

Artículo



Revista

Ciencia  
y Naturaleza

# El micro universo del suelo donde crece el Ciricote

Ingrid Aileen O'Connor Sánchez  
Tobías Marcelo López Ramírez  
Héctor Estrada-Medina

Juan José María Jiménez Osornio  
Miriam Monserrat Ferrer Ortega

Artículo

# El micro universo del suelo donde crece el Ciricote

**Cómo citar este artículo:** O'Connor-Sánchez IA, López-Ramírez TM, Estrada-Medina H, Jiménez-Osornio JJ, Ferrer-Ortega MM. 2024. El micro universo del suelo donde crece el Ciricote. Revista Ciencia y Naturaleza (1104).





The background of the page is a dark, textured surface, likely soil, with a vibrant, multi-colored mosaic pattern of small squares in shades of green, blue, yellow, and red. In the foreground, several rod-shaped, pinkish-red bacteria with a textured, almost crystalline surface are shown in a cluster. To the left, a small portion of a green leaf is visible. The text is overlaid on this background in white and blue.

## *Los suelos y los pequeños sistemas de agricultura tradicional*

**E**n los suelos, hay todo un universo de diminutos organismos, llamados microorganismos. Se llaman **microorganismos** porque no pueden verse a simple vista, son tan pequeños que solamente pueden observarse si se usa un microscopio. Sin embargo, a pesar de ser minúsculos, forman parte de un ecosistema fantástico, vibrante, extraordinariamente lleno de vida, importantísimo y casi desconocido. Es un mundo con propiedades sorprendentes e indispensables para que todas las plantas, todos los animales ¡y tú! estén vivos.



Debido a la enorme importancia de los suelos, muchas personas dedicadas a la ciencia han estudiado cómo cambian sus propiedades y sus microorganismos cuando pasan de condiciones naturales a condiciones en que se siembran y cultivan plantas a gran escala, como por ejemplo, maíz y trigo. Se sabe también que modificaciones sufren cuando en estos cultivos se agregan sustancias químicas para fertilizarlos o para evitar plagas y enfermedades, y las consecuencias que tienen estas modificaciones en su fertilidad, en la productividad agrícola y en el ecosistema en general.



**En los suelos hay todo un universo de diminutos organismos formando parte de un ecosistema fantástico, importantísimo y casi desconocido.**

Sin embargo, casi no se conoce nada acerca de los cambios que sufren los suelos cuando se cultivan usando sistemas tradicionales en propiedades con poca extensión de terreno. Esto es muy importante, porque en estos sistemas cada persona cultiva una cantidad muy pequeña de tierra, pero en el mundo son muchísimas las personas que producen en “pequeña escala”. Por lo que, en conjunto, también pueden estar ocasionando un efecto muy extenso, del cual no sabemos nada.

La producción agrícola a pequeña escala es aquella en que las personas manejan plantas o animales en extensiones de entre 2 y 10 hectáreas. Un área similar a la de entre unas 3 y 15 canchas de fútbol.

O sea, muy chica si se compara con las que se manejan en la agricultura extensiva o a gran escala (hasta 100 o más canchas de fútbol). Sin embargo, a pesar de que la extensión de cada terreno es reducida, ¡la agricultura a pequeña escala produce casi el 80% de la comida del campo a nivel mundial!



## Casi no se conoce nada acerca de los cambios que sufren los suelos cuando la agricultura se realiza a pequeña escala usando sistemas tradicionales

En Yucatán, los sistemas de agricultura tradicional muchas veces consisten en huertos donde se siembran especies de árboles nativos de la zona para producir frutos y madera. Además, estos cultivos de

árboles proveen servicios ecosistémicos maravillosos. Por ejemplo, participan en el “secuestro de carbono”, en el cual, los árboles capturan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del aire y lo convierten en compuestos biológicamente útiles; con lo cual baja la contaminación de CO<sub>2</sub> y disminuye el calentamiento global.



