

CAPÍTULO

# 29

.....

## Objetivos del desarrollo sostenible,

química verde  
y agricultura sostenible

POR

---

Ricardo R. CONTRERAS

---

Domingo J. CONTRERAS ROSALES

---

## Introducción

El desarrollo sostenible (Edwards, 2010) ha sido planteado como uno de los grandes paradigmas tecnocientíficos de las últimas décadas del siglo XX y de los albores del tercer milenio. Los cambios geopolíticos, sociales, culturales que se produjeron en 1945 con la finalización de la II Guerra Mundial y la crisis medioambiental que se agudizó como consecuencia de las actividades antropogénicas, especialmente a partir de 1950 con el inicio de la “era atómica” en 1950 (Shrader-Frechette, 1983), marcaron un rumbo planetario altamente complejo (Morin, 2014) que ponía a la especie humana en una de sus mayores encrucijadas. Muchos científicos, concienciados en la magnitud del riesgo, comenzaron a advertir las consecuencias de un esquema de desarrollo heredado de la Revolución Industrial (Ashton, 2001), que se manifestaba en una peligrosa polución ambiental. La contaminación del ambiente y una grave disminución de la biodiversidad iban de la mano con el uso indiscriminado de sustancias químicas que se utilizaban en todos los ámbitos de la vida, en la actividad científica, tecnológica, industrial... y en la actividad agrícola. Y es que se había vendido la panacea de que para resolver el problema agroalimentario que significaba alimentar una población mundial en franco crecimiento, eran necesarias prácticas agrícolas extensivas e intensivas basadas en el uso de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, fungicidas, otros) y, en general, todas aquellas sustancias químicas que pudieran contribuir al mejoramiento de los niveles de producción, pero sin tomar en cuenta los riesgos para la salud a corto, mediano y largo plazo.

Ha quedado suficientemente demostrado que la actividad antropogénica ha hecho desaparecer ecosistemas en todo el mundo, ha cambiado el clima y la calidad del aire y ha exterminado especies. La humanidad ha dejado una huella tan profunda en el planeta que muchos científicos creen que nos encontramos inmersos en un nuevo período geológico, el *antropoceno*, o “era de los seres humanos” (Crutzen, 2000). Algunos científicos sitúan su aparición con el inicio de la agricultura en el Neolítico, hace 10.000 años, mientras que otros creen que fue con la Revolución Industrial, a finales del siglo XVIII, pero en todo, en el antropoceno, el manejo de los recursos, el manejo del suelo, la agricultura y la erosión están fuertemente vinculados (Vanwalleghem *et al.*, 2017).

En la década de 1960 surgen no solo movimientos que persiguen cambios sociopolíticos y culturales, sino que marcan el auge de un movimiento que, inicialmente determinado por las corrientes del tradicional “conservacionismo” (Eichler, 1968), se convierte en una forma mucho más activa, un “factor ecológico” (Aldunate, 2001) que, por ejemplo, se nutrió desde diversos sectores, comenzando por el académico. A partir de la década de 1970 comenzó a desarrollarse una serie de actividades específicas auspiciadas por las Naciones Unidas, y una serie de conferencias y comisiones comenzaron a estudiar el tema medioambiental en la dirección de crear un marco jurídico internacional de acción dirigido a apoyar un cambio paradigmático crucial: el “desarrollo sostenible”. Los *Objetivos del Desarrollo del Milenio* (ODM) marcan un momento importante a partir del año 2000 (Naciones Unidas, 2000), pues se plantearon ocho *desiderata* que recogían el consenso

