Robot cuadrúpedo Unitree Go2 en agricultura de precisión: aplicaciones potenciales y oportunidades de investigación

Unitree Go2 Quadruped Robot in Precision Agriculture: Potential Applications and Research Opportunities

Recepción del artículo: 20/07/2026 • Aceptación para publicación: 29/08/2026 • Publicación: 01/09/2026

https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi29.444

Luis Tonatiuh Castellanos Serrano*
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1071-3923
José Alfredo Castellanos Suárez
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8950-1992
Ramiro Chávez Mota
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5354-4034
Ángel Leyva Ovalle
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1873-9797
Marcelino Aurelio Pérez Vivar
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2746-8688
Universidad Autónoma Chapingo. México-Texcoco Chapingo, Edo. México. México.
Fausto Díaz Castro
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-8544-174X
Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texcoco, Edo. México. México.

*Autor para correspondencia:
lcastellanoss@chapingo.mx

Resumen

La agricultura de precisión requiere información sobre los cultivos y su entorno para orientar decisiones de manejo. En este contexto, los robots cuadrúpedos representan una alternativa de investigación para adquirir datos desde una perspectiva terrestre y próxima a las plantas. El objetivo de este trabajo es analizar las aplicaciones potenciales y las oportunidades de investigación del robot Unitree Go2 en entornos agrícolas, considerando sus características técnicas, limitaciones y necesidades de adaptación. Se presenta una revisión documental exploratoria y un análisis técnico comparativo que relacionan antecedentes de robótica agrícola, especificaciones del fabricante y requerimientos de tareas productivas. La información se organiza mediante una matriz de aplicaciones, instrumentación, productos potenciales y criterios de validación. Asimismo, se comparan conceptualmente las posibilidades de observación terrestre con la fotogrametría y el LiDAR aéreos. El análisis identifica cuatro áreas de oportunidad: monitoreo y caracterización de cultivos, caracterización ambiental y del suelo, inspección de riego e infraestructura y generación de información espacial. El LiDAR y la cámara constituyen recursos para investigar la detección de plantas, la identificación de hileras, la estimación de dimensiones y la documentación de incidencias. Sin embargo, el diagnóstico fitosanitario y las mediciones específicas del suelo requieren instrumentación y procedimientos adicionales. Los principales desafíos comprenden la autonomía energética, la estabilidad durante la adquisición, la integración de sensores, las oclusiones, la localización y la repetibilidad de las mediciones. Se plantea complementar los levantamientos aéreos con recorridos terrestres dirigidos hacia zonas de interés. Se concluye que la pertinencia agrícola del Go2 deberá determinarse según la configuración del equipo, las condiciones operativas y la utilidad agronómica de los datos. El estudio aporta una agenda de investigación sin presentar validación experimental y propone evaluaciones progresivas, con mediciones de referencia y comparaciones frente a plataformas de ruedas y procedimientos manuales, para establecer sus ventajas, restricciones y condiciones de aplicación.

Palabras clave: robótica agrícola, robots cuadrúpedos, agricultura de precisión, Unitree Go2, LiDAR.

Abstract

Precision agriculture requires information about crops and their environment to guide management decisions. In this context, quadruped robots represent a research alternative for acquiring data from a ground-level, near-plant perspective. The objective of this work is to analyze the potential applications and research opportunities of the Unitree Go2 robot in agricultural environments, considering its technical specifications, limitations, and adaptation requirements. An exploratory literature review and a comparative technical analysis are presented, linking background research in agricultural robotics, manufacturer specifications, and productive task requirements. The information is organized using a matrix of applications, instrumentation, potential outputs, and validation criteria. Likewise, the possibilities of ground-based observation are conceptually compared with aerial photogrammetry and LiDAR. The analysis identifies four areas of opportunity: crop monitoring and characterization, environmental and soil characterization, irrigation and infrastructure inspection, and spatial information generation. The LiDAR and camera serve as key resources to investigate plant detection, row identification, dimension estimation, and incidence documentation. However, phytosanitary diagnosis and specific soil measurements require additional instrumentation and procedures. The main challenges include energy autonomy, stability during data acquisition, sensor integration, occlusions, localization, and measurement repeatability. It is proposed to complement aerial surveys with targeted ground routes toward areas of interest. It is concluded that the agricultural relevance of the Go2 must be determined based on equipment configuration, operating conditions, and the agronomic utility of the data. The study provides a research agenda without presenting experimental validation and proposes progressive evaluations—including reference measurements and comparisons against wheeled platforms and manual procedures—to establish its advantages, constraints, and application conditions.

Keywords: agricultural robotics, quadruped robots, precision agriculture, Unitree Go2, LiDAR.

Introducción

Las disciplinas científicas y de investigación del Agro han abierto un abanico de múltiples posibilidades con la llegada de la agricultura 5.0, la cual dentro de sus rangos de desarrollo abarca la robótica como una de sus especialidades, para el diseño de sistemas autónomos inteligentes que mezclados con las tecnologías del IA (Fountas et al., 2024) puede realizar tareas independientes con alto potencial en las organizaciones que cuentan con los recursos para implementar estas tecnologías.