Uno de estos compuestos es el néctar, que sirve de alimento para muchísimos insectos y aves. Y por si no lo sabías, este es uno de los procesos más valiosos que existen para mitigar el cambio climático y mantener la biodiversidad y el equilibrio ambiental.

En Yucatán, existen muchos sistemas forestales de producción tradicional, hablaremos de dos de los más importantes: (i) Uno, el más sencillo, en el que únicamente se siembran árboles de una especie entre la vegetación original; a este le llamaremos “sistema forestal”. (ii) Y otro, en el que además de sembrar árboles se siembran pastos para llevar a borregos, cabras y ganado a pastar, por lo que le llamaremos “sistema silvopastoril”.





## *Pequeños sistemas de agricultura tradicional*

En Yucatán, dos de los principales sistemas de agricultura en pequeña escala son:

(i) El sistema forestal. Es el más sencillo, porque se cultivan árboles multipropósito de una especie, después de que la vegetación original se quitó. Estos árboles, se encuentran casi siempre cerca de las casas.

(ii) El sistema silvopastoril. Además de cultivar árboles, los agricultores siembran pastos, llevan a sus borregos o ganado a pastar y en las temporadas en que no llueve, riegan los pastos.

En las temporadas en que no llueve los árboles nativos pueden seguir creciendo en ambos sistemas, pero los pastos requieren riego, aunque reciban la sombra de los árboles para crecer. Ambos sistemas se consideran buenas alternativas para el manejo del suelo en las zonas tropicales, en las que hay grandes áreas de bosque tropical que han sido transformadas en pastizales.

**En Yucatán, existen muchos tipos de pequeños sistemas de agricultura tradicional**





En la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), nos dimos a la tarea de investigar las diferencias que existen en las propiedades del suelo y en sus comunidades de microorganismos, entre un sistema forestal y un sistema silvopastoril donde se cultivan árboles de ciricote.

Por si te gustan las palabras raras, el nombre científico del ciricote es *Cordia dodecandra* DC. Si has paseado en Yucatán, seguramente lo has visto, ya que es un árbol se cultiva mucho tanto en las ciudades, como en las zonas rurales. Tiene unas flores anaranjadas muy bonitas, que luego se convierten en frutos con los que se hace un dulce riquísimo, llamado localmente “dulce de ciricote”. Además, por si fuera poco, su madera es de excelente calidad para hacer muebles y utensilios de cocina. Aquí te mostramos unas fotos (Figura 1). ¡A que lo reconoces!



**Figura 1.** Árbol de ciricote con flores (A); árbol de ciricote con frutos (B).





Los árboles de ciricote no son de los más altos de Yucatán, pero pueden llegar a medir hasta 30 metros de altura. Cada año sus hojas se ponen amarillas y luego se caen; dejándolos “desnudos” hasta que, al siguiente año, les vuelven a salir nuevas hojas. Es originario de la Península de Yucatán y es una de las especies de árboles consideradas prioritarias para la conservación del germoplasma mexicano (esto es, del material vegetal del cual se pueden generar más plantas importantes para nuestro país). El árbol se puede usar de muchas formas, por lo que decimos que es multipropósito, ya que además de que, como te contamos, sus frutos se usan para hacer dulces, su madera para hacer muebles y sus árboles para adornar las calles, ¡tiene propiedades medicinales!

¿Tú qué crees? ¿Crees que las propiedades y los microorganismos del suelo sean distintos en el sistema forestal y el silvopastoril... o no? Aquí, te vamos a contar lo qué encontramos.



### *¿Dónde hicimos el estudio?*

Todas las muestras de suelo que estudiamos en este trabajo las colectamos en el “Rancho Los Juanes”, ubicado al sur de Mérida, Yucatán (Figura 2). Ahí, hay una amplia cobertura de árboles de ciricote en dos zonas. Una que se maneja como sistema forestal y otra como sistema silvopastoril. En el área de sistema forestal, los árboles de ciricote conviven con los remanentes de la vegetación original.



