

ROVER AGROTECH

César Augusto Campos Rodríguez ⁽¹⁾ Andres Felipe Boada Garzón ⁽²⁾

1. Ingeniero en Mecatrónica, Centro de Industria y Construcción Tecnoacademia SENA Tolima.
Facilitador de robótica, Grupo de investigación GIDIS, Ibagué, Colombia.
ccamposr@sena.edu.co
 2. Estudiante de secundaria, Centro de Industria y Construcción Tecnoacademia SENA Tolima.
Semillerista del área de robótica, Semillero de investigación IDEATEC, Ibagué, Colombia.
andresfelipeboadagarzon@gmail.com
-

RESUMEN

Rover Agrotech, es un proyecto en curso desarrollado en la Tecnoacademia Tolima, aborda un problema agrícola en la región, mediante la integración de robótica y agroindustria. Este innovador prototipo, un rover móvil equipado con sensores de alta precisión y control remoto, supervisa cultivos de cacao, los cuales son clave para la economía local. Implementando metodologías STEM y Aprendizaje Basado en Proyectos, se exploran tecnologías como Programación en Arduino, plataformas ESP32CAM para la transmisión de datos y video en tiempo real, sensores y aplicaciones móviles empleando técnicas de gamificación y aprendizaje colaborativo. El proyecto fomenta habilidades del siglo XXI entre 145 estudiantes de educación secundaria, creando una valiosa sinergia entre robótica y agricultura para abordar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y fortalecer la industria agrícola regional.

Palabras Claves:

Robótica móvil, Agroindustria, Cacao, Innovación, Aprendizaje basado en proyectos, Sensores fitosanitarios, Sostenibilidad agrícola.

ABSTRACT

Rover Agrotech, an ongoing project developed at Tecnoacademia Tolima, addresses an agricultural issue in the region by integrating robotics and agro-industry. This innovative prototype, a mobile rover equipped with high-precision sensors and remote control, monitors cocoa crops, which are pivotal for the local economy. Employing STEM methodologies and Project-Based Learning, technologies like Arduino Programming and ESP32CAM platforms for real-time data and video transmission are explored. Sensors and mobile applications are utilized, employing gamification techniques and collaborative learning. The project fosters 21st-century skills among 145 high school students, creating a valuable synergy between robotics and agriculture to tackle the UN Sustainable Development Goals and strengthen the regional agricultural industry.

Keywords:

Mobile Robotics, Agro-Industry, Cocoa, Innovation, Project-Based Learning, Phytosanitary Sensors, Agricultural Sustainability

INTRODUCCIÓN

En la era de la transformación digital, la intersección de tecnología y agricultura ha dado lugar a innovaciones significativas que remodelan la industria agrícola. En este contexto, emerge el proyecto Rover Agrotech como un faro de innovación en la Tecnoacademia Tolima. En una región donde el cacao es fundamental tanto para la economía local como para la identidad cultural, Rover Agrotech se propone como un proyecto transformador. Integrando a la perfección la robótica móvil y los principios de la agroindustria, este proyecto en curso se adentra en los campos de cultivo del cacao con una misión clara: abordar desafíos agrícolas específicos, mejorar la producción y, en última instancia, empoderar a las comunidades agrícolas locales.

El cacao, a menudo llamado "el oro negro", no solo tiene un profundo impacto económico, sino que también está entrelazado con la identidad cultural de la región. Sin embargo, los agricultores se enfrentan a amenazas constantes, desde plagas hasta condiciones climáticas cambiantes. Rover Agrotech surge como una respuesta ingeniosa a estos desafíos. Este proyecto pionero no se limita a la implementación de tecnologías avanzadas, sino que también se sumerge en el corazón de la educación. Al adoptar metodologías modernas como el Aprendizaje Basado en Proyectos y el enfoque STEM, Rover Agrotech no solo presenta soluciones prácticas, sino que también cultiva la próxima generación de científicos, ingenieros y agricultores innovadores.