y las aspiraciones de la comunidad científica y política sobre los aspectos que deberían cambiar para que la humanidad pudiera dar pasos concretos mejorando como comunidad global. El plan, establecido para desarrollarse entre 2000 y 2015 (Naciones Unidas, 2015), contabilizó varios avances significativos, especialmente en temas como educación, mortalidad infantil, salud, igualdad de género y disminución del uso de las sustancias que agotan la capa de ozono, empero, llegados al *deadline* de este plan estratégico global se hizo necesario replantarse los objetivos tomando en cuenta las metas pendientes. En tal sentido se propusieron ahora los *Objetivos de Desarrollo Sostenible* (ODS) para el período 2015-2030 (Naciones Unidas, 2016), un plan que toma en cuenta expresamente el tema de la sostenibilidad y, adicionalmente, propone metas específicas sobre medioambiente, pobreza, educación o salud, explicitando la necesidad de una “agricultura sostenible”. Es aquí donde la química puede contribuir en buena medida (Blum *et al.*, 2017), pues si bien es cierto que la química ha desarrollado muchas sustancias tóxicas que se emplearon (y todavía se emplean) como agroquímicos, el nuevo paradigma, la “química verde”, está redireccionando las estrategias apostando por nuevas formas de contribuir con la agricultura y, en general, con la sociedad, tomando en cuenta el factor ambiental. En tal sentido expondremos aquí brevemente algunos elementos que apuntan a una comprensión de las relaciones entre el paradigma del desarrollo sostenible, los ODS, la química verde y la agricultura sostenible.

## El paradigma de la sostenibilidad

La Real Academia de la Lengua acepta por sostenible: *2. adj. Especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente* (RAE, 2017), y lo prefiere sobre el término “sustentable” cuando se trata de entrar en temas de desarrollo o economía sostenible. Ahora bien, conceptualmente hablando, se privilegia el “desarrollo sostenible”, y a fin de aproximarnos a los aspectos epistemológicos de este paradigma (Contreras, 2012) debemos entrar a conocer la declaración Nuestro Futuro Común o Informe Brundtland de 1987, y, adicionalmente, es menester tomar en cuenta dos de las más importantes conferencias que convergen en el factor ambiental, la Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, Suecia, 1972) y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) (Río de Janeiro, Brasil, 1992).

En la conferencia de Estocolmo se establecieron veintiséis “principios” y ciento nueve “recomendaciones” (Naciones Unidas, 1972) que desarrollan una visión global del hombre, la ciencia, la tecnología y su interacción con el ambiente.

La declaración *Nuestro Futuro Común* de 1987 entró a definir el desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades esenciales de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras (Commission on Environment and Development, 1987) y, por otro lado, la CNUMAD, o Cumbre de la Tierra o de Río de Janeiro de 1992 (Naciones Unidas, 1992), impulsó

los acuerdos y negociaciones internacionales sobre las cuestiones del ambiente y el desarrollo (Programa o Agenda 21 y Declaración de Río), dando así ocasión a lo que se dio por llamar el “espíritu de Río”, del cual se convirtió en observadora la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible de la ONU, una comisión que alcanzó a movilizar el interés y la participación activa de los gobiernos y del sistema de las Naciones Unidas pasando por los bancos de desarrollo, así como por las organizaciones no gubernamentales y del público en general en torno al paradigma de la sostenibilidad.

El marco jurídico adelantado a partir de todos los acuerdos internacionales en materia de ambiente ha obligado progresivamente al sector industrial a entrar en un proceso de revisión de su actuación y del impacto de sus procesos productivos, y se observa una gradual incorporación del factor ambiental en las cuentas empresariales como un elemento estratégico en la gestión integral de una empresa mediante la adopción de nuevos métodos sostenibles y tecnologías verdes (Jiménez-González *et al.*, 2011). En este sentido, muchas empresas han comenzado a cambiar el paradigma tomar/producir/desechar utilizando para ello tecnologías ecológicamente eficientes y asumiendo criterios sociales, éticos y económicos en sus planes de negocio.

Tal y como exigían las recomendaciones de la Conferencia de Estocolmo, a partir de mediados la década de 1970 se produjo una serie de conferencias centradas en el análisis, discusión y puesta en marcha de acuerdos sobre aspectos relacionados con el desarrollo humano y del ambiente, entre los cuales merece la pena citar los protocolos de Montreal (1987) y Kyoto (1997), el ‘Plan de acción de Bali’ (2007), los ‘acuerdos de Cancún’ (2010) o la ‘Conferencia sobre Cambio Climático de París’ (2015), entre otros.

