



Inclusión de la biotecnología en la exploración de la biodiversidad dentro de los huertos escolares de Calakmul, Campeche.

Por: Leonardo Zamora Zecua ¹

Recibido el 5 de junio de 2022

Dictamen aprobatorio: 29 de julio de 2022

Resumen

El avance actual de los conocimientos y tecnologías a partir de la biodiversidad permite a las comunidades estudiantiles rurales explorar varias posibilidades de producción a través del huerto escolar. Desde la siembra exitosa de alimentos en forma biointensiva sobre suelos no aptos para la actividad agrícola, hasta la incorporación de especies microbianas biofertilizantes nativas de los mismos ecosistemas. La reproducción de microorganismos dentro de la red de huertos agroecológicos en las escuelas de Calakmul ha iniciado dando mejoras en la productividad del huerto sin el uso de productos sintéticos. Además, permite reciclar de forma segura nutrientes no convencionales como la orina humana.

Palabras clave: biotecnología, microbiología, biofertilizantes, agroecología

Pie de foto. Vivero en Calakmul
FOTO: REVISTA EXPANSIÓN DIGITAL

¹ Es ingeniero en Biotecnología. Equipo Calakmul del Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica A.C. (IDESMAC). Contacto: leon.gdna@gmail.com



Explorando la microbiología de suelos con jóvenes en telesecundaria

Cada generación humana es única, todas cambian y se distinguen principalmente por la forma de afrontar los retos de la gestión del conocimiento y desarrollo tecnológico en conjunto con la interacción con el entorno natural, para resolver sus distintas necesidades. La generación de jóvenes en Calakmul se distingue por encontrarse en crecimiento y expansión en el territorio dentro de la reserva de la biósfera. Al mismo tiempo que se encuentran en uno de los pocos entornos completamente naturales en México, también se encuentran conectados al mundo globalizado y moderno a través de los dispositivos digitales con conexiones inalámbricas y satelitales. Las escuelas públicas rurales son un espacio importante en la creación de contextos de aprendizaje que puedan atender a las posibilidades de conocimiento y la solución tecnológica de las necesidades para las nuevas generaciones. Por ello, la inclusión de nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje son necesarias para la apropiación del conocimiento y la tecnología actual con una aplicación regional.

En Calakmul la situación agrícola actual se encuentra llena de retos para lograr producir alimentos sanos. Además de la escasez del agua, los suelos en Calakmul son de origen calizo, razón por la cual predominan suelos blancos y llenos de rocas llamados sascab, no aptos para la agricultura. solo en lugares denominados de zona baja, en donde la pendiente es negativa, se producen suelos mucho más ricos debido al arrastre de materia orgánica de las partes altas; en éstos últimos la fertilidad es una cualidad, ya que favorece condiciones para el cultivo intensivo, aunque debido al manejo tradicional esta materia orgánica tiende

a agotarse en un ciclo de tres años de siembra continua (Arreola, Arturo y G. Villalobos 2008).

Para la producción de alimentos en las comunidades de Calakmul, la gestión del conocimiento y el manejo de las especies vivas macro y microscópicas dentro de la producción agropecuaria juega un papel fundamental en la construcción de agroecosistemas sostenibles y productivos, con diseños regionales basados en recursos disponibles y en el clima estacional.



Ilustración 1. Perfil típico del suelo cárstico en Calakmul Campeche, se pueden observar los distintos perfiles que lo componen, así como las capas de materia orgánica y minerales



Estodebidoaquelaaactividadproductiva se ve enfrentada a un gran número de especies de insectos provenientes de la reserva de la biósfera y por lo tanto se requiere el uso intensivo de plaguicidas que además son altamente tóxicos para el humano y el ambiente. Aunado a esto, el clima de la selva semi-húmeda propicia la aparición de enfermedades emergentes en las plantas en su doble temporal de lluvias durante el año. Por último, la calidad del suelo difiere mucho entre comunidades, siendo muy fértil de manera natural en algunas y en otras todo lo contrario, lo que lleva a emplear fertilizantes agroquímicos que terminan por disminuir la microbiología de los suelos.

