

Gestión integral de huerto mediante compostaje, reciclaje y tratamiento de aguas negras en la Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji

Integrated Garden Management through Composting, Recycling, and Wastewater Treatment at the Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji



Eduardo Hernández Sánchez*
Abygail Adarely Martínez Mendoza**

DOI: <http://DOI.ORG/10.52501/cc.477.06>

Resumen

Actualmente, el reto es transformar espacios en escenarios coherentes con los principios de sostenibilidad, particularmente donde la disponibilidad de agua y el manejo de residuos representan problemáticas ambientales relevantes. En este contexto, el huerto universitario es una herramienta formativa y operativa que integra producción agroecológica, aprovechamiento de residuos y uso responsable del agua en un mismo sistema. Considerando lo anterior, la Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji realizó huertos universitarios, con el objetivo de implementar un sistema de gestión integral en el huerto universitario a través del compostaje, reciclaje y tratamiento de aguas negras, con la finalidad de fortalecer la sostenibilidad ambiental institucional. Para ello, se trabajó compostaje de residuos orgánicos, incluyendo heno de mota; reutilización de aguas negras en riego; y establecimiento de huertos utilizando materiales reciclados. La estrategia consistió en la participación activa de estudiantes y docentes de Química, Gestión Ambiental y Nanotecnología, mediante talleres, planificación y ejecución de huertos, integrando teoría y práctica de manera vivencial. Los resultados mostraron mejoras en aprovechamiento de residuos orgánicos, disminución de agua potable para riego y mayor participación estudiantil en cuidado ambiental. En conclusión, la gestión integral del huerto reduce impactos ambientales dentro del campus, y fortalece la formación profesional.

Palabras clave: agroecología, educación para la sustentabilidad, gestión ambiental universitaria, innovación educativa, responsabilidad social universitaria.

* Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Tecnológica de Tula Tepeji, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0494-9964>. Correo electrónico: eduardo.hernandezs@utt.edu.mx

** Doctora en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Tecnológica de Tula Tepeji, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9747-3538>. Correo electrónico: abygailadarely.martinez@utt.edu.mx

Abstract

Currently, the challenge lies in transforming spaces into settings that are consistent with the principles of sustainability, particularly in contexts where water availability and waste management represent significant environmental issues. In this regard, the university garden serves as both a formative and operational tool that integrates agroecological production, waste utilization, and responsible water use within a single system. In this context, the Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji implemented university gardens with the objective of establishing an integrated management system through composting, recycling, and wastewater treatment, aimed at strengthening institutional environmental sustainability. To achieve this, activities included composting organic waste—such as cotton gin waste (heno de mota)—the reuse of wastewater for irrigation, and the establishment of gardens using recycled materials. The strategy involved the active participation of students and faculty from the fields of Chemistry, Environmental Management, and Nanotechnology through workshops, planning, and the implementation of gardens, integrating theory and practice through experiential learning. Results showed improvements in the utilization of organic waste, a reduction in potable water use for irrigation, and increased student participation in environmental stewardship. In conclusion, the integrated garden management reduces environmental impacts within the campus while strengthening professional training.

Keywords: *agroecology, education for sustainability, university environmental management, educational innovation, university social responsibility.*

Introducción

La conservación de las áreas verdes en instituciones de educación superior se ha convertido en un reto de consolidar modelos de gestión ambiental que trasciendan del discurso teórico y se materialicen en prácticas concretas dentro de sus propios espacios, particularmente en regiones que, debido a las condiciones climáticas desfavorables caracterizadas por el cambio climático, la degradación de los ecosistemas y la creciente presión sobre el agua dulce demandan soluciones sostenibles. Por lo anterior las universidades están llamadas a transformar sus campus en espacios demostrativos de buenas prácticas ambientales (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2020; Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2023).

En este contexto, los huertos universitarios se han posicionado como escenarios estratégicos en la formación integral de la comunidad estudiantil mediante la combinación de producción agroecológica y aprendizaje vivencial que favorecen el desarrollo de competencias ambientales, así como mayor concientización ecológica (Altieri y Toledo, 2011; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019). De tal modo que se pueden diseñar, y manejar agroecosistemas basados en la biodiversidad biológica, el reciclaje de materiales y el uso eficiente del agua, contribuyendo así a la resiliencia socioambiental y la sustentabilidad urbana. No obstante en regiones semiáridas como el sur del el estado de Hidalgo,

donde la disponibilidad del agua es limitada y el mantenimiento de áreas verdes implica un consumo significativo de agua potable, persisten desafíos asociados al uso ineficiente de recursos, la generación de residuos orgánicos sin aprovechamiento y sobre todo a la proliferación de especies epifitas con comportamiento invasivo como el heno de mota (*Tillandsia recurvata*) que ha generado afectaciones significativas en especies forestales nativas utilizadas como vegetación urbana, situación, exige la adopción de modelos alternativos de manejo sustentable (CONAGUA, 2023; Alvarado-Rosales y Saavedra, 2024; Apodaca y Guerrero, 2019).

Aunque la Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji ha impulsado la implementación de un modelo de huertos universitarios como espacios productivos y formativos en su estrategia institucional, aún se requiere consolidar un sistema de gestión integral que articule los procesos de compostaje, reciclaje de materiales y tratamiento de aguas negras con el fin de optimizar los recursos, reducir impactos ambientales, favorecer el aprendizaje significativo y la responsabilidad. En consecuencia, el problema de investigación se centra en como estructurar e implementar un sistema de gestión integral en el huerto universitario que permita mejorar el manejo de residuos, el uso del agua y la conservación de las áreas verdes bajo criterios de sustentabilidad ambiental. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue implementar un sistema de gestión integral en el huerto universitario a través del compostaje, reciclaje y tratamiento de aguas negras, con la finalidad de fortalecer la sostenibilidad ambiental institucional.

