

Recibido: 24.01.2018 | Aceptado: 25.04.2018

Palabras clave: Ecología, ecosistema, recursos, sintropía y suelo.

# Suelos, el palpitar de la vida terrestre

CRISTIAN A. RODRÍGUEZ SILVA  
*robin.rdz.08@gmail.com*  
JESSICA VIRIDIANA GARCÍA MEZA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, UASLP



Una de las formas en que el planeta exhibe su belleza es la fuerza turbulenta con la que llueve. Y después de la lluvia, nos extasiamos con el peculiar olor a tierra mojada, sin saber que éste proviene de una interacción entre componentes del suelo con microorganismos que ahí proliferan, y que emana sustancias químicas lo fertilizan y nutren a las plantas. Al reflexionar sobre qué es y qué sucede en un suelo sano, concluimos que cada uno es una “sustancia” pletórica de interacciones biológicas.

La humanidad ha aprovechado y se ha establecido sobre los suelos, utiliza sus particularidades en beneficio colectivo como la obtención de alimento, fibras, material para la construcción, combustibles fósiles, minerales y sustento de construcciones. Como consecuencia, han ido degradándose o, peor aún, desapareciendo. Que desaparezca un suelo parece no ser digno de meditación, pero si pensamos que la producción de alimentos para humanos y animales herbívoros, los captadores de CO<sub>2</sub> (gas efecto invernadero), la producción de O<sub>2</sub> o la fijación de N<sub>2</sub>, entre otros procesos que mantienen la salud de la biosfera (particularmente en sus ecosistemas terrestres), no estaríamos tan tranquilos encementando áreas y áreas. Mucho menos al saber que la formación de 5 centímetros (cm) de suelo puede llevar cientos o miles de años, mientras que su desaparición sucede en días, horas, incluso minutos: un desbalance tan alarmante como el asociado a la tasa de producción y absorción y, por lo tanto, al incremento de gases efecto invernadero en la atmósfera.

La lucha contra la erosión, desertificación, desaparición, contaminación y degradación de los suelos no es novedad; año tras año se suman voces, programas y acciones para frenarlas. Por ello el 2015 fue declarado el Año Internacional del Suelo, el 5 de diciembre es el Día Mundial del Suelo y de las 17 metas que establece la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para el desarrollo sustentable, 13 tienen

que ver con la salud y conservación de estos, directa o indirectamente ([www.fao.org/home/es](http://www.fao.org/home/es)). Regresar a la esencia es de suma urgencia, ¿en qué momento tomamos conciencia de la importancia del suelo? y ¿cómo comenzar nuestra indagación sobre su magnificencia? La respuesta es, con su historia misma.

### Caminamos sobre millones de años de historia

La manera en cómo se forma un suelo en la actualidad recrea lo que por millones de años ha dado origen a la capa del planeta. Datos científicos apoyan las teorías recientes de que la Tierra comenzó como producto de un patrón de formación de costras rocosas, erosión y reciclaje de sedimentos, tan

### Formación del suelo



#### Suelo primitivo

Los líquenes se instalan sobre roca madre. Los cambios de temperatura, el agua y el aire fragmentan y afectan su composición