Por otro lado, en las universidades de todo el mundo durante las décadas pasadas, se ha generado mucha información detallada sobre los procesos biológicos y ecológicos de insectos, plantas, animales e invertebrados. También, el desarrollo de conocimiento inspirado en los procesos biológicos y naturales para integrar bienes y servicios de la vida moderna ha estado en incremento, todos los procesos importantes (alimentación, energéticos, materiales, diseño, etc.) están siendo reingenierados para ofrecer soluciones sostenibles emulando los diseños y procesos de la naturaleza. La idea de que nuevas tecnologías obtenidas a partir del conocimiento biológico puedan beneficiar a la humanidad, ha propiciado la investigación en diferentes áreas, entre ellas la ingeniería, la tecnología y la agroecología (Helfman, 2017). La agroecología es una ciencia enfocada en producir alimentos sanos imitando los ecosistemas naturales y aprovechando la sinergia e interdependencia de todas las especies presentes. Esto ha dado lugar a prácticas como el control biológico de algunas especies perjudiciales para el ser humano (a través de plantas alelopáticas y microorganismos entomopatógenos);

y al manejo de la nutrición y salud de plantas, árboles y animales, a través de insumos biológicos y procesos naturales (microorganismos, minerales y materia orgánica).

Ilustración 1. Perfil típico del suelo cárstico en Calakmul Campeche, se pueden observar los distintos perfiles que lo componen, así como las capas de materia orgánica y minerales



La vida ha evolucionado de muchas formas a través del surgimiento de la gran biodiversidad que existe en el agua, el suelo y los intestinos de animales. Lo que llaman suelo fértil, es el resultado de la interacción entre muchas formas de vida microscópica, minerales y materia orgánica. En orden cronológico, los microorganismos del suelo y el agua fueron los primeros en ocupar la corteza terrestre y dar lugar al surgimiento de toda la



diversidad vegetal y animal. Especies como las bacterias y las arqueas, las microalgas, las cianobacterias y los hongos microscópicos son el origen de la vida y la materia orgánica en el suelo. Por tanto, para un manejo de especies macroscópicas como las plantas y los insectos, es importante considerar el manejo de especies microscópicas como hongos, bacterias, microalgas y cianobacterias. Hecho que se ha visto impulsado en la última década por los movimientos sociales de agricultura orgánica y agroecología en latinoamérica y otras partes del mundo.

Ilustración 3. Cosecha de hongos saprófitos del suelo en el huerto en la comunidad de Josefa, para evaluar su diversidad y detectar la presencia de especies patógenas y benéficas



El manejo de microorganismos dentro de la producción agroecológica permite replantearse cuál es el papel de las comunidades de pequeños productores en la generación de conocimiento y bienes provenientes de la naturaleza. El manejo de la biodiversidad microbiana

por la comunidad campesina a través de las y los jóvenes de la red de huertos agroecológicos de Calakmul, es una oportunidad de influir de manera positiva en la producción familiar y comunitaria de alimentos y materia prima, así como en la conservación de la biodiversidad disponible en la región para las futuras generaciones. Además, permite a las comunidades rurales adoptar bio-tecnologías que se pueden hacer de forma sencilla e impactar de esta forma la economía regional.

Reproducción de los biofertilizantes microbianos dentro del huerto

Antes de que el ser humano descubriera el petróleo, el carbón, el gas natural y el uranio, y aprendiera cómo ponerlo en uso, la biomasa cubría todas las necesidades de comida, energía y materiales (Lewandowski, 2018). La biomasa es un término genérico para designar a todo recurso renovable que es naturalmente presente en los ecosistemas y que se podría obtener en abundancia (biomasa forestal, biomasa microbiana, biomasa vegetal, biomasa algal). Así entonces desde el inicio de la cultura humana, el manejo de los materiales y las especies vivas visibles al ojo humano, han sido la fuente de recursos para la producción de bienes y alimentos básicos. La observación profunda de los procesos y formas biológicas no solo ha permitido la generación de nuevas comprensiones y soluciones materiales, sino que también ha permitido replantear nuestro lugar en el diseño de nuevos productos, un lugar donde ya no se intente dominar a la naturaleza, sino dialogar y cooperar con ella como fuente de inspiración y recursos (Medina, 2011)