En cambio, en el área silvopastoril, además de los árboles de ciricote, los pequeños agricultores también siembran pastos y llevan a sus borregos a alimentarse de estos pastos y en las temporadas secas, los riegan (Figura 3).





En el Rancho Los Juanes, al igual que en muchas partes de la Península de Yucatán, el suelo es poco profundo y pedregoso. El clima de toda la región es cálido con lluvias en verano. Si no vives en Yucatán, déjanos decirte que aquí, en primavera y verano, hace mucho –pero MUCHO– calor, con temperaturas de hasta 40-45°C a la sombra.



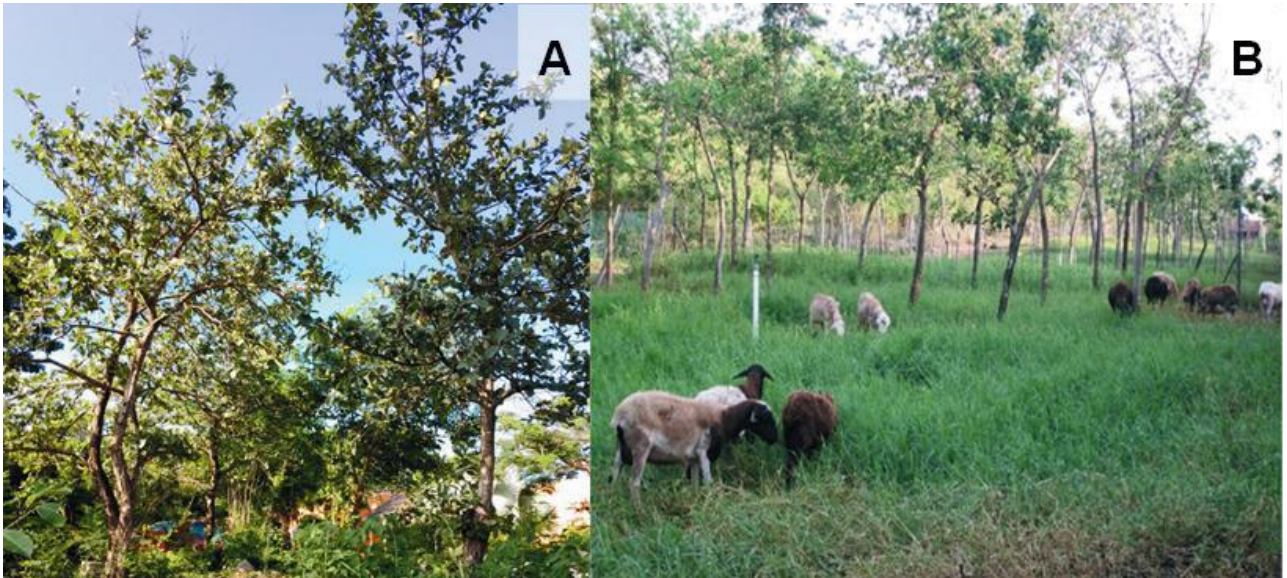
**Figura 2.** Localización aproximada del Rancho Los Juanes en la Península de Yucatán, México.

## *¿Qué fue lo que hicimos?*

Tomamos varias muestras de suelo del sistema forestal y del área silvopastoril. Hicimos dos colectas, una en la época de secas (abril) y una en la época de lluvias (octubre). Luego, por un lado, evaluamos las propiedades químicas, físicas y fisicoquímicas de cada muestra. Y por otro, analizamos a los microorganismos contenidos en cada muestra.

Como dato curioso, déjanos contarte que para identificar a los microorganismos que había en cada muestra de suelo, usamos un método muy moderno, en el que no se necesita cultivarlos. Nada más se extrae una sustancia llamada ADN de cada muestra, y se analiza por métodos que se llaman “bioinformáticos”. Hoy en día, esta es una de las formas más efectivas para saber qué microorganismos componen una comunidad. Se llama “metagenómica”.