En el año 2000 se planteó desde la ONU la implementación de los *Objetivos de Desarrollo del Milenio* (ODM) y se incluyeron lineamientos para la protección del ambiente y el desarrollo sostenible, un plan estratégico que comprendía ocho objetivos: 1) Erradicar la pobreza extrema y el hambre; 2) Lograr la enseñanza primaria universal; 3) Promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer; 4) Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años; 5) Mejorar la salud materna; 6) Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades; 7) Garantizar la sostenibilidad del ambiente y 8) Fomentar una alianza mundial para el desarrollo (Naciones Unidas, 2000), todas ellas metas que debían ser alcanzadas para el año 2015.

En 2015, las Naciones Unidas hizo un balance de los ODM y encontró razones para ser optimista sobre los esfuerzos, acuerdos y beneficios alcanzados (Naciones Unidas, 2015). El informe final también reconoce desiguales y deficiencias en muchas áreas que indican claramente la necesidad de continuar en una nueva etapa. En consecuencia, tomando en cuenta las tareas pendientes, los ODM se transformaron en los *Objetivos del Desarrollo Sostenible* (ODS), que a partir de enero de 2016 el mundo comenzó a implementar oficialmente con la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. El plan de acción está basado en diecisiete objetivos que abordan los urgentes desafíos globales de los próximos quince años: 1) Fin de la pobreza; 2) Hambre cero; 3) Salud y bienestar; 4) Educación de calidad; 5) Igualdad de género; 6) Agua limpia y saneamiento; 7) Energía asequible y no

contaminante; 8) Trabajo decente y crecimiento económico; 9) Industria, innovación e infraestructura; 10) Reducción de las desigualdades; 11) Ciudades y comunidades sostenibles; 12) Producción y consumo responsables; 13) Acción por el clima; 14) Vida submarina; 15) Vida de ecosistemas terrestres; 16) Paz, justicia e instituciones sólidas y 17) Alianzas para lograr los objetivos (Naciones Unidas, 2016). Es interesante notar que entre los nuevos objetivos se hace mención explícita a la necesidad de una “agricultura sostenible” que tome en cuenta el factor humano, el ambiental, desde el cual la tecnociencia puede contribuir decididamente desde campos como la química verde.

Un aspecto que no se puede pasar por alto son los llamados que desde hace varios lustros viene haciendo el Estado Vaticano en materia ambiental advirtiendo la necesidad de preservar el ecosistema planetario, nuestra “casa común”. La Santa Sede Apostólica es un importante interlocutor internacional que se asesora con expertos ampliamente reconocidos en los diversos campos científicos. Aunque varios pontífices hicieron en el pasado algunas menciones sobre la materia, el primero en hacerlo explícitamente fue el papa Juan Pablo II en el número 8 de la encíclica *Redemptor hominis* de 1979, luego, fue Benedicto XVI quien expresó su preocupación por las crisis del medioambiente en el mensaje “Familia humana, comunidad de paz” de la Jornada Mundial de la Paz de 2008, y en el libro “Por una ecología del hombre” de 2013, y finalmente lo hizo Francisco de una manera mucho más explícita en 2015 con su encíclica *Laudato si’* (Francisco, 2015). El capítulo V de este documento es de orden técnico y marca varias líneas de acción.

Como se puede apreciar, el paradigma del desarrollo sostenible se nutre epistemológicamente de una serie de acuerdos, conferencias e informes auspiciados desde las Naciones Unidas, que se inician con la Conferencias de Estocolmo y Río de Janeiro, tienen un importante desarrollo con el *Informe Nuestro Futuro Común* de 1987 y avanza mediante los diversos protocolos y acuerdos específicos hasta llegar a los ODM 2000-2015 y los ODS 2016-2030. También se contabilizan contribuciones conceptuales que hacen algunas instituciones internacionales como la Santa Sede. Desde un punto de vista metodológico, el paradigma del desarrollo sostenible se nutre de la bioética (Contreras, 2005) y de novedosas áreas científicas como la química verde, que aportan un conjunto valioso de herramientas con las cuales se pueden alcanzar esos propósitos.

