



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia  
18 al 21 de septiembre de 2018



# **USO DE LA TELEDETECCIÓN COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE ACTIVO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**Óscar Chaparro Anaya, Óscar Alonso Herrera Gutiérrez**

**Universidad Nacional de Colombia  
Palmira, Colombia**

## **Resumen**

Se realizó una experiencia pedagógica basada en el aprendizaje activo mediante el trabajo autónomo de los estudiantes, experiencia adelantada en la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, en desarrollo del programa curricular de Ingeniería Agrícola. La experiencia se desarrolló en la asignatura Maquinaria y Mecanización Agrícola II. Consistió en la realización de actividades experimentales en operaciones agrícolas mecanizadas, y la teledetección del desarrollo de las mismas utilizando un dron Phantom 4 dotado con sensor remoto VANT. Al mismo tiempo, los estudiantes, organizados en grupos y con el equipo necesario, realizaron la toma y registro de la información sobre tiempos y movimientos de las máquinas. Se comparó la información obtenida manualmente por los estudiantes, con la registrada electrónicamente mediante la teledetección. Se realizó evaluación técnica de los resultados de campo y mediante la reflexión pedagógica se examinó el impacto de la estrategia pedagógica en el aprendizaje de los estudiantes. Los resultados obtenidos mostraron las excelentes perspectivas de la experiencia pedagógica, tanto desde su utilidad técnica en el sentido de que sus productos tecnológicos sean aplicados directamente en la producción, como de sus impactos positivos sobre la implicación de los estudiantes de Ingeniería Agrícola en el aprendizaje autónomo, colaborativo y significativo, para apropiarse de la comprensión de los tiempos y movimientos de las máquinas en la realización de operaciones técnicas agrícolas.

**Palabras clave:** teledetección; aprendizaje activo; operaciones técnicas agrícolas

## Abstract

*It was an educational experience based on active learning through independent work of students, experience advanced at the National University of Colombia headquarters Palmira, in the curriculum of agricultural engineering. The experience developed in the machinery and agricultural mechanization II. It consisted in the realization of experimental activities on mechanized agricultural operations, and the development of remote sensing using a Phantom 4 drone equipped with remote sensor UAVS. At the same time, the students, organized in groups and with the necessary equipment, made decision and registration of information about times and movements of the machines. Comparing the information obtained manually by the students, with the registered electronically through remote sensing. The results of field technical assessment was carried out and the pedagogical reflection discussed the impact of the educational strategy in the learning of the students. The results showed excellent prospects for the pedagogical experience, both from their technical usefulness in the sense that its technological products are applied directly in production, as of their positive impacts upon the involvement of agricultural engineering students in meaningful, collaborative and autonomous learning, to appropriate understanding of the times and movements of machinery in agricultural technical operations.*

**Keywords:** *remote sensing; active learning; mechanized agricultural operations*

## Introducción

Los retos que debe enfrentar la ingeniería colombiana se articulan a procesos de innovación permanente en el sistema productivo; a la generación y adopción-adaptación de tecnologías de punta, tanto en la operatividad de la producción, como en los aspectos logísticos y administrativos; a la preservación del medio natural y de los valores económicos, sociales y culturales de las comunidades vulnerables a los procesos productivos; a asumir las relaciones de la ingeniería con la política y los círculos gobernantes, en lo que tiene que ver con la corrupción y la responsabilidad social en cuanto a la seguridad de las poblaciones usuarias de las obras de ingeniería. En fin, a la articulación con finalidades humanísticas, de la ciencia, la tecnología y la sociedad (enfoque CTS). La formación de los ingenieros a cargo de la educación superior no puede estar al margen de estos retos, pues de su acción directa depende que la ingeniería colombiana pueda asumir su tarea frente a estos retos.

De otro lado, en la visión de la innovación, otros paradigmas formativos han emergido con fuerza en la educación para enfrentar desde el conocimiento y de manera efectiva las complejas problemáticas del mundo globalizado. Uno de tales paradigmas es el modelo pedagógico del *aprendizaje activo*, fundamentado en el *constructivismo* de Jean Piaget (Wadworth, 1989).

En este orden de ideas, con la experiencia pedagógica se buscó que los estudiantes de la asignatura Maquinaria y Mecanización Agrícola II, del programa curricular de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira; apropiaran la comprensión de la conceptualización *Capacidad y Eficiencia* de equipos agrícolas mecanizados, y de otros parámetros asociados, en la realización de operaciones técnicas agrícolas; conceptualización cuyo

dominio es esencial para el ingeniero, en orden a diagnosticar el efecto técnico y económico de la mecanización en un proceso productivo agrícola, para poder planificar racionalmente el uso de los equipos en la producción agrícola.

