

IMPORTANCIA DE LOS BIOINSUMOS AGRÍCOLAS EN LA ECONOMÍA CIRCULAR

Dr. Osmar Thomas Morillo Piña

Reciclajes Industriales S.A. - Armony Sustentable. Santiago, Chile

Correo Electrónico: otmp77@gmail.com y omorillo@armony.cl

Ing. Jorge Parragué Moraga

Red Chilena de Bioinsumos A.G. Santiago. Chile

Correo electrónico: jparrague@rosario.cl

Ing. Luishana Dudamell

Oficina Estatal del Yaracuy del Servicio Desconcentrado de Normalización, Calidad,

Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER), Venezuela.

Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas (UNEFA), Venezuela.

Correo electrónico: luishanadudamellg@gmail.com

RESUMEN

La producción de bienes basados en una economía lineal ha generado un desequilibrio en el planeta. En consecuencia, el mundo enfrenta el desafío de evolucionar hacia un nuevo modelo económico basado en el uso sostenible de los recursos biológicos, aprovechamiento de sus subproductos, reducción de la generación de residuos y la emisión de gases de efecto invernadero. Desde este punto de vista, la Economía Circular promueve la implementación de ciclos productivos donde los recursos naturales, materiales y activos no se agotan, son reciclados, valorizados y reutilizados. Bajo esta perspectiva, se presenta una revisión sobre la importancia que juega los bioinsumos agrícolas en los nuevos sistemas de producción de alimentos basados en los modelos de economía circular, abarcando desde los aspectos de los problemas generados por los programas de fertilización tradicional hasta las tendencias de la agricultura moderna y sus fundamentos en el ecodiseño. La metodología de investigación empleada en la revisión fue de tipo cualitativa, enfocada en el método de investigación de tipo exploratorio descriptivo, en el cual se utilizaron fuentes de información secundarias referentes a la temática de economía circular, desarrollo de bioinsumos y su impacto en el avance de la bioeconomía. En consecuencia, se ha determinado que el deterioro del medio ambiente está llevando a la humanidad a enfrentar el desafío de tomar las acciones pertinentes e inmediatas que permita “conservar el planeta en que vivimos”. La economía circular apunta como modelo económico acorde con los cambios requeridos para poder lograr una sustentabilidad social, económica y ambiental, donde los bioinsumos juegan un papel fundamental dentro de este modelo económico, debido a que sus características se ajustan a las estrategias de ecodiseño y a los sistemas de producción sostenible basado en el método de las 3 Rs: Reducir, Reusar y Reciclar.

Palabras Clave: *biofertilizantes, bioeconomía, economía lineal y ecodiseño.*

Recibido: 15/06/2021

Aceptado: 28/10/2021

Revista In Situ/ISSN 2610-8100/Vol. 5 N°5/ Año 2022.

San Felipe, Venezuela/Universidad Nacional Experimental del Yaracuy, pp 205 - 220.

IMPORTANCE OF AGRICULTURAL BIO-INPUTS IN THE CIRCULAR ECONOMY

Dr. Osmar Thomas Morillo Piña

Reciclajes Industriales S.A. - Armony Sustentable. Santiago, Chile

Correo Electrónico: otmp77@gmail.com y omorillo@armony.cl

Ing. Jorge Parragué Moraga

Red Chilena de Bioinsumos A.G. Santiago. Chile

Correo electrónico: jparrague@rosario.cl

Ing. Luishana Dudamell

Oficina Estatal del Yaracuy del Servicio Desconcentrado de Normalización, Calidad,
Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER), Venezuela.

Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas (UNEFA), Venezuela.

Correo electrónico: luishanadudamell@gmail.com

ABSTRACT

The production of goods based on a linear economy has generated an imbalance on the planet. Consequently, the world faces the challenge of evolving towards a new economic model based on the sustainable use of biological resources, the use of their by-products, the reduction of waste generation and the emission of greenhouse gases. From this point of view, the Circular Economy promotes the implementation of productive cycles where natural resources, materials and assets are not depleted, they are recycled, valued and reused. In this sense, a review is presented on the importance of Agricultural Bio-inputs in new food production systems based on circular economy models, spanning from aspects of problems generated by traditional fertilization programs to trends in modern agriculture and its foundations in eco-design. The research methodology used in the review was of a qualitative type, focused on the descriptive exploratory research method, in which secondary sources of information were used regarding the topic of circular economy, development of Bio-inputs and their impact on the advancement of the bioeconomy. Consequently, it has been determined that the deterioration of the environment is leading humanity to face the challenge of taking the pertinent and immediate actions that allow “conserving the planet on which we live”. The circular economy aims as an economic model in accordance with the changes required to achieve social, economic and environmental sustainability, where bio-inputs play a fundamental role within this economic model, because its characteristics conform to ecodesign strategies and sustainable production systems based on the 3 Rs method: Reduce, Reuse and Recycle.

Keywords: *biofertilizer, bioeconomy linear economy and ecodesign.*

INTRODUCCIÓN

El modelo de producción lineal se encuentra presente en todos los países del mundo. Se fundamenta en la extracción de materias primas vírgenes, producción de bienes y servicios, consumo y generación de desechos (Garabiza, et al., 2021). En este modelo no se considera la reutilización de los productos y termina generándose una masa heterogénea de desechos, materiales biológicos, tecnológicos, entre otros; cuya disposición final son los vertederos sanitarios, incineradores, o incluso son abandonados sin legislación alguna (Falappa et al, 2019).

La producción basada en una economía lineal sumado al aumento de la población mundial ha provocado la sobreexplotación de los suelos, consumo indiscriminado del agua, aumento en la generación de residuos, incremento en el consumo de energía y constantes cambios tecnológicos, siendo estos factores los principales causantes de la contaminación de la atmósfera y el agua, desertificación de la tierra y la degradación de los suelos. Estas alteraciones han desequilibrado el planeta, disminuyendo la biodiversidad, aparición de plagas resistentes a los insecticidas, variabilidad en los ecosistemas, cambio climático, riesgo de la seguridad alimentaria e incremento en la vulnerabilidad de algunas regiones, (Hodson de Jaramillo (2018, p. 189), Agencia Europea de Medio Ambiente (2019, p. 7); Martinich y Crimmins (2019, p. 399).