A pesar de su novedad, la observación y aplicación de conocimientos biológicos en la solución de distintas necesidades, se remonta a la misma historia de



la humanidad en todo el mundo (Helfman, 2017). El resurgimiento de técnicas de agricultura orgánica, la fabricación de herramientas y materiales para el aprovechamiento de los recursos renovables, han sido lugar de innovaciones y adaptaciones que ponen en evidencia este regreso contemporáneo a lo “natural”, y a rescatar de la memoria colectiva las tecnologías antiguas o ancestrales que han servido a muchas culturas durante mucho tiempo sin los actuales efectos colaterales de la tecnología basada en el petróleo.

En el caso de las comunidades rurales que se encuentran inmersas en el contexto natural, este paradigma del regreso a lo natural aplica en ellas algo distinta a lo vivido en las grandes ciudades, ya que allí no se trata de reemplazar o abandonar los derivados de petróleo; es más bien importante para las nuevas generaciones de la población rural el conocer y adquirir las herramientas y destrezas necesarias para poder aprovechar toda la biodiversidad disponible sin llevarla a su extinción.

En el municipio de Calakmul Campeche, el aprendizaje de la ciencia y la tecnología a inicios del 2022 a nivel secundaria se ve totalmente concentrado en temas vanguardistas a nivel internacional como las ciencias de la vida, la industria y la ingeniería. Estos enfoques educativos, a pesar de ser generales en todo el mundo, toman distintos matices en el campo de la aplicación y la accesibilidad a las instalaciones. Es importante considerar que la vanguardia educativa con mayor inversión se encuentra en las ciudades del Valle de México, Puebla, Guadalajara, Querétaro, Monterrey y Mérida. En las zonas rurales del país, el contexto adquisitivo es completamente distinto y por tanto las adaptaciones se vuelven necesarias para tornar apropiables los medios educativos y productivos.

Los planes de estudio actuales para jóvenes de entre 12 y 15 años en comunidades rurales, se centran en la transmisión televisiva de clases

Ilustración 4. Mejoramiento de suelos a través de la adición de materia orgánica en forma de composta y microorganismos degradadores de materia orgánica, en camas con doble excavación





experimentales y su recreación con los recursos disponibles en el aula y la comunidad. A pesar de las múltiples limitantes para desarrollar actividades donde las y los alumnos puedan adquirir habilidades y destrezas que les permita orientarse hacia alguna actividad o sector productivo, existe una oportunidad resguardada en el área de las ciencias de la vida y la ingeniería con un gran impacto en zonas rurales. Las prácticas realizadas para el conocimiento de la flora y la fauna han sido de las metodologías de aprendizaje más empleadas para el acercamiento de los alumnos a las ciencias de la vida; prácticas como la germinación de una semilla, la identificación de las plantas por sus atributos, o la observación de animales con lupa se siguen empleando como hace más de 50 años. Por otro lado, desde hace más de 100 años gracias a la invención del microscopio y al avance en las tecnologías de fermentación, se han podido “domesticar” nuevas especies microbianas no patógenas de bacterias del género *Lactobacillus*, hongos microscópicos (género *Trichoderma*) y microalgas (género *Chlorella*), para su

estudio y uso cotidiano.