**Figura 3.** Aspecto general del sistema forestal (A) y del sistema silvopastoril (B).

### *Las propiedades del suelo*

Las propiedades de los suelos, es decir, cuántos nutrientes tienen, qué tan ácidos son, qué tanta materia orgánica tienen, qué tantas sales tienen, etc. se evaluaron en el “Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua (LASPA)” de la UADY, que es uno de los mejores laboratorios para análisis de suelos que hay en México.

Para identificar a las bacterias y hongos del suelo, usamos una técnica que se llama **METAGENÓMICA**, en la cual se extrae y analiza el ADN de todos los microorganismos que hay en una muestra





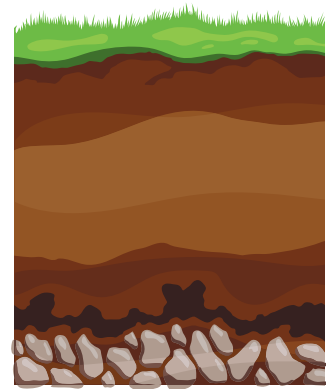


## ¿Y qué encontramos?

### *En cuanto a las propiedades del suelo:*

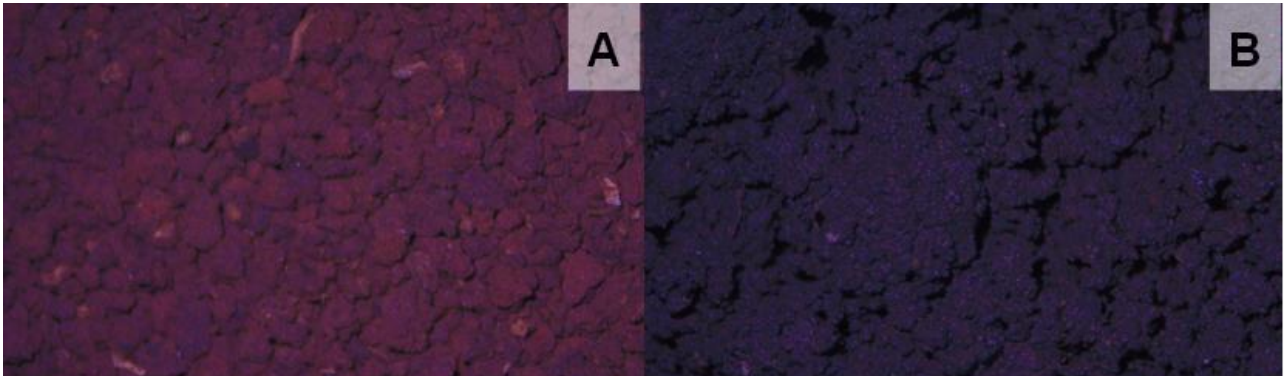
El primer resultado fue que, tal como lo esperábamos, todas las propiedades de las muestras de suelo que evaluamos tuvieron valores muy parecidos a los que ya se han reportado en trabajos anteriores para ese tipo de suelos. ¡Esto es muy bueno! porque quiere decir que, en efecto, se trató de suelos típicos del norte de Yucatán.

El segundo, fue que no hubo diferencias entre las muestras de la época de lluvias y las de la época de secas. Seguramente esto se debió i) a que el suelo en esta zona es tan permeable, que el agua de lluvia o de riego, percola rápidamente hacia el subsuelo (es decir, no se estanca, sino que filtra en la roca caliza) y, por lo tanto, no afecta las propiedades del suelo; y ii) a que normalmente hace tanto calor y la capa de suelo es tan delgada, que el agua que no percola hacia el subsuelo, se evapora muy rápidamente.



El tercero, fue que la concentración de carbono orgánico, materia orgánica, carbonatos, nitrógeno, fósforo inorgánico y calcio fue significativamente mayor en ... ¿dónde crees? ... ¡Pues en el sistema silvopastoril! ¿Por qué? Pues seguramente porque el excremento de los borregos (que es muy rico en materia orgánica), sumado a los pastos que los agricultores siembran en este sistema, aporta nutrientes que contienen todos estos elementos. Debido a su mayor concentración de materia orgánica, el suelo del sistema silvopastoril es un poco más oscuro que el del sistema forestal (Figura 4).