## ■ Química verde y agricultura sostenible

Las ciencias hacen permanentemente lectura y relectura de sus paradigmas en un proceso que les permite reafirmar y encontrar soluciones a nuevos problemas. La “cuestión ambiental”, o el factor ambiental, rápidamente fue incorporado al debate (Contreras *et al.*, 2016). En el caso de la química, el asunto era verdaderamente importante, pues esta interviene en prácticamente todos los aspectos de la vida humana (la alimentación, la salud, la industria, las tecnologías, el arte y el hogar y otros). Por esta razón, desde el propio seno de la química se vienen generando significativos cuestionamientos y debates filosóficos (Contreras, 2011). El producto de la discusión sobre el impacto de la química

en el ambiente planetario se conoce como *química verde* (Lancaster, 2002), un área que ha cobrado gran impulso en las últimas tres décadas desde que en EE.UU. se promulgó de la Ley de Prevención de la Contaminación de 1990 y la Oficina de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) asumió el reto de aplicar la legislación y promover proyectos en esta línea de acción.

Para entender la importancia de la química verde en el contexto del desarrollo sostenible debemos comenzar por señalar que se trata de un novedoso enfoque que tiene como base los *doce principios de la química verde* (Anastas, 1998), los cuales podemos resumir así: 1) Disminuir la generación de subproductos en las transformaciones químicas con aplicación de la “economía atómica” (Trost, 1991), métodos catalíticos, fotoquímica o microondas. 2) Reducir el uso de disolventes tóxicos o persistentes en el ambiente, extendido la aplicación de reacciones libres de disolvente. 3) Diseñar procesos químicos basados en materias primas renovables (de origen natural, animal y vegetal) (Secchi *et al.*, 2016), en lugar de derivados del petróleo. 4) Disminuir las emisiones que contaminan el aire, el suelo y las aguas con el uso energías alternativas. 5) Desarrollar protocolos y métodos de monitoreo de la contaminación en tiempo real. Así, podemos decir que la química verde asume las recomendaciones de la Agenda 21, especialmente en los capítulos 19, 21 y 22.

En la práctica, la química verde se plantea adelantar novedosas modalidades de acción respecto de la producción de sustancias químicas empleando la catálisis como pilar fundamental (Anastas, *et al.*, 2001). Es básico el desarrollo de sustancias químicas seguras que cumplan su función sin causar riesgos a la salud o al ambiente, y en cuya manufactura se disminuyan las emisiones utilizando energías alternativas como la energía solar, la eólica o la biomasa (González, 2017).

Finalmente se debe hacer un esfuerzo por desarrollar nuevos métodos de análisis (Wieczerszak *et al.*, 2016) y optimar los existentes a fin de controlar las emisiones tóxicas industriales, así como contar con los mejores indicadores que permitan tomar los correctivos donde sea necesario.

La química verde ha venido contribuyendo con los ODM y ahora puede asumir un papel tanto o más activo en los diecisiete ODS. Paul T. Anastas, un pionero en el área, ha señalado tres campos de acción prioritarios en los que la química verde puede hacer contribuciones especialmente importantes: el tema de agua, de la pobreza y de la alimentación (Anastas *et al.*, 2016).

Los químicos han adelantado varias formas de purificar el agua, por ejemplo, con la osmosis inversa, las membranas y la destilación, tecnologías estas que no son baratas ni asequibles para todo el mundo. En tal sentido, nuevos sistemas basados en métodos que utilizan catalizadores y materiales diseñados sobre principios de la nanoquímica (Contreras *et al.*, 2015) pueden tener éxito en la purificación de afluentes, desalinización y purificación de agua (Sharma *et al.*, 2014) con bajos costos energéticos y mayor accesibilidad para la población.

La química verde también puede contribuir con la disminución de la pobreza de varias maneras, diseñando procesos de producción de bienes y servicios eficientes, utilizando energías alternativas, ecoinnovación o diseño bioinspirado sobre los principios de la biomimética (Benyus, 2002). El sector puede también contribuir concretamente con la distribución de medicamentos, ropa y alimentos, especialmente en países en vías de desarrollo que requieren una ayuda particular y un impulso.