Las nuevas comprensiones derivadas de la observación de los sistemas vivos han permitido proponer la introducción de microorganismos con sustratos que podrán ser consumidos por estos pequeños transformadores y así asegurar su reproducción. Es decir, comprender que para introducir microorganismos hay que agregar comida para que puedan sobrevivir y poblar el suelo. De tal forma, la recolección de microorganismos degradadores de materia orgánica y su reproducción sobre sustratos orgánicos es una de las prácticas iniciales que ha permitido a la comunidad estudiantil acceder a ejercicios que guardan mucha relación con el contenido revisado en clases. Además, el impacto que tiene en su aplicación sobre los cultivos muestra la importancia de contar con estos aliados microscópicos dentro del huerto. La adición de microorganismos de montaña y composta a las camas de cultivo se ha realizado como estrategia de mejoramiento de suelos dentro del huerto escolar con muy buenos resultados en poco tiempo.

Ilustración 6. Siembra biointensiva de semillas inoculadas con biofertilizantes microbianos





Otra práctica importante y de mucho significado, es el poder incluir especies de bacterias y hongos micorrízicos que habitan en las raíces de las plantas y que aportan nutrientes disponibles. Bajo la misma mirada del manejo de seres vivos microscópicos, se agrega biomasa de la cianobacteria espirulina como sustrato que podrá ser consumido por los hongos micorrízicos, las bacterias y las raíces una vez activadas y en proceso de crecimiento.

Todo este conocimiento se ve aplicado en la técnica de la “semilla biofertilizada” que además puede llevar harina de rocas para complementar con minerales extra. La asociación que establece la microbiología benéfica en las raíces aporta muchos beneficios al incluirlos desde el emergimiento de la plántula. Entre ellos se encuentra el aporte directo de nutrientes solubles, la resistencia a los cambios en el clima y a la presencia de plagas y enfermedades. En el caso de las bacterias, se encargan

principalmente de aportar el nitrógeno a través de su fijación biológica del nitrógeno atmosférico. Los hongos micorrízicos, por otra parte, cumplen la función de asociarse a las raíces y extraer nutrientes para ofrecerlos a las raíces de lugares donde no les son accesibles. Esta asociación de cooperación interespecie, conocida como simbiosis, mejora la posibilidad de sobrevivir entre distintas especies y ofrece mayor calidad de los productos cosechados imitando los ecosistemas naturales.

Un nuevo oficio: la biotecnología campesina en el cultivo de microalgas

Otra importante interacción de conocimientos es la de la biología y la tecnología moderna, correspondiente a la generación de distintas posibilidades productivas y funcionales basadas en seres vivos. La biotecnología actual surge

Ilustración 7.

Determinación de la concentración poblacional de la microalga *Chlorella*, durante su cultivo para aplicación al huerto





en los laboratorios de investigación básica de las universidades públicas de todo el mundo (Chauvet, M. 2015). Sin embargo, como se ha mencionado, existen bio-tecnologías que se pueden considerar antiguas debido a que eran practicadas por muchos pueblos en los siglos pasados (fermentación de bebidas, pigmentos de plantas, fermentación de semillas, entre otros).

Actualmente, a la biotecnología se conoce como “toda actividad basada en conocimientos multidisciplinarios para la aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos, y solución de problemas en usos específicos de muchas de las actividades practicadas por ingenieros, químicos, agrónomos, artistas, veterinarios, microbiólogos, biólogos, médicos, diseñadores, empresarios, economistas, etcétera” (Stubrin, 2021).

El carácter multidisciplinario de la biotecnología propicia que sus aplicaciones se presenten en diversos sectores, por lo que la UNESCO asignó distintos colores en función de las aplicaciones de la biotecnología (Chauvet, M. 2015), y aquí lo presentamos con algunas actualizaciones para incluir al bioarte y biodiseño dentro de estas clasificaciones.

- Blanca: Industrial
- Roja: Salud, medicina y diagnóstico
- Gris: Fermentación clásica y tecnología de bioprocesos, ambiental (geomicrobiología, biorremediación)
- Azul: Acuicultura, biotecnología costera y marina
- Amarilla: Biotecnología de alimentos, ciencias de la nutrición
- Negra: Bioterrorismo, biocrímenes, guerra biológica
- Marrón: Biotecnología de

desiertos y zonas áridas

- Dorada: Bioinformática, nanobiotecnología
- Verde: Agrícola (biocombustibles, biofertilizantes, plantas genéticamente modificadas)
- Rosa: biorte, biodiseño, biotextiles y biomateriales.