Imagen 1. Andres Boada ponente en InnovAgro 2023. Fuente: Autor.

ESTADO DEL ARTE

Suiza es uno de los principales productores a nivel mundial de productos basados en chocolate, tan solo en 2021, según los datos de OEC World (2022), el país europeo realizó importaciones por más de 250.000 toneladas de cacao, las cuales fueron producidas y transformadas en productos basados en chocolate exportando cerca de 887 millones de dólares, lo que correspondió a un 0.7% del PIB suizo para ese año.

Lo anterior es una muestra del valor agregado de transformar una materia prima en producto final, y lleva a pensar en una posibilidad económica para regiones en proceso de crecimiento, ya que el departamento del Tolima en 2021 fue el quinto productor nacional de cacao tipo exportación, superado por Huila, Arauca, Antioquia y Santander en 2022, y teniendo en cuenta que el departamento se encuentra privilegiado por su cantidad de tierra apta para cultivos agrícolas IGAC (2019) da la posibilidad de explotar esta actividad económica y abre la posibilidad de investigar e innovar sobre los problemas presentes en ese ámbito, por ejemplo, preocupantemente según los datos FEDECACAO (2022) el número de

toneladas producidas en Colombia cayó un 10%, lo anterior causado por el hongo de la Molinilla, basidiomycete *Moniliophthora roreri*, y que en departamentos como Santander, según AGROSAVIA (2021), afectó críticamente el número de toneladas de grano producido, siendo la principal causa de la enfermedad, la extensa temporada de lluvias la cual generó en los cultivos de cacao las condiciones ambientales perfectas para la incubación y propagación de la enfermedad fúngica.

En el panorama actual, la integración de la tecnología en la agricultura, conocida como Agricultura de Precisión, ha sido un área de creciente interés para investigadores y profesionales del campo. La literatura científica ha documentado diversas aplicaciones de robótica y sensores en la optimización de prácticas agrícolas. En su estudio seminal, Solaque, Smith y Riveros (2020) detallan cómo los robots agrícolas equipados con sensores avanzados han revolucionado la forma en que los agricultores monitorean y gestionan sus cultivos. Estos dispositivos ofrecen una recopilación de datos precisa y en tiempo real, permitiendo decisiones más informadas y, en última instancia, una mayor eficiencia en la producción.

La robótica móvil ha demostrado ser particularmente prometedora en la agricultura, especialmente en cultivos sensibles como el cacao. Sanchez, Rivera y Solaque (2021) presentan un estudio exhaustivo sobre la implementación de rovers en agricultura, destacando cómo la movilidad autónoma puede mejorar la detección temprana de enfermedades y plagas, crucial para la preservación de los cultivos, en nuestro caso cultivos de cacao. Estos hallazgos resuenan con las metas del proyecto Rover Agrotech, que busca no solo monitorear, sino también proteger los cultivos de cacao de manera proactiva, posicionándose como herramienta tecnológica inspirada en productos como el KUBOTA X ELECTRIC TRACTOR, o el Autonomous 8R Tractor John Deere.



Imagen 2. Robot Kubota X Electric Tractor.

Fuente: <https://www.kubotausa.com/utility-vehicles>

Además, las metodologías de enseñanza activa y colaborativa, como el Aprendizaje Basado en Proyectos y el enfoque STEM, han sido objeto de numerosos estudios. Rekalde Rodríguez (2015) examinan el impacto del Aprendizaje Basado en Proyectos en la educación STEM, subrayando cómo esta metodología fomenta la creatividad y el pensamiento crítico en los estudiantes. Estas metodologías han sido implementadas con éxito en iniciativas similares, como el proyecto agricultura de precisión de Kraus et al. (2020), que utiliza sensores para enseñar a los estudiantes sobre la interacción entre tecnología y agricultura.

