

Termitas y sus microbios

Señorita: Anoche vi en la televisión enormes montículos de termitas de 4000 años en Brasil que se podían ver desde satélites. Pero, ¿qué hacen las termitas?



Marissa Cole y Aram Mikaelyan

North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, United States

Termitas

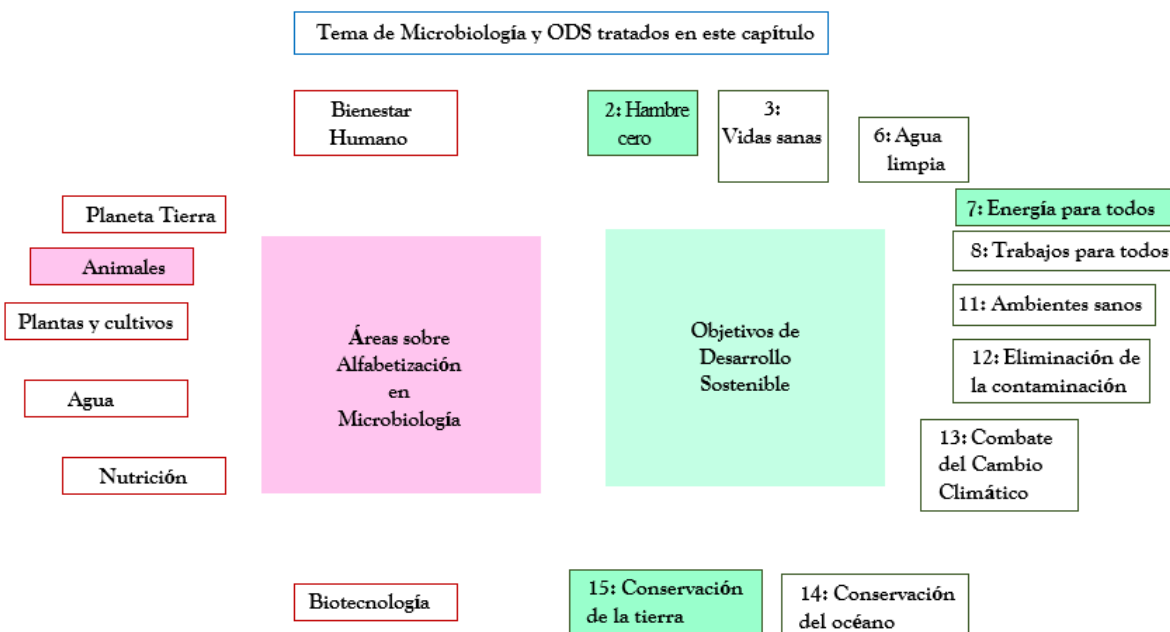
Historia

Aunque ciertas especies de termitas son plagas urbanas importantes responsables de daños masivos a las estructuras de madera a nivel mundial, estas constituyen menos del 5% de las más de 2000 especies de termitas. ¡No pueden notar la diferencia entre la madera en un bosque o la madera de su casa! La gran mayoría de las especies de termitas proporcionan valiosos servicios del ecosistema, particularmente a través del reciclaje de madera, hierba y hojarasca. Sin embargo, esto a veces va acompañado de la liberación de metano, un importante gas de efecto invernadero. La dieta de termitas está compuesta por una sustancia llamada lignocelulosa, que es muy difícil de digerir, y contiene muy poco nitrógeno, un elemento esencial en todos los seres vivos. Por lo tanto, las termitas se basan en comunidades microbianas densas en sus tractos digestivos, llamados microbiomas intestinales, para romper la lignocelulosa y complementar sus dietas con nitrógeno "fijo". Comprender el proceso de digestión simbiótica en las termitas es fundamental para comprender su papel en el medio ambiente, también puede mantener la clave también para la producción de biocombustibles ecológicos a partir de los desechos vegetales y ayudar a regular las emisiones de gases de efecto invernadero de las termitas y otros animales.

El contexto de la microbiología y la sociedad

The microbiology: el microbioma de la termita y la digestión de madera; ingenieros del ecosistema; impacto económico como plagas que destruyen la madera; cambio climático y la propagación de especies de termitas invasivas; Fuentes potenciales de biocombustibles.

Sustainability issues: uso potencial para el desarrollo de biocombustibles; termitas como plagas estructurales, agrícolas y forestales; reciclaje/compostaje de madera muerta; fijación de nitrógeno; emisiones de gases de efecto invernadero; biodiversidad.



