

Experiencias en forestrónica, agromática y agrónica, desde el quehacer del cuerpo académico ITZIT-CA-3 TECNM y CIISCINASYC de la Universidad Autónoma Chapingo

Experiences in forestronics, agromatics and agronics, from the work of the academic group ITZIT-CA-3 TECNM and CIISCINASYC of the Universidad Autónoma Chapingo

Carlos Medina-Tello
José Luis Martínez-Alcantar
Carlos Alfredo Díaz-González

Tecnológico Nacional de México Campus Zitácuaro. Av. Tecnológico No.186, 61534, Zitácuaro, Mich.
México.

Luis Tonatiuh Castellanos-Serrano*

Universidad Autónoma Chapingo. Carr. Federal México-Texcoco Km 38.5, Universidad Autónoma de Chapingo, 56230 Texcoco. México.

*Autor para correspondencia: lcastellanoss@chapingo.mx

Resumen

Definimos la ingeniería Forestrónica a través de un concepto nuevo en las ciencias agrícolas, forestales y mecatrónica. La ingeniería Forestrónica incluye el uso de las telecomunicaciones, los servicios informáticos, la mecánica y la electrónica, aplicados en conjunto a la silvicultura y la industria forestal, desde los bosques su reforestación y aprovechamiento, tanto en el manejo forestal, de producción y de recursos forestales, fabricación de muebles como la logística. Algunos ejemplos concretos de la amplia utilidad de la Forestrónica son: control automatizado de viveros forestales, geoposicionamiento satelital para la silvicultura para el manejo forestal, registro automático de inventarios forestales con mapeo de rendimientos maderables y procesamiento de imágenes satelitales y de VANT's.

Palabras clave: Agromática, AGRAS (Robótica y Automatización para la Agricultura), Silvicultura 4.0, Mecatrónica Forestal.

Abstract

Forestronic engineering through a new concept in agricultural, forestry and mechatronic sciences was defined. Forestronic engineering includes the use of telecommunications, computer services, mechanics and electronics, applied jointly to forestry and the forestry industry, from forests to their reforestation and use, both in forestry and in production and management. of resources. forestry, furniture manufacturing and logistics. Some concrete examples of the wide utility of Forestrónica are: automated control of forest nurseries, forest satellite geopositioning for forest management, automatic registration of forest inventories with mapping of timber yields and processing of satellite images and UAV's.

Keywords: Agromatic, AGRAS (Robotics and Automation for Agriculture), Forestry 4.0, Forest Mechatronics.

Introducción

El propósito del trabajo es actualizar las definiciones circundantes sobre las Ciencias Agromáticas Aplicadas a los Bosques como son la Silvicultura 4.0, con la llegada de la revolución industrial el sector de la agricultura se ha reformulado constantemente, hoy en día las TIC's (Tecnologías de la Información y Comunicación) han sobrepasado las fronteras de la evolución tecnológica, como es el caso de la Inteligencia Artificial (IA), BigData, cómputo ubicuo, Internet de las cosas (IoT), etcétera, reformulando así los conceptos propios de los sectores productivos, un ejemplo de ello es el nuevo término que se adopta como *Agrónica*, la Universidad de Guanajuato que oferta la carrera de ingeniero Agrónomo define el perfil de sus egresados como:

El Ingeniero Agrónomo, es el profesionista que estudia y aplica conocimientos de Ingeniería Agrícola, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Datos e Inteligencia Artificial para proponer soluciones al problema del incremento de producción de alimentos con optimización de insumos y reducción de impacto ambiental, a través de mecanización, automatización y análisis de datos en el sector agroindustrial con enfoques empresarial, de responsabilidad social y de sustentabilidad. (Universidad de Guanajuato, 2022)

De esta forma las áreas que se dedican a las diferentes actividades de la agricultura, se han visto en la necesidad de reformular los términos, un fenómeno que se ha detonado por la carrera evolutiva de la tecnología, la cual se ha convertido en una herramienta vital para el desarrollo de las actividades cotidianas y profesionales.