Por otro lado, la agricultura de precisión (la cual es parte de los hitos tecnológicos de la Agricultura 4.0), requiere información oportuna sobre las condiciones del cultivo y su entorno para orientar decisiones de manejo diferenciadas. En este contexto, la incorporación de sensores, sistemas de posicionamiento y plataformas robóticas permite ampliar las posibilidades de observación y actuación en las unidades de producción, lo que ha permitido abrir la brecha a las tecnologías del Agro 5.0.

Un ejemplo es el proyecto Flourish, que integró plataformas robóticas aéreas y terrestres para monitorear cultivos y realizar intervenciones localizadas sobre las malezas (Pretto et al., 2021), mostrando la importancia de vincular la adquisición de datos con tareas agronómicas concretas, mediante sistemas que articulen percepción, navegación y ejecución de acciones.

Entre los desafíos de la robótica agrícola se encuentra el desplazamiento de las plataformas dentro de los espacios de cultivo. La navegación debe considerar tanto la distribución de las plantas como las condiciones del terreno y la necesidad de realizar recorridos repetidos. Ahmadi et al. (2020) desarrollaron un método de navegación visual que aprovecha la estructura de los cultivos en hileras para guiar un robot y efectuar transiciones entre ellas. Este tipo de trabajos evidencia que la movilidad agrícola requiere soluciones adaptadas al escenario productivo, además de la capacidad básica de desplazamiento de la plataforma.

Dentro de las alternativas de locomoción terrestre, los robots cuadrúpedos constituyen una línea de investigación de interés por su potencial para desplazarse sobre superficies irregulares y superar determinados obstáculos. Semini et al. (2021) documentaron pruebas de locomoción del robot cuadrúpedo HyQReal en un viñedo de Italia, considerando dos condiciones de manejo del suelo entre hileras: suelo labrado y suelo con cubierta herbácea. Estas experiencias aportan antecedentes sobre la exploración de plataformas de patas en ambientes agrícolas; sin embargo, sus resultados deben interpretarse de acuerdo con el robot, el terreno y las condiciones específicas de evaluación. Por ello, no es posible extrapolar directamente su desempeño a cualquier cuadrúpedo o sistema de producción.

Las oportunidades de investigación también comprenden la interacción entre movilidad, adquisición de información y supervisión humana. Mucchiani et al. (2024) presentaron un sistema que integra un robot de patas con una interfaz de realidad aumentada para apoyar el monitoreo de cultivos, permitiendo la teleoperación, la visualización de información y el envío del robot a puntos seleccionados para actualizar mediciones. Este antecedente permite plantear que el valor de una plataforma móvil depende no solo de su desplazamiento, sino de su integración con instrumentos de medición y herramientas que faciliten el acceso a los datos y su interpretación.

Entre las aplicaciones de la robótica móvil en el ámbito agrícola se encuentran la cosecha selectiva, la eliminación de malezas y el control localizado de plagas. P y Aakash (2025) describen un sistema robótico autónomo orientado a estas tareas, mediante la identificación de cultivos maduros, la detección de plantas no deseadas y el reconocimiento de áreas que requieren tratamiento fitosanitario. La propuesta incorpora navegación y evasión de obstáculos para facilitar el desplazamiento en entornos agrícolas. Este enfoque permite plantear oportunidades de investigación relacionadas con la integración de percepción, movilidad e intervención selectiva, cuya adaptación a plataformas cuadrúpedas requiere analizar los requisitos específicos de cada tarea.

En este contexto, las tecnologías de robot cuadrúpedos biónicos y sobre todo en el ámbito de la marca y versión Unitree Go2 representan un área de oportunidad en las oportunidades de la agricultura de precisión La documentación del fabricante describe un robot cuadrúpedo con percepción mediante LiDAR y funciones de movilidad y control, cuyas prestaciones deben identificarse según la versión y configuración del equipo. Estas características ofrecen un punto de partida para examinar posibles adaptaciones al ámbito agrícola, aunque la información comercial no constituye por sí misma una validación de su desempeño en parcelas o instalaciones productivas, y tampoco validan la plataforma como un robot dedicado única o exclusivamente para las tareas agrícola.

A partir de estos antecedentes, en el presente trabajo se proponen como áreas de análisis el monitoreo proximal de cultivos, la adquisición de información para identificar indicios de estrés o problemas fitosanitarios, la caracterización de variables ambientales y la inspección de sistemas de riego e infraestructura agrícola. Su implementación potencial requeriría determinar qué sensores, procedimientos de medición, sistemas de localización y herramientas de procesamiento serían necesarios en cada caso. Asimismo, resulta indispensable distinguir entre captar imágenes o señales y generar un diagnóstico agronómico confiable, dado que este último

exige métodos de interpretación y validación específicos, lo cual abre la brecha de oportunidad para la invención de gadgets que se le puedan adaptar para potencializar sus funciones en el contexto del agro.

La cuestión central consiste, por tanto, en identificar bajo qué condiciones el Unitree Go2 podría aportar valor a una tarea agrícola y qué evidencia sería necesaria para sustentar esa aplicación. Para abordar esta cuestión se propone considerar la autonomía energética, la carga adicional, la estabilidad durante las mediciones, la protección frente al ambiente, la interacción con el suelo y las plantas, y la facilidad de integración tecnológica. El análisis también debe contemplar la comparación con plataformas de ruedas, drones y recorridos manuales, atendiendo a las necesidades de cada tarea. De esta manera, la selección de una solución cuadrúpeda puede fundamentarse en su pertinencia agronómica y operativa.