Termitas: la microbiología

1. ***Digestión simbiótica en termitas.*** Las termitas generalmente se alimentan de material vegetal muerto que generalmente es difícil de digerir para los animales y carece de alimento básico. Las termitas superan sus desafíos dietéticos con la ayuda de colecciones de simbiontes microbianas en sus intestinos llamados "microbiomas intestinales". Los microbiomas de termitas pueden incluir bacterias, arqueas o protozoos, y ayudan en la digestión de la lignocelulosa, el principal componente estructural del material vegetal. Según la presencia o ausencia de simbiontes protozoos en sus entrañas, las termitas se pueden agrupar en termitas más bajas (recolectoras de protozoos) y más altas (sin protozoos), sin embargo, ambos grupos tienen simbiontes bacterianos y arqueales.

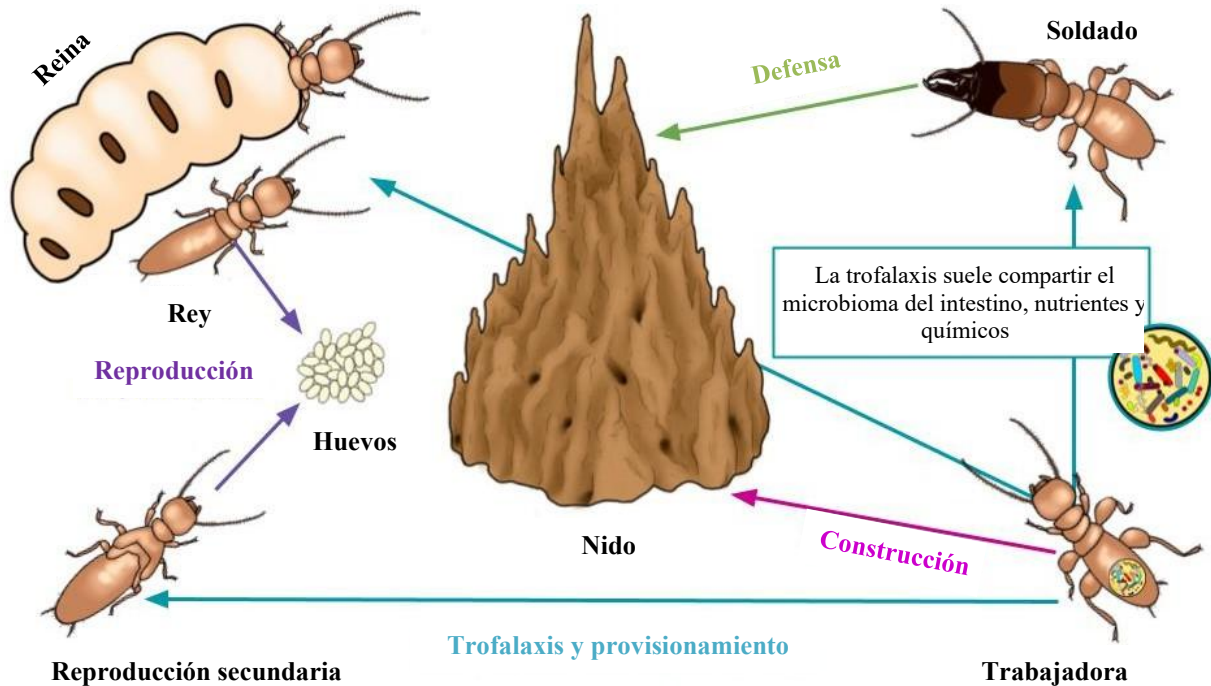
2. ***Microbiomas intestinales de termitas y fijación de nitrógeno.*** Además de ayudar a las termitas a superar la dificultad de digerir sus dietas, sus microbiomas también les proporcionan nitrógeno, N, un elemento requerido por todos los animales para hacer aminoácidos, proteínas y ADN. La "fijación biológica" N_2 "es un proceso crítico a través del cual las bacterias convierten el nitrógeno atmosférico, que no puede ser utilizado fácilmente por la mayoría de las formas de vida, en formas más utilizables, como el amoníaco (NH_3), y muchas bacterias simbióticas en microbiomas intestinales de términos se han sabido por hacer esto. Debido a que la madera es muy pobre en nitrógeno, la capacidad de los simbiontes intestinales para arreglar N_2 es crítica para la nutrición de termitas.