Por otro lado, la demanda mundial de alimentos sigue en rápido crecimiento, exigiendo la implementación de modelos de producción agrícola más eficientes que permitan suplir las necesidades alimentarias en aumento. Existe la necesidad de intensificar la producción agrícola de manera sostenible mediante la implementación de agro-biosistemas eficientes que tomen en cuenta la diversidad del agroecosistema y su potencial para mitigar los impactos negativos de la baja fertilidad del suelo, estrés abiótico y a la aparición de agentes patógenos y plagas, Bargaz *et al.* (2018, p. 2).

El problema de la seguridad alimentaria a nivel mundial ha fomentado el desarrollo de tecnologías innovadoras y eficientes dirigidas a maximizar la producción intensiva de alimentos bajo sistemas de agricultura sustentable; sistemas de riego inteligentes, fertilizantes de liberación controlada, programas integrados de fertilización, control biológico de enfermedades, sistemas avanzados de imágenes para el monitoreo y aseguramiento de la productividad de los cultivos agrícolas (Redagrícola, 2018) y productos biotecnológicos a partir de la microbiología agrícola, categorizados de acuerdo a sus funcionalidades biológicas y efecto sobre los cultivos agrícolas, Bargaz (citado).

En consecuencia, el mundo enfrenta el desafío de evolucionar hacia un nuevo modelo económico basado en el uso sostenible de los recursos biológicos, aprovechamiento de sus subproductos, reducción de la generación de residuos y gases de efecto invernadero, Hodson de Jaramillo (citado). Según la UC Davis y al Equipo Cadenas de Valor Más Sustentables [CAV+S] (2019), la Economía Circular promueve la implementación de ciclos productivos donde los recursos naturales, materiales y activos no se agotan, son reciclados, valorizados y reutilizados (figura 1).

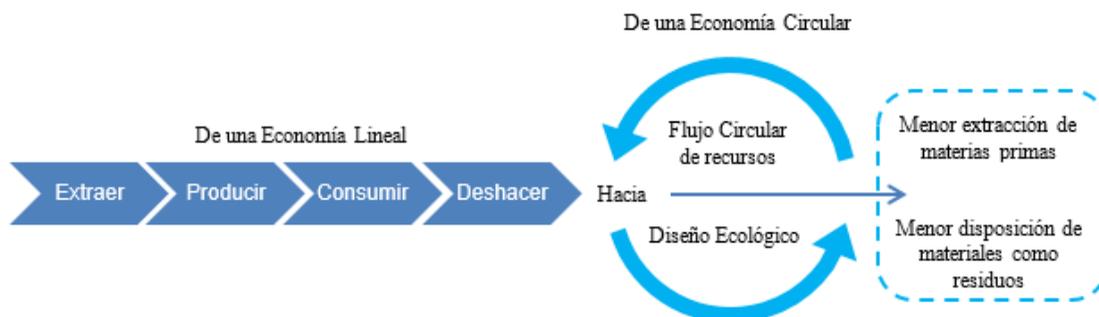


Figura 1. Transición de la economía lineal a una circular. Fuente: UC Davis y CAV+S, 2019.

La Economía Circular tiene un enfoque particular en el sector agroalimentario, por su importancia en la seguridad alimentaria y nutricional de todo el mundo y por los factores externos asociados al uso de suelos, consumo de agua y generación de gases de efecto invernadero UC Davis y CAV+S (citado). Se fundamenta en la agricultura sustentable, cuyo concepto se refiere a la producción agrícola apoyada en la conservación de los recursos naturales elementales: suelo, agua y biodiversidad (Mamani de Marchese y Filippone, 2018).

Una alternativa en el esquema de manejo de los cultivos modernos, es el uso de bioinsumos, representan una opción económicamente atractiva y ecológicamente aceptable. Este principio basado en la economía circular, está sentando las bases a través de normativas y legislaciones que permiten el desarrollo sustentable de nuevos productos a través del ecodiseño, el cual busca integrar a través de la UNE-EN ISO 14006:2011, el enfoque del ciclo de vida del producto, análisis de requisitos ambientales de las partes interesadas y la evaluación ambiental de los productos. En este sentido, se presenta una descripción cualitativa sobre la importancia del papel que juegan los bioinsumos agrícolas dentro de los nuevos modelos de producción agrícola fundamentados en los principios de la economía circular, abordando aspectos que van desde el impacto ambiental de la economía lineal, los problemas generados por los programas de fertilización tradicional hasta las tendencias de la agricultura moderna y sus fundamentos en el ecodiseño.

METODOLOGÍA

La metodología de investigación empleada en la presente revisión, es de tipo cualitativa, enfocada en el método exploratorio descriptivo, en el cual se utilizaron fuentes de información secundaria, identificadas acerca de la temática de economía circular, desarrollo de bioinsumos y bioproductos, y su impacto en el avance de la bioeconomía. En esta revisión bibliografía, se han tomado en consideración reportes de investigaciones y desarrollos realizados a lo largo de la evolución de la economía circular, principalmente, aquellos provenientes de Europa, por ser la región más avanzada en el tema.