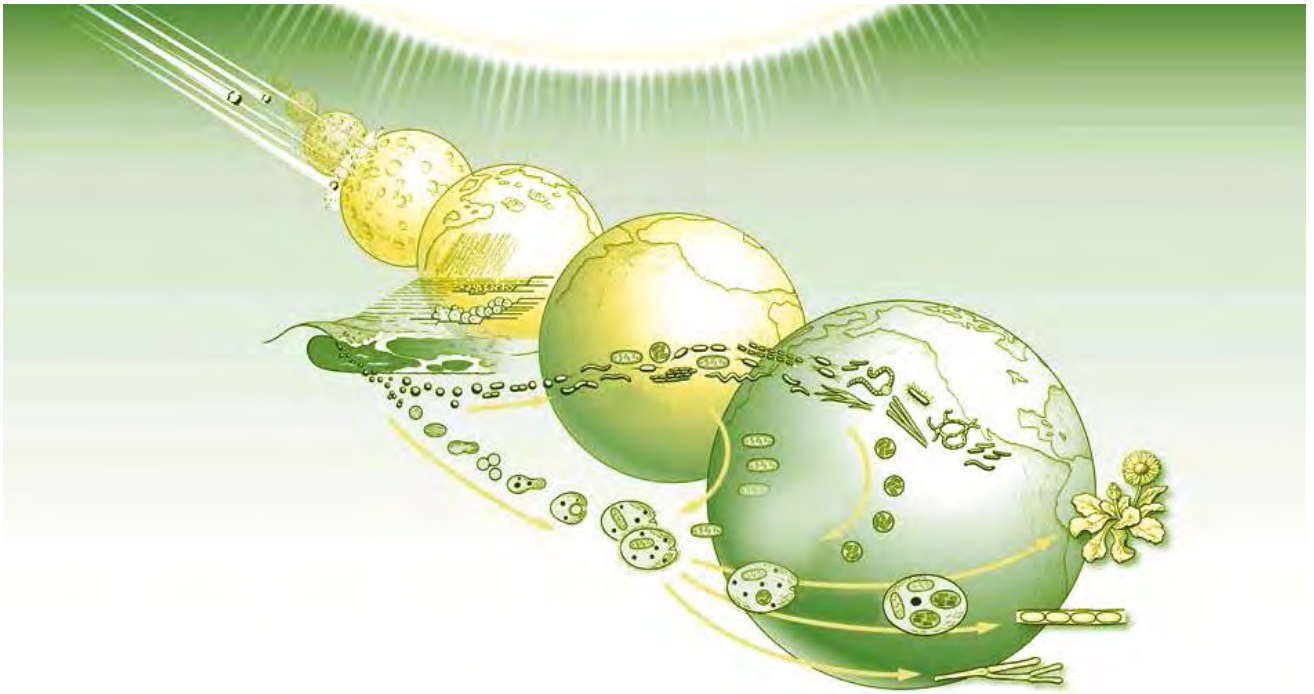
#### Suelo joven

Años más tarde se ha formado un suelo joven sobre el que se instalan hierbas y matorrales



#### Suelo maduro

Miles de años después el suelo tiene mayor grosor. Se ha enriquecido en materia orgánica formándose un suelo maduro.



temprano en su evolución hace 4 500 millones de años, teoría que contrasta con el ambiente caliente y violento previsto (Watson, 2005).

Aproximadamente hace 3 800 millones de años, la Tierra entró en una etapa de *cool-down*, la temperatura global bajó y el agua gaseosa o líquida comenzó a condensarse, lo que formó los primeros mares, ríos y lagos del joven planeta. El agua, al interactuar con las rocas, provocó su erosión y el traslado de las partículas desprendidas; tal erosión hídrica permitió a las primitivas zonas rocosas reconfigurarse, al desprender, transportar y acoger finas partículas minerales.

Hace 3 500 millones de años, cuando la vida ya era todo un suceso, los microorganismos se asomaron más allá de los ambientes acuosos, se asentaron y comenzaron a interactuar con los protosuelos terrestres, para dar origen a lo que conocemos como suelo *sensu stricto*: aquél conformado por seres vivos y

capaz de albergar más vida gracias a las transformaciones que en él suceden.

Un ejemplo de estas primeras formas de vida que invadieron zonas rocosas, son las cianobacterias formadoras de estromatolitos: estructuras laminadas, típicamente de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), sobre las cuales se asientan tapetes de comunidades microbianas dominadas por cianobacterias, los primeros microorganismos generadores de oxígeno vía la fotosíntesis, que utilizan la energía solar para formar gradualmente una capa de materia orgánica en los lugares donde se asientan. Las cianobacterias de estromatolitos son una de las evidencias más antiguas de vida en la Tierra, cuyo origen provocó alteraciones en los ciclos biogeoquímicos primitivos hacia los actuales debido a la oxigenación gradual del ambiente, además de contribuir en la formación de suelos.

Así, las cianobacterias y otros microorganismos propiciaron la transforma-

ción de los lechos rocosos costeros en suelos tierra adentro, formaron comunidades tipo matas y costras microbiológicas (asociaciones de bacterias, arqueas y hongos protistas, incluyen así microorganismos heterótrofos y autótrofos que ayudan a los suelos a mantener un correcto ciclo del nitrógeno, fertilizándolo), todo gracias a lo que denominamos mutualismo, una interacción de cooperación entre microorganismos. Un producto muy conocido de esta cooperación son los líquenes, piezas claves en la formación de suelos; su importancia ecológica es de enormes proporciones en lugares como las zonas áridas que predominan en el norte de México; resultan de una asociación mutualista, obligada, entre hongos y cianobacterias; gracias a tal asociación son excepcionalmente resistentes a condiciones ambientales adversas, lo que explica por qué pudieron mantenerse y desarrollarse desde hace millones de años y por qué se les llama colonizadores primarios, sea el ambiente que sea, incluso en



zonas tan estériles como las derivadas de actividades volcánicas o los hielos de la tundra.

A partir de la delicada intervención de estos organismos mutualizados (interacción que beneficia a los microorganismos interactuantes), se desata la formación y colonización de suelos, pues los líquenes interaccionan con rocas, propician su erosión, liberan nutrientes básicos y fertilizan de manera progresiva y extensiva al suelo naciente, así establecen las condiciones necesarias para que organismos más complejos, como vegetales, se asentarán fuera del medio acuático.

