

CAPÍTULO

5



Análisis y posibilidades del uso del plástico oxobiodegradable

en suelos agrícolas
compactados
por tráfico reiterado

POR

Edwin Fernando DEL POZO VILLACÍS

■ Introducción

Hay dos eventos que suceden simultáneamente y pueden generar dramáticos resultados en la vida sobre el planeta. El primero de ellos es la degradación de los suelos agrícolas, específicamente la compactación provocada por el tráfico reiterado de maquinarias y animales, y el siguiente es la contaminación por plásticos. Este trabajo busca conectar estos dos problemas, que parecerían actuar de modo independiente, a través de la búsqueda de soluciones alternativas vanguardistas. Se plantea el aprovechamiento del plástico como elemento descompactador que permita mejorar las condiciones de infiltración y aireación de los suelos agrícolas.

La compactación aparece como un problema de enorme relevancia, puesto que no solo tiene impacto ambiental, sino que según la FAO (s.f.), “nuevas pérdidas de suelos productivos dañarían gravemente la producción de alimentos y la seguridad alimentaria ampliando la volatilidad de los precios de los alimentos, sumiendo potencialmente a millones de personas en el hambre y la pobreza”.

■ Materiales y métodos

Esta revisión se basó en el análisis de la literatura acerca de los plásticos biodegradables en los momentos actuales y su uso en las actividades agroproductivas, así como de los avances tecnológicos en la industria de la plasticultura. Se examinaron además las condiciones generadas por la compactación de suelos agrícolas para poder plantear la creación, desarrollo y evaluación posterior de dispositivos plásticos que mejoren la circulación de aire, agua y organismos vivos en los perfiles del suelo.

■ Resultados y discusión

Los plásticos se han movido rápidamente en todos los aspectos de la vida cotidiana (Yañez & Rodríguez, 2017). En poco tiempo se han transformado en un material presente en todo tipo de objetos de consumo humano, gracias, en su mayoría, a sus características de flexibilidad, durabilidad, ligereza y bajo precio.

Existen numerosos tipos de plásticos, los que en gran parte provienen del petróleo; Moscoso (2014) menciona que en Estados Unidos se consumen cerca de 100 mil millones de bolsas plásticas cada año y para su fabricación se requieren aproximadamente 12 millones de barriles de petróleo.

Si bien las utilidades y funcionalidades de los plásticos son muy diversas, persiste aún una mala gestión de sus residuos. Derraik (2002) menciona que “es un problema global que está aumentando de forma alarmante”. Greenpeace (2015) estima que son ocho millones de toneladas de plásticos acaban anualmente en los mares y océanos, que se convierten en los depósitos finales de estos materiales. Ante la falta de materiales sustitutos a gran escala y bajo costo se deben repensar los procesos de aprovechamiento de los plásticos tanto a nivel de producción como de su disposición final.

Según Baraldi de Pauli *et al* (citados por Zenner & Peña, 2013), existen múltiples investigaciones encaminadas a la búsqueda de alternativas poliméricas biológicas que reemplacen los sólidos plásticos, puesto que “estos materiales son los contaminantes más comunes, a nivel mundial”. Hiskakis *et al* (citados por Zenner & Peña, 2013) mencionan que existe la preocupación acerca de los contaminantes plásticos a tal punto que se han diseñado “cadenas de desechos agrícolas plásticos, desde la generación hasta la disposición, con fines de recuperación de energía”

Los recientes avances tecnológicos en la producción de plásticos biodegradables permiten ver el futuro de una manera más esperanzadora con respecto a este material que hasta el momento se considera altamente contaminante.

Se debe distinguir entre los plásticos naturales, que son biodegradables, y los meramente biodestructibles. Estos últimos están constituidos, según ArgenBio (2007), por polímeros sintéticos derivados del petróleo que incluyen mezclas de almidón, que es precisamente lo único que se degrada, y el polímero sintético permanece inalterable, ya que los microorganismos no tienen las enzimas necesarias para degradarlo.

Durante las últimas décadas, las compañías del sector de la industria plástica han desarrollado diferentes métodos para producir productos plásticos biodegradables cuyo desempeño sea igual o superior a los productos plásticos de consumo masivo ya existentes. De estas investigaciones han surgido productos aditivos que agregados en pequeñas cantidades a las resinas con las que se fabrican los productos plásticos hacen que estos se degraden en un período “controlado”. Según menciona Environmental Products Inc., con sus siglas EPI (2017), esta “degradación se da en la reacción del plástico con el oxígeno del aire y se inicia por exposición a los rayos solares, altas temperaturas y/o esfuerzos mecánicos”.