**El suelo del sistema silvopastoril tuvo una mayor concentración de carbono orgánico, materia orgánica, carbonatos, nitrógeno, fósforo inorgánico, y calcio.**



**Figura 4.** Imagen del suelo del sistema forestal (A) y del sistema silvopastoril (B).

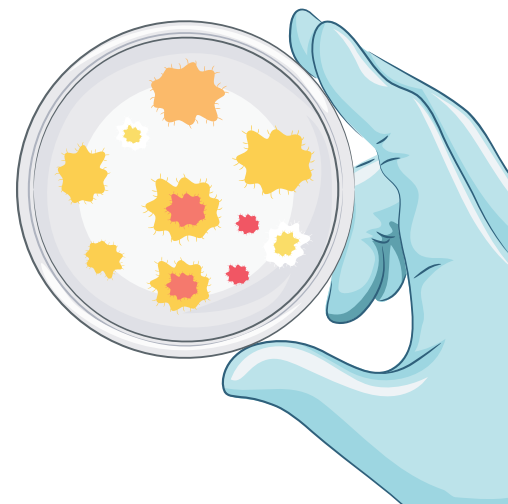
### *En cuanto a las bacterias:*

En ambos sistemas, el número de bacterias distintas que encontramos en la época de lluvias fue muy parecido al de la época de secas. Lo cual seguramente se debe a la gran similitud que hay en las propiedades del suelo entre estas dos épocas.

Sin embargo, el número de bacterias distintas en el suelo del sistema silvopastoril fue mayor que en el suelo del sistema forestal. Esto muy probablemente se deba a que el excremento de los borregos y los pastos incrementan la diversidad de nutrientes y esto a su vez, permite que más tipos bacterianos proliferen.

Ojo, no es que haya más bacterias, sino más bacterias distintas. En términos biológicos, esto se llama “riqueza bacteriana”.

El segundo resultado interesante fue que, en el suelo de ambos sistemas, los 26 tipos bacterianos más abundantes fueron exactamente los mismos.

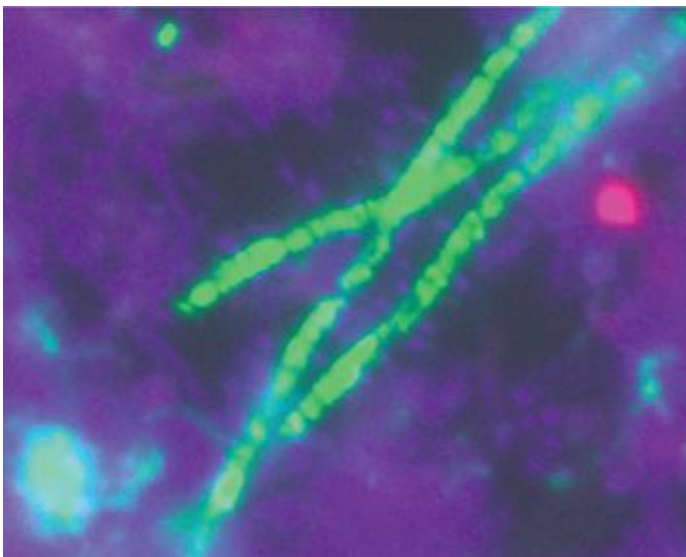






Además, en todos los casos, estos abarcaban más de tres cuartas partes de toda la comunidad. Lo cual quiere decir que las bacterias que hay en el sistema silvopastoril y no están en el forestal, no son de las más abundantes.

Los 26 tipos bacterianos que encontramos son típicos del suelo, bastante bien conocidos. Uno de los más abundantes fue una Acidobacteria (Figura 5), que se caracteriza por ser muy difícil de cultivar en los laboratorios. Por cierto, debes saber que una de las grandes ventajas de identificar a los microorganismos con técnicas metagenómicas es que podemos notar la presencia de muchos de ellos que no se pueden percibir mediante cultivos en el laboratorio (debido a que no crecen en la gran mayoría de los medios de cultivo que se usan en los laboratorios).