Métodos

Contexto

El proyecto se sitúa en la región del Valle de México al norte del Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo en la localidad de El Carmen, Tula de Allende, Hidalgo (20°0.0'33.49" LN, 99°20'40.49" LO, 2000 m s.n.m.). Específicamente en la Universidad Tecnológica de Tula Tepeji en el Programa de Química Ambiental actualmente Gestión Ambiental, institución pública de educación, dentro una región caracterizada por clima semiárido a templado subhúmedo, con lluvias concentradas en verano, temperaturas medias anuales entre 16 y 22 °C, y marcada estacionalidad en la disponibilidad de agua, lo que influye de manera directa en la dinámica de la vegetación y en los procesos productivos.

Enfoque de investigación

Se realizó una investigación con enfoque mixto ya que se apreciaron variables cuantitativas (El tamaño de las áreas verdes de la UTTT, la cantidad de agua disponible para la institución y la destinada a las áreas verdes, el consumo de agua por las áreas verdes) y cualitativas (El porte de las plantas, daño que tienen las plantas por afectación de heno de mota). El tipo de investigación fue exploratorio-descriptiva ya que no se cuenta con información suficientes de las áreas verdes de la institución y las variables se obtuvieron directamente de la fuente de información sin realizar alteraciones considerables. El trabajo gira en torno a establecimiento de huertos

hortícolas universitarios (Figura 1) con el apoyo de un diagnóstico de la situación de las áreas verdes de la UTTT, aplicando acciones de mejora, con el aprovechamiento sustentable del agua, la capacitación y gestión de recursos para la implementación de los huertos.

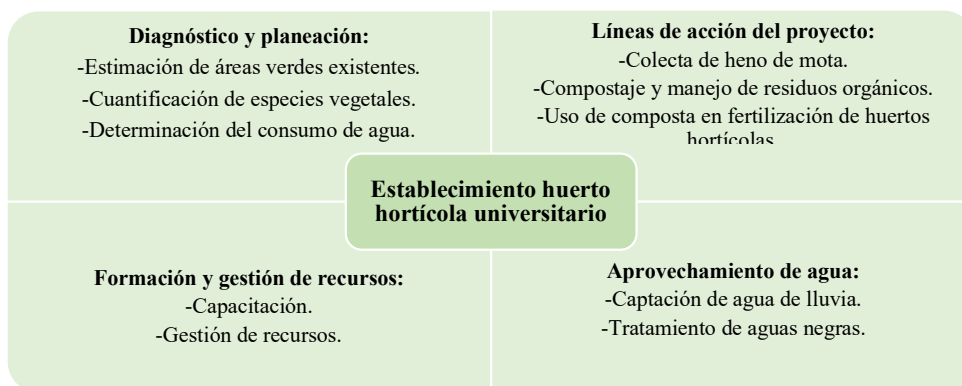


Figura 1. Esquema metodológico del establecimiento de huerto hortícola universitario en un programa de conservación de áreas verdes. Fuente: Elaboración propia (2025).

Establecimiento del programa de conservación de áreas verdes

En el año 2021 las autoridades de la Universidad Tecnológica de Tula Tepeji advierten un daño considerable a las áreas verdes del plantel específicamente sobre huizache y mezquite por una planta epífita conocida como heno de mota, heno motita, clavel del aire (*Tillandsia recurvata*). Derivado de esta observación se crea una estrategia institucional de sustentabilidad, dentro de la cual se alojó el programa de conservación de áreas verdes.

Diagnóstico y planeación

Cuantificación de las áreas verdes de la Universidad Tecnológica de Tula Tepeji: Se realizó la medición de los espacios de la UTTT destinados a las áreas verdes para conocer la proporción de estas con respecto de los inmuebles en marzo del 2022. Se empleó un mapa de la institución, GPS, cinta métrica y la aplicación *Google Maps*. Se realizó observación directa delimitando el polígono en áreas asociadas a la infraestructura de los programas educativos. La información se analizó de manera descriptiva considerando el total de la superficie con respecto a los espacios de conservación de áreas verdes y la proporción con respecto a la carga de estudiantes, administrativos y docentes.

Cuantificación de especies vegetales en el polígono de la universidad: Posteriormente de cuantificar las áreas verdes de la UTTT, se procedió con el número de plantas perennes de junio a agosto del 2022, separándolas en dos grupos. El primero de porte bajo menores a 2 m y las de porte alto mayores de 2 m, esto por la copa que forman. Además, se identificó el número de

especies por área, se estableció la carga, se realizó la separación por especies identificándolas por su nombre local y científico y se estableció el número de especies nativas. La medición se realizó utilizando un estadal de PVC de 4 metros de alto. El análisis de la información se realizó con tablas de frecuencia y proporciones.

Determinación del consumo de agua destinado para mantenimiento de áreas verdes: Se investigó la cantidad de agua disponible para las instalaciones de la UTTT, así como la destinada a la conservación de áreas verde esto se realizó en el año 2022 utilizando como instrumento entrevistas aplicadas a los encargados de servicios de la UTTT y encargados del sistema de agua potable del ejido 'El Carmen'. Se estableció el número de tomas en las áreas verdes, la frecuencia y método de riego, esto a través de unas visitas de campo. Por otra parte, se estableció la necesidad de agua de las plantas calculándolo a través de la evapotranspiración según Servín-Palestina et al. (2018) esto se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$Et = Kc * Etp$$

Donde:

Et = Evapotranspiración (mm).

Kc = Coeficiente de cultivo (ad).

Etp = Evapotranspiración potencial (mm)

De acuerdo con la 'Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle del Mezquital (1310), Estado de Hidalgo' (CONAGUA, 2015) el cálculo de la evapotranspiración se realizó con la ecuación empírica de Coutagne:

$$Etp = P - xP^2$$

Donde:

Etp = Evapotranspiración (m/año).

P = Precipitación anual (m/año).

$x = 1/(0.8 + 0.14t)$.

t = Temperatura en °C.