En consecuencia, el objetivo de este artículo es analizar las áreas de oportunidad del robot cuadrúpedo Unitree Go2 en agricultura de precisión, mediante la revisión de literatura y el contraste entre las características documentadas de la plataforma y los requerimientos de distintas tareas agrícolas, para identificar aplicaciones potenciales, limitaciones técnicas y líneas futuras de investigación. La contribución del trabajo consiste en establecer una relación estructurada entre necesidades agrícolas, requisitos tecnológicos y brechas de conocimiento que permita orientar una agenda de validación experimental.

Metodología de revisión y análisis

El estudio se desarrollará mediante una revisión documental de carácter exploratorio y un análisis técnico comparativo, orientados a identificar aplicaciones potenciales del robot cuadrúpedo Unitree Go2 en agricultura de precisión. Se dio a la tarea de contrastar los múltiples requerimientos de las tareas y actividades agrícolas con las capacidades de incursión de las tecnologías de los cuadrúpedos biónicos para reconocer posibilidades de adaptación, limitaciones y necesidades de investigación. Permitiendo como objetivo realizar una antesala de un marco científico que permita estudiar el estado del arte de las nichos de de las aplicaciones agrícolas del robot sin incluir aspecto de índole de validación experimental.

La búsqueda bibliográfica se inició en Scopus mediante el acceso institucional de la Universidad Autónoma Chapingo (UACh) y se complementará con IEEE Xplore, Google Scholar, repositorios institucionales, arXiv y Zenodo. Se considerarán publicaciones desde enero de 2019 hasta la fecha de cierre de la búsqueda en octubre de 2026, así como antecedentes anteriores que aporten fundamentos pertinentes. La estrategia se organizó en bloques de términos relacionados con robótica cuadrúpeda, la plataforma Unitree Go2 y sus posibles aplicaciones agrícolas (como palabras claves para la búsqueda especializada), combinados mediante operadores booleanos.

La expresión general de búsqueda se define como:

$$Q = (R \vee U) \wedge A \quad (1)$$

Donde:
Q = Consulta bibliográfica
R = Términos relativos a robótica cuadrúpeda
U =Denominaciones de la plataforma
A = Entornos agrícolas de interés:

R= “quadruped robot *” “legged robot*”
U = “Unitree Go2” v “Unitree Go 2”
A = agricultur * v farm * v crop * v orchard * ∨ vineyard * ∨ greenhouse * ∨ agroforest *

El operador ∨ corresponde a OR y permite recuperar cualquiera de los términos incluidos en un bloque, mientras que ∧ corresponde a AND y exige la coincidencia entre bloques. El asterisco indica truncamiento para recuperar variantes de una raíz, cuando la fuente de consulta lo admita. Las expresiones se adaptarán a la sintaxis y los campos de búsqueda de cada plataforma, incorporando sus equivalentes en español cuando corresponda.

La consulta general se complementará con búsquedas dirigidas a funciones específicas mediante la siguiente expresión:

$$Q\text{tarea} = Q \wedge F \quad (2)$$

Donde:

F = monitor* ∨ navigation ∨ LiDAR ∨ “proximal sensing” ∨ inspection

La ecuación (1) permitirá recuperar antecedentes de robótica cuadrúpeda en contextos agrícolas, mientras que la ecuación (2) focalizará la búsqueda en monitoreo, navegación, percepción e inspección. Se registrarán las expresiones utilizadas, las fechas de consulta y el número de documentos recuperados. La selección comprenderá la eliminación de duplicados, la revisión de títulos y resúmenes y la lectura del texto completo, considerando la pertinencia temática y la disponibilidad de información técnica verificable. Los antecedentes anteriores al periodo establecido se identificarán mediante búsquedas adicionales y revisión de referencias.

Como apoyo al proceso de revisión se utilizaron ChatGPT, SciSpace y Microsoft Copilot, con las correspondientes licencias pagadas, gratuitas o institucionales. La Figura 1 sintetiza el procedimiento de búsqueda, selección y organización de la información.