3. ***Eusocialidad y trofalaxis.*** Las termitas son insectos eusociales, lo que significa que viven en grandes (compuestos de hasta un millón de personas) grupos familiares multigeneracional es llamados colonias y demuestran una división extrema del trabajo o especialización de roles. La mayoría de las personas en una colonia han renunciado a su capacidad para reproducirse a algunos nidos reproductivos. Estos individuos reproductivos son la reina y el rey, así como algunos "reproductivos secundarios" que también pueden poner huevos. En términos generales, la casta de los trabajadores es responsable de mantener el nido y representa a los principales consumidores de material vegetal, mientras que los soldados son responsables de proteger la colonia de invasores y depredadores. Los trabajadores participan en la trofalaxis, un comportamiento importante que permite la alimentación de castas dependientes como soldados y termitas más jóvenes que no pueden alimentarse efectivamente del material vegetal. La trofalaxis permite el intercambio de información, nutrientes y, lo más importante, los simbiontes intestinales. El sistema simbiótico de digestión combinado con trofalaxis y especialización de tareas extrema hace que una colonia de termitas sea una "máquina" de digestiones de madera altamente eficientes

4. ***Las termitas son ingenieros del ecosistema.*** Gracias a sus simbiontes de digestión de fibra, las termitas son los descomponedores más críticos del material vegetal en los bosques tropicales y subtropicales, lo que los hace cruciales para el funcionamiento del ciclo del carbono. Además, debido a la capacidad de sus simbiontes para fijar el nitrógeno, y debido a que forman una porción significativa de las dietas ricas en proteínas de muchos animales, incluidos Aardwolves, Numbats y los zorros de orejas de murciélagos, también son fundamentales para el ciclo de nitrógeno en estos ecosistemas. Al igual que las lombrices de tierra, las termitas juegan un papel importante en el aflojamiento, el aireamiento y la mezcla de suelo. La acumulación de recursos en los nidos de termitas da como resultado que sean

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

depósitos importantes para los nutrientes, lo que respalda el crecimiento de las plantas alrededor del nido. Los nidos de termitas también albergan una gran cantidad de otros insectos, ya sea que viven junto a ellos o se mudan a los nidos después de que las termitas se realicen con él. Otros animales que usan nidos o montículos de termitas después de que se han quedado las termitas incluyen vertebrados, como reptiles, pájaros y algunos mamíferos pequeños. Los reptiles usan montículos como manchas, las aves las usan como perchas, y se sabe que ambos grupos usan los montículos como incubadoras para sus huevos.