En cuanto a la transmisión de datos y control remoto, las plataformas como ESP32CAM han sido ampliamente investigadas en contextos diversos. Paryono, Fauzi y Nanda (2023) exploran las aplicaciones de cámaras basadas en ESP32CAM para el reconocimiento de imágenes, esto enfocado a la vigilancia agrícola, subrayando su versatilidad y bajo consumo de energía. Este enfoque tecnológico encuentra una resonancia directa en la infraestructura del proyecto Rover Agrotech, que utiliza esta plataforma para transmitir datos y video en tiempo real desde el campo.

RESULTADOS

El proyecto Rover Agrotech, desarrollado en la Tecnoacademia Tolima, ha arrojado resultados significativos en la convergencia entre la robótica móvil y la agroindustria. A través de la integración de tecnologías de vanguardia y metodologías pedagógicas innovadoras, el equipo logró diseñar un rover móvil equipado con sensores de alta precisión y control remoto. Este dispositivo espera demostrar en su fase de pruebas ser una solución eficaz para supervisar los cultivos de cacao, que desempeñan un papel fundamental en la economía local de la región.

A continuación, ilustraremos más detalladamente los resultados obtenidos y esperados según cada objetivo específico propuesto en el proyecto.

Objetivo 1: Establecer las necesidades energéticas del robot móvil para la elección del hardware y una fuente de energía renovable

En la fase de análisis, se realizó un estudio detallado de las necesidades energéticas del robot móvil. Se seleccionó un sistema de tracción de orugas controlado por motores DC, y se determinó que una batería de LiPo de 12V @ 3000 mAh sería suficiente para alimentar el sistema de control, los sensores y los motores. Además, se incorporó un panel solar de 5V 3W para proporcionar soporte adicional a la telemetría en caso de agotamiento de la batería.

VIAJE	VOLTAJE SALIDA (V)	VOLTAJE LLEGADA (V)
1	13,2	12,9
2	12,9	12,8
3	12,8	12,7
4	12,7	12,6
5	12,6	12,5
6	12,5	12,5
7	12,5	12,4
8	12,4	12,4
9	12,4	12,4
10	12,4	12,4

Tabla 1. Registro de voltaje por recorrido realizado en pruebas. Fuente: Autor.

Las pruebas realizadas demostraron que el rover tiene una autonomía de 90 a 120 minutos y puede realizar aproximadamente 15 viajes ambiente-huerta antes de requerir recarga. Se utilizó como sistema embebido de control y lectura de sensores un Arduino Mega 2680, para la captura de imágenes y transmisión WiFi de la telemetría un ESP32CAM, se implementaron 4 motorreductores a 12V para tener tracción doble en cada oruga, controlados por un módulo LD293D según los comandos recibidos del control Spectrum DX6E.

Objetivo 2: Programar el control para el robot móvil en terreno del cultivo mediante la programación y de un GPS.

La programación del control del robot se llevó a cabo utilizando un enfoque STEM, donde se introdujo a los aprendices en los conceptos de programación en Arduino. Se utilizó como entorno la plataforma Arduino Editor y se programó en lenguaje C++ los sistemas embebidos de control, lectura y transmisión, la telemetría la cual es codificada y enviada por protocolo Serial entre sistemas embebidos para su transmisión.



Imagen 3. Aprendices del Colegio SINTRAFEC realizando control del robot. Fuente: Autor.

El control dinámico del robot se logró mediante el uso de cuatro canales para controlar el avance, retroceso y giros. El sistema demostró ser eficiente y permitió una navegación precisa y controlada del rover en el entorno agrícola. Un GPS Adafruit FONA800 proporciona la georreferencia del robot a