En el campo de la alimentación es importante recordar que la eficiencia en la producción ha mejorado en los últimos cuarenta años; no obstante, el costo ambiental ha sido muy alto, pues para mantener los niveles de producción ha requerido la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos persistentes en el ambiente y que se bioacumulan contaminando suelos, ríos, lagos y océanos. Aquí, la química verde tiene toda un área de acción con el diseño de nuevos métodos de control de cultivos disminuyendo la cantidad o diseñando nuevos agroquímicos (nanoagropartículas: nanobactericidas, nanofungicidas, nanopesticidas (Baker *et al.*, 2017) que sean amigables con el medioambiente (Duhana *et al.*, 2017), (Iavicoli *et al.*, 2017), (Kirchhoff, 2005). En este orden de ideas debemos hacer hincapié en la contribución que la química verde puede hacer a lo que se ha dado por llamar agricultura sostenible.

La agricultura sostenible (Miller, 2007) tiene por lo menos cinco principios que se pueden resumir en dos objetivos de acción fundamentales: 1) Reducir la pobreza de modo que las personas puedan cultivar o comprar los alimentos para subsistir y tener buena salud, lo cual aumenta la resiliencia de los individuos, las comunidades y los sistemas, y 2) Adelantar e incorporar de manera gradual sistemas agrícolas de bajo consumo energético con bajo consumo de agroquímicos y sustituirlos por nuevas metodologías ambientalmente viables e inocuas para la salud humana (de Oliveira *et al.*, 2014). En tal sentido se hace necesario incorporar prácticas como uso de policultivos de rendimiento alto, utilización de fertilizantes orgánicos y control biológico de plagas, irrigación eficiente, cosechas perennes, rotación de cultivos e implementación de subsidios para las prácticas agrícolas sostenibles (FAO, 2015). Asimismo se hace necesario evitar la erosión y salinización del suelo (Imadi *et al.*, 2016), el agotamiento de los acuíferos y la pesca excesiva... la pérdida de biodiversidad.

Es cierto que las cosechas de la agricultura sostenible son en promedio un 20% más bajas que las cosechas cultivadas de manera tradicional (Robertson *et al.*, 2013), pero esto se compensa al no utilizar costosos agroquímicos y obtener precios un poco más altos por sus cosechas. Luego el retorno económico neto por unidad de terreno termina por ser igual o superior a la producción tradicional, y las nuevas oportunidades de empleo pueden ser significativas (Bianco, 2016).

La agricultura sostenible exige mayor investigación y desarrollo en el área estimulando proyectos de investigación multidisciplinarios y haciendo evaluación seguimiento de indicadores (Kanter *et al.*, 2017), proporcionando subsidios a los agricultores que cambien hacia métodos sostenibles y proveyendo de una mayor formación técnica en estas novedosas tecnologías a fin de que se produzca la transición (DeLonge *et al.*, 2016).

El desarrollo de la agricultura sostenible implica evitar el uso de combustibles fósiles y sustituirlos por energías alternativas como la solar, la eólica o biomasa (biorrefinerías) (Chen *et al.*, 2015), (Wasiak, 2017). También significa apoyar el ciclo de los nutrientes al practicar la conservación del suelo y devolverle los residuos de las cosechas y de los animales. Igualmente involucra colaborar con la biodiversidad al tomar en cuenta más variedades vegetales o animales y, por otra parte, al practicar una administración integrada de plagas.

La meta de la agricultura sostenible es llegar a alimentar a la población mundial al mismo tiempo que se proteja y mantenga el ambiente para las futuras generaciones, un aspecto en que la química verde puede hacer aportes significativos para hacer viables los *Objetivos de Desarrollo del Milenio*.

## Conclusiones

El desarrollo sostenible constituye, a partir del último cuarto del siglo XX, uno de los más importantes paradigmas de la modernidad, pues plantea alternativas metodológicas para enfrentar la grave crisis ambiental nacida de las actividades antropogénicas. Desde el área de la química, es a través de la química verde como se llevan a la práctica los criterios de la sostenibilidad, los cuales se manifiestan especialmente en sus doce principios. La química verde puede hacer importantes contribuciones en el tema del manejo de los recursos naturales, la pobreza, la salud y la alimentación. Otra área crucial de acción de los principios de la sostenibilidad se encuentra en la agricultura sostenible, que enfoca esfuerzos en la reducción de la pobreza permitiendo que las personas puedan cultivar o comprar los alimentos para subsistir y tener buena salud, todo lo cual aumenta la resiliencia de los individuos, las comunidades y los sistemas. Por otra parte, la agricultura sostenible persigue incorporar de manera gradual sistemas agrícolas de bajo consumo energético con bajo consumo de agroquímicos y su sustitución por nuevas metodologías ambientalmente viables e inocuas para la salud humana. La agricultura sostenible tiene en la química verde un importante aliado a partir del desarrollo de nuevas sustancias químicas, metodologías y tecnologías amigables con el ambiente. La química verde y la agricultura sostenible constituyen dos pilares que hacen factible los *Objetivos de Desarrollo del Milenio* y la *Agenda 2030 de la Naciones Unidas*.