Líneas de acción del proyecto

Colecta de heno de mota: El crecimiento de heno de mota sobre las plantas de mezquite y huizache en las instalaciones de la UTTT fue el principal detonante de este proyecto, por lo que se estableció un programa de colecta de esta especie con el apoyo de los estudiantes del programa de química industrial, química ambiental y nanotecnología. Se aprovecharon las dos horas de tutoría semanales de los estudiantes para realizar la colecta de manera manual con el apoyo de podadores con mango telescópico adaptados con serrate, así como escaleras de aluminio y una trituradora de rama. Los alumnos fueron provistos de equipo de protección personal para realizar la actividad.

Compostaje y manejo de residuos orgánicos: El heno de mota colectado fue triturado en un molino de martillos con criba de 1" y composteado en una compostera de trinchera de 7.2 m³ (1.5 X 4 X 1.2 m) con adición de 62.5 % de estiércol ovino, 12.5 % de residuo de jardín y 25 % de heno de mota. También se preparó en dos composteras de baúl de 0.4 m³ fabricadas con madera reciclada (0.5 X 0.8 X 1 m) en las mismas proporciones. Esta actividad se realizó en el periodo de marzo-agosto del 2024.

Uso de composta en fertilización de huertos hortícolas: Se empleó la composta preparada con heno de mota en seis huertas hortícolas de 2 m², además de una huerta dentro de un regular climático con cubierta de plástico y malla antiáfida de 49.5 m² (5.5 X 9 m). La aplicación de composta usada correspondió al 30 % del sustrato. El crecimiento de la planta solo se apreció de forma visual. La actividad se realizó de septiembre a diciembre del 2025 y se mantienen hasta la fecha.

Aprovechamiento de agua

Captación de agua de lluvia: Se realizó un proyecto para la captación de agua de lluvia que será empleado como piloto dentro de la UTTT, la captación de agua se planificó para el edificio de química que tiene una superficie de captación 1000 m² (Solo se usan 500 m² actualmente), con un sistema de captación central y un almacenamiento de 21000 L en un tanque de ferrocemento, esto se realizó de septiembre del 2025 a enero 2026.

Tratamiento de aguas negras para riego de áreas verdes: Se realizó un proyecto para el tratamiento de aguas residuales que es usado como piloto en el que se conjunta un tratamiento primario y secundario con filtración de arenas y fitotratamiento, además de un tratamiento de coagulación floculación y la aplicación de un biocida. El sistema se estableció en el periodo mayo-agosto del 2025.

Formación y gestión de recursos

Capacitación: Se capacitó a estudiantes, profesores y administrativos en el aprovechamiento, prevención y control de heno de mota, con el uso de un manual publicado por la Universidad Tecnológica de Tula Tepeji. Además de personas de la sociedad civil, también se capacitó a estudiantes en el establecimiento de huertos y preparación de compostas. Antes de la capacitación a los estudiantes se realizó una encuesta diagnóstica que permitió identificar el conocimiento que tienen los estudiantes sobre el heno de mota, su origen, la presencia de la planta en su lugar de origen y si identifican quien está realizando el saneamiento.

Gestión de recursos para la implementación de proyecto: Se realizó la gestión de equipo para el control de heno de mota en la institución educativa, así como para su procesamiento, compostaje y aprovechamiento en el huerto universitario. Se realizó gestión a partir de enero del 2024 en las áreas de responsabilidad social de las empresas de la región de influencia de la Universidad, en

las instituciones gubernamentales estatales y federales del país, además de forma interna con recursos de la UTTT.

Establecimiento huerto universitario

Se estableció un huerto de 49.5 m² con estructura de ptr 1.5" y cubierta cenital de plástico lechado al 70 %, con cortinas laterales de malla cristalina antiáfidos. Los materiales utilizados fueron reciclados en desuso a excepción del plástico. En este sistema se producen hortalizas de temporadas en macetas de PET de diez litros con sustrato de 0.3 partes de composta de heno de mota, 0.3 partes de composta de residuo de jardín y 0.4 partes de suelo agrícola. También se han implementado seis huertos hortícolas elevados con madera o blocks de 14 cm. Los huertos son de 1.1 m de ancho por 2 m de largo. Los huertos se establecieron con hortalizas de temporada. El establecimiento de los huertos se realizó a partir de enero del 2025 y se siguen implementado hasta la fecha con la ayuda de la comunidad educativa.

Resultados

Establecimiento del programa de conservación de áreas verdes

El programa de conservación de áreas verdes recayó en el programa de química ambiental con la M. C. Sandra López Acosta en la dirección quien nombró de encargados al Dr. Eduardo Hernández Sánchez y a la Dra. Abygail Adarely Martínez Mendoza ambos profesores investigadores de la institución. Las directrices de dicho programa fueron: evaluar las áreas verdes de la institución junto con la cuantificación de especies, estimar el consumo de agua de las áreas verdes, mejorar la condición de las plantas con la fertilización orgánica, además de establecer huertos hortícolas, el fomento a la capacitación de estudiantes y comunidades interesadas y la gestión de recursos para poner en marcha el proyecto. El programa ha estado vigente hasta la fecha gracias al apoyo de los estudiantes y académicos de las diferentes áreas de la institución, esto dentro del programa de formación integral que ofrece a los estudiantes diversas actividades que contribuyan en su desarrollo integral, impulsando su participación en actividades deportivas, culturales y recreativas que impacten en el desarrollo de actitudes positivas y valores de responsabilidad social establecido desde el año 2000.

Cuantificación de las áreas verdes de la Universidad Tecnológica de Tula Tepeji

La Universidad Tecnológica de Tula Tepeji cuenta con 160000 m² de los cuales, se estimaron 62500.1 m² de áreas verdes distribuidas en toda la institución en diferentes superficies como se muestra en la Figura 2, por lo que se destina el 39 % a la conservación de áreas verdes.