La siguiente oleada evolutiva en la historia del origen de los suelos se debe a otras interacciones entre reinos, producto del traslado de las plantas hacia tierra firme: las primeras plantas, carentes de raíces (avasculares) o con raíces incipientes (vasculares) interactuaron con microorganismos, particularmente hongos, que les ayudaron notoriamente a extender la capacidad de alcance de las plantas para obtener nutrimentos, así como la expansión del volumen edáfico (índice del perfil del suelo que muestra el contenido de material fino útil para las plantas) que el planeta tenía en aquél entonces.

Con el paso del tiempo, estas relaciones le brindaron al suelo la estabilidad que le permitió retener nutrientes en forma de partículas minerales y humedad, incluso gases, evitando su frecuente pérdida por erosión; se acumularon los elementos conformadores del suelo en una región tras otra: minerales, agua, gases atmosféricos, microorganismos, materia orgánica.



Las cianobacterias fueron una de las primeras formas de vida que invadieron zonas rocosas hace más de 3 000 años



Por supuesto, el arribo de nuevas formas de vida al medio terrestre fue posible, como los animales (gusanos e insectos) y cuando surgieron los anfibios, primeros vertebrados capaces de respirar fuera del agua, contribuyeron con nuevas propiedades al suelo, por ejemplo, la formación de galerías subterráneas donde viven insectos o roedores, que permitieron el ingreso de gases atmosféricos.

Así, el origen del suelo sobre la corteza terrestre sucedió gracias a la interacción entre elementos de litósfera, hidrósfera y atmósfera (capa sólida, de agua y de gases de la Tierra, respectivamente) con el microcosmos, se configuraron ambientes propicios para transitar de una biósfera netamente acuática, hasta albergar vida sobre tierras emergidas, como las que conocemos hoy en día. Es una larga, muy larga historia, cuyo final parece ser extremadamente preocupante.

Trasladándonos al presente, tenemos como herramientas un amplio arsenal de posibilidades para manejar de manera correcta nuestros suelos. Desafortunadamente, el impensado crecimiento demográfico ha exigido a agricultores redoblar esfuerzos a lo largo y ancho del mundo, el resultado es suelos sobreexplotados que han perdido sus nutrientes esenciales y la necesidad de incrementar en 800 por ciento la inyección humana de fertilizantes inorgánicos para cultivo, con el fin de satisfacer la demanda poblacional de alimentos, lo que provoca severos daños en estos. Lo anterior, sumado a la pérdida parcial o total de suelos por efectos de la construcción (viviendas, carreteras o aeropuertos), explotación



minera y petrolera y, curiosamente, prácticas agrícolas intensivas.

### ¿Realmente está todo perdido?

Creemos que no. Existe la sensibilidad y la inteligencia. La ecología y sus subdisciplinas lo indican así, como lo demuestran los conocimientos que la Academia de Recursos Bióticos de la Facultad de Ingeniería de la UASLP ha brindado a estudiantes de Ingeniería Ambiental. ¿Algunas ideas? Por el momento solo una, la agroecología sintrópica.

Primero, debemos decir que los países desarrollados subsidian las actividades agrícolas, por ser la alimentación un aspecto de seguridad y estabilidad social. Es decir, debe apostarse a programas agrícolas, pero no cualquier actividad agrícola es deseable: la diversidad global de ambientes invita a una diversidad de manejos agrícolas (cultural) basados en la diversidad biológica ahí presente (de especies in-

volucradas, sus formas o morfologías, ciclos de vida, metabolitos, hábitos, etcétera), biodiversidad que sustentan la evolución y existencia de la vida, incluyendo los agroecosistemas (unidad de producción de bienes agrícolas basado en un manejo agroecológico, sustentable).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), la agroecología no es únicamente una disciplina científica *per se*, sino un conjunto de prácticas y un gran movimiento social. Como ciencia, estudia las interacciones entre los diferentes componentes del agroecosistema; como un conjunto de prácticas, busca sistemas agrícolas sostenibles que optimizan y estabilizan la producción; como movimiento social, persigue papeles multifuncionales para la agricultura, ya que promueve la justicia social, nutre la identidad y la cultura de las poblaciones del campo y favorece la viabilidad

económica de las zonas rurales. Es una rama del estudio agrícola que busca producir insumos para el bienestar humano con un marcado equilibrio que emplea deliberada y responsablemente todos aquellos procesos ecológicos que suceden de manera natural.