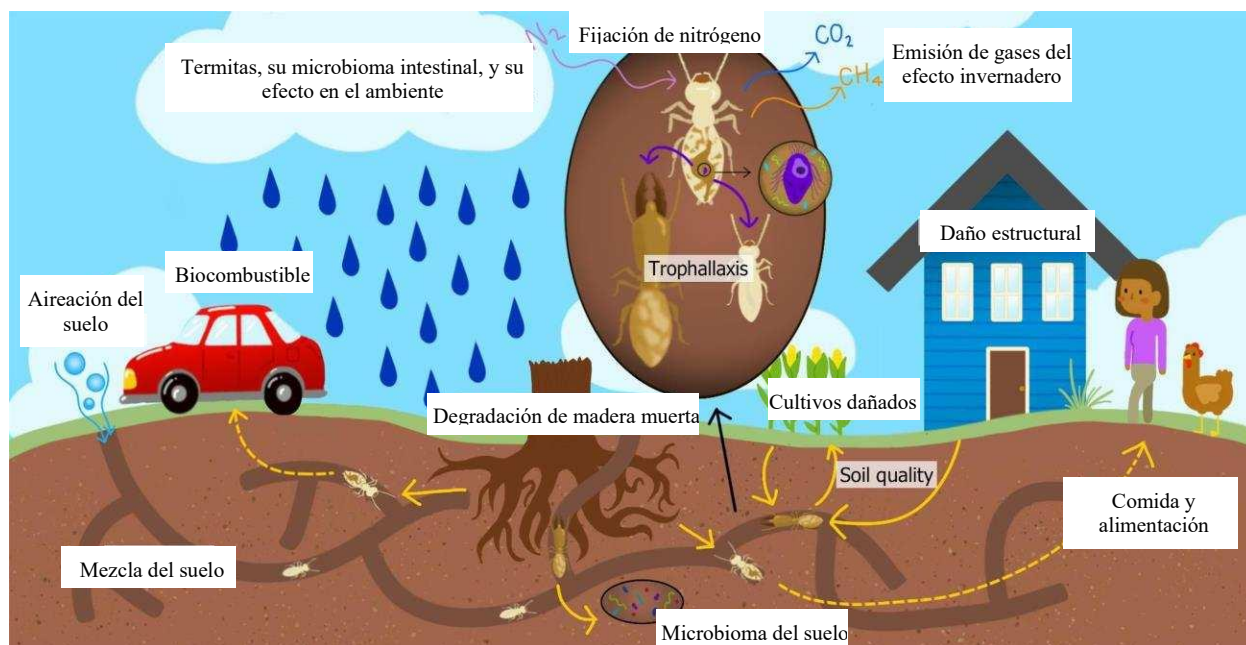


5. Las termitas causan miles de millones de dólares en daños estructurales, agrícolas y forestales cada año al comer estructuras de madera. Los simbioses intestinales que han ayudado a las termitas se vuelven ecológicamente exitosas a medida que los degradadores de la madera y otras formas de material vegetal también son responsables de su éxito como plagas estructurales. Si bien son animales relativamente pequeños a nivel individual, grandes colonias de termitas de alimentación de madera pueden comer alrededor de 5 kilogramos de madera por mes. Su voraz apetito por la madera resulta en decenas de miles de millones de dólares de daños por año en estructuras de madera y bosques. También se ha encontrado que las termitas causan daños significativos al material vegetal vivo como: caña de azúcar, palmeras, árboles frutales, arroz, maíz, trigo, sorgo, algodón, maní, eucalipto, yuca, café, soja y más, incluidas algunas verduras. En algunos casos, se sabe que las plagas de termitas causan la pérdida total del rendimiento del cultivo, particularmente en las regiones tropicales más secas. El control de termitas se puede hacer mediante el uso de productos químicos o biopesticidas. Los biopesticidas son una alternativa popular a los métodos de control de plagas químicas convencionales, ya que generalmente actúan sobre una especie objetivo-específica, y no son tan propensas a causar contaminación ambiental que podría afectar a otros animales, incluidos los humanos, así como la calidad del suelo y el agua.

6. Cambio climático y especies invasoras. El cambio climático puede afectar significativamente la distribución y la propagación de las especies en el planeta. Un desafortunado subproducto de la degradación de lignocelulosa es la producción de metano, un importante gas

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

de efecto invernadero. Debido a que las termitas son eusociales y viven en grandes grupos de individuos que están fermentando materiales vegetales en sus entrañas, la contribución de las termitas al efecto invernadero es significativa, lo que genera aproximadamente 3-4% para el metano global y el 10% de los presupuestos de CO₂. Aunque las termitas pueden ser contribuyentes importantes al presupuesto mundial de gases de efecto invernadero, las actividades humanas, como la quema de fósiles. Los combustibles han tenido un impacto mucho más rápido y a gran escala a través de la descomposición de los servicios del ecosistema y la pérdida de la biodiversidad. Como resultado, las termitas también se ven afectadas por el cambio climático, lo que ha llevado a la propagación de especies invasoras, incluidas las termitas, a regiones más cálidas donde pueden superar grupo s de insectos locales y potencialmente actuar como plagas estructurales. También hay evidencia de que las temperaturas más altas pueden conducir a la hibridación entre especies de termitas invasivas para producir híbridos robustos que pueden alterar aún más el equilibrio ecológico o actuar como plagas aún más problemáticas.



7. Las termitas pueden ayudar con la producción futura de biocombustibles. Nuestra demanda de recursos petroleros muy limitados es cada vez mayor y la planificación de una transición sin problemas a los biocombustibles renovables es de interés a largo plazo de la humanidad y el planeta. Durante millones de años de evolución, las termitas han evolucionado para ser biorreactores altamente especializados que pueden convertir la biomasa en productos, como el hidrógeno (H₂) y el metano que tienen valor como fuentes de energía renovables. ¡Se ha estimado que 10,000 termitas pueden producir hasta 87-94 litros de H₂ todos los días! H₂ como biocombustible no produce emisiones de gases de efecto invernadero, es liviano y más duradero que las baterías. Es tan efectivo que incluso se ha utilizado para alimentar la nave espacial. Si las condiciones del intestino posterior de la termita se pueden recrear a gran escala, podríamos tener un método eficiente para convertir la lignocelulosa en energía utilizable, como H₂, que actualmente se está produciendo principalmente a partir de recursos no renovables.