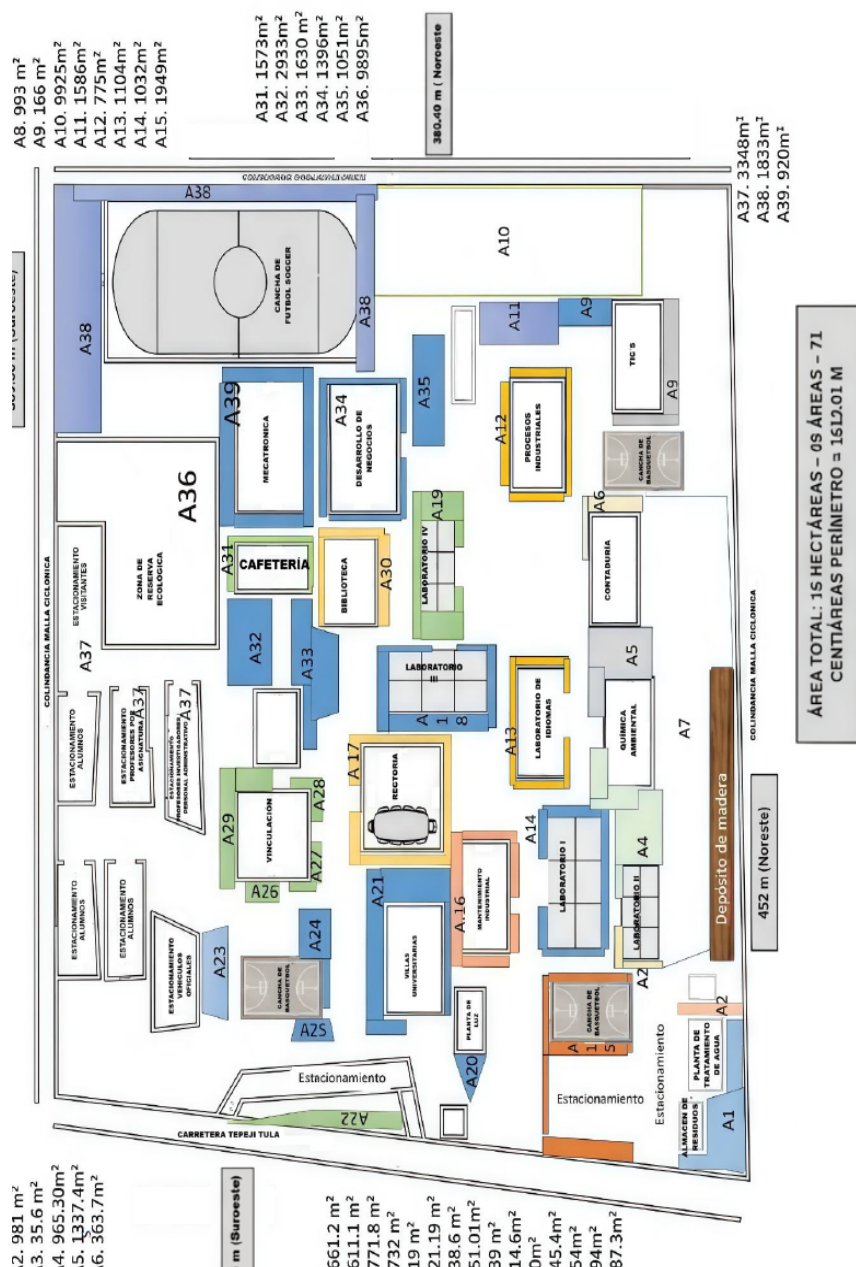


Figura 2. Distribución de las áreas verdes identificadas en la Universidad Tecnológica de Tula Tepeji.
Fuente: Elaboración propia (2025).

Cuantificación de especies vegetales en el polígono de la universidad

Se registraron 2882 plantas perennes de porte alto (862) y bajo (2020) lo que representa una carga promedio de 0.05 plantas/m², se tiene un promedio de una planta por cada 21.6 m². La sobresaturación de plantas perenne en las instalaciones de la UTTT también ha provocado competencia entre especies manifestándose en la muerte de 82 plantas de las cuales 69 son especies introducidas y 13 nativas. También se identificaron 39 especies diferentes de las cuales diez son nativas de la región: Mezquite (*Prosopis leavigata*), huizache (*Vachellia farnesiana*), encino (*Quercus sp.*), maguey (*Agave salmiana*), garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), biznaga (*Ferocactus latispinus*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), sábila (*Aloe vera*), palma (*Yucca treculeana*) y nopal (*Opuntia sp.*). Lo que representan 1182 plantas de porte alto y bajo correspondiente al 41 %.

Determinación del consumo de agua destinado para mantenimiento de áreas verdes

La UTTT dispone de un suministro promedio de 60 m³ de agua por día, destinado prioritariamente a la operación de servicios generales y sanitarios. El volumen remanente se asigna al riego de áreas verdes. Actualmente se cuenta con 24 tomas hidráulicas para riego, las cuales únicamente cubren el 44 % de la superficie ajardinada (2,782 m²). El área restante depende exclusivamente de la precipitación estacional. Debido a la limitada disponibilidad hídrica, la frecuencia de riego se ha reducido a intervalos de tres a cuatro semanas. Las aplicaciones de agua se realizan mediante aspersores con un gasto nominal de 8 L/min y un diámetro efectivo de humedecimiento de 12 m, lo que condiciona la uniformidad y eficiencia del riego en el campus.

Necesidad de agua para las áreas verdes

Evapotranspiración (m/año) en el Valle del Mezquital. Si contamos con una precipitación promedio de 500 mm anuales y una temperatura promedio de 16°C se tiene una evapotranspiración de 0.4178 m/año. Se considera que el coeficiente de cultivo de un árbol (Kc) es de 0.8 entonces la necesidad de agua es de 0.3336. Esto representa una necesidad de 333.6 L de agua/m² terreno/año equivalente a 27.8 L/m² de forma mensual. Al contar con 862 plantas perennes con una necesidad de espacio de 100 m² estas demandan 2780 L de agua por planta de forma mensual con un total de 2396 m³/mes de agua para todas las plantas. Situación que solo se cumple durante la temporada de lluvia que va de junio a septiembre, el resto del año las plantas sufren estrés hídrico.