Bajo el esquema de permanecer actualizados y en competitividad en el ámbito de la silvicultura, se ha propuesto el término de Ingeniería *Forestal* la cual tiene los siguientes objetivos:

a) El diseño y administración de sistemas de producción agrícola protegida y forestal a través de métodos y técnicas de manejo agronómico sustentable, metodología sistémica, manejo forestal, tecnologías innovadoras de producción, técnicas y herramientas administrativas considerando la normatividad aplicable para proponer paquetes tecnológicos y potencializar el sector agrícola y forestal. b) La implementación de automatismos agrícolas mediante la aplicación de controladores, sensores, actuadores y el uso de IoT en los diferentes sistemas de invernadero, viveros forestales y similares

para eficientar la producción de cultivos agrícolas y forestales.

c) Implementar Control Digital, Robótica y Automatización para la agricultura y la silvicultura, a través de drones, aprendizaje profundo, reconocimiento de patrones, uso de CNC, entre otras actividades, con el fin de abordar la investigación aplicada a la adopción de los recursos tecnológicos que mejoren el rendimiento y aprovechamiento de los sistemas de producción agrícola y forestal, como complemento de los avances obtenidos en producción agroalimentaria y extensivos a mejorar los sistemas forestales.

En el Instituto Tecnológico de Zitácuaro, institución perteneciente al Tecnológico Nacional de México (TecNM), existen a la fecha varios Cuerpos Académicos reconocidos por Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP). Los Cuerpos Académicos (CA) son grupos de profesores de tiempo completo que comparten una o varias líneas de generación y aplicación innovadora del Conocimiento (LGAC) en temas disciplinares o multidisciplinares así como un conjunto de objetivos y metas académicas comunes. Uno de ellos, bajo identificación ITZIT-CA-3 se denomina "Ciencias Agromáticas". Este Cuerpo Académico tiene por objetivo desarrollar investigación aplicada a la tecnificación y automatización de los procesos agrícolas y forestales, persiguiendo la mejora en eficiencia de dichos procesos y a través de la colaboración del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura (CIISCINASYC)-Universidad Autónoma Chapingo. Como una forma de aglutinar los objetivos mencionados, el desarrollo de las investigaciones entre el cuerpo académico y el centro de investigación CIISCINASYC justifican el abordaje de temas sobre los diferentes recursos tecnológicos de vanguardia que han encontrado un nicho de aplicación en la producción agroforestal, a saber: Aplicación de drones en tareas de campo, adecuación de técnicas de supervisión y vigilancia a recursos forestales, uso de herramientas informáticas para el acopio y análisis de información en tiempo real, aplicación del reconocimiento de patrones, automatización de procesos de riego de precisión y monitoreo de invernaderos, etcétera.

El resultado buscado por este Cuerpo Académico es una consecución de proyectos en desarrollo, con el apoyo institucional requerido donde se involucre la generación de capital humano en el transcurso del aprendizaje conjunto.

Materiales y Métodos

El trabajo que el Cuerpo Académico ha desarrollado compete a la capacitación de personal docente y estudiantes mediante un curso de pilotaje de drones empleados para realizar el mapeo forestal de zonas de interés, iniciando con prácticas de recolección de datos en la superficie forestal perteneciente a la fracción territorial B del Instituto Tecnológico de Zitácuaro, aportando información actualizada sobre el inventario forestal de dicha zona. Actualmente se encuentra en proceso el mapeo forestal de la fracción A del Centro de Bachillerato Tecnológico Forestal No 6 (CBTf 6), ubicado en Ciudad Hidalgo, Michoacán De Ocampo, México (Figura 1).