**Figura 5.** Imagen representativa de Acidobacteria

Con base en este análisis, podemos concluir que más del 75% de la abundancia de bacterias era igual en el suelo de ambos tipos de sistema. Y, si bien había algunas en el sistema silvopastoril que no estaban en el forestal, no eran de las más abundantes. O sea, lo que nosotros encontramos fue que las bacterias que viven en el suelo de ambos sistemas, son prácticamente las mismas.

**Encontramos que las bacterias más abundantes que viven en el suelo de ambos sistemas, son las mismas.**



### *En cuanto a los hongos:*

Al igual que en el caso de las bacterias, el número de hongos distintos encontrados en la época de lluvias y la de secas, fue muy similar en cada tipo de suelo. O sea, que sin importar la época del año de que se trate y si llueve o no, hay prácticamente el mismo número de hongos distintos en el suelo. Interesante ¿no? Aquí entre nos, esperábamos encontrar más en la época de lluvias.

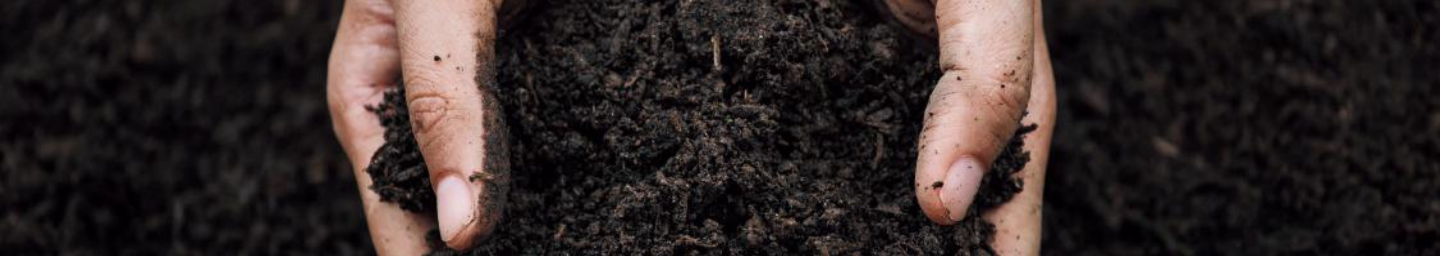
Además, al contrario que en el caso de bacterias, comparando el número de hongos distintos en el suelo entre el sistema forestal y el silvopastoril, pudimos ver que fue prácticamente el mismo. Lo cual quiere decir, que no hay más hongos distintos en alguno de estos dos sistemas.



Lo más sorprendente en el caso de los hongos, fue que, por el contrario del caso de las bacterias, solamente 14 de los 34 principales tipos que encontramos, estaban presentes en todas las muestras de ambos sistemas. Todos los demás eran distintos. Esto concuerda con estudios anteriores hechos por otros autores, en los que se ha visto que, en general, en los suelos del norte de Yucatán, hay una enorme "microheterogeneidad" de hongos. Lo que significa que la mayoría son distintos en cada muestra que se tome y solamente unos pocos están distribuidos de forma pareja en todo el suelo.

Los dos únicos grupos que estuvieron claramente en mayor proporción en el sistema silvopastoril que en el forestal, fueron unos que se llaman Hypocreales y otros que se llaman Pleosporales (Figura 6). ¿Y sabes por qué? ¡Porque estos órdenes de hongos normalmente viven en el excremento de borregos! Tiene lógica ¿no?.