El amplio campo de aplicación de la biotecnología y la inspiración basada en los ecosistemas en la actualidad nos lleva a la necesidad social de contar con jóvenes que se puedan incorporar a estas actividades económicas emergentes e influir de forma positiva en el aprovechamiento de los recursos naturales y conocimientos locales. Por tanto, la generación de talleres y carreras técnicas en secundarias y bachilleratos se hacen necesarios si lo comparamos con años anteriores en donde en

Ilustración 8. Observación al microscopio del cultivo de *Chlorella*, para verificar su calidad y observar su crecimiento.





secundarias técnicas y bachilleratos tecnológicos procuraban ofrecer oportunidades laborales a jóvenes con menos de 18 años, de generaciones pasadas, con ofertas educativas como técnicos “dibujantes, agrónomos, secretarios, informáticos, electricistas, modistas, chefs”, etc. Situación que toma aún más importancia debido a que la gran mayoría de los jóvenes solo estudian hasta la preparatoria, siendo muy pocos los que terminan profesionalizando sus actividades de manera académica.

Las técnicas biotecnológicas de observación, aislamiento, y la reproducción de microorganismos en medios artificiales y naturales inventadas hace más de 100 años, son el camino metodológico que existe hoy para comprender procesos como la producción de vino y cerveza, la fermentación de quesos y vegetales, así como la reproducción de microorganismos benéficos para la agricultura y la biorremediación de contaminantes. La microbiología es un nuevo campo de exploración biológica donde apenas se conoce una pequeña fracción de la diversidad de los seres vivos que habitan cuerpos de agua y suelos. Por ello, es una oportunidad para los distintos grupos humanos de encontrar nuevas fuentes de nutrientes o materiales, así como nuevas especies.

Los jóvenes de secundaria y bachillerato en comunidades rurales tienen la oportunidad de poder asimilar y ejecutar conocimientos que implican una reflexión profunda de la biología, la química y la física apoyados de las tecnologías digitales y medios audiovisuales. Se requiere del tiempo y atención suficientes para fijar su mirada en seres microscópicos que pueden influir en sus comunidades, recursos de los cuales los adultos se encuentran limitados por su condición laboral y cognitiva. Es por ello que el acercamiento de estos conocimientos

en jóvenes resulta clave en el fortalecimiento de sus comunidades y en la construcción activa de sus sociedades.

Además, en el mundo académico existe una oferta de prácticas de estudio de microbiología ambiental y ciencia básica que no requieren tecnología de punta. Basta con tener un par de microscopios y mucha diversidad biológica para entrar a un micro mundo lleno de paisajes nuevos. Posterior a los estudios de observación, las prácticas experimentales de reproducción o aplicación de la microbiología se pueden realizar con utensilios e ingredientes de la cocina, como si de una receta gastronómica se tratara. Nuevas prácticas como la bioprospección local de micorrizas, de cianobacterias, de microalgas y microorganismos benéficos para la agricultura, se vuelven básicas en la introducción a la biología y ecología de suelos. Posteriormente, la incorporación de estos microorganismos en las prácticas agroecológicas abre la necesidad de contar con un laboratorio de microbiología campesina dentro del huerto y la parcela. Hoy es importante para las comunidades de productores aprender a identificar y reproducir seres vivos microbianos nativos que serán incorporados a la parcela como base para el buen desarrollo animal y vegetal dentro de un ambiente saludable. El manejo microbiano incluye a más de 20 hongos, bacterias y microalgas que forman el ecosistema que sostiene la vida en la tierra. Procesos como el compostaje de residuos sólidos orgánicos asistido por microorganismos de hojarasca, el aislamiento de hongos nativos benéficos para las plantas, la reproducción de microalgas y la reproducción de micorrizas son actividades que pueden realizarse con equipo simple y recursos orgánicos locales dentro del huerto.