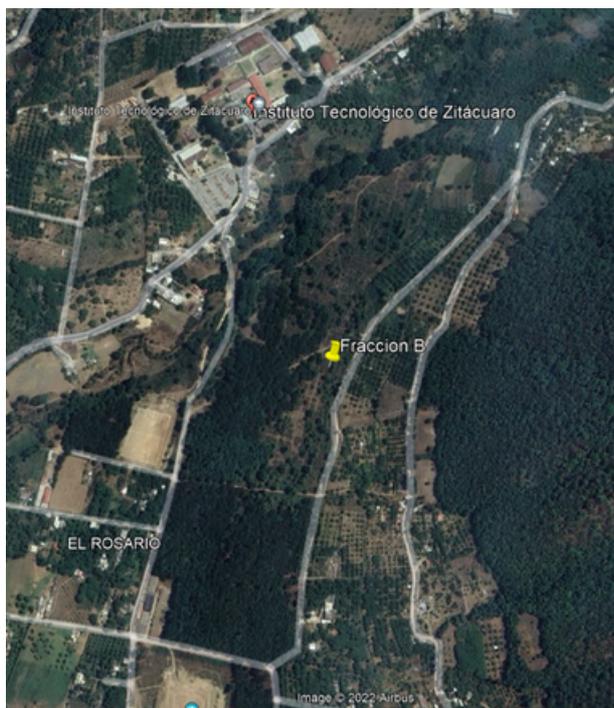


Figura 1. Ubicación de la Fracción B del IT Zitácuaro, para investigación forestal

En la misma locación se planea el desarrollo de los servicios técnicos de rehabilitación de la estufa de secado de madera es un horno donde se lleva el proceso de secado artificial colocando la madera apilada en una bodega o túnel cerrado,

aislado térmicamente, en el cual el aire caliente es circulado en forma continua sobre las piezas de madera a secar, bien sea con ventiladores o por convención y para controlar dichos proceso a través del celular requerimos de conocimientos de Forestrónica para llevarlos a un dispositivo móvil. El objetivo es recuperar su estado operativo para beneficio de la investigación forestal de índole académica a nivel bachillerato. De manera análoga se propondrá un conjunto de acciones de mantenimiento correctivo y preventivo hacia el equipo integrado y acondicionado para fines de investigación en mecatrónica forestal dentro del centro de maquinado ubicado en el CBTf 6, con el propósito de recuperar progresivamente su capacidad de procesamiento y al mismo tiempo instruir tanto al personal docente como a estudiantes de nivel medio superior en actividades de conservación del equipo.



Figura 2. Ubicación de la Fracción A del CBTf No. 6, para investigación forestal.

La propuesta tecnológica del Cuerpo Académico abarca la colaboración en los procesos productivos del vivero forestal e invernadero del CBTf 6 (Figura 2), aportando esquemas de automatización para los sistemas de riego, registro y control de temperatura y humedad, medición de radiación solar disponible y análisis de datos para el diseño de rutinas de optimización.

En este aspecto, el involucramiento de estudiantes de nivel superior, del programa educativo de Ingeniería Electromecánica del Instituto Tecnológi-

co de Zitácuaro representa un pilar fundamental de desarrollo y formación de capital humano, al tiempo de promover el enriquecimiento de habilidades y competencias tanto en los propios estudiantes como en el Cuerpo Académico. Esta simbiosis fomenta la formación de profesionistas con actitud emprendedora, liderazgo y capacidad de analizar, diagnosticar, diseñar, seleccionar, instalar, administrar, mantener e innovar sistemas electromecánicos dedicados al ámbito agrícola y forestal, en forma eficiente, segura y económica. Las diferentes asignaturas que los educandos de nivel superior estarán usufructuando son tales como: Metrología y Normalización, Termodinámica, Controles Eléctricos, Electrónica Analógica y Digital, Administración y Técnicas de Mantenimiento, Programación Avanzada, Controladores Lógicos Programables, Mecánica de Materiales, Mecánica de Fluidos, por mencionar las más relevantes en relación a las tareas a realizar.

Para Medina *et al*, (2022) La tecnología avanza progresivamente a mayor velocidad, impulsando el desarrollo prácticamente en todas las áreas del conocimiento humano. En el ámbito forestal, la tecnología ha venido a aligerar y hacer eficiente el trabajo en campo. El uso de vehículos aéreos no tripulados, están impactando favorablemente en estudios de estructura de comunidades vegetales, desarrollo de inventarios y ordenamiento forestal, entre otros aspectos. Es necesario integrar las tecnologías para la información y análisis de datos

masivos, enfocados en sistemas forestales para hacer propuestas de aprovechamiento, conservación y recuperación de superficies maderables. En nuestro país, ya están siendo utilizadas estas tecnologías, es necesario formar profesionistas que tengan todas las capacidades para manejarlas. Por lo anterior, se propone integrar esos conocimientos en una materia de la currícula de los planes de estudio del nivel medio superior y superior. La propuesta se aborda desde un punto de vista práctico, con la utilización de uno de los drones más accesibles en el mercado. El Mavic 2 Pro DJL cumple con lo mínimo necesario para iniciar la toma de datos, indispensables para la Silvicultura 4.0. La experiencia planteada podrá ser de utilidad para estudiantes y profesionales.