8. Las termitas son prometedoras como fuente de alimento para humanos y ganado. Como se mencionó anteriormente, las termitas son componentes principales ricos en proteínas de las dietas de depredadores, en bosques tropicales y subtropicales. Los insectos se han

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

cultivado como "mini-ganado" durante décadas como mejores fuentes de proteínas para humanos y ganado que muchas fuentes de planta y animales. Sin embargo, las termitas pueden tener una ventaja sobre los insectos cultivados tradicionalmente, como los grillos, que requieren dietas ricas en proteínas y nutrientes para ser fuentes de alimentos nutritivos, porque su microbioma intestinal les permite prosperar en fuentes de alimentos con mucho menor valor nutricional que otros insectos. Las termitas ya se usan como alimento para aves de corral en Guinea, Togo, Burkina Faso e India, y es probable que se conviertan en una alternativa popular para otros países, no solo para el consumo de ganado y aves de corral, sino también para los humanos. De hecho, las termitas reproductivas aladas se cosechan y se comen comúnmente durante sus temporadas de enjambre en algunos países.

9. Biodiversidad. *Hay alrededor de 2,000 especies conocidas de termitas en el mundo, y algunos científicos creen que puede haber muchas más especies de termitas que aún no se han descrito.* Las termitas contribuyen directamente a la biodiversidad de su entorno solo por los miembros existentes pero, como miembros importantes de las redes alimentarias, también apoyan la diversidad de otras formas de vida. Como se mencionó anteriormente, son comidos por muchos animales diferentes, incluidos los humanos, e incluso protegen el medio ambiente, al proporcionar servicios del ecosistema. Las termitas llevan dentro de ellos muchos tipos diferentes de protistas y bacterias, ¡algunas de las cuales no existen en ningún lugar del mundo fuera del intestino de termitas! Si las termitas se extinguieran, también perderíamos estos microorganismos únicos. Con la introducción de nuevas especies de termitas invasivas, las termitas nativas se ven obligadas a competir o incluso posiblemente entrelazadas con otras termitas nunca antes encontradas. Esto aumenta el éxito de las especies invasoras, que puede superar las especies nativas de termitas y causar un efecto de onda en otros animales que interactúan con las especies nativas de termitas, con un efecto negativo general sobre la biodiversidad.

Relevancia para los objetivos de desarrollo sostenible y los grandes desafíos

- **Objetivo 2: finalizar el hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible:** *las termitas han sido parte de la dieta humana desde los tiempos prehistóricos, y las personas todavía están comiendo hoy.* También se usan como alimento para ganado y aves de corral en varios países. A medida que el cambio climático presiona a las personas para que elijan dietas más sostenibles, reemplazar algunas proteínas a base de animales con proteínas de termitas será una forma eficiente de convertir los residuos basados en la planta indigestibles en proteínas.

- **Objetivo 7: Energía para todos: la digestión eficiente de la lignocelulosa por los microbios en el intestino de termitas puede resultar útil en el desarrollo de un futuro biocombustible de los desechos a base de plantas.** Aunque replicar las condiciones del intestino posterior de la termita puede no ser factible con la tecnología actual, puede ser más fácil con más desarrollos en la producción de biocombustibles.

- **Objetivo 8: Trabajos para todos: la gran cantidad de daño que causan algunas especies de termitas como plagas estructurales y agrícolas brindan oportunidades de trabajo a los profesionales de la gestión de plagas, así como a la industria de los pesticidas y muchos investigadores científicos que esperan resolver el problema de la termita.** Además, el desarrollo de un biopesticida que es efectivo contra los insectos de plagas, incluidas las termitas, es importante para evitar consecuencias negativas no deseadas de pulverizar pesticidas químicos, como la contaminación del suelo y el agua y los productos y productos químicos utilizados en la producción del pesticida en sí. El desarrollo de un producto de biopesticida para el control de termitas requerirá mucha investigación y el trabajo de cientos de personas en

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

instituciones de investigación y dentro de la industria de pesticidas y el gobierno. La producción de biocombustibles utilizando tecnología derivada de termitas también involucrará el trabajo de innumerables personas, desde científicos de investigación y desarrollo hasta profesionales y políticos de negocios. Y, por último, pero no menos importante, al acortar la vida útil de la madera de la construcción y, por lo tanto, las estructuras basadas en la madera, las termitas contribuyen indirectamente al crecimiento en la industria de la construcción.