DESARROLLO

Impacto del modelo de economía lineal sobre los recursos naturales

La naturaleza ha provisto todo lo necesario para construir la sociedad humana con-

temporánea, nuestra salud, alimentos y seguridad, nuestra actividad económica depende en último término de la biodiversidad de la naturaleza (WWF, 2018, pp. 6-9). De acuerdo a Falappa et al. (2019), el impacto del modelo de economía lineal sobre el consumo de los recursos naturales a nivel mundial, se describen a través de los siguientes índices:

- ▶ Disminución general del 60% en las poblaciones de especies entre 1970 y 2014.
- ▶ Desaparición del 20% de la Amazonía en los últimos 50 años.
- ▶ Perdido del 50% de los corales de aguas someras en los últimos 30 años.
- ▶ Reducción del 83% de las poblaciones de agua dulce, desde 1970.
- ▶ Disminución del 89% de las poblaciones de especies en Centro y Sudamérica.
- ▶ Disminución del 22% del área de hábitat para mamíferos entre 1970 y 2010.

Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015), señala que el 33 % de la tierra sufre una degradación entre moderada y alta debido a la erosión, salinización, y contaminación química de los suelos. El uso ineficiente de agua para la agricultura está agotando los acuíferos, reduciendo los caudales de los ríos, degradando los hábitats naturales, además el uso inapropiado de fertilizantes y plaguicidas ha dado lugar a contaminación del agua. Por otro lado, parte de la diversidad genética del mundo se ha reducido hasta un 75 %, y un segmento está “condenado a la extinción” (p.10).

La agricultura contribuye significativamente al cambio climático, siendo responsable de una parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, además de las emisiones registradas por la producción de fertilizantes, herbicidas, plaguicidas y el consumo de energía para labranza, riego, fertilización y cosecha (FAO, 2015, p.10). Sin embargo, el impacto de la agricultura está íntimamente relacionado con el modelo de agricultura implementado. En este sentido, la ONAC, (2021), indica que el modelo de agricultura empresarial caracterizado por el monocultivo intensivo y uso extensivo de productos químicos, es uno de los sectores responsables de encaminar el planeta hacia el colapso, mientras la agricultura familiar campesina convive con la naturaleza, cuida la vegetación terrestre y contribuye a la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Contaminación por exceso de fertilización y las soluciones sintéticas

La principal consecuencia de la sobreexplotación de los suelos es la contaminación, generalmente producida por las malas prácticas agrícolas, principalmente por la aplicación de dosis de fertilizantes químicos superiores a los recomendados, uso de pesticidas sintéticos de baja calidad o uso de agroquímicos prohibidos por la legislación ambiental. La contaminación por fertilizantes se produce cuando los excesos de nitrógeno y fosfatos se infiltran en las aguas subterráneas o son arrastrados a cursos de agua, provocando la eutrofización de lagos, embalses, estanques y la sobrepoblación de algas que suprimen otras vidas acuáticas. También pueden ser eliminados por el viento, aproximadamente el 16% del amoníaco que contamina el ambiente, proviene de los fertilizantes minerales y representa una de las causas principales de la lluvia ácida que dañan los ecosistemas. Se estima que casi la mitad del nitrógeno aplicado se pierde por volatilización y entre un 5 a 10 % por infiltración (FAO, 2002); más del 60% de los fertilizantes aplicados anualmente en todo el mundo son productos a base de nitrógeno (Redagráfica, 2017).

Frente a este problema, la industria química ha desarrollado una gama de productos que buscan aumentar la eficiencia de la fertilización química y minimizar el impacto

ambiental. Entre ellos destacan los “Fertilizantes de Eficiencia Potenciada”, los de mayor uso están formulados de la siguiente forma:

a) Con Recubrimiento, para la liberación controlada de los nutrientes al suelo. Estos productos son diseñados con una tasa de liberación de nutrientes más baja que los fertilizantes convencionales. La tecnología se fundamenta en aplicar una cubierta sobre el fertilizante soluble para controlar su tasa de disolución. Por lo general, se utilizan polímeros para el recubrimiento, pueden ser de diferente grosor, grados de permeabilidad y porosidad. La tasa de liberación varía en función de la naturaleza y grosor del polímero, así como las condiciones de aplicación.

b) Fertilizantes de Liberación Postergada, es un compuesto de baja solubilidad que requiere ser transformada a formas más solubles para liberar los nutrientes. Los más utilizados son los producidos a partir de la reacción de urea con formaldehído (UF), isobutilideno (IBDU) y crotonilideno (CDU). La composición de estos productos varía de acuerdo a la relación entre urea/formaldehído o alquenos, y las condiciones de fabricación.

c) Fertilizantes con Inhibidores, bloquean o desaceleran los procesos que transforman el fertilizante para minimizar las pérdidas. Dentro de este grupo están los “Inhibidores de la Nitrificación”, que tienen un efecto bactericida o bacteriostático frente a las bacterias Nitrosomonas, retardando la oxidación del amonio, controlando la lixiviación de los nitratos al mantener el nitrógeno en la forma de amonio por mayor tiempo. Otros son los “Inhibidores de la Enzima Ureasa”, ampliamente utilizados en la reducción de la tasa de hidrólisis de la urea en el suelo, minimizando las pérdidas por volatilización de amonio y maximizando la eficiencia del nitrógeno ureico al eliminar la volatilización en la atmósfera por un período de tiempo determinado (Morales et al., 2019) y Redagrícola (citado).

Otra alternativa para mejorar la eficiencia de la fertilización son los “Nanofertilizantes”. Son productos diseñados para proporcionar mayor área de superficie y mayor disponibilidad de nutrientes. Se obtienen a partir de la síntesis o de la modificación del tamaño de los fertilizantes tradicionales (Meena, et al., 2017). A pesar de estos desarrollos tecnológicos, la tendencia en la agricultura moderna está orientada a la aplicación de los fertilizantes sintéticos en combinación con microorganismos benéficos y sus metabolitos para reducir la dosis de fertilizante sintético, potenciar la producción, con un impacto ambiental sustancialmente menor y, en consecuencia, reducir significativamente la contaminación por exceso de fertilización, Bargaz (citado).