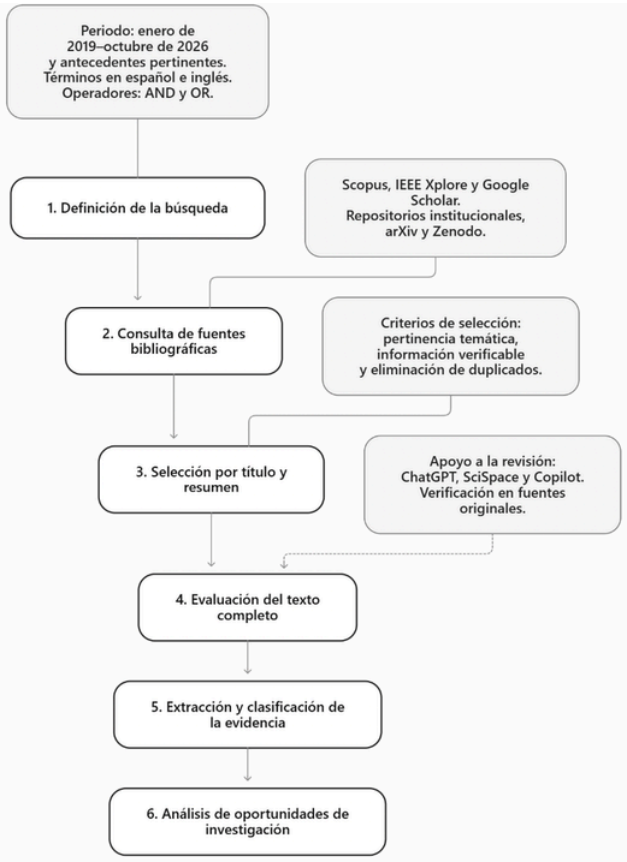


Figura 1. Procedimiento de revisión documental y análisis de oportunidades de investigación del robot Unitree Go2 en agricultura de precisión.
Fuente: elaboración propia.

Caracterización técnica del Unitree Go2

Características generales

El Unitree Go2 es una plataforma robótica cuadrúpeda cuyas características de movilidad y percepción permiten considerarla como objeto de estudio para aplicaciones agrícolas. Su estructura incorpora 12 motores articulares, una masa aproximada de 15 kg con batería y dimensiones de 70 × 31 × 40 cm en posición de pie. El Cuadro 1 sintetiza las especificaciones del fabricante y las diferencias entre versiones que resultan pertinentes para este análisis.

Desde la perspectiva agrícola, estas especificaciones constituyen criterios iniciales para examinar la compatibilidad del robot con los espacios de cultivo. Las dimensiones deben contrastarse con la separación entre hileras y el espacio requerido para maniobrar; la capacidad de carga, con la masa de los sensores, soportes y dispositivos de procesamiento adicionales. Asimismo, la autonomía deberá evaluarse en función de la duración de los recorridos, el terreno y el consumo del equipamiento incorporado (un área de oportunidad para el desarrollo de gadgets para ampliar el espectro de aplicación agrícola).

Cuadro 1. Especificaciones técnicas generales del fabricante

Característica	Especificación
Dimensiones (largo × ancho × alto)	De pie: 70 × 31 × 40 cm; agachado: 76 × 31 × 20 cm
Masa con batería	Aproximadamente 15 kg
Actuación	12 motores articulares
Capacidad de carga	AIR: ≈7 kg; PRO, X y EDU: ≈8 kg. Máxima declarada: 10 kg en AIR/PRO y 12 kg en X/EDU
Velocidad	AIR: hasta 2.5 m/s; PRO: 3.5 m/s; X y EDU: 3.7 m/s
Pendiente máxima	AIR: 30°; demás versiones: 40°
Desnivel máximo	AIR: ≈15 cm; demás versiones: ≈16 cm
Percepción	LiDAR 4D y cámara HD gran angular; sensores de fuerza en los pies en EDU
Conectividad	Wi-Fi 6 y Bluetooth
Batería y autonomía	AIR, PRO y X: 8,000 mAh, ≈1–2 h; EDU: 15,000 mAh, ≈2–4 h

*Fuente: (Unitree Robotics, s. f.)
Nota. Valores declarados por el fabricante, sujetos a configuración y condiciones de operación.
Fuente: elaboración propia con información de Unitree Robotics (s. f.).

Los límites de pendiente y desnivel reportados no deben interpretarse como garantía de desplazamiento en suelos húmedos, sueltos o cubiertos de vegetación.

En consecuencia, la pertinencia del Go2 como plataforma de investigación dependerá de la correspondencia entre sus prestaciones y los requisitos de cada aplicación. La caracterización presentada orienta esa evaluación, mientras que la operación en ambientes agrícolas deberá examinar aspectos como estabilidad durante la adquisición de datos, protección frente al ambiente e interacción con las plantas y el suelo. Estos elementos servirán de base para analizar las aplicaciones potenciales y las oportunidades de investigación.

Anatomía general del Unitree Go2

La figura 2 describe de manera general la anatomía del robot cuadrúpedo Unitree Go2.



Figura 2. Componentes principales del robot cuadrúpedo Unitree Go2 y sus funciones generales, representados en vista isométrica.
Fuente: elaboración propia con asistencia de ChatGPT (OpenAI) para la generación de la ilustración, basada en documentación técnica de Unitree Robotics (s. f.). Representación esquemática; la configuración puede variar según la versión del equipo.

Sensor Unitree 4D LiDAR L1

La implementación de tecnología LIDAR en tecnologías de robots cuadrúpedos como instrumento para realizar la

navegación proporcionan un área de oportunidad excelente base para estudiar funciones de observación y navegación en el Agro, sin embargo, la obtención de variables agronómicas específicas exige definir instrumentos y métodos de medición adecuados, por ello, el uso del LIDAR no proporciona el 100% del potencial explotable como es el caso de tecnologías de VANT's (Vehículos Aéreos no Tripulados). Por ejemplo, el análisis térmico o multiespectral de la vegetación a nivel piso y de manera horizontal cuando la floresta impide la visión vertical hacia la parte inferior y la medición de propiedades del suelo en etapa avanzada del cultivo en el que a un VANT's le es imposible realizarlo, requerirían programación específica y equipamiento especializado si es que el cuadrúpedo se adapta para aspersar abonos, insecticidas o fungicidas (tal como se ha lograda adaptar a los drones agrícolas), así como procedimientos de calibración y validación. La integración deberá considerar la alimentación eléctrica, el montaje, la comunicación y el acceso a los datos de acuerdo con la versión del robot. La finalidad es la generación de tecnología para la soberanía en el conocimiento científico y de la tecnología para pequeños productores.