Explicaremos ahora los conceptos de entropía y sintropía. El primero es la tendencia molecular hacia el desorden del sistema; el segundo es su antónimo y resume el objetivo central de la agroecología sintrópica: un sistema (como un agroecosistema) parte de lo simple hacia lo complejo, gracias a que las interacciones entre todos sus componentes lo permiten. Tal cual sucedió en la historia narrada sobre el origen de suelos en la Tierra: de un ambiente predominantemente rocoso hasta la formación de suelos que sustentan complejos ecosistemas terrestres, por efecto de los elementos naturales, vivos y abióticos (sin vida) interactuantes. Es decir, la agroecología sintrópica está basada en procesos e interacciones, no en aplicación de insumos, y su meta es regenerativa, más allá de la sustentabilidad.

### La aplicación exitosa de la agroecología sintrópica


Ernst Gotsch es considerado el padre de la sintropía. Si este concepto es aplicado de manera certera e inteligente, como lo demuestra la Agenda Gotsch, pueden restaurarse ecosistemas sumamente complejos, como un bosque tropical de 500 hectáreas fértil y de elevada biodiversidad, a partir de una zona antiguamente llamada tierra seca (seca y ventosa) en la Selva Atlántica de Brasil; lo anterior, mediante sucesión natural inducida, a partir de suelos

degradados por efecto de la minería e incendios, y al combinar, además, horticuultura, producción de frutas y desarrollo de zonas forestales con especies de la región (nada introducido), árboles que aportan sombra y albergue para insectos polinizadores, aves que dispersen semillas, mamíferos, reptiles y hongos. Los árboles son sumideros de toneladas de CO<sub>2</sub> que favorecen la lluvia, sus raíces incrementan el volumen rizosférico (en torno a la raíz) del suelo, retienen nutrientes, humedad y a seres vivos edáficos. Si bien el trabajo en la otrora tierra seca se realizó entre 1984 y 2014, desde los primeros 18 meses se apreciaban cambios en la calidad del suelo, su capacidad de retener agua y nutrientes para el desarrollo de la vegetación. Gotsch motiva la restauración de ambientes inclusivos, que consideren a humanos, no excluyentes o de conservación museográfica

Por supuesto, lo que ha hecho exitosa la implementación de agroecosistemas bajo una perspectiva sintrópica, es iniciar con el estudio del tipo, calidad y susceptibilidad a la degradación del suelo de la región. Para Gotsch, no existe un suelo pobre (que no pueda sostener vegetación), sino un mal manejo del mismo, por lo que minimiza el riego artificial y no emplea agroquímicos (fertilizantes inorgánicos ni herbicidas) ([www.agendagotsch.com](http://www.agendagotsch.com)). ¿Y entonces qué usa? Usted, que ha llegado hasta este punto del escrito, sabe que es posible aplicar biofertilizantes, como las matas o costras biológicas. Al igual que Gotsch, usted podría concluir que, en zonas devastadas por un mal manejo de suelo, deben aprovecharse las aportaciones de especies pioneras que pudieran asociarse a otras espe-

cies, las llamadas secundarias que se desea restablecer y aprovechar, cada una con un nicho ecológico específico. Como en su origen, el manejo del suelo no debe estar dissociado del estudio de seres vivos que en él se desarrollan o se desarrollarán.

En México hemos visto programas que fracasan por falta de pericia gubernamental, como el de Módulos Agroforestales en Charcas, San Luis Potosí, basado en la importación de paquetes tecnológicos convencionales sin atender las características locales del suelo y su biota (microbiota, flora y fauna de la región), su origen y desarrollo, de tal manera que no se aprovecha la riqueza vegetal (como las nopaleras), para, por ejemplo, proveer al suelo de protección contra la fuerte incidencia solar de la región y la consecuente pérdida de humedad, cohesión y atributos para colonizarlo. Más aún, análisis del suelo realizados por los autores demostraron la incapacidad de retener agua y se informó de la necesidad de emplear fertilizantes inorgánicos.

Estudiar el origen y devenir de los suelos permite redirigir los esfuerzos humanos hacia la sustentabilidad y más allá. Lo cierto es que, la gran oportunidad de erigir una ciencia humana implica reconocer no la supuesta ley natural, sino la legalidad immanente de los procesos naturales. 

#### Referencias bibliográficas:

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018). Agroecología y agricultura familiar. Recuperado de: [www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/](http://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/)
- Gotsch (2018) Agenda Gotsch. Recuperado de: [www.agenda.gotsch.com](http://www.agenda.gotsch.com)



**CRISTIAN A. RODRÍGUEZ SILVA**

Estudiante del séptimo semestre de la carrera de Ingeniería Ambiental de la UASLP. Sus temas de interés son la microbiología y la agroecología.