Todo lo anteriormente señalado constituye la base que aglutina los conocimientos sobre electrónica, control automatizado y tecnología de recolección y procesamiento de datos basada en IoT que acuñan los conceptos de Forestrónica (amalgama de ciencias Agromáticas aplicadas a los bosques), Agromática (la aplicación de los principios y técnicas de la informática y la computación a las teorías y leyes del funcionamiento y manejo de los sistemas agropecuarios) y Agrónica (rama tecnológica que forma parte de la Agromática, que consiste en la aplicación de los principios y técnicas de la informática y la computación a la agricultura y la ganadería), tanto la Agromática como la Agrónica, denotan la necesidad de reformular los términos técnicos que van complementando nuestra lengua y



Figura 3. Fotografía de vuelo Centro de Bachillerato Tecnológico Forestal No. 6.

diccionario, para así definir las áreas donde la tecnología son la columna vertebral de la esencia de su significados, así de este modo, se justifica la necesidad de redefinir la silvicultura 4.0.

El creciente empleo de equipos de control numérico computarizado (CNC) para el procesamiento de productos maderables y la necesaria optimización de dichas operaciones representan una oportunidad significativa para la generación de nuevas propuestas tecnológicas complementarias por parte de la academia.

precisas basado en las distancias variables de un objeto desde la superficie terrestre a través de la superposición de la matriz de puntos (Figura 4). Estos pulsos de luz, junto con la información recopilada por el sistema aerotransportado, generan información 3D precisa sobre la superficie terrestre y el objeto objetivo. Hay tres componentes principales de un instrumento LiDAR: el escáner, el láser y el receptor GPS, que en conjunto permiten una intervención no invasiva para la obtención de datos y detección de excepciones en terrenos de difícil acceso.

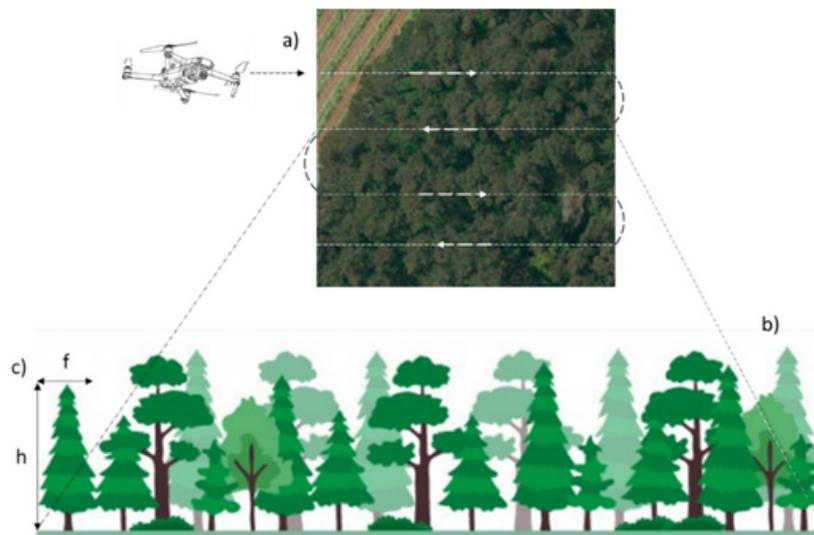


Figura 4. Representación esquemática del muestreo y de los parámetros estructurales medidos. **a)** ruta de vuelo; **b)** esquema de un transecto mostrando el perfil arbóreo; **c)** medidas tomadas de un árbol individual, en este caso, del borde. **h:** altura; **f:** cobertura.