En las configuraciones del Unitree Go2 equipadas con el sensor 4D LiDAR L1, la medición de distancias se realiza mediante el principio de tiempo de vuelo. En base a la información del manual técnico, este sensor presenta un campo de visión hemisférico de 360° × 90° y una tasa de adquisición de 21 600 puntos por segundo (Unitree Robotics, 2023). Estas especificaciones corresponden exclusivamente al L1; otras configuraciones del Go2 incorporan el LiDAR L2, con prestaciones diferentes. Por ello, antes de evaluar aplicaciones agrícolas, deberá identificarse el sensor instalado y utilizarse la documentación correspondiente, dado que la distribución espacial de los puntos no es uniforme, aspecto relevante para analizar la representación de las estructuras vegetales (Unitree Robotics, s. f.).

Estas posibilidades tienen antecedentes concretos. Chatziparaschis et al. (2024) combinaron un LiDAR Velodyne VLP-16 y una cámara con bandas roja, verde e infrarroja cercana sobre un robot de ruedas para detectar árboles y estimar su altura y anchura. Es un ejemplo de cómo la geometría LiDAR y la información espectral pueden complementarse y abren un área de oportunidad para experimentar el potencial en las tecnologías de Unitree Go.

En forestería, el estudio *Towards real-time forest inventory using handheld LiDAR* aborda la segmentación de árboles y la estimación del diámetro a la altura del pecho mediante observaciones acumuladas desde distintas perspectivas. Este antecedente sustenta explorar recorridos alrededor de los troncos con una plataforma móvil, aunque la geometría de montaje y la calidad del sensor deberán evaluarse específicamente (Proudman, et al., 2022).

En el Go2, estas posibilidades permiten plantear investigaciones sobre detección de hileras, caracterización de la vegetación, sistemas agroforestales, monitoreo en biosistemas controlados, etc. Su viabilidad dependerá del modelo de LiDAR instalado, la densidad y distribución de los puntos, la distancia de observación, las oclusiones y la compensación del movimiento durante los recorridos. La estimación de dimensiones deberá contrastarse con mediciones de referencia, mientras que la identificación de especies o condiciones fitosanitarias requerirá métodos adicionales de clasificación y validación. En consecuencia, el sensor se considera una fuente potencial de información estructural cuyo desempeño debe evaluarse para cada tarea y etapa del proyecto implementado.

La Figura 2 representa una propuesta de adquisición y procesamiento de datos LiDAR para detectar cultivos mediante recorridos del Unitree Go2, esta propuesta general plantea un problema genérico en la detección de cultivos en terrenos con pendientes, surcos y obstáculos como para superficies relativamente planas en invernaderos y ambientes controlados. En el primer escenario, la trayectoria deberá considerar el relieve, las condiciones del suelo y la estabilidad del robot; en el segundo, la anchura de los pasillos, la distribución de las camas de cultivo y la presencia de infraestructura. Por supuesto, el recorrido del cuadrúpedo debe considerar el envío de datos para establecer su trayectoria en cuadrantes que permitan detecta problemas en suelo, tallo, maleza, hojas de la planta o del tipo de cultivo para que mediante programación permita emitir señales para la atención del posible problema, el mismo cuadrúpedo puede conducir al punto exacto de la detección de problemas mediante la captación de señal elaborada en programa en detección de cromatografía.

Durante el desplazamiento, con la programación que dispone el cuadrúpedo, los barridos LiDAR se registrarán y alinearán para reconstruir las superficies visibles, separar el terreno de la vegetación e identificar posibles plantas individuales. En terrenos irregulares, la estimación de la superficie local del suelo será necesaria para evitar confundir variaciones del relieve con diferencias en la altura de los cultivos (hay que adaptar el funcionamiento en laderas montuosas, sobre todo las escarpadas y con ligera inclinación menor a 10 grados, tomando en consideración que su inicio de funcionamiento está en los 0° o terreno plano). Las detecciones se contrastarán con observaciones de campo para evaluar su precisión en cada entorno y también se debe de interpolar con fotogrametría de VANT's o fotogrametría de sistemas SIG.