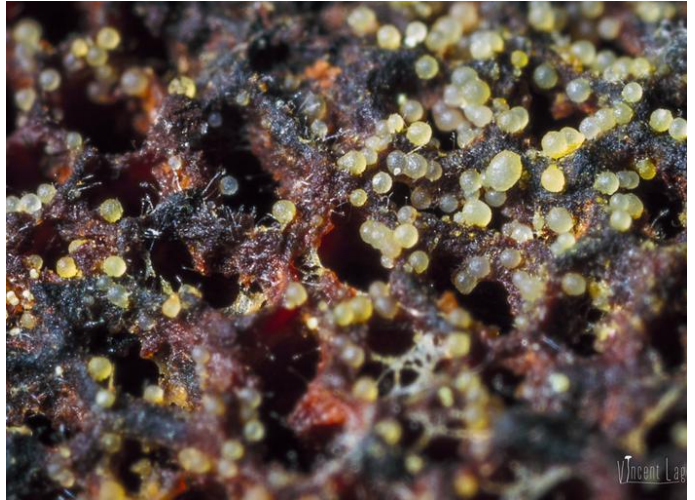




## Para llevar



Los suelos encierran un mundo complejo, fantástico, e indispensable para la vida como la conocemos. Desafortunadamente, ya casi no quedan suelos prístinos. Lo único que nos queda es conocer lo que está pasando con los que están sujetos a la influencia humana.



**Figura 6.** Imagen representativa de hongos del orden Hypocreales



En Yucatán, hay dos sistemas agroforestales muy comunes para sembrar árboles de ciricote: el forestal y silvopastoril. En este trabajo, nos preguntamos qué tanto están divergiendo las propiedades y los microorganismos del suelo de estos dos sistemas. Usamos al ciricote como especie de estudio debido a ser un árbol multipropósito muy importante en la zona.

Las buenas noticias son que:

(i) En cuanto a las propiedades del suelo en los huertos de ciricote, la única diferencia entre los dos sistemas, es que el silvopastoril tiene una mayor concentración de carbono orgánico, materia orgánica, carbonatos, nitrógeno, fósforo inorgánico, y calcio. Lo cual, a las concentraciones que encontramos, no solamente no daña al ecosistema, sino que puede volverlo más productivo.



(ii) Los principales tipos bacterianos, los cuales abarcaron tres cuartas partes del total de bacterias presentes en ambos sistemas, fueron exactamente los mismos en los dos sistemas. Lo cual quiere decir que el distinto manejo, no parece estar afectando la diversidad bacteriana asociada a los suelos en que crece el ciricote.

(iii) Es difícil comparar los hongos, porque hay una gran heterogeneidad en su distribución. Sin embargo, la única característica relevante que diferencia los dos sistemas, es que en el silvopastoril hay dos órdenes (Hypocreales y Pleosporales) en mayor abundancia que en el forestal. Eso sí podría ser una señal de alerta, ya que algunas especies de estos grupos son patógenas de plantas. Por lo que en caso de querer en un futuro sembrar algún otro tipo de planta, habría que tener esto en mente. 🍀

## *Agradecimientos*

El trabajo que condujo a los resultados expuestos en este artículo se financió con los proyectos CB A1-S30471 e INFR201601-269833, del CONAHCYT.

## *Para Consulta*

- 🍀 Yin R, Kardol P, Thakur MP, *et al.* 2020. Soil functional biodiversity and biological quality under threat: Intensive land use outweighs climate change. *Soil Biology and Biochemistry* 147: 107847. <https://doi.org/10.1016/j.soilb.2020.107847>.
- 🍀 Lowder SK, Sánchez MV, Bertini R. 2019. Farms, family farms, farmland distribution and farm labour: What do we know today? *FAO Agricultural Development Economics Working Paper* 19-08.
- 🍀 Donatti CI, Harvey CA, Martínez-Rodríguez MR, *et al.* 2019. Vulnerability of smallholder farmers to climate change in Central America and Mexico: Current knowledge and research gaps. *Climate and Development* 11(3): 264–286.