## Referencias

- Aldunate, C. (2001). *El factor ecológico*. Santiago de Chile: LOM ediciones.
- Anastas, P.T., Zimmerman J. (2016). The Molecular Basis of Sustainability. *Chem*, 1, 10-12.
- Anastas P.T., Kirchhoff M.M., Williamson TC. (2001). Catalysis as a foundational pillar of green chemistry. *Applied Catalysis A: General*, 221, 3-13.
- Anastas, P.T., Warner, J.C., editors. (1998). *Green Chemistry: theory and practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Ashton, T.S. (2001). *La Revolución Industrial*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Baker, S., Volova T., Prudnikova, S.V., Satish, S., Prasad, N. 2017. Nanoagroparticles emerging trends and future prospect in modern agriculture system. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 53, 10-17.
- Benyus, J. (2002). *Biomimicry*. Innovation inspired by Nature. New York: Harper Perennial.
- Bianco, A. (2015). Green Jobs and policy Measures for a Sustainable Agriculture. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 346-352.
- Blum, Ch., Bunke, D., Hungsberg, M., Roelofs, E., Joas, A., Joas, R., Blepp, M., Stolzenberg, H-Ch. (2017). The concept of sustainable chemistry: Key drivers for the transition towards sustainable development. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 5, 94-104.
- Chen, H-G., Zhang, Y-H. (2015). New biorefineries and sustainable agriculture: Increased food, biofuels, and ecosystem security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 117-132.
- Commission on Environment and Development UN. (1987). "Our Common Future". Nueva York: UN.
- Contreras, R.R., Contreras Rosales, D.J. (2016). *Ciencia postmoderna y factor ambiental*. Mérida: Publicaciones del Vicerrectorado Académico ULA.
- Contreras, R.R., Cardozo, E. (2015). Conceptos de nanoquímica. En C. Lárez-Velásquez, S. Koteich-Khatib y F. López-González (Eds.), *Nanotecnología: Fundamentos y Aplicaciones*, (Capítulo 1, pp. 1-28) Mérida: Revista Avances en Química y Departamento de Química – ULA.
- Contreras, R.R. (2012). Una aproximación epistemológica al paradigma del desarrollo sostenible. *Boletín de la Academia de Mérida*, 23, 112-150.
- Contreras, R.R. (2011). Una aproximación a la Filosofía de la Química. *Avances en Química*, 6(3), 107-116.
- Contreras, R.R. (2005). *Bioética: Reto de la postmodernidad*. Mérida: Fundacite Mérida.
- Crutzen, P.J., Stoermer, E.F. (2000). The Anthropocene. *IGBP Newsletter*, 41, 17-18.
- DeLonge, M.S., Miles, A., Carlisle, L. (2016). Investing in the transition to sustainable agriculture. *Environmental Science & Policy*, 55 (Part 1), 266-273.
- De Oliveira, J.L., Ramos Campos, V.E., Bakshi, M., Abhilash, P.C., Fernandes Fraceto, L. (2014). Application of nanotechnology for the encapsulation of botanical insecticides for sustainable agriculture: Prospects and promises. *Biotechnology Advances*, 32(8), 1550-1561.
- Duhana, J.S., Kumara, R., Kumara, N., Kaura, P., Nehrab, K., Duhanc, S. (2017). Nanotechnology: The new perspective in precision agricultura. *Biotechnology Reports*, 15, 11-23.
- Edwards, A. (2010). *The Sustainability Revolution. Portrait of a paradigm shift*. Gabriola Island (Canada); New Society Publishers.