Ilustración 9. Aplicación de biofertilizantes microbianos en el huerto escolar. A) Aplicación de consorcio de hongos micorrizicos especiales para hortalizas. B) Aplicación de mezcla de microalgas clorela y cianobacterias fijadoras de nitrógeno.

Además, en el mundo académico existe una oferta de prácticas de estudio de microbiología ambiental y ciencia básica que no requieren tecnología de punta. Basta con tener un par de microscopios y mucha diversidad biológica para entrar a un micro mundo lleno de paisajes nuevos. Posterior a los estudios de observación, las prácticas experimentales de reproducción o aplicación de la microbiología se pueden realizar con utensilios e ingredientes de la cocina, como si de una receta gastronómica se tratara. Nuevas prácticas como la bioprospección local de micorrizas, de cianobacterias, de microalgas y microorganismos benéficos para la agricultura, se vuelven básicas en la introducción a la biología y ecología de suelos. Posteriormente, la incorporación de estos microorganismos en las prácticas agroecológicas abre la necesidad de contar con un laboratorio de microbiología campesina dentro del huerto y la parcela. Hoy es importante para las comunidades de productores

aprender a identificar y reproducir seres vivos microbianos nativos que serán incorporados a la parcela como base para el buen desarrollo animal y vegetal dentro de un ambiente saludable. El manejo microbiano incluye a más de 20 hongos, bacterias y microalgas que forman el ecosistema que sostiene la vida en la tierra. Procesos como el compostaje de residuos sólidos orgánicos asistido por microorganismos de hojarasca, el aislamiento de hongos nativos benéficos para las plantas, la reproducción de microalgas y la reproducción de micorrizas son actividades que pueden realizarse con equipo simple y recursos orgánicos locales dentro del huerto.

Estos procesos productivos dan lugar a cierta destreza técnica que inaugura un nuevo oficio en el que muchos jóvenes pueden incorporarse a la vanguardia internacional de innovación tecnológica con adecuaciones a sus distintas realidades. Lo que aquí proponemos como biotecnología campesina se basa en la ciencia y tecnología aplicada en el contexto rural, y se vuelve una realidad que se sustenta en los movimientos sociales de agricultura orgánica en México y latinoamérica; así como en los



movimientos sociales por democratizar el conocimiento biotecnológico en países industrializados. Movimientos sociopolíticos como las “biofábricas” y el “Hazlo tú mismo” (DIY, Do it Yourself) o el “Cultívalo tu mismo” (Grow it yourself) han permitido la generación de equipo de laboratorio y de reproducción de microbiología a bajo costo, para la aplicación de las técnicas resguardadas en los laboratorios de investigación institucionalizados, pero esta vez a un nivel casero o campesino. La producción biotecnológica microbiana por pequeños productores rurales fortalece la posibilidad del desarrollo de sociedades basadas en la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad, ya que el uso de especies microbianas no implica la depredación y extinción de los seres vivos, no requiere de suelo fértil ni de temporal para la producción, y se puede desarrollar en la mayoría de los climas y estaciones durante el año.

Por otro lado, el mundo de la exploración de especies microbianas que no son interesantes en la producción de alimentos abre el camino a que dentro del mismo huerto y con las mismas herramientas se puedan explorar y experimentar nuevos materiales para la fabricación de otros productos como cosméticos, materiales y elementos de diseño.