Los Bioinsumos y la agricultura moderna

Los productos biotecnológicos a partir de la microbiología del suelo, se fundamentan en la interacción benéfica entre las plantas y los microorganismos, que mejora de manera sostenible los rendimientos en los cultivos agrícolas. Los avances en genómica, bioquímica, ecología e interacciones simbióticas de microorganismos del suelo (microbiología agrícola), han impulsado el desarrollo y comercialización de productos de origen microbianos con funcionalidades biológicas específicas y con efecto benéficos sobre los cultivos agrícolas. Generalmente, las formulaciones a base de microorganismos, se pueden clasificar en cuatro tipos, según su funcionalidad biológica: (1) bacterias fijadoras de nitrógeno, (2) microorganismos movilizadores/solubilizadores de fósforo, (3) Aceleradores de compostaje, y (4) Bioplaguicidas. A esta clasificación se le suma otro grupo de microorganismos que contribuyen en la mejora de los cultivos, a través de la producción de compuestos utilizados por las plantas como las fitohormonas, sideróforos, aminoácidos, polisacáridos, entre otros, Bargaz (citado).

A estos productos biológicos de origen microbiano y otros derivados de los metabolitos de plantas y los microorganismos, se les denomina bioinsumos, comercialmente vienen en diferentes formulaciones y pueden también ser clasificados como: biopesticidas (para el control de plagas), bioestimulantes (estimulan el crecimiento de las plantas) y biofertilizantes (ayudan a la captación de nutrientes). Son de naturaleza biodegradables y poseen baja o nula toxicidad para las personas y el ecosistema (Muñoz y Sepúlveda, 2018).

De acuerdo a la Red Chilena de Bioinsumos A.G. (2017):

Un bioinsumo es un producto basado en sustancias, agentes biológicos o mezcla de éstos, de origen natural, que se aplican sobre plantas, semillas, suelo o sustrato para favorecer la productividad, calidad y salud de las plantas, suelos y/o sustratos. Pueden tratarse de microorganismos, macroorganismos, extractos biológicos o biomoléculas naturales y sus equivalentes.

Se clasifican en biofertilizantes, bioestimulantes, controladores biológicos y biomejoradores.

Los biofertilizantes, son aquellos preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas, fijadoras de nitrógeno, hongos micorrízicos, hongos solubilizadores de fósforo, y en general microorganismos potenciadores de diversos nutrientes o productores de sustancias activas, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimiladas por las plantas o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos Ministerio de Agricultura de Chile (2018, p.4).

Los biofertilizantes debido a sus diversas características y propiedades son ampliamente utilizados en la agricultura tradicional y en especial en la orgánica.

Los bioestimulantes, al igual que los biofertilizantes, también juegan un papel importante dentro en la agricultura moderna y, por ende, en la economía circular. Son de acción más específica que los biofertilizantes, ya que están formulados a partir de un agente biológico, sustancia o mezcla de éstos, actuando directamente sobre los mecanismos de las plantas, mejorando la absorción de nutrientes y su desarrollo. En la actualidad, Europa desarrolla el Proyecto Bioefectors, donde desarrollan bioinsumos a partir de bioefectores microbianos y no microbianos como el extracto de algas; los experimentos realizados a diferentes escalas, se han enfocado especialmente en la mitigación del estrés abiótico en condiciones de sequía, salinidad y estrés por frío (Neumann, 2017).

Los controladores biológicos son otro grupo importante de bioinsumos. Un ejemplo son los bioplaguicidas, sustancias, agentes biológicos o mezcla de ellos que destruyen una plaga o patógeno vegetal, Red Chilena de Bioinsumos A.G.(citado). Actualmente, el mercado mundial de bioplaguicidas microbianos se encuentra dominado por los de origen bacteriano, seguidos por los hongos (Figura 2). Sin embargo, en América Latina el mercado es diferente, los bioplaguicidas microbianos a base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) y de hongos

(micoplásmicas) son los de mayor consumo (40,43% y 48,16%, respectivamente).

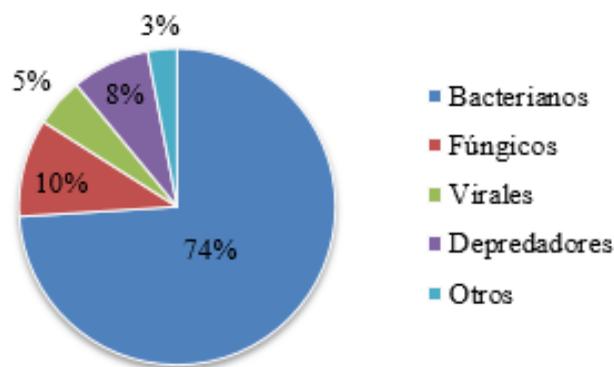


Figura 2. Composición del mercado global de biopesticidas (Bautista. *et al.*, 2018).

Las especies de hongos del género *Trichoderma* spp, son ampliamente utilizados en el control biológico, pueden crecer sobre las raíces de las plantas y controlar los patógenos responsables de la pudrición de raíces. Algunas especies producen compuestos antifúngicos que actúan degradando las hifas o inhibiendo la germinación de esporas de otras especies de hongos patógenos. Dentro de los biopesticidas se incluyen también compuestos que tienen un efecto directo sobre el organismo atacante, por un efecto antimicrobiano, insecticida, o nematocida. Algunas bacterias PGPR (siglas en inglés de promotoras de crecimiento vegetal), principalmente, las especies de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas*, producen una amplia variedad de compuestos antibacterianos y antifúngicos, como las subtilisinas, bacilisina y micobacilina, entre otros.