Colecta de heno de mota

Previo a la colecta se realizó capacitación en el 'Aprovechamiento, prevención y control de heno de mota', la capacitación se hizo en dos etapas: Primero de forma teórico con una duración de dos horas y dos horas más de colecta de heno y preparación de composta (Figura 3). La colecta del heno de mota se dio en instalaciones de la UTTT en 78 plantas de mezquite (41) y huizache (37) identificadas con afectación severa y media, de las cuales 57 necesitaron poda fuerte.

Posteriormente la colecta de heno de mota se realizó en dos jornadas de 40 minutos durante el tiempo de tutoría coordinado por su tutor, donde participaron 280 alumnos de los 509 estudiantes que integran el programa educativo, colectando 1027 kg de heno fresco (Figura 3) con un promedio de colecta de 3.66 kg/alumno.



Figura 3. Colecta y procesamiento de heno de mota para la elaboración de composta.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Compostaje y manejo de residuos orgánicos

La composta se descompuso en un período de 180 días, con rehidratación y movimiento cada 15 días, la relación C/N fue de 40/1 (Tabla 1) la cual se considera un equilibrio adecuado para más rápida descomposición.

Tabla 1. *Relación C/N teórica de los componentes de la composta*

Residuo	Relación C/N		Residuo composteado (kg)	% del total	Porción del componente	Relación C	Relación final C/N
	C	N					
Estiércol ovino	32	1	100	62.5	0.625	20	40/1
Residuo jardín	110	1	20	12.5	0.125	13.75	
Heno de mota	25	1	40	25	0.25	6.25	
Total			160	100	1	40	

Fuente: Elaboración propia (2025).

Uso de composta en fertilización de huertos hortícolas

La composta preparada a partir de heno de mota, residuo de jardín y estiércol ovino se empleó para preparar las camas de plantación de los huertos hortícolas. Se utilizó un 30 % de la capacidad de la cama de plantación el resto se empleó suelo agrícola 40 % y 30 % de composta de residuo de jardín, el crecimiento de las hortalizas fue vigoroso.

Aprovechamiento de agua

Al diagnosticar la cantidad de agua con la que cuenta la UTTT para emplearla en las áreas verdes se determinó que apenas es suficiente para los servicios generales y sanitarios, de ahí que no se puede utilizar en el riego de las áreas verdes por lo que se propusieron dos acciones piloto que permita contar con agua para ser empleada en huertos y áreas verdes. Una de ellas fue la captación de agua de lluvia en uno de los edificios de la universidad donde se aprovecharon 500 m² de azotea complementado con su almacenamiento en un tanque de ferrocemento de 21 m³, se realizó el proyecto y se puso a consideración del área de responsabilidad social de la empresa Cargill para su financiamiento, institución que dio su visto bueno y apoyó su implementación, esto se realizó en segundo semestre del 2025.

La otra acción piloto para contar con agua que permita el riego del huerto fue el saneamiento de las aguas negras con un sistema de Fitotratamiento como tratamiento primario de 1 m³ con las especies platanillo (*Heliconia psittacurum*) y alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*), además de filtración de flujo ascendente con diferentes materiales colocadas de la base a la parte superior a una proporción del 20 % que fueron piedra volcánica (tezontle) de 5 a 10 cm de diámetro, piedra de río (5 a 7 cm), grava de construcción (3 a 5 cm), tezontle (0.5 a 1 cm), y arena de construcción (menor de 0.2 cm), el sistema se complementó con un tratamiento químico secundario utilizando el producto 'Microflockhgo' producto que incluye un floculante (Base de aluminio) y un biocida (Óxido de cobre) de la empresa PROBIO Q (0.2 mL/Litro), este sistema ha permitido el saneamiento promedio de 1 m³ de agua por día (Figura 4) a un costo de \$5.00.



Figura 4. Sistema piloto de fitotratamiento de agua acoplado a tratamiento químico, para el riego de áreas verdes. Fuente: Elaboración propia (2025).

Capacitación en acciones y manejo sustentable

Se llevó a cabo una capacitación sobre el aprovechamiento, la prevención y el control del heno de mota, y los beneficios ecológicos del mezquite (*Prosopis laevigata*), dirigida a 509 estudiantes de los programas de Técnico Superior Universitario e Ingeniería en las áreas de Química Industrial, Gestión Ambiental, Nanotecnología, Ingeniería Ambiental e Ingeniería en Nanotecnología de la Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji, además de 12 profesores de tiempo completo y 19 profesores por asignatura.

Como parte del diagnóstico inicial, se aplicó una encuesta que evidenció que el 81 % de los estudiantes provienen del estado de Hidalgo y que el 74 % conoce el heno de mota. Se observó que el 96 % de los alumnos con al menos un año de permanencia en la institución identifica esta planta, mientras que solo el 28 % de los estudiantes de nuevo ingreso la conoce, lo que refleja una limitada percepción temprana sobre los impactos negativos asociados a su proliferación. Los estudiantes pertenecen a 14 municipios del Valle del Mezquital, y en 12 de ellos se reportó la presencia del heno de mota; sin embargo, únicamente en Tepeji del Río de Ocampo y Tula de Allende se identificaron acciones locales de control. La capacitación se extendió a organizaciones de la sociedad civil de San Agustín Tlaxiaca (Forjando Porvenir Social) y Tezontepec de Aldama (Juntos por el Desarrollo de Nuestra Nación).

También se capacitó a 30 estudiantes de los programas educativos participantes en el establecimiento de huertos hortícolas y en la elaboración de composta utilizando heno de mota. Estas actividades se integran al modelo educativo mediante la acreditación de horas de taller obligatorias, a través del programa de conservación de áreas verdes. Los estudiantes, organizados en equipos de tres, establecen huertos de 1.1×2 m con cultivos acordes a la temporada, a los que dan seguimiento durante un cuatrimestre, obteniendo a cambio 40 horas de taller y el beneficio directo del consumo de las hortalizas producidas.