Los objetivos pedagógicos de la experiencia estuvieron orientados a apreciar las ventajas cognitivas de la cultura "del registro", propia de las actividades experimentales; a evidenciar que el procesamiento "a posteriori" de los registros obtenidos en las actividades experimentales potencia el aprendizaje autónomo; a apreciar los valores agregados, pedagógicos y técnicos que produce el aprendizaje activo mediante actividades experimentales; y a valorar las ventajas técnicas de la teledetección sobre la colecta manual de datos.

La metodología formativa estuvo basada en la estrategia del *aprendizaje centrado en la experimentación*, modalidad del paradigma pedagógico *aprendizaje activo*; por su parte, las actividades experimentales se llevaron a cabo conforme a los protocolos de la investigación experimental, comparando mediciones manuales con teledetección.

## Marco Referencial

El efecto de la utilización de las máquinas agrícolas en los procesos productivos de la agricultura tiene un doble carácter: por una parte, hay un efecto directo de las máquinas sobre la calidad de la operación técnica en las cuales se utilizan; al igual que se produce un efecto de facilitación de la operación, haciéndola menos fatigante y ruda para el operario. Y por la otra, se tiene un impacto económico en términos de la disminución de los costos operativos. Atendiendo a lo registrado por Hunt (1983) y Herrera (2000), esos efectos benéficos deben poder ser registrados, controlados y medidos a través de un sistema de gestión de las operaciones mecanizadas.

Elemento esencial de esa gestión lo constituye la determinación y evaluación de las capacidades y la eficiencia de los equipos mecanizados, en conjunto con otros parámetros de gestión asociados, entre los cuales destacan: *Patrón de operación; Velocidad de operación; Ancho de corte; Tiempo efectivo de trabajo; Tiempo en maniobras de viraje; Tiempo total o de campo; Capacidad de Campo Teórica; Capacidad de Campo Real; y Eficiencia de Campo.*

Con relación a la teledetección, Portero (2017) y Vélez (s. f.) mencionan que la teledetección es la técnica de obtener información a distancia, en forma de imágenes, de la superficie de la tierra, sin entrar en contacto directo con ella. Incluye todo el trabajo procesamiento e interpretación de esas imágenes. Los drones utilizados en teledetección son vehículos aéreos no tripulados que portan sensores de medición y poseen software propio de control de vuelo, de control de los sensores y de transmisión de datos. Los drones incorporan el equipo de vuelo y el equipo de control desde el suelo. El proceso de teledetección parte de una fuente de energía que siempre es el sol, la cual es reflejada por los objetos en tierra, generando radiación hacia la atmósfera, la cual es detectada por el sensor en las longitudes de onda del espectro visible en el Rojo e Infra Rojo próximo. Posteriormente se realiza la transmisión, recepción y procesamiento de la información; y finalmente, la interpretación, análisis y aplicación para la solución de una problemática específica.

Todo el proceso requiere de la disponibilidad de potentes herramientas informáticas para el control de vuelo del dron, control de movimiento y accionamiento de cámaras y sensores, selección de

datos complementarios procedentes de fuentes externas y su procesamiento, y un software específico para cada aplicación.

Por otra parte, en el marco del debate pedagógico se reconoce que a la Pedagogía Tradicional, más conocida en el ámbito del quehacer docente como el modelo pedagógico por transmisión-recepción, en que un protagonista activo (el docente) transmite información a un receptor pasivo (el discente), le han surgido en competencia otros modelos formativos que fundamentan su acción en los principios del constructivismo de Jean Piaget a partir del cual se estructuran, con diferentes denominaciones y desde distintas perspectivas teóricas, las estrategias de enseñanza aprendizaje centradas en el trabajo activo del aprendiz, y en el papel de acompañamiento, seguimiento, facilitación, orientación y guía por parte del docente (Wadworth, 1989).

En relación con el *aprendizaje activo*, diversas fuentes documentales aportan conceptualizaciones como las siguientes:

*“El aprendizaje activo es un aprendizaje basado en la implicación, motivación, atención y trabajo constante del alumno, es decir, el estudiante NO es un sujeto pasivo que se limita a escuchar al profesor y a tomar apuntes sino que es un sujeto activo que es responsable directo de su aprendizaje”* (Profesores-Goconqr, 2018).

Para el Centro de Desarrollo Docente e Innovación Educativa (2018): *“Se puede considerar al Aprendizaje Activo como una estrategia de enseñanza – aprendizaje cuyo diseño e implementación se centra en el alumno al promover su participación y reflexión continua a través de actividades que promueven el diálogo, la colaboración, el desarrollo y construcción de conocimientos, así como habilidades y actitudes”*.

*“Aprendizaje Activo es, simplemente, <<aprender haciendo>>”* (Entrega del Portal Educativo de Guatemala; 2018).