Plastisax (2016) menciona que el plástico es biodegradable cuando los átomos de carbono en las cadenas del polímero se rompen y de este modo pueden participar en la creación de otras moléculas orgánicas, por lo que pueden ser devueltos a la naturaleza, puesto que se convierten en parte del ciclo del carbono.

EPI (2017) define al plástico degradable como el que se encuentra diseñado para sufrir cambios significativos en su estructura química al someterse a ciertas condiciones ambientales, lo que se produce por la pérdida de algunas de sus propiedades, mientras que se refiere al plástico biodegradable como aquel en que la degradación ocurre por efecto de la acción de microorganismos existentes en la naturaleza, como bacterias, hongos y algas.

Los múltiples avances de la plasticultura hacia la biodegradación de los polímeros permiten explorar la posibilidad de incorporar dispositivos plásticos en suelos agrícolas de modo que sea factible manejar de modo artificial su estructura. Es cotidiano observar que el ser humano aprovecha las cualidades de un material tan dúctil como el plástico incluso en la construcción de partes del organismo humano, gracias a lo cual ha mejorado sus condiciones de vida notablemente.

Por todo esto no resulta descabellado pensar que podría darse un uso alternativo a los plásticos biodegradables en el sector agropecuario. Como es cotidiano observar al ser humano aprovechar las cualidades del plástico para la fabricación de partes artificiales del cuerpo, cabría la oportunidad de incorporarlo para mejorar alguna condición irregular de los suelos.

Siempre existirá la discusión respecto a la conveniencia de incorporar plásticos en el suelo, sin embargo, el presente trabajo se basa en la exploración de las cualidades del plástico oxobiodegradable, que utilizadas de modo innovador puedan convertirse en herramientas muy eficaces en la recuperación de suelos agrícolas degradados.

El uso del plástico en la agricultura no es ninguna novedad. El Comité Internacional de Plásticos en Agricultura (2002) estimó “un volumen de comercialización de plásticos en la línea agroalimentaria de 2.800.000 toneladas mundiales considerando solamente sus aplicaciones directas, que incluyen acolchados, mallas, microtúneles, invernaderos, silos portátiles, instalaciones para hidroponía, contravientos, sistemas de irrigación y contenedores, entre los principales”. No se contaron “las aplicaciones auxiliares como botellas y otros envases y piezas de maquinaria, entre otros” (Papasseit, 2001).

Tanto los invernaderos y los túneles como el *mulching* están diseñados para mejorar el control de las condiciones del cultivo. Regular temperatura, humedad y evaporación son algunas de las condiciones que pueden ser modificadas gracias a las cualidades de los plásticos. Existen beneficios mayores como el incremento de la productividad y la calidad de los productos finales que han convertido a los polímeros en piezas claves en el sector agropecuario. Los sistemas de riego y los reservorios de agua elaborados a partir de polímeros resultan útiles en “reducir los costos y elevar la eficiencia en el manejo” del recurso cada vez más escaso: el agua dulce. Son favorables sus cualidades de “flexibilidad, liviandad, resistencia a la corrosión, durabilidad y menor costo en relación con las alternativas metálicas” (Traxco, 2014).

La tecnología de los plásticos oxobiodegradables según, EPI (2017) consigue en que productos fabricados con polietileno (PE), polipropileno (PP) y poliestireno (PS) sean capaces de biodegradarse y se conviertan en un par de años en productos benignos para el medio ambiente de modo “programable”. Esto resulta particularmente útil en comparación con los más de 400 años que necesitan ciertos plásticos para degradarse, creando así una valiosa oportunidad para reducir los volúmenes de residuos plásticos.

La degradación “programable arranca cuando los productos han cumplido su vida útil según sea definida por los usuarios finales”. Los productos fabricados con polietileno (bolsas de compras y de supermercados) han demostrado biodegradarse en materiales no tóxicos. Aunque los costos de los plásticos oxobiodegradables son un tanto más altos que los plásticos tradicionales, “existen trabajos publicados que han demostrado que el compostaje hecho con este tipo de materiales biodegradables no tienen efectos tóxicos o perjudiciales para las plantas o animales” (EPI, 2017).

Los elementos plásticos oxobiodegradables podrían ser utilizados en la recuperación de espacios porosos en el suelo. No se trata de enterrar plástico como cualquier

desecho, sino de incorporarlo con un diseño único y funcional en suelos de elevados niveles de degradación, sea cual fuere su causa. Dado que el presente trabajo se aproxima al tema de tráfico sobre los suelos agrícolas, se busca analizar las posibilidades de su uso para reducir el impacto de la compactación a través de dispositivos especiales fabricados de plástico.