- **Objetivo 12: Consumo y producción sostenible: las termitas han demostrado ser una parte crítica del ecosistema.** Degradan el material vegetal muerto, como la madera, que de otro modo no se puede desglosar tan fácilmente sin su presencia. No solo sirven como compuestos/recicladores importantes en el medio ambiente, sino que también son una fuente de alimento para animales salvajes. Las termitas proporcionan una serie de servicios de ecosistemas, contribuyendo a factores abióticos y bióticos en sus entornos circundantes. Sus nidos proporcionan refugio a otros animales, aumentan los nutrientes del suelo, alteran físicamente los paisajes, y son jugadores clave en los ciclos de carbono y nitrógeno.

- **Objetivo 13: Combate Cambio climático: las termitas emiten algunos gases de efecto invernadero.** Sin embargo, las operaciones masivas de cría de ganado contribuyen significativamente más a las emisiones de metano, lo que contribuye al 37% de las emisiones de metano como resultado de la actividad humana. Además, **aproximadamente la mitad del metano** producido por termitas se descompone por bacterias metanotróficas que viven en sus nidos, reduciendo la cantidad de gases de efecto invernadero que finalmente emiten de la colonia. La desaceleración del cambio climático también ayudaría a desacelerar la propagación del rango geográfico de especies de termitas invasivas y reducir las posibilidades de hibridación entre diferentes especies de termitas. La disminución de la ingesta de proteínas de ganado y el aumento de la proteína de termitas en las dietas humanas y/o animales también podría dar lugar a la liberación de menos metano en el medio ambiente, utilizando una cantidad mucho menor de área terrestre para aumentar y producir menos metano en general al tiempo que recicla el material vegetal muerto.

- **Objetivo 15: Conservación de la tierra: la conservación de la tierra permite una mayor abundancia de termitas y diversidad, lo que a su vez permite a las termitas hacer contribuciones significativas a la salud del ecosistema.** La destrucción de la tierra utilizada por estos importantes ingenieros de ecosistemas daría como resultado un impacto masivo en los ciclos de carbono y nitrógeno, depredadores de termitas y los animales que viven dentro y alrededor de los nidos y montículos de termitas. También se ha encontrado que las termitas protegen las selvas tropicales de la sequía aumentando la descomposición de la arena para la hoja, lo que ayuda a mejorar las condiciones del suelo que apoyan el crecimiento de los árboles, y un componente extremadamente valioso de la conservación de la selva tropical a medida que el clima continúa cambiando.

Posibles implicaciones para las decisiones

1. Decisiones individuales

- a. Teniendo en cuenta qué hacer en el caso de una infestación de termitas en el hogar: pesticidas comprados en la tienda: ¿cuáles son las consecuencias no deseadas de los pesticidas químicos (contaminación)? ¿Fueron producidos de manera sostenible? ¿Preferirías usar biopesticidas?
- b. Condenas personales alrededor de comer proteínas o ganado derivadas de termitas (o insectos) alimentados con proteínas derivadas de termitas frente a ganado convencional.

2. Políticas comunitarias

- a. Teniendo en cuenta los beneficios ecológicos de tener termitas en su entorno circundante cuando se usa pesticidas para tratar infestaciones de termitas.
- b. Pesando los beneficios de salud, ambientales y económicos de la agricultura de termitas a gran escala para el consumo de aves de corral o humanos contra daños ambientales adicionales y mayores costos (en comparación con el aumento del ganado).
- c. Costo asociado con el daño por termitas a los edificios, efectos de la infestación de una estructura en una comunidad en otras estructuras a su alrededor.
- d. Protección de parques locales y otros hábitats naturales de termitas sin plata; Políticas más estrictas sobre basura, contaminación y prácticas forestales.

3. Políticas nacionales

- a. Incentivos para que los agricultores reduzcan su huella de carbono mediante el uso de proteínas basadas en insectos y la aprobación de las termitas por parte de los gobiernos como alimento para humanos y alimentados para ganado, acuicultura y aves de corral.
- b. Aprobación de productos de biopesticidas dirigidos a termitas; El cambio a biopesticidas reducirá la liberación de productos químicos al medio ambiente que podrían dañar a los organismos beneficiosos (microbios, plantas y animales).
- c. Políticas de conservación de la tierra para proteger las especies de termitas que no son de hojalata que brindan importantes servicios del ecosistema y sirven como fuente de alimento para otros animales.
- d. Políticas para prevenir la introducción de especies invasivas de termitas: crecientes tiempos de cuarentena para (procesos de detección más profundos con respaldo del gobierno de envíos y equipaje entrantes en los puertos de entrada/salida).
- e. Incentivando la investigación en la optimización de la producción de biohidrógeno a partir de microbios intestinales de termitas, lo que también contribuiría a reducir el impacto del calentamiento global y la pérdida de la biodiversidad.