De manera alternativa, los alumnos pueden acreditar el mismo número de horas mediante la construcción de composteras tipo baúl de $0.5 \times 0.8 \times 1$ m, elaboradas con materiales reciclados y acompañadas de un ciclo completo de producción de composta. Asimismo, se asignaron dos horas de taller por kilogramo de heno de mota colectado dentro de las instalaciones de la universidad. Todas estas actividades se desarrollan sin horarios fijos, lo que permite a los estudiantes aprovechar de manera flexible su tiempo libre en la institución.

Gestión de recursos para la implementación de proyecto

En la gestión de recursos para la implementación del programa se ha recurrido a la parte de responsabilidad social de las empresas encontrando buena aceptación en la empresa Cargill quienes apoyaron con herramienta para la colecta de heno de mota (Podadores, escaleras de aluminio, serrotes con mango telescópico, machetes, tijeras para poda de una mano), equipo para la trituration heno de mota (Trituradora Parazzini GTS600C), además del sistema de conducción de la colecta de agua y el establecimiento de un tanque de ferrocemento para el almacenamiento de agua de lluvia.

También se ha recurrido a instituciones públicas como el CITNOVA (Consejo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Hidalgo) con la impresión de 200 manuales de 'Aprovechamiento, prevención y control de heno de mota (ISBN:978-607-8680-44-3), los que son utilizados en la capacitación de estudiantes y comuneros. Además de conseguir apoyo de la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación en su componente de 'Proyectos estratégicos de ciencia y humanidades' en el apartado de 'Interacciones estatales para detonar el crecimiento económico sustentable verde e incluyente' para la adquisición de molino triturador y peletizadora con lo que se prevé procesar el heno de mota y aprovecharlo en los huertos hortícolas. Al interior de la institución también se ha gestionado el apoyo en la Secretaría Académica por medio del área de Sub-Enlace Académico en apoyo a los cuerpos académicos con la adquisición de guantes y googlees.

Establecimiento huerto universitario

La producción hortícola empleada en este proyecto es un policultivo diversificado con especies para dos temporadas únicamente las que son de primavera verano (Tomate, jitomate, chile, calabaza, pepino, chayote, verdolaga, quelite, lechuga, brócoli y coliflor) y las de otoño invierno (cebolla, lechuga, coliflor, col, haba, ajo, zanahoria, betabel y chícharo), esto debido a que el Valle del Mezquital se tiene un invierno muy marcado de noviembre a mediados de febrero con temperaturas que pueden estar por debajo de los 0°C condición que limita el crecimiento de las hortalizas.

Hasta la fecha se ha establecido un huerto de 49.5 m^2 como un sistema de regulación climática con estructura metálica, cubierta de plástico lechado 70 % y laterales cubiertos de malla antiáfidos (Figura 5). En este espacio se han instalado camas de cultivo de 1 m de ancho por 4 m de largo, así también se cuenta con macetas de 10 litros de botellas de agua recicladas de

Tereftalato de Polietileno (PET) con una mezcla de 30 % composta de heno de mota, 30 % composta de residuo de jardín y 40 % suelo agrícola. Adicional a este lote se han establecido seis lotes hortícolas de 2.2 m² delimitados con material reciclado (madera, troncos, bloques de concreto y aluminio), el sustrato utilizado es una 0.3 partes de composta de heno de mota, 0.3 partes de composta de residuo de jardín y 0.4 partes de suelo agrícola.



Figura 5. Módulo hortícola establecido en el proyecto. Fuente: Elaboración propia (2025).

Discusión

Las directrices del programa de conservación de áreas se alinean a lo referido por Graue y Dávila (2022) quienes consideran relevante el manejo y conservación de las áreas verdes y reservas naturales universitarias priorizando la conservación de especies nativas, ya que mejoran la infiltración de agua y tienen poco consumo de esta, además porque apoya a los estudiantes con actividades recreativas que impacten en el desarrollo de actitudes positivas y valores de responsabilidad social

Por su parte, los resultados obtenidos para UTTT de 39 % de áreas verdes en comparación con lo que determinaron en UNAM de 84 % de espacios destinados áreas sin construcción, las

cuales no necesariamente son áreas verdes ya que se privilegia funciones sociales en estos espacios impactando la biodiversidad (Graue y Dávila 2022). Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud (OMS), menciona que se requieren al menos 16 m² de áreas verdes por habitante para garantizar su bienestar. Esta condición no se cumple en la UTTT ya que se considera que en su carga más alta tiene 7000 estudiantes, 500 administrativos y 90 docentes por lo que la carga es de 8.2 m²/por persona. También la misma organización menciona que todas las ciudades y pueblos deben tener un área mínima de 9 m² de áreas verdes por habitante (Robles et al., 2015), por lo que se está cerca de cumplir con dicha recomendación.

Al considerar el número de árboles que pueden ser plantados en parques y jardines, de acuerdo con la CONAVI (2005) se recomienda un espacio aproximado de 132 m² por plantas perenne de porte alto, este dato contrasta significativamente con lo que se observó, ya que se contaron 862 plantas de porte alto que representa una planta por cada 72 m² equivalente a 45 % menos espacio del requerido. Por otro lado, la reforestación con plantas nativa se considera mejor que utilizar especies introducidas, esto ya que el uso de especies introducidas puede desencadenar problemas ecológicos, como pérdida de biodiversidad, incremento de enfermedades y disminución de alimento para las especies nativas (Aguirre y Mendoza, 2009).

Por otro lado, la cuantificación realizada responde a la NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental – Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres - Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio de Lista de Especies en Riesgo (DOF, 2010), misma que menciona la obligatoriedad de personas físicas y morales para la identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres sobre todo si esta se encuentra en riesgo, lo anterior debido a la presencia de mezquite.