En términos asequibles, el aprovechamiento total de los recursos maderables explotados con medida y bajo esquemas de sustentabilidad debidamente aplicados se logrará en medida que los procesos implicados sean revisados y perfeccionados. Para ello se destaca la aplicación del trabajo colaborativo entre los integrantes y colaboradores del Cuerpo Académico desde cada perspectiva profesional. La aportación de los recursos tecnológicos tales como el empleo de vehículos no tripulados de control remoto o Drones como herramienta de recolección de datos, mapeo por imágenes, fotogrametría y vigilancia de recursos forestales permite el abordaje de territorios agrestes, donde la complejidad de acceso y cobertura pie a tierra representan un obstáculo para obtener la información necesaria. A este esquema se agrega la tecnología LiDAR (Light Detection And Ranging), como tecnología de detección remota basada en Laser pulsado para calcular mediciones geospaciales

Ante la necesidad de reflexionar sobre la integración de recursos tecnológicos de vanguardia a los métodos tradicionales de explotación forestal y agrícola, se contempla la búsqueda de una mayor interacción de la academia a las localidades y sus usos y costumbres, donde es innegable la necesidad de aprovechar el conocimiento ancestral en el cuidado y explotación de los bosques y campos agrícolas, así como la experiencia de quienes dedican su vida a estas actividades productivas.

Al igual la adopción de las nuevas tecnológicas a los procesos de estudios forestales, que permiten la adquisición y procesamientos de datos, de una manera mucho más flexible a como se venía realizando con los métodos e instrumentos clásicos, siendo el detonante para actualizar al ingeniero forestal dentro del ámbito de la silvicultura digital, como eje clave para exponer sus alcances dentro del que hacer profesional.



Figura 5. Dron DJI AGRAS 20 Litros, IT Morelia.

El acceso a las bases de datos como son INEGI, conducen de igual forma al ingeniero forestal al dominio del uso de las tecnologías tanto en las computadoras como en las aplicaciones móviles, de este modo el silvicultor del siglo XXI, debe ser un sujeto experto en el marco de la silvicultura digital, para tener pleno dominio y control en el uso de las bases de datos, procesamiento de imágenes, interpolación de datos para uso de programas de superficies, sistemas CAD de simulación 3D y las demás herramientas computacionales necesarias para potencializar su labor profesional (Figuras 5 y 6), un ejemplo de ello son las herramientas tradicionales para realizar la medición de alturas de árboles, siendo superado hoy en día, por aplicaciones móviles que realizan la misma actividad con un nivel precisión altamente aceptable, solo por citar uno de los cientos de ejemplos que las herramientas de la computación han ayudado a revolucionar al ingeniero forestal.



Figura 6. Práctica de vuelo en IT Morelia.

Estado del Arte de los conceptos y definiciones de Forestrónica

A partir del trabajo colegiado y coordinado de Cuerpo Académico con los estudios realizados en colaboración con las entidades educativas de educación media superior, además de la relación colaborativa con El Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura (CIISCINASYC) de la Universidad Autónoma Chapingo, empresas y población como grupo interesado han permitido introducir los esquemas de capacitación en obtención de datos mediante Drones, lo que ha permitido dimensionar el alcance que a un futuro se debe aspirar como resultados. Dentro de la estructura interna del CIISCINASYC, se encuentra la línea de investigación de “*Ciencia y tecnología aplicada en la agricultura 4.0 para el desarrollo rural*”, la cual próximamente se reformulará como *Agrónica Aplicada*, retomando la experiencia en el trabajo conjunto el Cuerpo Académico y el centro de investigación, han concluido la necesidad inminente de realizar una reformulación radical en los esquemas de trabajo, que mantengan a las instancias académicas-investigación en la vanguardia de las necesidades actuales.

Como parte de la producción académica alcanzada mediante las actividades de investigación y trabajo interactivo entre estudiantes, docentes e investigadores del Cuerpo Académico, se ha propuesto la creación de equipos prototipo para equipamiento de sistemas de riego automatizado, contando con diseños de carácter experimental que en medida que los recursos lo permitan se llevarán a construcción y prueba.

En una segunda etapa de progresión, se han formalizado acuerdos de colaboración con instituciones de educación media superior del ámbito forestal (CBTf No 6) donde se buscará aprovechar los conocimientos que estudiantes de Ingeniería Electromecánica han adquirido en el trayecto de su carrera y en beneficio de la rehabilitación y conservación de los equipos tecnológicos dedicados al procesamiento de la madera, en principio (Figura 7).

La importancia de los avances en la adopción de tecnologías para automatización ha sido el respaldo para lograr un trabajo colectivo entre academia y

sector forestal, el mismo que se muestra prometedor a mediano plazo. Como siempre, las limitantes figuran en el aspecto económico, lo cual motiva a buscar una relación productiva tanto académicamente como económicamente en un futuro cercano, y en beneficio de todos los involucrados.