Participación de la pupila

1. Discusión en clase del impacto ecológico y económico de las termitas

2. Conciencia de las partes interesantes para el alumno

- a. Teniendo en cuenta los impactos positivos que las termitas tienen en el entorno natural, ¿es aconsejable usar pesticidas para controlar la misma especie cuando infestan las estructuras urbanas?
- b. Al tener en cuenta los efectos que el ganado tiene en el medio ambiente a través de emisiones de gases de efecto invernadero, ¿qué crees que podría hacer de las termitas una opción más sostenible como "minigano"?

3. Ejercicios

- a. Los humanos han comido insectos durante miles de años, y muchas personas todavía los comen, incluidas las termitas, hoy. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura apoya el uso de insectos como alimentos humanos y alimentos ganaderos como una alternativa sostenible y saludable a las fuentes de proteínas convencionales. ¿Comerías termitas? ¿Por qué o por qué no?

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

- b. Las termitas usan trofalaxis para compartir sus microbios intestinales entre los miembros de la colonia. ¿Qué pasa con su dieta y estilo de vida, crees que hace que sea tan importante para ellos participar en este comportamiento? ¿Puedes pensar en otros animales que usan trofalaxis o un comportamiento similar?
- c. ¿Qué otros animales sabes que necesitan microbios en sus entrañas para ayudar a digerir sus alimentos?
- d. ¿Qué otros animales sabes que necesitan microbios en sus intestinos para obtener nutrientes/factores de crecimiento esenciales, como las vitaminas?

La base de evidencia, lecturas adicionales y ayudas para enseñar

- Enrico Bonatti 2011. Insectos sociales: abejas, hormigas y termitas (extensiones practicum) <https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/7/3643/files/2013/09/social-insects-i-26b-euxe.pdf> strydhorst, n. 2015.
- Búfer de cambio climático de pastizales. <https://calvinchimes.org/2015/02/20/termite-mounds-a-grasslands-climate-change-buffer/> banigan,
- M. 2017. En el festival de comer insectos, los niños se reducen en la comida del futuro. <https://www.npr.org/sections/thesalt/2017/09/14/550188017/at-bug-eating-festival-kids-Crunch-down-on-the-food-the-future>
- Tolley, J, 2018. El Wisconsin Energy-Institute busca terminaciones para un biofuel. <http://s://btn.com/2018/03/13/the-wisconsin-energy-institute-ings-to-termites-for-a-biofuel-breakthrough-btn-livebig/wood>,
- C. 2018. Las termitas se construyeron un vertedero del tamaño de Gran Bretaña. <https://www.popsoci.com/termites-brazil-landfill-meds/borunda>,
- A. 2019. Las vacas y los pantanos liberan metano en la atmósfera, pero es, en su mayoría, la actividad humana está aumentando los niveles de este destructivo gas de efecto invernadero. <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/metano/>
- Dasgupta, S. 2019. Las termitas ayudan a proteger los bosques tropicales durante la sequía, descubre el estudio. <https://news.mongabay.com/2019/01/termites-help-to-protect-tropical-forests-during-drought-Study-Finds/>

Glosario

Aminoácidos, las moléculas de las cuales las proteínas se sintetizan en los organismos vivos amoníaco – NH_3 . Un compuesto molecular compuesto por nitrógeno e hidrógeno, que sirve como una fuente de nitrógeno utilizable para los organismos, en oposición al nitrógeno atmosférico (N_2). El amoníaco es un producto de la reacción química llamada "fijación de nitrógeno", que es realizada por una serie de microorganismos arquea, un dominio de microorganismos procariotas de células individuales.

El ciclo del carbono: el movimiento del carbono en todo el medio ambiente a través de la respiración, emisión, fotosíntesis y la descomposición de los organismos muertos.

Cambio climático: cambios en los patrones de temperatura y clima del planeta. Puede ocurrir naturalmente o ser causado por la actividad humana; Con más frecuencia discutido en el contexto de la actividad humana que tiene consecuencias negativas en el medio ambiente

Compost: el uso de la materia orgánica en descomposición como fertilizante natural.