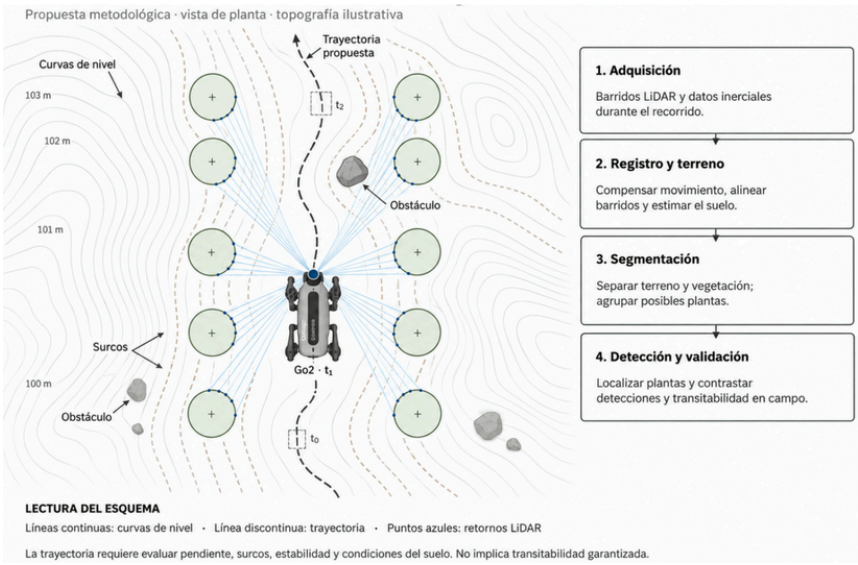


Figura 3. Esquema conceptual de detección de cultivos mediante LiDAR embarcado en el Unitree Go2, ilustrado sobre terreno irregular y potencialmente adaptable a superficies planas de agricultura protegida. Las curvas de nivel y cotas son ilustrativas. Fuente: elaboración propia.

La Figura 3, no representa un caso holístico, dado la naturaleza de los procesos de producción agrícola cada escenario requiere de las variables particulares del entorno, además que otras variables no están contempladas, como son la temperatura, humedad, condición climática, entre otras, por lo que los estudios particulares en cada escenario plantean proyectos particulares para la obtención de información que pueden alimentar las bases de datos procesados con algoritmos para reforzar los resultados parciales de cada programa de investigación.

Aplicaciones potenciales, oportunidades, ventajas y limitaciones

Aplicaciones potenciales y oportunidades de investigación

Las aplicaciones potenciales detectadas del Unitree Go2 se organizaron en cuatro áreas: monitoreo de cultivos; caracterización ambiental y del suelo; inspección de infraestructura y generación de información espacial. El Cuadro 2 relaciona cada área con los datos requeridos, los productos esperados y las necesidades de investigación. Los antecedentes citados sustentan la exploración de estas aplicaciones, mientras que su implementación en el Go2 requiere verificar la configuración del equipo y validar su desempeño en cada entorno productivo.

La tecnología Go2 y próximas versiones de que Unitree lancen deben de considerar retos en el sector del agro, por ejemplo, La movilidad, la autonomía energética y la seguridad constituyen criterios transversales a las cuatro áreas. En terrenos irregulares se deberá evaluar la interacción con pendientes, surcos y obstáculos, en invernaderos y ambientes controlados, la maniobrabilidad entre pasillos, camas de cultivo e infraestructura.

Cuadro 2. Matriz de aplicaciones potenciales y oportunidades de investigación del Unitree Go2 en agricultura de precisión.

Area de aplicación	Adquisición de datos e instrumentación	Productos potenciales	Oportunidades de investigación y validación
Monitoreo y caracterización de cultivos	Recorridos periódicos con LiDAR y cámara RGB. Integración de sensores espectrales o térmicos según la variable de interés.	Detección y conteo de plantas; identificación de hileras; estimación de altura y anchura; seguimiento de cambios estructurales.	Evaluar precisión, oclusiones y repetibilidad. Alinear recorridos sucesivos. Para interpretar estrés o problemas fitosanitarios, desarrollar modelos específicos y contrastarlos con observaciones agronómicas. Antecedente: Chatziparaschis et al. (2024).
Caracterización ambiental y del suelo	Sensores de temperatura y humedad relativa; sondas específicas para variables del suelo. Las mediciones por contacto requieren posicionamiento e inserción manual o mediante un mecanismo adicional.	Registros ambientales por punto y mediciones localizadas del suelo.	Evaluar calibración, tiempo de respuesta, posición del sensor e interferencias del robot. Comparar con instrumentos de referencia y determinar el grado de automatización viable. Propuesta del presente trabajo.
Inspección de riego e infraestructura	Imágenes y registros durante recorridos teleoperados o supervisados; interfaz para consultar información y señalar incidencias.	Documentación de obstrucciones, daños visibles e indicios de fugas; registro de puntos que requieren inspección.	Evaluar cobertura, calidad de imagen, comunicaciones y facilidad de operación. Validar anomalías frente a inspecciones de referencia y cuantificar falsas alarmas. Antecedente de supervisión e interacción: Mucchiani et al. (2024).
Generación de información espacial	Barridos LiDAR, estimación del movimiento y localización. Referencias de coordenadas cuando se requiera georreferenciación.	Mapas de hileras, árboles y obstáculos; identificación de posibles corredores de tránsito; reconstrucción de estructuras vegetales visibles.	Evaluar cobertura, deriva y exactitud espacial. Contrastar posiciones y dimensiones con mediciones de campo. Examinar la estimación de diámetros en plantaciones y sistemas agroforestales. Antecedente forestal: Proudman et al. (2022).

Nota. Los productos descritos son posibilidades de investigación, no funciones agrícolas validadas del Go2. Los sensores adicionales y el acceso a sus datos dependerán de la configuración de la plataforma. Los antecedentes corresponden a sistemas y condiciones experimentales específicos.
**Fuente:* elaboración propia con base en Chatziparaschis et al. (2024), Mucchiani et al. (2024) y Proudman et al. (2022).