El impacto del uso de los controladores biológicos va más allá del control de patógenos, extendiéndose al ámbito ecológico, ambiental y en la salud humana. Un correcto manejo de estos bioinsumos no afecta a organismos benéficos, depredadores naturales ni a polinizadores de un determinado ecosistema, mientras que los insecticidas y plaguicidas químicos sí, debido a su inespecificidad y además su continua aplicación puede inducir a la aparición de organismos resistentes. Los biopesticidas y biocontroladores no tienen efecto residual, mientras que la estabilidad de los compuestos activos de los agroquímicos para el control de plagas y enfermedades es bastante alta, manteniéndose en el ambiente, generando contaminación en los ríos, la napa freática, en el aire y en el suelo, provocando desequilibrio en los ecosistemas. Por otro lado, tienen efectos sobre la salud humana, relacionados a la contaminación de los alimentos, su producción industrial y a la forma de uso en los campos.

El Compost y la Economía Circular

Los subproductos y/o residuos agroindustriales cuando no son tratados adecuadamente, constituyen un problema serio para el ambiente, provocan rápido incremento de la polución y la contaminación, generando crecientes problemas de salud, degradación y destrucción de ecosistemas esenciales y degeneración de funciones críticas de la biosfe-

ra. El mal manejo aumenta la proliferación de vectores epidémicos, emisión de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, NO₂), rápida disminución de la biodiversidad, con pérdida de patrimonio genético, creciente inestabilidad de los ecosistemas y riesgo para la cadena alimentaria (Mejías, et al., 2016).

El compostaje se utiliza como una línea principal de acción en el manejo de estos residuos, se ha convertido en una estrategia para la gestión sostenible, debido a que permite transformar los residuos en recursos, con la obtención de valor añadido a nivel energético, fertilizante, medioambiental y se viene implementando y adoptando desde el sector civil hasta gubernamental. El impacto ha sido tal, que está dentro de las tendencias estratégicas para combatir el Cambio Climático a través de la reducción de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y la captura de CO₂ (Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 2018 y Red Española de Compostaje s/f). El compost representa el bioinsumo de mayor impacto dentro de la economía circular, no solo por sus beneficios como biofertilizantes entre los cuales se tiene: optimización de dosis de fertilizantes sintéticos, inducir el crecimiento e incrementar de las defensas de las plantas contra factores bióticos o abióticos, sino también por su impacto ambiental en la elaboración y beneficios al suelo.

Los estudios reportan que la disminución del uso de fertilizantes y la disminución de la erosión del suelo por aplicación de compost, evitan la emisión de 0,15 TCO₂ eq/Tonelada de compost respectivamente. Por otro lado, la incorporación de materia orgánica, ácidos húmicos y fúlvicos, entre otros compuestos, mejora las condiciones del suelo y contribuye al aumento de secuestro de carbono en el suelo, siendo entre 1,8 – 5,3 veces más eficiente si se compara con el carbono secuestrado cuando determinados residuos son tratados en vertederos (tabla 1).

Tabla 1. Carbono Secuestrado por aplicación de compost (tCO₂ eq/toneladas residuo)

Tipo de residuo	Depósito en vertedero	Aplicación del compost			Total
		Aplicación en el suelo	Disminución de la erosión	Disminución uso de fertilizante	
Desechos alimentarios	0,064	0,26	0,04	0,04	0,342
Mezcla de residuos sólidos urbanos	0,191	0,26	0,04	0,04	0,342

Fuente: Propia.

La elaboración de compost representa uno de los pilares fundamentales de la economía circular, además del impacto ambiental *per se* que representa la valorización de los residuos se le atribuye una reducción de 50 – 225 veces las emisiones de metano, si estos residuos (Alimentario, de jardín y mezclas de residuos sólidos urbanos) fueran tratados en rellenos sanitarios (Environmental Protection Agency, 2015).

Implementación de la economía circular en América Latina

El modelo de economía circular en América Latina tiene una baja participación internacional en producción científica y de iniciativas de políticas públicas, además de la complicada situación medioambiental inherente a la explotación de recursos naturales para abastecer los mercados nacionales e internacionales, causando excesivos niveles de

contaminación y de desechos, este último está cuantificado en 540.000 toneladas diarias y se estima que para el 2050 se produzcan 671.000 toneladas cada día (Garabiza, et al., 2021).

A los efectos de alcanzar un verdadero desarrollo en materia de economía circular en América Latina, es necesario modificar las políticas públicas, las regulaciones, los sistemas de gestión, las finanzas públicas, las inversiones, los sistemas de financiamiento y las capacidades individuales (CEPAL, 2021). En la región, los países que lideran la implementación de políticas públicas en materia de economía circular son Chile, Perú, Argentina, Costa Rica, Colombia. (Garabiza, citado). Dentro de las iniciativas implementadas en la región destacan: la creación de normas sobre el uso de los insumos a lo largo del ciclo de producción (eficiencia, compatibilidad y reciclabilidad); fortalecimiento de la responsabilidad extendida del productor; fomento de la innovación; sensibilización de los consumidores sobre el impacto ambiental de su consumo y la generación de desechos; introducción de sistemas de ecoetiquetado; actualización de las leyes del consumidor y el impulso a la inversión en los sistemas de gestión de residuos (CEPAL, 2021).

Ecodiseño y la sustentabilidad ambiental

El modelo de economía circular implica una nueva modalidad de hacer productos desde su mismo origen, atendiendo al crecimiento económico de la sociedad y la sustentabilidad ambiental, (Prieto, et al., 2017). Tiene como objetivo, generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así, el desarrollo sostenible apoyado en el principio de las 3 Rs (Reducir, Reusar, Reciclar), aplicable a todo el ciclo de vida de los productos, (Yuan, et al., 2008) y en estrategias de diseño sostenible.

En la actualidad, muchos países implementan la economía circular como un enfoque de modelo de gestión. Lett (2014), afirma que “promueve el crecimiento de la economía con sustentabilidad ambiental, innovando las acciones del sistema lineal para alcanzar eficiencia en el reciclaje, la reutilización y la valoración de los residuos” (p.2). Bajo este escenario, las estrategias de diseño sostenible como la de *Cradle to cradle* (C2C) propuesta por McDonough y Braungart (2002), son importantes porque facilitan que los productos y servicios puedan ser reintroducidos al sistema como recursos biológicos o técnicos, es decir, que actúan como catalizadoras del funcionamiento de la economía circular, Prieto et al. (citado).