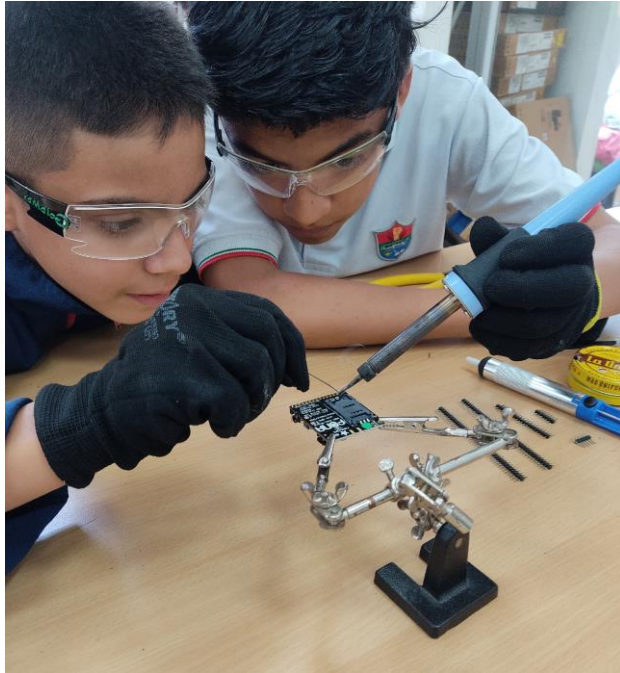


Imagen 4. Proceso de soldadura en el módulo FONA800 para instalación en robot. Fuente: Autor.

Objetivo 3: Determinar mediante un estudio de caso las variables fitosanitarias claves del cultivo de cacao para realizar la elección de los sensores para estas variables y su HMI.

Durante la fase de investigación, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la biología del cultivo de cacao en la región del Tolima. Se consultaron bases de datos científicas para recopilar información relevante sobre características, cuidados, plagas y procesos relacionados con el cultivo. Este trabajo permitió identificar las variables fitosanitarias clave que afectan al cultivo, tales como la humedad, la temperatura ambiente, la presencia de lluvia, la luminosidad y los niveles de CO₂.

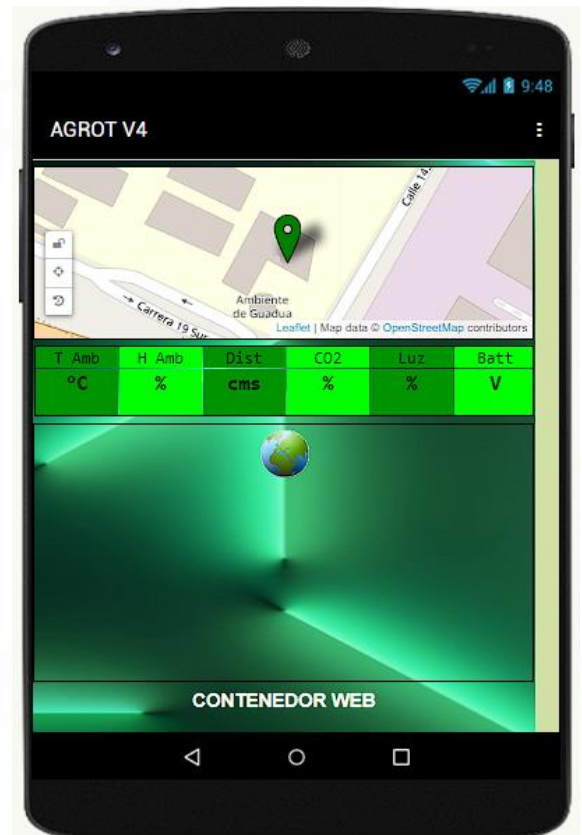


Imagen 5. Prototipo Rover Agrotech y app móvil de monitoreo Agrot. Fuente: Autor.

La implementación de sensores DHT11 para humedad y temperatura, un sensor de lluvia, un sensor de luz LDR y un sensor de CO₂ MQ135 en el robot facilitó la medición y supervisión en tiempo real de estas variables en la aplicación móvil creada en la plataforma App Inventor para el robot.