De acuerdo con las anteriores definiciones, se trata de una estrategia típica del paradigma constructivista, centrada en la construcción del conocimiento a cargo del aprendiz mediante su participación activa, por oposición a la estrategia tradicional en la que la participación del alumno es totalmente pasiva, pues el rol protagónico está a cargo del maestro.

Huber (2018), en un artículo que referencia las características que debe tener un modelo de enseñanza y aprendizaje activo para cumplir con las metas establecidas por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), en cuanto a la organización en Europa de la educación superior, la adquisición de conocimiento y su medición; registra que el aprendizaje significativo debe tener características de ser un *aprendizaje autorregulado*, en el sentido de que el estudiante reflexione, evalúe los resultados y retroalimente sus propias actividades; *aprendizaje constructivo*, que postula que el conocimiento individual no es una copia de la realidad sino una construcción personal; *aprendizaje situado*, el aprendizaje no se da en abstracto sino en un contexto dado para que pueda ser aplicado a una realidad; *aprendizaje sociocultural*, ningún estudiante aprende aislado de un ambiente social y de las herramientas culturales, especialmente el lenguaje.

De otro lado, la estrategia pedagógica del *aprendizaje centrado en experimentación*, que fue la modalidad de *aprendizaje activo* empleada en la experiencia pedagógica objeto de este estudio, consiste en la construcción de conocimiento a través de la observación directa y la intervención en una experiencia del mundo real Chaparro y Herrera (2016).

Según estos autores, el *aprendizaje centrado en la experimentación* incluye las siguientes fases: *predicción*, el estudiante manifiesta sus preconceptos frente a un fenómeno o experimento; *actividad*, intervención directa en una experiencia del mundo real; *observación*, se efectúa mediante la medición de las variables bióticas y abióticas asociadas al experimento; *discusión y síntesis*, se confrontan los conocimientos previos con los resultados de la experimentación y se confirma o reconfigura un nuevo conocimiento del fenómeno estudiado.

## Metodología

Se llevaron a cabo dos actividades experimentales en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, localizado en el corregimiento de Villa Gorgona, Municipio de Candelaria, Valle del Cauca. La *Actividad Experimental 1* consistió en hacer un pase de rastra descentrada en una parcela de 2663 m<sup>2</sup>, con el doble propósito de controlar mecánicamente la población de vegetación arvense de la parcela, previa a la labranza del suelo, y de permitir que la cámara del dron visualizara el suelo desnudo en el proceso de teledetección; el patrón de operación empleado fue en parejas de melgas del centro hacia afuera, con virajes siempre a la izquierda. El ancho de corte nominal fue de 3,00 m y la velocidad ideal de 4,00 km/h. Por su parte, la *Actividad Experimental 2* consistió en la operación técnica de subsolado en una parcela de 680 m<sup>2</sup>, y se ejecutó con la finalidad de producir el agrietamiento del suelo en profundidad y de incorporar material vegetal al suelo; el patrón de operación empleado fue de pases consecutivos, el ancho de corte nominal de 1,89 m, la velocidad ideal, de 4,00 km/h, y la profundidad entre 40 y 50 cm.

Para el registro de datos de forma manual, en ambas actividades experimentales se contó con la participación de estudiantes de la asignatura Maquinaria y Mecanización Agrícola II, del programa Curricular de Ingeniería Agrícola de la Sede Palmira, período académico 2016. Los estudiantes se organizaron en cuatro (4) grupos, cada uno de los cuales midió, en distancias iguales de 20 m, velocidad real en km/h, tiempo en giros (min), tiempo efectivo (min), anchos de corte reales en m. En trabajo de oficina se realizaron los cálculos pertinentes para llegar a la determinación de la capacidad de campo teórica, la capacidad de campo real y la eficiencia de campo por el método manual.

En cuanto al registro de datos mediante teledetección y fotogrametría, se empleó un Dron Phantom 4 provisto de cámara digital de vídeo y un contador de tiempos con precisión de décimas de segundo, que realizó toma continua de la operación, obteniendo una imagen aérea de toda el área roturada del lote con la rastra descentrada, y que simultáneamente espacializó la información mediante georreferenciación y cálculos espaciales. El manejo posterior de las imágenes mediante QGIS permitió obtener una imagen aérea en formato ráster, útil para transmitir información de las

entidades geográficas del mapa; lo que a su vez permitió abstraer información de la imagen aérea.

Finalmente, para ambas actividades experimentales se confrontaron los resultados obtenidos mediante el método manual y la teledetección, utilizando la prueba estadística de ANOVA para cada factor, con la finalidad de compararlos en cuanto a la mayor o menor precisión en las mediciones. Para lo cual se estableció:

Axioma: Los datos registrados por el sensor remoto (VANT) gozan de mayor precisión que los tomados de forma manual con herramientas convencionales.

Hipótesis nula: Se puede considerar que la información cuantitativa obtenida por los dos métodos es igual o no difieren de forma significativa.