- 🌱 Meza-Herrera CA, Navarrete-Molina C, Luna-García LA, *et al.* 2022. Small ruminants and sustainability in Latin America & the Caribbean: Regionalization, main production systems, and a combined productive, socio-economic & ecological footprint quantification. *Small Ruminant Research* 211: 106676.
- 🌱 López-Upton J, Ramírez-Herrera C, Jasso-Mata J, *et al.* 2011. Situación de los recursos genéticos forestales en México. FAO.
- 🌱 Pennington TD, Sarukhán J. 2005. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. Fondo de Cultura Económica-UNAM.
- 🌱 Kalam S, Basu A, Ahmad I, *et al.* 2020. Recent Understanding of Soil Acidobacteria and Their Ecological Significance: A Critical Review. *Front Microbiol.* 11:580024. doi: 10.3389/fmicb.2020.580024.
- 🌱 Gómez-Tenorio MÁ, Magdaleno-González J, Castillo-Díaz FJ, *et al.* 2021. Influence of sheep manure on soil microbiota and the vigor of cucumber seedlings in soils cultivated with almond trees. *Modern Environmental Science and Engineering* 7(5): 491-497 Doi: 10.15341/mese(2333-2581)/05.07.2021/010.

Crédito de imágenes en orden de aparición: adeg (pixabay, pi), Airin Party (Pexels, P), Arthon meekodong, Eucalyp, sparklestroke, r1g00 (pi), Diana Vasileva, BNPDesignStudio, Quang Nguyen Vinh (P), Deyan Georgiev, Engin Akyurt (P), Hus, Tenate Arte, Kittl kahotong, Iurii Maksymiv, the8monkeyportfolio, rawintanpin's Images, Mckylan Mullins (P), eakmoto271, Kichigin, Sasiistock (Getty Images Pro), Anne, Zaid Ahmed (P), Ludere Studios, Khwanchai Phanthong's Images. Primer imagen proporcionada por Miriam M. Ferrer, quintay sexta por Héctor Estrada-Medina. Crédito de figuras: figura 2, Imagen creada con ayuda de Google Earth [\[Link\]](#), figura 5 [\[Link\]](#), figura 6 [\[Link\]](#)

*Diseño de publicación: Yareli Fiburcio*

**Selene Ramos Ortiz**  
Editor Asociado Revista CyN



## Ingrid Aileen O'Connor Sánchez

Unidad de Biotecnología. Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). Investigadora científica especialista en el análisis de comunidades microbianas mediante su ADN (metagenómica). **Contacto:** [aileen@cicy.mx](mailto:aileen@cicy.mx)



## Tobías Marcelo López Ramírez

Investigador en Formación y Docente auxiliar en la carrera de Bioquímica. Además, trabaja en el Departamento de Biología Molecular en el diagnóstico de enfermedades infecciosas en Niños. Realizó sus estudios de Maestría en Ciencias en el CICY, en Mérida, Yucatán, México. **Contacto:** [lopezramirez.3112@gmail.com](mailto:lopezramirez.3112@gmail.com)



## Héctor Estrada-Medina

Dr. en Ciencias del Suelo y Agua. Profesor Investigador de tiempo completo de la UADY desde 2009, responsable del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua. Miembro del SNII (Nivel 2). Colabora en proyectos de investigación, imparte cursos y dirige tesis de licenciatura y posgrado diagnóstico de enfermedades infecciosas en Niños.

**Contacto:** [hector.estrada@correo.uady.mx](mailto:hector.estrada@correo.uady.mx)



## Juan José María Jiménez Osornio

Profesor investigador del Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán. Sus áreas de interés son la Agroecología y el manejo de recursos naturales para el desarrollo de las comunidades rurales. **Contacto:** [josornio@correo.uady.mx](mailto:josornio@correo.uady.mx)



## Miriam Monserrat Ferrer Ortega

Doctora en Ciencias interesada en los factores evolutivos y ecológicos asociados con sistemas mixtos de apareamiento en angiospermas. Investigadora del SNII nivel 2. Continúa trabajando con plantas frutales y evolución de éstas en los huertos mayas junto con personas interesadas en su conservación y manejo sustentable.

**Contacto:** [mferrer@correo.uady.mx](mailto:mferrer@correo.uady.mx)