Sumado a lo expuesto, está el Estado como fuente reguladora de las bases estratégicas para la conservación del medio ambiente, debe adoptar un papel significativo mediante la implementación y la auditoría de normativas y legislaciones, para motivar a las empresas y a la población a sumarse a los procedimientos de reciclaje e involucrarse en políticas ambientales, donde la normalización tiene un papel importante para alcanzar los objetivos que establece el modelo de la economía circular, Balboa y Domínguez (2014).

La filosofía de diseño *Cradle to cradle* (C2C), representó el impulso para la aplicación de la economía circular al mundo del ecodiseño y la producción industrial, Balboa y Domínguez (citado). Basados en este concepto surge la norma UNE 150301:2003 Gestión Ambiental del Proceso de Diseño y Desarrollo, Ecodiseño. Esta norma específica los objetivos de diseño y desarrollo de los productos y/o servicios de una organización, para establecer una sistemática de mejora continua de sus productos y/o servicios desde el diseño y desarrollo, a través de un sistema de gestión ambiental.

Basados en esta norma surge la Norma Internacional ISO 14050:2009 *Gestión Ambiental, Vocabulario*, donde se incluyen en su apartado 6.3, la primera definición de “ecodiseño: conjunto de procesos que transforma los requisitos en características específicas o en la especificación de un producto” (p.14). A lo largo de la implementación de las normas y legislaciones surge la necesidad de desarrollar una norma técnica aplicada a diseñar productos sin desechos que logrará el seguimiento durante todo el desarrollo de la gestión ambiental cumpliendo con el objetivo del modelo C2C, el cual está dividido en dos componentes, el primero, los nutrientes biológicos son biodegradables, se introducen en la naturaleza después que su valor de uso ya no sea rentable y el segundo, los componentes técnicos de los productos se diseñaron para poder ser ensamblados y desmontados un gran número de veces, y favorecer la reutilización de materiales y el ahorro energético.

Cumpliendo con estos requisitos el Comité Técnico ISO/TC 207 *Gestión Ambiental*, subcomité SC 1 *Sistemas de gestión medioambiental*, con la participación de representantes de los organismos nacionales de normalización y representantes del sector empresarial de Argentina, Bolivia, Chile, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, España, Estados Unidos de Norteamérica, México, Perú, República Dominicana y Uruguay y representantes de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) y del Instituto Latinoamericano de la Calidad (INALAC). Se integran para desarrollar la norma UNE-EN ISO 14006:2011 *Sistemas de Gestión ambiental, Directrices para la incorporación del ecodiseño*. Esta norma internacional incorpora la información necesaria para establecer los procesos y procedimientos apropiados para implementar el ecodiseño de manera estructurada y gestionada manteniendo el enfoque de un ambiente sostenible (figura 3).

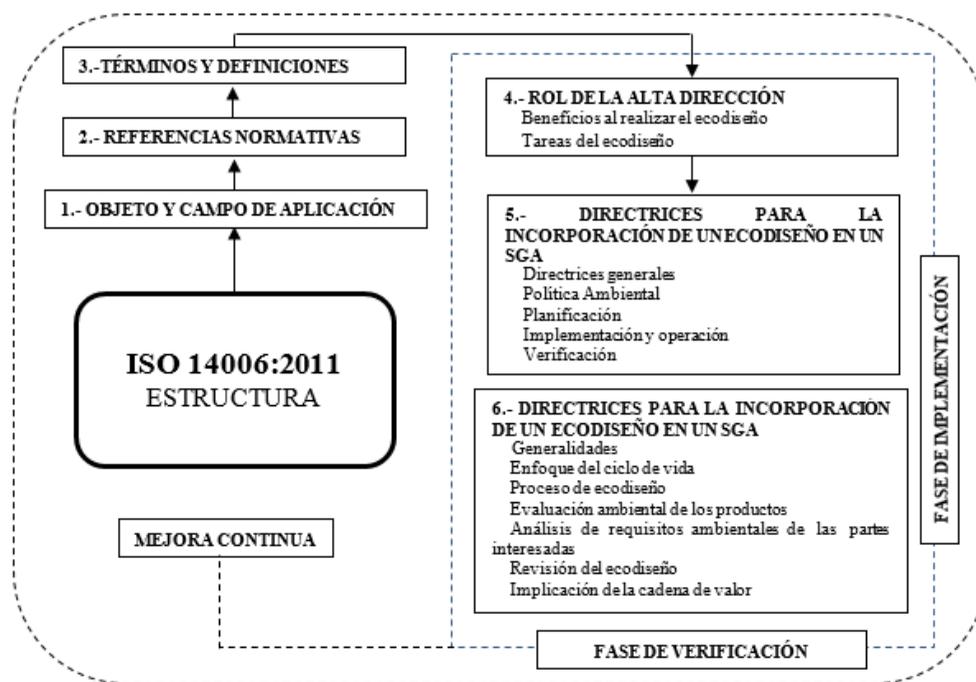


Figura 3. Esquema de la Estructura de la Norma ISO 14006:2011. *Sistemas de Gestión ambiental, Directrices para la incorporación del Ecodiseño*. Elaborado a partir de la Norma UNE-EN ISO Norma ISO 14006:2011.