Los usos actuales del plástico, mayoritariamente incluyen su colocación sobre la superficie del suelo. A pesar de que las tuberías de riego se instalan bajo la superficie, su objetivo primordial no está en la mejora de la estructura de los suelos, sino en la distribución efectiva y eficiente del agua.

Un hecho no explorado aún es incorporar técnicamente los que denominaremos dispositivos plásticos biodegradables (DPB) en las capas subsuperficiales del suelo, que permitirían mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo particularmente enfocadas a la recuperación de suelos agrícolas compactados por el tráfico animal y del complejo tractor-apero.

Para Laia *et al* (citados por García *et al*, 2010), las tecnologías de manejo de la producción agropecuaria han evolucionado en cuanto a máquinas, implementos y capacidad de carga de los transportes, lo que provoca compactación del suelo. Entre los diversos procesos que conducen al deterioro de la estructura del suelo, la compactación inducida por tráfico de vehículos parecería ser el desafío más importante a largo plazo para mantener una agricultura sostenible (Mur & Balbuena, 2014).

A través del mejoramiento de la estructura del suelo se controla la distribución, flujo y retención del agua, sustancias disueltas y gases. La afectación de esta conduce a la degradación edáfica, que está vinculada con diversas causas como la compactación y la erosión, entre otras, y que disminuyen la productividad de los agroecosistemas (Osuna-Ceja *et al*, 2006).

Los suelos con buena estructura favorecen el flujo de aire, agua y nutrientes a través de los espacios porosos, cuyo tamaño, forma y organización son factores clave de la calidad del suelo (Meza, E. & Geissert, D, 2005) e influyen en el crecimiento de las raíces.

La compactación del suelo es un proceso de densificación relacionado con el colapso de los poros provocado por una carga o presión mecánica que supera la resistencia del suelo, ocurren así cambios en la relación de sólidos y poros como resultado del nuevo arreglo de las partículas. Con este tipo de degradación, según Groleau (citado por Ibarra, 2011), el suelo experimenta cambios significativos que restringen la permeabilidad y el crecimiento de los sistemas radiculares, principalmente en los campos agrícolas.

Letey (citado por García *et al*, 2010) señaló que el crecimiento de las raíces lo determinan cuatro factores fundamentales: resistencia mecánica, disponibilidad de agua, oxígeno y energía, precisando que las propiedades asociadas son la resistencia a la penetración, el potencial de agua, la aireación y la temperatura, respectivamente. Martino (citado por García *et al*, 2010) señaló que la disponibilidad de agua es el factor que rige el desarrollo de los cultivos porque afecta marcadamente la tasa de difusión de oxígeno, la temperatura y la resistencia mecánica de los suelos.

Para Chancellor (1976), la distribución de la compactación en el perfil será función de la textura, la carga aplicada, la presión ejercida por el rodamiento, el estado de humedad y la intensidad de tráfico recibida. Según Hakanson (citado por Mur & Balbuena, 2014) existe consenso que la presión en la zona de contacto rueda/suelo influye en la compactación superficial. Sin embargo, la compactación subsuperficial a profundidades iguales o mayores de 400 mm está directamente influenciada por el peso sobre el eje, independientemente del área de contacto rueda/suelo (Botta *et. al*, 2002).

Por todo lo expuesto, los DPB deberán cumplir múltiples funciones de carácter físico, químico, biológico y mecánico que resuelvan los efectos, entre otras causas de la degradación, del pisoteo excesivo superficial y subsuperficial, supliendo el rol fundamental de los macro y microporos perdidos por la presión ejercida sobre ellos por maquinarias y animales.

Según la FAO (s.f.), las bajas tasas de infiltración de la lluvia se deben principalmente a la compactación del suelo que produce el deterioro de los poros. Los DPB propuestos deberán aumentar la tasa de infiltración disminuyendo el desperdicio de agua, que podrá ser usado para la producción de cultivos y para la recarga de las aguas subterráneas. Estos dispositivos deberán crear espacios porosos artificiales que aumenten la tasa a la cual la lluvia se infiltra dentro del suelo y está influenciada por la abundancia, estabilidad y dimensión de los poros en la superficie del suelo.

Por tanto, estos DPB deberán construir un flujo artificial de agua tomando en cuenta que, según la FAO (s.f.) menciona, los poros de dimensiones de 0,0002 a 0,05 mm de diámetro retienen agua que puede ser absorbida por los cultivos (poros de almacenamiento), mientras que los más pequeños (poros residuales) no permiten la extracción del agua por las plantas debido a que la retienen fuertemente. Los poros mayores de 0,05 mm de diámetro (poros de transmisión) permiten que el agua se filtre a través de los perfiles del suelo y posibiliten el flujo agua-aire. Esta es la razón por la que los suelos arenosos pueden retener menos agua que los arcillosos.