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

Generalmente en referencia a un proceso intencional de reciclaje de productos de desecho vegetales

Servicios del ecosistema: beneficios proporcionados por la naturaleza para las personas
Eusocialidad: una estrategia de organización social más comúnmente vista, pero no completamente limitada a los artrópodos, en el que un gran grupo de individuos relacionados llamó una "colonia" participa en una división avanzada del trabajo. Diferentes grupos de individuos dentro de la sociedad se dividen en "castas", cada uno de los cuales proporciona diferentes servicios al grupo en su conjunto. En las termitas, hay: individuos reproductivos, que producen jóvenes (reinas, reyes y algunos individuos reproductivos "secundarios"); soldados, que brindan protección de colonias; y trabajadores, que buscan recursos de colonia y cuidan a otras castas

Combustible fósil: combustibles derivados de los restos de organismos vivos antiguos; por ejemplo, carbón y gas natural

Gases de efecto invernadero: gases, por ejemplo, dióxido de carbono, que absorben y atrapan la radiación en forma de calor del sol en la atmósfera de la tierra, causando el "calentamiento global".

Hibridación: la combinación de dos variedades de especies o vegetales muy relacionadas, pero distintas, invasivas, refiriéndose a un organismo que se ha introducido a un rango de la que no es nativo, particularmente cuando su introducción afecta negativamente a los organismos nativos beneficiosos en su rango introducido, por ejemplo, plantas no nativas o animales que perjudica o dañan directamente las especies nativas.

Lignocelulosa: un componente complejo de las paredes celulares vegetales leñosas que consisten en lignina y ganado de celulosa, cualquier animal vivo que se cría para ser utilizado como recurso, por ejemplo, animales de granja, como vacas, cerdos o pollos

Metano: un gas que se encuentra en la atmósfera de la Tierra y el componente más prominente del gas natural. Se emite a partir del ganado y la actividad humana que resulta en la descomposición de la materia orgánica. También se considera un "gas de efecto invernadero".

Metanotrófico: una estrategia de alimentación en microorganismos que implica la descomposición del microbioma de metano, todos los microorganismos asociados con un hábitat particular; con mayor frecuencia, el término se usa en referencia a los microbios asociados con las tripas animales

Multigeneracional: refiriéndose a múltiples generaciones, especialmente en el contexto de varias generaciones de organismos relacionados que comparten el mismo espacio vital.

Ciclo de nitrógeno: el movimiento de nitrógeno a través del medio ambiente en una variedad de formas químicas, a través de sistemas bióticos y abióticos.

Fijación de Nitrógeno: el proceso microbiano de convertir nitrógeno atmosférico (N_2), que es inutilizable por la mayoría de los organismos, en compuestos orgánicos, como el amoníaco no renovable, refiriéndose a recursos que no se reemplazan o renovan fácilmente; por ejemplo, combustibles fósiles, que tardan millones de años en formarse naturalmente en comparación con recursos como la energía solar, que se puede aprovechar continuamente sin riesgo de agotamiento de recursos

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

Protista: cualquier eucariota (organismo con orgánulos celulares unidos a la membrana) que no sea un animal, planta o hongo. Generalmente son microscópicos y de células individuales, pero hay excepciones.

Protozoos: eucariotas unicelulares, a veces denominados "protistas con forma de animal", ya que son heterotróficos, lo que significa que consumen nutrientes no sintetizados a través de procesos como la fotosíntesis

Renovable: refiriéndose a recursos que se reemplazan/renovan fácilmente, como la energía de los organismos vivos, la luz solar o el viento. No se espera que estos recursos se agoten tan fácilmente como los que toman una cantidad significativa de tiempo en formarse, como los combustibles fósiles que no pueden ser fácilmente la aireación del suelo, el acto de hacer que el suelo sea accesible al aire, a menudo a través de animales de excavación, como lombrices de tierra, termitas o mamíferos que digiesen

Symbiont: cualquier organismo que vive en simbiosis con otro organismo; Ver "simbiótico" Simbiótico: refiriéndose a las relaciones entre organismos de dos o más especies diferentes. Las relaciones simbióticas pueden ser positivas, negativas o neutrales. Los principales tipos de relaciones simbióticas (también llamadas simbiosis) son: mutuo, predacudo, parasitario, competitivo o comensal

Grupo taxonómico: refiriéndose a cualquier nivel organizacional de la clasificación de los organismos vivos; Los dominios, los reinos, el filo, las clases, las órdenes, las familias, los géneros y las especies son grupos taxonómicos en diferentes niveles organizacionales; También podría llamarse "taxones"

Trofalaxis: el acto de compartir fluidos digestivos entre miembros individuales de un grupo subsocial o eusocial de organismos. La trofalaxis se define aún más como "estomodeal", si se comparte boca a boca o "proctodeal", si los fluidos intestinales se intercambian de ano a boca.