Considerando que el riego de áreas verdes genera gasto hídrico sobre todo en una universidad con recurso limitado y considerando que se debe priorizar para uso de la comunidad universitaria, aunado a que el uso de agua potable no es una forma apropiada y sustentable del uso del agua; la UTTT considera importante ser una institución ejemplo del uso apropiado del recurso. Por lo que, según la NOM-003-ECOL-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, se debe promover el uso de aguas negras tratadas, del mismo modo que implementación de sistemas de captación de agua para uso en el riego de las áreas verdes.

El saneamiento del heno de mota es importante ya que esta planta busca reproducirse en los mejores lugares posibles, sus semillas germinan en todo tipo de superficies, especialmente en ramas secas donde hay más porosidad y humedad. Sin embargo, cuando se adhieren a ramas vivas, buscan secarlas para favorecer su reproducción (Wolf, 2021). Esto al considerar que las raíces del heno de mota liberan sustancias químicas que actúan como antibióticos, matando los brotes y hojas de la planta donde crece, lo que causa la muerte de las ramas (García et al., 2018).

Por otro lado, el valor recomendado de la relación C:N para obtener composta de calidad se encuentra estimado entre 25:1 y 40:1. Esta relación de componentes debe ser tomada en cuenta para obtener un abono de calidad. También se considera que la humedad ideal en una composta

va del 45-60 %, la mala distribución puede desplazar al oxígeno y crear espacios con exceso de humedad dando lugar a zonas de anacrobiosis, por lo que se debe voltear la mezcla y/o adicionar material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono (SADER, s/f).

La dosis utilizada fue adecuada ya que se considera utilizar en cultivos intensivos entre 7 y 10 ton/ha. Además, la composta madura se suele mezclar del 20 % al 50 % con tierra y otros materiales como turba y cascarilla de arroz cuando se prepara un sustrato para emplear en maceta (Román et al., 2013). Hernández et al. (2025) mencionan que la aplicación de composta es una forma de mejorar el suelo y al mismo tiempo incrementar la fertilidad para los cultivos de hortalizas, pero el exceso puede provocar un desbalance nutricional en el suelo, por lo que es necesario calcular el contenido de composta.

En cuanto al ferrocemento, este presenta ventajas en la construcción de estructuras especiales de espesor pequeño, donde la geometría le otorga una resistencia y rigidez adecuada. La técnica de ferrocemento es recomendada en países en desarrollo donde abunda la mano de obra y el costo de los materiales es aceptable. En el caso de tanques de almacenamiento de agua en forma cilíndrica es de fácil construcción simulando un cascarón con un radio grande y un espesor pequeño basada su construcción en la teoría de la membrana que permite calcular esfuerzos en la pared del cilindro cuando no existen condiciones de borde o frontera y cuando la pared está restringida por la base, se generan esfuerzos de flexión elevados en la pared cuando actúa la presión del agua condición que le da soporte de carga (Caballero, 2006).

La otra acción piloto para contar con agua que permita el riego de áreas verdes es el saneamiento de las aguas negras con un sistema de Fitotratamiento como tratamiento primario de 1 m³ con las especies platanillo (*Heliconia psittacurum*) y alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*), además de filtración de flujo ascendente con diferentes materiales colocadas de la base a la parte superior a una proporción del 20 % que fueron piedra volcánica (tezontle) de 5 a 10 cm de diámetro, piedra de río (5 a 7 cm), grava de construcción (3 a 5 cm), tezontle (0.5 a 1 cm), y arena de construcción (menor de 0.2 cm), el sistema se complementó con un tratamiento químico secundario utilizando el producto 'Microflockhgo' producto que incluye un floculante (Base de aluminio) y un biocida (Óxido de cobre) de la empresa PROBIO Q (0.2 mL/Litro), este sistema ha permitido el saneamiento promedio de 1 m³ de agua por día (Figura 4) a un costo de \$5.00. Winpenney et al. (2013) mencionan que la reutilización de aguas residuales tratadas en la agricultura es una opción importante frente a la creciente escasez de agua, causada por el aumento de la demanda, la reducción de recursos, las sequías y el cambio climático. Además, la contaminación por vertidos urbanos daña los ecosistemas. La escasez hídrica genera altos costos económicos y sociales. En situaciones críticas, reutilizar agua en agricultura ahorra agua dulce, beneficia a los agricultores y reduce impactos ambientales.

La FAO destaca la importancia de los huertos en la comunidad, estableciendo vínculos claros entre la buena salud y la alimentación escolar. Al respecto Fontalvo-Buelvas y de la Cruz-Elizondo (2021) mencionan que algunos casos de éxito bien documentados parecen indicar que los programas más sostenibles crecen a menudo de manera orgánica: y comienzan con una

estructura pequeña, se dan pocas cosas por supuestas y sus expectativas son de un progreso lento. Esta institución también destaca la necesidad de educar para corregir la ignorancia, las actitudes equivocadas, las prácticas inadecuadas y las lagunas en los conocimientos técnicos, pues se evidencia que en los entornos urbanos tanto ricos como pobres se está perdiendo la experiencia directa de la producción de alimentos. También ocurre que la mayoría de las personas no reconocen la conexión entre una buena alimentación y una buena salud (FAO, 2010).

Este sistema de huertos ha sido utilizado por el Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria una adaptación mexicana del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria que coordinó la SAGARPA con buena aceptación como huertos de traspatio. El Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) es una iniciativa de la FAO y el gobierno mexicano (SAGARPA) para combatir el hambre y la malnutrición, apoyando a pequeños agricultores y comunidades marginadas a producir alimentos y generar ingresos de forma sostenible, mediante metodologías y apoyos técnicos para mejorar su producción y acceso a alimentos saludables (CONEVAL, 2016).

Conclusión

La colecta y manejo del heno de mota permitió el saneamiento de mezquites y huizaches afectados, así como la reducción de una especie invasiva, transformando un problema ambiental en un insumo útil para la elaboración de composta y utilización en huertos hortícolas. Además, el proceso de compostaje generó un material estable con una relación C/N adecuada que, al aplicarse en huertos hortícolas, favoreció el crecimiento de las hortalizas, confirmando su efectividad como enmienda orgánica. Mientras que las acciones piloto de captación de agua de lluvia y tratamiento de aguas negras mostraron viabilidad técnica y económica, representando alternativas sustentables ante la escasez hídrica y con potencial de réplica.