Resultados esperados:

A la fecha de redacción de este artículo se está abordando el objetivo de desarrollar una herramienta automática para el sembrado de semillas a 5 cm de profundidad en el suelo. Se estudiaron diferentes posibilidades de mecanismos, como uno convierte el movimiento circular de un servomotor en un movimiento lineal utilizando un sistema de engranaje cremallera. Este mecanismo controla un motor de alta velocidad con una broca helicoidal de jardinería en la punta. Otro mecanismo estudiado fue de tipo rueda que rompe la tierra y entierra con el mismo sistema mecánico. La implementación de dos módulos adicionales L298 para el control de los motores adicionales en cualquiera de los dos casos será necesaria. Una vez establecido el sistema de siembra, se dará proceso a las pruebas en el terreno del cultivo.

Finalmente, con este desarrollo tecnológico enfocado al agro tolimense y sus necesidades, se espera generar una herramienta eficaz que además de aportar a los procesos de producción de cacao, apropie a los campesinos cultivadores de la tendencia de involucrar tecnología a sus procesos como una herramienta más, potenciando así sus productos y procesos.

REFERENCIAS

1. Manejo, E. Y. (s/f). LA MONILIASIS DEL CACAO: Agrosavia.co. Recuperado el 10 de mayo de 2023, de <https://www.agrosavia.co/media/11540/69317.pdf>
2. Vázquez, A. H. P., Vilchez-Ponce, C. R., Ferrer-Sánchez, Y., & Veloz-Portillo, C. E. (2022). Efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del hongo moniliophthora roreri y el cultivo de cacao (theobroma cacao) en ecuador continental. Revista Terra Latinoamericana, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1151>
3. Awudzi, G. K., Cudjoe, A., Hadley, P., Hatcher, P. E., & Daymond, A. J. (2016). Optimizing mirid control on cocoa farms through complementary monitoring systems. Journal of Applied Entomology, 141(4), 247-255. <https://doi.org/10.1111/jen.12332>
4. Almeida, A.-A. F. de, & Valle, R. R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(4), 425–448. <https://doi.org/10.1590/s1677-04202007000400011>
5. IGAC (2019). Tolima, uno de los departamentos con mayor potencial agrícola en Colombia recuperado el 2 de marzo de 2023 de: <https://www.igac.gov.co/es/noticias/tolima-uno-de-los-departamentos-con-mayor-potencial-agricola-en-colombia>
6. Revista SwissInfo (2023). La producción del cacao en Colombia se disminuyó un 10% en 2022. recuperado el 4 de marzo de 2023 de: https://www.swissinfo.ch/spa/colombia-cacao_la-producci%C3%B3n-del-cacao-en-colombia-se-disminuy%C3%B3-un-10---en-2022/48267402
7. Krus, A., van Apeldoorn, D., Ramirez, J. J., & Valero, C. (2019). Detección de características de cultivo a través de sensores ópticos en un sistema orgánico de tipo strip-cropping. Congreso Ibérico de Agroingeniería.
8. Paryono, T., Fauzi, A., Nanda, R. A., Aripriyanto, S., & Khaerudin, M. (2023). Detecting vehicle numbers using Google Lens-based ESP32CAM to read number characters. Jurnal Matrik, 22(3), 469–480. <https://doi.org/10.30812/matrik.v22i3.2818>

9. Rekalde Rodríguez, I., & García Vélchez, J. (2015). El Aprendizaje Basado en Proyectos: un constante desafío. *Innovación Educativa*, 25. <https://doi.org/10.15304/ie.25.2304>
10. Sánchez Herrera, G., Riveros Guevara, A., & Solaque Guzman, L. E. (2021). Controlador PI2 para las velocidades de un robot agrícola evaluado usando Hardware en el lazo (HIL). *Ingenierías USBmed*, 12(2), 41–48. <https://doi.org/10.21500/20275846.4662>
11. Solaque G., L. E., Sánchez H, G., & Riveros G., A. (2020). Diseño y pruebas con hardware en el lazo de controladores dinámicos para un robot agrícola. *Revista UIS ingenierías*, 19(2), 89–98. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020010>