En este marco la aplicación y seguimiento a través de normas internacionales de gestión ambiental da un paso al desarrollo de la bioeconomía, la cual se presenta como un modelo para alinear el desarrollo social y económico con el cuidado del medio ambiente, al promover factores relevantes para varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), Graziani (2018). Ofreciendo alternativas y respuestas concretas a las presiones productivas y ambientales del mundo abriendo camino a la industrialización eficiente y sustentable de la biomasa. Permitiendo no solo aprovechar el conocimiento y la tecnología, sino también posibilita utilizar los procesos y principios biológicos en los procesos productivos y de transformación actual que, lejos de atenuarse, en las próximas décadas se incrementarán. Frente a este contexto, se presentan grandes oportunidades para las empresas dedicadas a la reutilización o reciclaje, en especial, aquellas que utilizan la biotransformación como medio de aprovechamiento de residuos o subproductos. Esto permite formular nuevos modelos de productos como biofertilizantes, bioestimulantes, mejoradores de suelos, entre otros; basados en el control y seguimiento bajo los estándares de calidad e incorporando el seguimiento de la sustentabilidad ambiental como prioridad en los ecodiseños, logrando así, el desarrollo de ventajas competitivas a través del conocimiento, motivación y capacidad de innovación, apoyados en la investigación e involucrando profesionales experimentados en diversas temáticas (ingenieros, tecnólogos, microbiólogos, arquitectos, ecólogos, sociólogos y educadores, entre otros).

CONCLUSIONES

Finalmente, podemos decir que la humanidad tiene el desafío de tomar las acciones pertinentes e inmediatas que nos permitan “conservar el planeta en que vivimos”. La economía circular apunta como modelo económico acorde con los cambios requeridos para una sustentabilidad social, económica y ambiental; es allí, donde los bioinsumos juegan un papel fundamental dentro de este modelo económico. Los estudios e investigaciones han demostrado que son una alternativa efectiva y ecológicamente viable para sustituir parcial o totalmente los agroquímicos utilizados en la agricultura. El desarrollo de sistemas agroalimentarios sustentables es una necesidad básica y en cuyo futuro está en manos de una agricultura moderna fundamentada en el uso de los bioinsumos.

En este sentido, esta revisión da un impulso para comprender a la economía circular a través del campo de acción que abarca el ciclo de vida que deben tener los productos desde que son extraídos hasta que son recuperados. Tomando en cuenta que, para lograr un cambio significativo en función del problema global, debemos lograr el desarrollo sostenible, y cerrar los ciclos de energía y materiales para hacer uso intensivo de los recursos que están disponibles, basados en modelos de ecodiseño para el desarrollo de bioinsumos que mitigan el impacto en el ambiente.

Actualmente, los avances normativos y legislativos reflejan estrategias de Estado que permiten vislumbrar que la Economía Circular va encaminada hacia la consolidación, para convertirse en una estrategia de desarrollo sostenible de largo alcance en el desarrollo social, económico y ambiental, en países latinoamericanos, que ofrece sugestivas posibilidades para lograr crecimiento económico con sostenibilidad ambiental y mejor sentido de comprensión que resulta clave para su adecuada implementación.

REFERENCIAS

- Agencia Europea de Medio Ambiente (2019). El medio ambiente en Europa Estado y perspectivas 2020 Resumen ejecutivo. <https://www.eea.europa.eu/es/publications/el-medio-ambiente-en-europa>
- Balboa, C. H., Domínguez S. M. (2014). Economía Circular, marco para el Ecodiseño: modelo ECO III. *Informador Técnico*, 78(1), 82 – 90. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4881026>
- Bargaz, A., Lyamlouli K., Chtouki M., Zeroual y Dhiba D. (2018). Soil Microbial Resources for Improving Fertilizers Efficiency in an Integrated Plant Nutrient Management System. *Frontieris in Microbiology*, 9(1606), 1-25. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01606>
- Bautista, E., Mesa, L., y Gómez M. (2018). Alternativas de producción de bioplaguicidas microbianos a base de hongos: el caso de América Latina y El Caribe. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 585 - 604. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.15>
- Comisión Económica Para América Latina y el Caribe [CEPAL] (2021). Avances hacia una economía circular en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades para lograr un estilo de desarrollo más sostenible y bajo en carbono. Virtual, Chile - 23 Jun 2021. doi: <https://www.cepal.org/es/eventos/avances-economia-circular-america-latina-caribe-desafios-oportunidades-lograr-un-estilo>
- Falappa, M., Lamy, M., y Vázquez, M. (2019). De una Economía Lineal a una Circular, en el siglo XXI, Análisis realizado en la sociedad mendocina, Mendoza, Argentina.
- FAO (2002). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido (1). Recuperado de <https://biblioteca.hegoa.ehu.eus/registros/14025>.
- FAO (2015). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La protección social y la agricultura: romper el ciclo de la pobreza rural. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i4910s/i4910s.pdf>.
- Graziani, P. (2018). Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: Oportunidades en América Latina. Banco de Desarrollo de América Latina (CAF).
- Garabiza, B., Prudente, E., y Quinde, K. (2021). La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador: Estudio de caso. *Revista Espacios*, 42 (02), 222 – 237. doi: 10.48082/espacios-a21v42n02p17
- Hodson de Jaramillo, E. (2018). Bioeconomía: el futuro sostenible. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 42(164), 188-201. <http://doi.org/10.18257/raccefyn.650>.
- ISO 14050:2009. Gestión Ambiental, Vocabulario. Tercera Edición (febrero 2009). Lett Lina A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Revista Argentina de Microbiología*. 46(1), 1-2. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=213030865001>