Consecuentemente el establecimiento de huertos hortícolas se consolidó como una estrategia educativa relevante al promover el aprendizaje práctico, la sostenibilidad y el aprovechamiento responsable de los recursos locales. Además, fomentó el trabajo colaborativo, la conciencia ambiental y beneficios directos como la producción de alimentos para autoconsumo y la valorización de residuos orgánicos. Por lo anterior la presente investigación permitió concluir que la implementación de huertos universitarios en la UTTT no solo cumple con un propósito pedagógico, sino que se constituye como un eje de gestión ambiental integral. Al demostrar que la transición hacia espacios verdes productivos es viable mediante el aprovechamiento de subproductos orgánicos internos, como el compostaje, mitigando así la dependencia de insumos externos.

Sin embargo, a pesar de los resultados favorables, se identificaron limitaciones que deben ser consideradas para la replicabilidad del modelo como son la estacionalidad y las condiciones propias de la región del Valle del Mezquital representaron un desafío para la tasa de supervivencia de ciertas plántulas, limitando la diversidad de especies en ciclos cortos. Así mismo el mantenimiento del huerto ya que depende en gran medida del ciclo escolar y la

disponibilidad de estudiantes en periodos vacacionales, lo que genera interrupciones en el monitoreo técnico continuo. No obstante, para fortalecer esta línea de investigación, se proponen integrar sistemas de automatización de bajo costo para optimizar el uso de las aguas negras tratadas y las provenientes del sistema de captación. Además, diseñar e implementar indicadores cualitativos y cuantitativos que midan el cambio en la mentalidad y la salud mental de los estudiantes que participan activamente en el manejo del huerto.

Referencias bibliográficas

- Aguirre, A., & Mendoza, R. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En J. Sarukhán (coord.). *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 277-318). CONABIO. <https://acortar.link/Th2Mlf>
- Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En S. J. Sarandón (Ed.), *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable* (pp. 49-56). Ediciones Científicas Americanas. <https://acortar.link/khDU34>
- Alvarado-Rosales, D., & Saavedra, L. (2024). Situación del musgo bola (*Tillandsia recurvata* L.) en un área verde institucional. *e-CUCBA*, 11(21), 25-35. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi21.320>
- Apodaca, M. J., & Guerrero, E. L. (2019). ¿Por qué se expande hacia el sur la distribución geográfica de *Tillandsia recurvata* (Bromeliaceae)? *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 54(2), 255-261. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v54.n2.24371>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle del Mezquital (1310), estado de Hidalgo. *Diario Oficial de la Federación*. <https://goo.su/MzsE9>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2023). *Estadísticas del agua en México 2023*. SEMARNAT. <https://acortar.link/ErkxpX>
- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda [CONAVI]. (2005). *Guía para el diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales*. ISBN: 9687729-21-X. <https://goo.su/P2UcttU>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL]. (2016). *Diseño de evaluación del proyecto estratégico de seguridad alimentaria*. Gobierno de México. <https://goo.su/QR8w2>
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM 059- SEMARNAT-2010. México: 78 p. <https://acortar.link/QPzfgi>
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (1997). Norma Oficial Mexicana 003-ECOL-1997. México: 21 p <https://acortar.link/QaDyQb>
- Fontalvo-Buelvas, J. C., & de la Cruz-Elizondo, Y. (2021). Huertos universitarios y necesidades humanas: una aproximación bibliográfica y vivencial desde el huerto agroecológico de la Universidad Veracruzana en México. *La Colmena*, (14), 24-46. <https://doi.org/10.18800/lacolmena.202101.002>
- García, A. L., Loza, C. S., & Aparicio, F. X. (2018). *Tillandsia recurvata*, una epífita vascular o un problema de salud forestal. [Ponencia]. XV Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. Centro de Investigaciones en Óptica. León, Guanajuato, México. <https://goo.su/KDUo2q>
- Graue, W. E., & Dávila, A. P. D. (2022). Plan Integral para la Sustentabilidad desde la Universidad Nacional Autónoma de México. *Criterios para las áreas verdes del campus*. Secretaría de Proyectos Especiales. <https://bit.ly/3X8S5dJ>
- Hernández, E., Chong, A. J., & Bair, D. A. (2025). *Guía: Composta para la producción de hortalizas a pequeña escala*. Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico. <https://bit.ly/42yHnZ7>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2010). *Nueva política de huertos escolares*. FAO. <https://goo.su/bnNjYJp>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: experiencias en América Latina*. FAO. <https://bit.ly/4s8FZrQ>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2019). *The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction*. FAO. <https://bit.ly/4sGZyHF>
- Pérez, J. I. J. (2016). Análisis del espacio geográfico y el paisaje de un campus universitario mexicano. Cerro de Coatepec, Universidad Autónoma del Estado de México. *Terra Nueva Etapa*, vol. XXXII, (52), 71-102. <https://www.redalyc.org/pdf/721/72148468004.pdf>
- Robles, M., Näslund-Hadley, E., Ramos, M. C., & Paredes, J. R. (2015). *Áreas verdes escolares*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0006244>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (s.f.). *Composta. Estrategias de acompañamiento técnico: manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos*. INIFAP. <https://bit.ly/4cMr0iI>
- Servín-Palestina, M., Casas-Flores, J. I., Ramírez-Valle, O., & Chávez-Sánchez, N. (2018). *Técnicas para estimar y monitorear la demanda de agua en los cultivos*. INIFAP. Libro Técnico Núm. 17. <https://bit.ly/4usMRlq>
- Winpenny, J., Heinz, I., & Koo-Oshima, S. (2013). *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/4/i1629s/i1629s.pdf>
- Wolf, P. (2021). El clavel del aire: *Tillandsia recurvata*. *Boletín digital REDFOR.ar*, 1, 1-2.