La evaluación se puede realizar de forma cuantitativa en la calidad y validez de los datos recolectados para la toma de decisiones agronómicas tanto para lo operarios o el diseño de algoritmos inteligentes que puedan procesar los datos y dar las las interpretaciones pertinentes, permitirá identificar las condiciones en las que el uso de un robot cuadrúpedo aporta ventajas operativas. Hay que considerar la Inteligencia Artificial para el propio aprendizaje del aparato.

Como protocolo de la antesala de investigación, se propone

iniciar con recorridos supervisados y adquisición de datos en espacios delimitados, avanzar hacia mediciones repetidas y ampliar posteriormente la evaluación a terrenos de mayor complejidad, para ello deben de intervenir distintos especialistas en agronomía. La comparación con plataformas de ruedas y recorridos manuales permitirá establecer si la locomoción cuadrúpeda aporta ventajas suficientes para justificar su complejidad y consumo energético. La prioridad será demostrar la utilidad de la información obtenida para una tarea agronómica concreta, además de comprobar que el robot puede desplazarse por el entorno irregular y de forma autónoma.

Ventajas y limitaciones de plataformas aéreas y del Unitree Go2

El Cuadro 3 compara las posibilidades de adquisición de información mediante fotogrametría aérea (para el manejo e interpretación cromatográfica), LiDAR aéreo y percepción terrestre con el Unitree Go2. Las plataformas aéreas favorecen la observación de superficies amplias, mientras que el cuadrúpedo ofrece una perspectiva próxima y lateral que podría complementar el análisis de plantas e infraestructura, actualmente en la agricultura 4.0 y la agricultura de precisión son una de las técnicas más populares para la observación de grandes áreas de cultivos, la obtención de información y el procesamiento para la toma de decisiones. Esta relación permite plantear estrategias en las que un levantamiento aéreo identifique zonas de interés y el robot terrestre realice inspecciones dirigidas, la selección o combinación de plataformas deberá responder a la escala de trabajo, la variable agronómica y las condiciones de acceso, considerando cobertura, calidad de los datos y costo operativo. Futuramente, como se mencionó, las tecnologías pueden hacer una sinergia para la interpolación de datos y crear sistemas de agricultura de precisión robusta con el complemento de los datos en diferentes perspectivas.

Cuadro 3. Ventajas y limitaciones de plataformas aéreas y del Unitree Go2 para la adquisición de información agrícola.

Criterio	Fotogrametría aérea con cámara RGB	LiDAR aéreo	Unitree Go2 con LiDAR y cámara
Cobertura y perspectiva	Amplias superficies; vista predominantemente superior.	Amplias superficies; observación tridimensional desde el aire.	Recorridos localizados; observación cercana y lateral del cultivo.
Productos potenciales	Ortomosaicos, modelos de superficie y reconstrucciones 3D.	Nubes de puntos y modelos del terreno y la vegetación.	Mapas locales, atributos geométricos de plantas y registros de inspección.
Ventajas	Información visual detallada y seguimiento espacial de la parcela.	Medición directa de distancias y registro de estructuras a través de espacios del dosel.	Acceso visual bajo cubierta y proximidad a plantas, troncos e infraestructura.
Limitaciones	Dependencia de iluminación, textura y solape; oclusiones por follaje.	Costo e integración especializada; oclusiones y densidad variable de puntos.	Cobertura limitada por batería y accesibilidad; adaptación y validación agrícola pendientes.
Condiciones de operación	Requiere condiciones adecuadas de vuelo y planificación respecto del relieve.	Requiere planificación del vuelo y calibración del sistema de medición.	Requiere evaluar suelo, pendientes, obstáculos y anchura de pasillos.
Función complementaria	Localizar patrones y zonas de interés a escala de parcela.	Caracterizar relieve y estructura tridimensional.	Inspeccionar y medir puntos seleccionados desde una perspectiva terrestre.

*Fuente: elaboración propia

La Figura 4 muestra el contraste y comparativa de los procesos de observación y recolección de la información por las diferentes tecnologías, lo que permite observar el potencial que cada tecnología tiene en las ventajas y desventajas en cada proceso dentro del Agro.

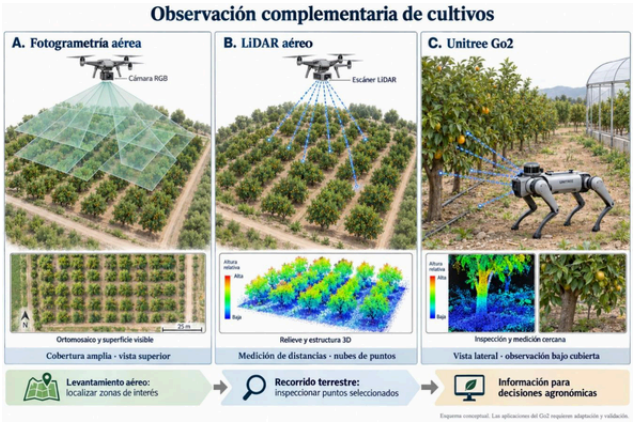


Figura 4. Complementariedad de la fotogrametría aérea, el LiDAR aéreo y la percepción terrestre mediante el Unitree Go2 para el monitoreo agrícola. Los levantamientos aéreos permiten localizar zonas de interés, mientras que los recorridos terrestres posibilitan inspecciones próximas al cultivo. Representación conceptual; los productos mostrados son ilustrativos, no resultados experimentales.
Fuente: elaboración propia con asistencia de ChatGPT (OpenAI) para la generación de la ilustración.