Figura 7. Práctica de vuelo con Cámara Multiespectral en IT Zitácuaro.

Conclusiones

A pesar de contar con una trayectoria relativamente breve, el Cuerpo Académico En Formación que está operando bajo los conceptos relativamente nuevos que describen la Forestrónica, la Agromática y la Agrónica ha obtenido importantes avances en el proceso de exploración del potencial existente al incluir dentro de sus actividades el apoyo a la formación de profesionistas con experiencias en la aplicación de sus competencias y habilidades en el área de la automatización de sistemas forestales y agrícolas, buscando el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales disponibles pero siempre limitados. Los docentes investigadores que participan en esta labor han desarrollado un modelo de interacción con el ámbito académico y productivo en el oriente del estado de Michoacán de Ocampo, México, buscando en toda posibilidad la colaboración y apoyo del Instituto Tecnológico de Zitácuaro en las labores de gestión, vinculación y financiamiento de actividades encaminadas a consolidar el logro de las propuestas de automatización y procesamiento de datos que se reflejen en resultados tangibles (Figura 8).



Figura 8. Integración de aspectos de Forestrónica en el clúster forestal.

Entonces una definición más completa Según los autores Medina-Tello y Castellanos Serrano sería la siguiente:

La Forestrónica incluye el uso de las telecomunicaciones, los servicios informáticos, la mecánica y la electrónica, aplicados en conjunto a la silvicultura y la industria forestal, desde los bosques su reforestación y aprovechamiento, tanto en el manejo forestal, de producción y de recursos forestales, fabricación de muebles, la logística y demás áreas donde se involucre la silvicultura y las Ciencias Agromáticas. Algunos ejemplos concretos de la amplia utilidad de la Forestrónica son: control automatizado de viveros forestales, geoposicionamiento satelital para la silvicultura para el manejo forestal, registro automático de inventarios forestales con mapeo de rendimientos maderables y procesamiento de imágenes satelitales.

La definición de Forestrónica, es un acción audaz que nace de la necesidad de involucrar a las nuevas tecnologías en el esquema de la silvicultura, aun así lo mismo está ocurriendo en otras áreas de la ciencias, un ejemplo de ello es la ingeniería biomédica, la cual nace como un eje colateral para capacitar profesionales que tengan los conocimientos técnicos para el desarrollo de tecnología de punta en las ciencias médicas, y así brindar a los médicos de la tecnología que les permita desarrollar con mayor profesionalismo sus tareas, así como la biomédica, el mismo fenómeno está ocurriendo en gran cantidad de áreas de la ciencia, donde en los próximos años observaremos como las disciplinas transmutaran para adaptarse a la sociedad digital y así impulsarnos al siguiente paso de la evolución humana.

Literatura citada

- Bustamante, O., y Flores-Velázquez, W. (2016). Uso y manejo de drones con aplicaciones al sector hídrico. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*.
- Ingeniería Agrónica. (s/f). MasterBootStrap. Recuperado el 9 de diciembre de 2022, de <https://www.ugto.mx/licenciaturas/por-orden-alfabetico-i/ingenieria-agronica>
- Lim, K., Treitz, P., Wulder, M., St-Onge, B., y Flood, M. (2003). LiDAR remote sensing of forest structure. *Progress in Physical Geography*. 27(1), 88–106. <https://doi.org/10.1191/0309133303pp360ra>
- Medina Tello, C., Tecnológico Nacional de México, López Serrano, P. M., Rocha Ramírez, V., Torres Miranda, A. y Uribe Salas, M. D., . (2021). Experiencia educativa de drones en silvicultura 4.0, competencias específicas del profesional forestal. *e-CUCBA*, 9(17), 79–87. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi17.212>
- Rodríguez Laguna, R. (2010). Manual de Prácticas de Viveros Forestales. Área Académica de Ingeniería Forestal, *Instituto de Ciencias Agropecuarias*. Área Académica de Ingeniería Forestal. (S/f). Ugto.mx. Recuperado el 9 de diciembre de 2022, de <http://www.ugto.mx/licenciaturas/por-orden-alfabetico-i/ingenieria-agronica>.