La actual comunidad estudiantil que conforma la Red de Huertos Agroecológicos en Calakmul ha podido desarrollar de forma eficiente el manejo de especies microbianas para la producción de alimentos sanos en los primeros 6 meses del año. El éxito de este proceso ha permitido a la comunidad de jóvenes obtener mayores cosechas en un periodo corto sobre el mismo suelo blanco denominado sascab. De igual forma ha podido ampliar su conocimiento sobre la abundancia de recursos naturales microbianos disponibles en su comunidad y su implementación en la producción de

alimentos libres de agroquímicos. Un ejemplo importante es el desarrollo del cultivo de *Chlorella* agroecológica, el cual ha permitido a los jóvenes conocer mecanismos indirectos para el cuidado del agua, tal es el caso del uso de orina humana para la reproducción de la microalga. Situación que impacta de manera positiva ya que la escasez del agua es uno de los grandes problemas por resolver en el municipio. Las microalgas permiten reasimilar los compuestos orgánicos de desechos para transformarlos en nutrientes para la microbiología del suelo y para las plantas. De esta forma, el trabajo dentro del huerto hace posible poco a poco ir ampliando los aspectos que la biotecnología con microorganismos nos permite mejorar en nuestras sociedades a través de recursos renovables.

Resiliencia socio-ambiental en Calakmul a través de jóvenes y microorganismos

A nivel internacional se comienzan a implementar programas de producción agroecológica y biotecnológica de alimentos y del manejo de la biodiversidad microscópica, como parte del nuevo modelo global económico y ambiental. El paradigma biotecnológico y agroecológico forma parte de la bioeconomía que incluye todas las actividades económicas e intereses organizados alrededor de los sistemas de la vida. El territorio mexicano cuenta con una gran biodiversidad macro y microscópica que está disponible para todos y todas sus habitantes, y muchas especies se encuentran ampliamente estudiadas.

El estudio de las especies biológicas por comunidades rurales no solo permite la conservación de los recursos naturales, sino también el rescate de conocimientos ancestrales alrededor de su manejo y la generación de nuevas comprensiones basadas en ciencia campesina. El



Ilustración 10. Cosecha de productos agroecológicos.
A) Cosecha de rábano en camas con suelo mejorado, B) Cultivo de chlorella agroecológica para riego y nutrición del huerto.

hacer posible un acercamiento de los jóvenes a estos temas internacionales de vanguardia con aplicación regional, mediante acciones realizadas desde el huerto escolar, propicia en las comunidades el acceso a un manejo integral de sus ecosistemas, basado en una organización comunitaria apoyada en tecnologías, que les permita su inserción al mundo globalizado.

Finalmente, debido a la exploración de la biodiversidad local, se abren las posibilidades a las y los jóvenes de profundizar más en algunas de las áreas aprendidas y poder orientar su elección vocacional hacia la generación de emprendimientos con impacto socioterritorial y ambiental. Se espera que a través de la reflexión y aplicación de los conocimientos y tecnologías disponibles para el manejo de microorganismos, puedan surgir nuevos sectores productivos que permitan la

inclusión campesina, otorgando una mayor autonomía y calidad de vida en la región. De igual forma, se puede esperar que en un futuro próximo, así como existe ahora una gran comunidad del giro agropecuario, comience a existir también una comunidad de ciencia y tecnología campesina basada en distintos microorganismos.

lo viviente (1a ed.). Santa Fe: Ediciones UNL. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.



Referencias bibliográficas

- Arreola, Arturo y G. Villalobos (Coords.) (2008). Las funciones del paisaje: una perspectiva para el Ordenamiento Territorial en Calakmul, Campeche. Zoh Laguna, Campeche. Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica A.C. Agencia Alemana de Cooperación (GTZ)/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)/Ayuntamiento de Calakmul. 122 p.
- Chauvet, M. (2015). Biotecnología y sociedad (1.^a ed.). Universidad Autónoma Metropolitana.
- Helfman, C. Y. (2017). Biomimetic Design Methods for Innovation and Sustainability. Israel: Springer.
- Lewandowski, I. (2018). Bioeconomy, Shaping the transition to a sustainable, Biobased Economy. Germany, Springer International.
- Medina, Edith (2011). Bioarte: El uso de elementos vivos y material biológico en el arte. Centro Multimedia del Centro Nacional de las Artes (CENART) Ciudad de México, 2011 [Fecha de consulta: 28/06/22] www.biologystudio.com.mx
- Stubrin, L. Bioarte (2021). Poéticas de