Eichler, A. (1968). *La enseñanza de la conservación en Venezuela*. Mérida: Universidad de Los Andes.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles. Principios y enfoques*. Roma: FAO.

Francisco (2015). *Carta encíclica Laudato si'*. Roma: Tipografía Vaticana.

Gonzalez, M.A. (2017). Introduction to Green and Sustainable Chemistry. *Encyclopedia of Sustainable Technologies, 2017*, 487-495.

Iavicoli, I., Leso, V., Beezhold, D.H., Shvedova, A.A. (2017). Nanotechnology in agriculture: Opportunities, toxicological implications, and occupational risks. *Toxicology and Applied Pharmacology, 329*, 96-111.

Imadi, S.R., Shah, S.W., Kazi, A.G., Azooz, M.M., Ahmad, P. (2016). Phytoremediation of Saline Soils for Sustainable Agricultural Productivity. *Plant Metal Interaction (Emerging Remediation Techniques), 2016*, 455-468.

Jiménez-González, C., Poehlauer, P., Broxterman, Q.B., Yang, B-S., Ende, D., Baird, J., Bertsch, C., Hannah, R.E., Dell'Orco, Ph., Noorman, H., Yee, S., Reintjens, R., Wells, A., Massonneau, V., Manley, J. (2011). Key Green Engineering Research Areas for Sustainable Manufacturing: A Perspective from Pharmaceutical and Fine Chemicals Manufacturers. *Organic Process Research & Development, 15(4)*, 900-911.

Kanter, D.R., Musumba, M., Wood, S.L.R., Palm, Ch., Antle, J., Balvanera, P., Dale, V.H., Havlik, P., Kline, K.L., Scholes, R.J., Thornton, Ph., Tittonell, P., Andelman, S. (2017). Evaluating agricultural trade-offs in the age of sustainable development. *Agricultural Systems, In press*.

Kirchhoff, M.M. (2005). Promoting sustainability through green chemistry. *Resources, Conservation and Recycling, 44*, 237-243.

Lancaster M. (2002). *Green chemistry*. Cambridge UK: Royal Society of Chemistry.

Miller, G.T. (2007). *Ciencia ambiental. Desarrollo sostenible. Un enfoque integral*, Octava edición. México: Thomson Learning.

Morin, E. 2014. *La vía para el futuro de la humanidad*. Barcelona: Paidós.

Naciones Unidas (1972). *Declaración de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. Nueva York: ONU.

Naciones Unidas (1992). *Declaración de Río*. Nueva York: ONU.

Naciones Unidas (2000). *Declaración del Milenio*. Nueva York: ONU.

Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*, Informe 2015. Nueva York: ONU.

Naciones Unidas (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*, Informe 2016. Nueva York: ONU.

Robertson, G.Ph., Harwood, R.R. (2013). Agriculture, Sustainable. *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition), 2013*, 111-118.

Secchi, M., Castellani, V., Collina, E., Mirabella, N., Sala, S. (2017). Assessing eco-innovations in green chemistry: Life Cycle Assessment (LCA) of a cosmetic product with a bio-based ingredient. *Journal of Cleaner Production, 129*, 269-281.

Sharma, R.K., Gulati, S., Puri, A. (2014). Green Chemistry Solutions to Water Pollution. *Water Reclamation and Sustainability, 2014*, 57-75.

Shrader-Frechette, K.S. (1983). Energía nuclear y bienestar público. Madrid: Alianza Editores.

Trost, B.M. (1991). The atom economy: a search for synthetic efficiency. *Science, 254*, 1471.

Vanwalleghem, T., Gómez, J.A., Infante Amate, J., González de Molina, M., Vanderlinden, K., Guzmán, G., Laguna, A., Giráldez, J.V. (2017). Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. *Anthropocene, 17*, 13-29

Wasiak, A.L. (2017). Effect of Biofuel Production on Sustainability of Agriculture. *Procedia Engineering, 182*, 739-746.

Wieczerzak, M., Namieśnik, J., Kudlak, B. (2016). Bioassays as one of the Green Chemistry tools for assessing environmental quality: A review. *Environment International, 94*, 341-361.