Conclusiones

El análisis documental, conforme el objetivo, permitió identificar cuatro áreas de oportunidad para investigar el uso del Unitree Go2 en agricultura de precisión: monitoreo y caracterización de cultivos, caracterización ambiental y del suelo, inspección de riego e infraestructura y generación de información espacial. La contribución del estudio consiste en relacionar estas aplicaciones con sus necesidades de instrumentación, procesamiento y validación, estableciendo una base para orientar investigaciones posteriores.

La combinación de locomoción cuadrúpeda y percepción proximal ofrece posibilidades para adquirir información desde posiciones cercanas y laterales a las plantas, los troncos y la infraestructura agrícola. Sin embargo, las prestaciones declaradas por el fabricante y los antecedentes obtenidos con otras plataformas no demuestran por sí mismos la viabilidad del Go2 en estos entornos. Su pertinencia dependerá de la configuración del equipo, las condiciones del terreno, la autonomía energética, la carga adicional y la estabilidad durante las mediciones.

El LiDAR constituye una fuente potencial de información geométrica y analítica para estudiar la detección de plantas, la identificación de hileras y la estimación de dimensiones.

Estas aplicaciones requieren evaluar la cobertura, las oclusiones, la compensación del movimiento y la repetibilidad de los datos frente a mediciones de referencia. La interpretación de condiciones fitosanitarias y la medición de variables ambientales o del suelo demandan sensores y procedimientos específicos; disponer de una plataforma móvil no implica contar con un sistema de diagnóstico o muestreo autónomo.

La comparación conceptual con la fotogrametría y el LiDAR aéreos permite plantear una estrategia complementaria: utilizar levantamientos aéreos para reconocer patrones y zonas de interés, y recorridos terrestres para realizar observaciones dirigidas. Esta integración deberá evaluarse según la escala de trabajo, la exactitud requerida y el costo operativo. Se propone avanzar desde recorridos supervisados en espacios delimitados hacia evaluaciones en condiciones de mayor complejidad, incorporando comparaciones con plataformas de ruedas y procedimientos manuales. El criterio decisivo será demostrar que la información obtenida aporta utilidad agronómica y justifica el empleo de la locomoción cuadrúpeda.

Literatura citada

- Ahmadi, A., Nardi, L., Chebrolu, N., & Stachniss, C. (2020). Visual servoing-based navigation for monitoring row-crop fields. En *2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 4920–4926). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICRA40945.2020.9197114
- Chatziparaschis, D., Teng, H., Wang, Y., Peiris, P., Scudiero, E., & Karydis, K. (2024). On-the-go tree detection and geometric traits estimation with ground mobile robots in fruit tree groves. En *arXiv* [cs.RO]. https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.02516
- Fountas, S., Espejo-Garcia, B., Kasimati, A., Gemtou, M., Panoutsopoulos, H., & Anastasiou, E. (2024). *Agriculture 5.0: Cutting-Edge Technologies, Trends, and Challenges. 26,* 40–47. https://doi.org/10.1109/mitp.2024.3358972
- Mucchiani, C., Chatziparaschis, D., & Karydis, K. (2024). *Augmented-reality enabled crop monitoring with robot assistance* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.03483
- Mucchiani, C., Chatziparaschis, D., & Karydis, K. (2024). *Augmented-reality enabled crop monitoring with robot assistance* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.03483
- P, P., & Aakash, K. (2025). *Autonomous robotic system for efficient farming.* https://doi.org/10.5281/zenodo.16607775
- Pretto, A., Aravecchia, S., Burgard, W., Chebrolu, N., Dornhege, C., Falck, T., Fleckenstein, F. V., Fontenla, A., Imperoli, M., Khanna, R., Liebisch, F., Lottes, P., Milioto, A., Nardi, D., Nardi, S., Pfeifer, J., Popović, M., Potena, C., Pradalier, C., … Nieto, J. (2021). Building an aerial–ground robotics system for precision farming: An adaptable solution. *IEEE Robotics & Automation Magazine, 28*(3), 29–49. https://doi.org/10.1109/MRA.2020.3012492
- Proudman, A., Ramezani, M., Digumarti, S. T., Chebrolu, N., & Fallon, M. (2022). Towards real-time forest inventory using handheld LiDAR. *Robotics and Autonomous Systems, 157*(104240), 104240. https://doi.org/10.1016/j.robot.2022.104240
- Semini, C., Bratta, A., Focchi, M., Gatti, M., Poni, S., & Barasuol, V. (2021). *First field tests of a legged robot in a vineyard* [Resumen extendido de conferencia]. Italian Conference on Robotics and Intelligent Machines (I-RIM). https://doi.org/10.5281/zenodo.5900633
- Unitree Robotics. (2023). *Unitree 4D LiDAR-L1 user manual.* https://oss-global-cdn.unitree.com/static/52b72f707b304d229d4321eea223738f.pdf
- Unitree Robotics. (s. f.). *Unitree Go2.* Recuperado el 21 de octubre de 2026, de https://www.unitree.com/go2/