Los DPB también deberán suplir a los poros como espacios necesarios para que las raíces penetren libremente en los suelos a fin de tomar nutrientes y agua. Las raíces y sus dimensiones varían con el tipo de cultivo y las raíces más pequeñas tienen diámetros que oscilan entre 0,1 y 0,3 mm; “si los suelos tienen espacios o poros de al menos de esta dimensión, las raíces más pequeñas podrán penetrar libremente” (FAO, s.f.).

El diseño de los DPB deberá considerar la permeabilidad, que, según Hillel (1988), es una característica propia de la geometría de los poros, y según Bear (citado por Dorner & Dec, 2007) está estrechamente relacionada con factores geométricos como la porosidad total, la distribución de los poros por tamaño, la forma del sistema poroso y la continuidad de los poros del suelo. Estos factores geométricos, que pueden ser caracterizados a través de mediciones de permeabilidad de aire, son sensibles a cambios estructurales, por lo tanto, son un buen parámetro para evaluar la calidad física de un suelo.

Los poros artificiales creados por estos DPB deberían estar diseñados según la clase textural, dado que los suelos arenosos tienen excelente capacidad de aireación,

pero mínima capacidad de retención de agua, mientras los suelos arcillosos retienen gran cantidad de agua pero muestran deficiente aireación (Sánchez, 2007).

Es obvio pensar que al introducir al suelo un elemento artificial, este podrá afectar las características químicas de su entorno, aunque dada la complejidad de los factores intervinientes, los DPB deberán ser sometidos a rigurosas pruebas para entender dichas modificaciones. Deberán analizarse los impactos generados sobre el pH, las arcillas y sus propiedades coloidales, los complejos arcillo-húmicos y la capacidad de intercambio catiónico.

La influencia de los DPB no solo se atribuye a la presencia de los polímeros, sino por el hecho de que pueden convertirse en vehículos para la incorporación de materia orgánica y sustancias hidrófilas. Podrían transportar microorganismos en su interior o permitir su crecimiento en su entorno, lo que tendría un impacto de difícil pronóstico sobre la biota de los suelos. Sánchez (2007) menciona las ventajas y actividades de los microorganismos del suelo, como su participación en los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica, fijación biológica de N (simbiótica y libre), solubilización de componentes minerales del suelo (asociación micorrízica) y reducción de nitratos y sulfatos, así como la hidrólisis de la urea.

La incorporación masiva de DPB “cargados” de materia orgánica, hidrogel y microorganismos puede dar una dinámica inexplorada a suelos erosionados o gravemente degradados.

Es destacable el hecho de que los DPB, una vez sea diseñados y fabricados en masa a un costo industrial bajo y probados reiteradamente en distintos tipos de suelos, podrán permanecer como parte del sustrato natural hasta su degradación por acción microbiológica en un corto periodo de tiempo y sin dejar residuos visibles ni tóxicos.

Conclusiones

En la industria, la producción de plásticos y la cantidad de residuos de este tipo se han incrementado dramáticamente, y ante la ausencia de materiales sustitutos a gran escala y bajo costo se deben repensar los procesos de aprovechamiento de los plásticos tanto en su producción como en su disposición final.

Si bien la tecnología de oxobiodegradación en plásticos resulta en los momentos actuales costosa, los beneficios ambientales a mediano y largo plazo que generarían en los suelos compactados serían invaluable.

Las múltiples investigaciones que se han dado respecto a la compactación generada por el tráfico reiterado del conjunto tractor-aperos nos muestran que al no existir alternativas viables que reemplacen el uso de maquinarias se hace urgente enfrentar esta problemática de manera más creativa.

La recuperación de suelos agrícolas compactados por tráfico animal y de maquinaria resulta en muchos casos reversible, por lo que los DPB podrían convertirse en elementos artificiales que disminuyan drásticamente sus impactos negativos.

La fabricación de los DPB deberá cumplir con ciertos diseños que se adapten a las complejas interacciones físico-químicas y biológicas que se dan en los múltiples usos de los suelos agrícolas.

La plasticultura ha transformado en relativamente poco tiempo las actividades agroproductivas; es obvio esperar que sigan surgiendo nuevos avances tecnológicos en este campo, por lo que los DPB podrían continuar adaptándose a estos procesos de desarrollo industrial.