- Mamani de Marchese, A., y Filippone, P. (2018). Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 38(1), 9- 21.
- Martinich, J., and Crimmins, A. (2019). Climate damages and adaptation potential across diverse sectors of the United States. *Nature Climate Change*, 9, 397 – 404. <http://doi.org/10.1038/s41558-019-0444-6>
- McDonough W. y Braungart M. (2002). *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. North Point Press.
- Meena, S., Gautam C., Patidar, O., Meena, H., Prakasha, G., y Vishwajith (2017). Nano fertilizers is a new way to increase nutrients use efficiency in crop production. *International Journal of Agriculture Sciences*, 9(7), 3831-3833. <https://www.researchgate.net/publication/344318260>
- Mejías, N., Orozco E., y Galán, N. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27 – 41. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num6/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N6_4.pdf
- Ministerio de Agricultura de Chile (2018, 13 de septiembre). Resolución 5391 Exenta. Servicio Agrícola y Ganadería (SAG). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar/imprimir?idNorma=1123025&idVersion=2018-09-13>
- UC Davis Chile y Equipo Cadenas de Valor Más Sustentables (2019). Estudio de Economía Circular en el Sector Agroalimentario Chileno., Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/estudios/estudio-de-economia-circular-en-el-sector-agroalimentario-chileno>
- Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile (2018, diciembre). Compostaje: Una tendencia para combatir el Cambio Climático. <https://mma.gob.cl/compostaje-una-tendencia-para-combatir-el-cambio-climatico-2/>
- Morales, E., Rubí, M., López J., Martínez A., y Morales, E. (2019). Ensayo. Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1875 – 1886. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7230619>
- Muñoz, P., y Sepúlveda, G. (2018, 16 de agosto). Bioinsumos del desierto. <https://www.mundoagro.cl/bioinsumos-del-desierto/>
- Neumann, G. (2017). Bio-effectors for alternative plant nutrition strategies: practical aspects for successful applications in crop production. *International Plant Nutrition colloquium*, 51(1), 31-52. http://opus.unihoenheim.de/volltexte/2020/1751/pdf/BIOFECTOR_ProjectBuch3.2docx.pdf.
- (ONAC, 22 abril, 2021). La agricultura empresarial calienta el planeta y la agricultura familiar campesina enfría el planeta. Recuperado de <https://coprofam.org/2021/04/22/la-agricultura-empresarial-calienta-el-planeta-y-la-agricultura-familiar-campesi->

na-enfria-el-planeta/

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2002). Perspectivas para el medio ambiente. Agricultura y medio ambiente. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido. <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s00.htm>
- Prieto, V., Jaca C., y Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. Memoria Investigaciones en Ingeniería, 15, 85-95. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6296083>
- Red Chilena de Bioinsumos A.G: (2107, 15 de diciembre). Bioinsumos agrícolas. <https://bioinsumos.cl/que-son/>
- Redagrícola (2017, marzo). Nutrición. Nitrógeno, el motor de crecimiento de las plantas. Novedades en Fertilizantes Nitrogenados. <https://www.redagricola.com/cl/novedades-fertilizantes-nitrogenados/>
- Redagrícola (2018, diciembre). Información satelital para la agricultura nacional. Plataforma agrícola satelital (PLAS). <https://www.redagricola.com/cl/plataforma-agricola-satelital-plas/>
- UNE 150301:2003. Gestión Ambiental del Proceso de Diseño y Desarrollo, Ecodiseño. Primera edición (junio 2003)
- UNE-EN ISO 14006:2011. Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño. (Octubre 2011).
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2015). Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM). Recuperado de <https://www.epa.gov/warm/documentation-chapters-greenhouse-gas-emission-energy-and-economic-factors-used-waste-reduction>.
- UC Davis Chile y Equipo Cadenas de Valor Más Sustentables [CAV+S] (2019). Estudio de Economía Circular en el Sector Agroalimentario Chileno., Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Recuperado de <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/estudios/estudio-de-economia-circular-en-el-sector-agroalimentario-chileno>
- WWF (2018). Informe Planeta Vivo - 2018: Apuntando más alto. Recuperado de http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_planeta_vivo_2018.pdf
- Yuan, Z., Jiang, W., Liu, B. and Bi, J. (2008). Where will China go? A viewpoint based on an analysis of the challenges of resource supply and pollution. Environ. Prog., 27(4) 503-514. <https://doi.org/10.1002/ep.10300>.

Osmar Thomas Morillo Piña: Ingeniero Químico, Universidad Nacional Experimental Politécnica (UNEXPO) “Antonio José de Sucre”, Venezuela; Doctor en Biotecnología de Microorganismos, Universidad de Los Andes (ULA), Venezuela; Formación en Biotecnología Alimentaria, Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNESR), Venezuela, Maestrante en Educación Abierta y a Distancia, Universidad Nacional Abierta (UNA), Venezuela. Jefe de Investigación, Reciclajes Industriales. (Armony Sustentable), Chile: línea de investigación “Desarrollo de bioproductos para la agricultura sustentable y el medio ambiente”. Profesor invitado, Postgrado de Biotecnología de Microorganismo, ULA, Venezuela: Línea de investigación “Proteasas con actividad coagulante de leche”.

Luishana Dudamell Graterol: Ingeniero Químico y Mecánico, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Venezuela; Especialización profesional en Gestión de la Calidad ISO 9001:2015, Escuela Europea de Excelencia. Auditor Interno ISO 9001:2015, Escuela Europea de Excelencia, España y Audiconsult, Venezuela; Formación en ISO/IEC 17025:2017, Fundación Centro de Investigación del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE), Venezuela; Maestrante en Educación Abierta y a Distancia, Universidad Nacional Abierta (UNA), Venezuela. Fiscal e Inspector de la Oficina Estatal del Yaracuy del Servicio Desconcentrado de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER), Venezuela. Docente Instructor de la Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas (UNEFA), Venezuela, en las unidades curriculares: Biología, Microbiología de los Alimentos y Fundamentos de Matemática. Clasificada como Personal de Investigación PI-5-IV Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología (Min-cyt), Venezuela, por su experiencia en las áreas de Metrología, Manejo de sustancias químicas y Biotecnología.

Jorge Parragué Moraga: Ingeniero Agrónomo Mención Producción Animal, Universidad de Chile; Especialista en Horticultura y Té de Compost, Oregon State University Department of Horticulture; Director de la Red Chilena de Bioinsumos A.G. Gerente Técnico: responsable de investigación y desarrollo de biofertilizantes y asistencia técnica a productores, Comercial y Servicios Rosario S.A. Investigador Asociado, Universidad de La Frontera (UFRO), Temuco, Chile.