *Environ health*, 16:111. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0315-4>
- Milder, J. C., Arbuthnot, M., Blackman, A., Brooks, S. E., Giovannucci, D., Gross, L., Kennedy, E. T., Komives, K., Lambin, E. F., Lee, A., Meyer, D., Newton, P., Phalan, B., Schroth, G., Semroc, B., Van Rikxoort, H., y Zrust, M. (2015). An agenda for assessing and improving conservation impacts of sustainability standards in tropical agriculture. *Conserv Biol*, 29: 309–320. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12411>
- Muñoz, A., López-Piñeiro, A., Albarrán, A., y Ramírez, M. (2009) Influencia de la agricultura de conservación en la temperatura del suelo y su relación con las poblaciones microbianas. *Revista de Ciencias Agrarias*, 32: 123–129.
- Noguera-Talavera, A., Salmerón, F., y Reyes-Sánchez, N. (2019). Bases teórico-metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 51: 273–293.
- Peña, H. (2017). Modificación de maquinaria para la Agricultura de Conservación. *Revista Enlace*, 41:3–6.

- Piña, B.C.E. (2019). Cambio climático, inseguridad alimentaria y obesidad infantil. *Revista Cubana de Salud Pública*, 45: 1561–3127.
- Porter, J. R., Challinor, A. J., Henriksen, C. B., Howden, S. M., Martre, P., y Smith, P. (2019). Invited review: Intergovernmental Panel on Climate Change, agriculture, and food—A case of shifting cultivation and history. *Glob Chang Biol*, 25: 2518–2529. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14700>
- Prestele, R., Hirsch, A. L., Davin, E. L., Seneviratne, S. I., y Verburg, P. H. (2018). A spatially explicit representation of conservation agriculture for application in global change studies. *Glob Chang Biol*, 24: 4038–4053. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14307>
- Raman R. (2017). The impact of Genetically Modified (GM) crops in modern agriculture: A review. *GM Crops Food*, 8: 195–208. DOI: <https://doi.org/10.1080/21645698.2017.1413522>
- Raymond Park, J., McFarlane, I., Hartley Phipps, R., y Ceddia, G. (2011). The role of transgenic crops in sustainable development. *Plant Biotechnol J*, 9: 2–21. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2010.00565.x>
- Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., Wetterstrand, H., DeClerck, F., Shah, M., Steduto, P., de Fraiture, C., Hatibu, N., Unver, O., Bird, J., Sibanda, L., y Smith, J. (2017). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*, 46: 4–17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6>
- Ryan, S. F., Adamson, N. L., Aktipis, A., Andersen, L. K., Austin, R., Barnes, L., Beasley, M. R., Bedell, K. D., Briggs, S., Chapman, B., Cooper, C. B., Corn, J. O., Creamer, N. G., Delborne, J. A., Domenico, P., Driscoll, E., Goodwin, J., Hjarving, A., Hulbert, J. M., Isard, S. y Dunn, R. R. (2018). The role of citizen science in addressing grand challenges in food and agriculture research. *Proc. R. Soc. B*, 285: 20181977. DOI: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2018.1977>
- Sámano, R.M.A. (2013). La agroecología como una alternativa de seguridad alimentaria para las comunidades indígenas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4: 1251–1266.
- Wamsler, C., Brossmann, J., Hendersson, H., Kristjansdottir, R., McDonald, C., y Scarampi, P. (2018). Mindfulness in sustainability science, practice, and teaching. *Sustain Sci*, 13: 143–162. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0428-2>
- Warren, E., Hawkesworth, S. y Knai, C. (2015). Investigating the association between urban agriculture and food security, dietary diversity, and nutritional status: A systematic literature review. *Food Policy*, 53: 54–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.03.004>
- Wu, Q., Guan, X., Zhang, J., y Xu, Y. (2019). The Role of Rural Infrastructure in Reducing Production Costs and Promoting Resource-Conserving Agriculture. *Int J Environ Res Public Health*, 16: 3493. DOI: <https://doi.org/10.3399>