El desarrollo de una industria del plástico aplicada a la creación de dispositivos que potencialmente sean incorporados al suelo, y que solos o “cargados” de otros elementos dinamizadores como materia orgánica, sustancias hidrófilas, etc., puedan mejorar las condiciones del suelo de modo artificial a mediano y largo plazo, está por iniciar.

Referencias

- ArgenBio (2007) *Plásticos biodegradables o bioplásticos*. Recuperado el 21 de julio del 2017 de <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=48>
- Botta, G.; Jorajuria, D.; Rosatto, H.; Ferrero, C. (2006) *Light tractor traffic frequency on soil compaction in the Rolling Pampa region of Argentina*. Soil & Tillage Research 86: 9-14. Recuperado el 21 de julio del 2017 de <http://www.redalyc.org/pdf/3828/382846012011.pdf>
- Chancellor, W. (1976) *Compaction of Soil by Agricultural Equipment*. University of California. Division of Agricultural Sciences. Bull. 1881, cap. IV
- Comité Internacional de Plásticos en la Agricultura (2007) *Plasticultura*. Industrias Plásticas, 168. Recuperado el 21 de julio del 2017 de <http://revistaplasticultura.com.br/>
- Derraik, J.G B (2002) *The Pollution of the Marine Environment by Plastic Debris: A Review*. Mar. Pollut. Bull. 44, 842-852.
- Dorner, J.; Dec, D. (2007) *La permeabilidad del aire y conductividad hidráulica saturada como herramienta para la caracterización funcional de los poros del suelo*. Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal (2)1-13.
- EPI (2017) *EPI*. Recuperado el 21 de julio del 2017 de <http://www.epi-global.com/es/epi-technology.php>
- FAO (s.f.) *El Manejo de suelos de arcillas expandibles*. Recuperado el 21 de julio del 2017 de <http://www.fao.org/soils-portal/es/>
- FAO (s.f.) *Degradación de suelos*. Recuperado el 21 de julio del 2017 de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>
- García, I.; Sánchez, M.; Vidal, M.; Betancourt, Y.; Llano, R. (2010) *Efecto de la compactación sobre las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la caña de azúcar*.
- Greenpeace (2015) *Mejor sin plásticos*. Recuperado el 21 de julio del 2017 de <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Parar-la-contaminacion/Plasticos/>
- Hillel, D. (1988). *Groundwater recharge in arid regions: review and critical estimation methods*. Hydrol. Proc. 2:255-266.
- Ibarra, A. (2011) *Caracterización de ácidos orgánicos de bajo peso molecular presentes en exudados radiculares de Zea mays: aplicaciones para la remediación de suelos contaminados por metales pesados*. Universidad Autónoma de Nuevo León, México

- Meza, E.; Geissert, D. (2005) *Estabilidad de estructura en andisoles de uso forestal y cultivados*. Terra Latinoamericana (24) 163-170. Recuperado el 21 de julio de 2017 de <http://www.redalyc.org/pdf/573/57311108002.pdf>
- Moscoso, M. (2014) *Datos impresionantes sobre el uso de plásticos*. Recuperado el 23 de julio del 2017 de <https://www.natura-medioambiental.com/datos-impresionantes-sobre-el-consumo-de-bolsas-de-plastico/>
- Mur, M.; Balbuena, R. (2014) *Compactación de un suelo argiudol típico por tráfico en un sistema de producción de forrajes*. Ciencias del Suelo 32(1). Recuperado el 21 de julio del 2017 de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672014000100001
- Osuna-Ceja, E.; Figueroa-Sandoval, B.; Oleschko, K.; Flores-Delgadillo, M.; Martínez-Menes, M.; González-Cossío, F. (s.f.) *Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza*. Agrociencia (40) 27-38
- Papasseit, P. (2001) *Plásticos agrícolas en España*. Horticultura, (156), 1-15
- Plastisax. (2016) *¿Por qué el plástico no es biodegradable?* Recuperado el 21 de julio del 2017 de <http://www.plastisax.com/por-que-el-plastico-no-es-biodegradable/>
- Revistas Técnicas Agropecuarias Recuperado el 21 de julio del 2017 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000200009
- Sánchez, J. (2017) *Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas -conceptos básicos*. Recuperado de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>
- Traxco (2014) *Traxco.es*. Recuperado el 21 de julio del 2017 de <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/productos-plasticos>
- Yañez, D.; Rodríguez, J. (2017) *Reflexiones del uso del plástico en nuestras vidas diarias*. Recuperado el 21 de julio del 2017 de <https://www.concienciaeco.com/2017/02/05/reflexiones-sobre-el-uso-del-plastico/>
- Zenner, I.; Peña, F. (2013) *Plásticos en la agricultura: beneficio y costo ambiental: una revisión*. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 16(1): 139-150.