Hipótesis alterna: Se puede considerar que la información cuantitativa obtenida por los dos métodos es diferente o difieren de forma significativa.

Por último, se reflexionó desde la perspectiva pedagógica, con base en los referentes conceptuales al respecto, en torno a las actitudes, implicaciones, acciones y logros cognitivos de los estudiantes, frente a la estrategia pedagógica empleada.

## Resultados y Discusión

En relación con las actividades experimentales, se obtuvieron los siguientes resultados.

*Actividad Experimental 1.* Mediante la prueba estadística de ANOVA se detectó diferencia significativa entre los dos métodos de medición, manual y fotogramétrico, al nivel de significancia 0,05, en tiempo en giros, tiempo efectivo y tiempo total, en tanto que la diferencia no fue significativa, al mismo nivel de significancia, para velocidad y ancho de corte. Lo anterior implica que el método fotogramétrico resultó de mayor precisión en la determinación de tiempo en giros, tiempo efectivo y tiempo total, que la medición manual, aceptándose la hipótesis alterna para estas tres mediciones. Adicionalmente, el método fotogramétrico hizo más cómoda la medición, con cero esfuerzos físicos por parte de los recolectores de información.

*Actividad Experimental 2.* Mediante la prueba estadística de ANOVA se detectó diferencia significativa entre los dos métodos de medición, manual y fotogramétrico, al nivel de significancia 0,05, en los valores tiempos en giro y % de cobertura vegetal incorporada, acogándose para estas dos mediciones la hipótesis alterna; y en cuanto a velocidad de operación, la diferencia entre los dos métodos de medición no fue significativa al mismo nivel de significancia. Concluyendo acerca de la ventaja de la medición fotogramétrica obtenida por teledetección.

Y con respecto la reflexión pedagógica en torno a la experiencia.

En el ámbito de la educación superior, la cultura pedagógica dominante constriñe a los estudiantes a apropiarse de todo el inmenso bagaje acumulado de información científico-técnica, mediante el

único camino posible en el contexto del limitado tiempo de los períodos académicos: escuchar; ver; eventualmente realizar pequeñas experiencias regidas por protocolos ya establecidos; y memorizar información para responder a las pruebas de evaluación, en busca del rendimiento académico exitoso.

En contraste con este modelo convencional y tradicional, la experiencia vivida con la estrategia pedagógica basada en actividades experimentales permitió evidenciar las interesantes posibilidades del modelo de “vivir la ciencia”, en el sentido de padecer todas las contingencias, incertidumbres, inseguridades e imprevistos, propios de un proceso investigativo experimental; de confrontar los enunciados científicos con el mundo real; de desarrollar la habilidad de observar, más allá de la simple visualización y del escuchar. En fin, de sentir en carne propia un proceso investigativo dirigido a la construcción de nuevo conocimiento.

En particular, cabe destacar que la estrategia permitió a los estudiantes y a los maestros hacer visibles las evidentes ventajas cognitivas de la cultura de “registrar información”, propia del mundo de la investigación, sobre la cultura de “ver y escuchar”, del modelo de enseñanza aprendizaje tradicional.

En adición a lo anterior, registrar información articula el proceso de enseñanza aprendizaje con las ventajas del poder acumulativo que tiene la escritura: permite el procesamiento “a posteriori” de la información de los registros obtenidos en las actividades experimentales, promoviendo y potenciando el aprendizaje activo, el trabajo en equipo y el aprendizaje colaborativo; genera material didáctico (documentos escritos y material visual) para la retroalimentación en el aprendizaje, material que se puede reexaminar y repasar todas las veces que sea necesario; material que, adicionalmente, puede ser usado en cursos posteriores; y que genera informes escritos de investigación aplicada, que pueden ser utilizados, tanto en el aprendizaje, como ser aplicados en el medio productivo.

## Conclusiones

La fotogrametría que provee la teledetección genera información más confiable, precisa y exacta, con un menor esfuerzo humano y en menor tiempo, que la colecta manual de datos.

El aprendizaje a partir de la experimentación permitió un cambio de rol en los estudiantes, evidenciado en la realización de un trabajo colaborativo y cooperativo y en la socialización de los resultados de sus propias experiencias, mostrando de esta manera, interés, responsabilidad y motivación por aprender, contribuyendo al desarrollo de competencias científicas de investigación e indagación

Se reconoce que el conocimiento será efectivo en la medida que repose en el testimonio de la experiencia; por lo tanto, la práctica pedagógica del aprendizaje experimental ofrece los escenarios propicios para lograr una relación diferente con el conocimiento y propiciar en los estudiantes pasión y pensamiento autónomo, con capacidad para asumir los cambios y situaciones

inesperadas, así como el despliegue de todas sus potencialidades en el ejercicio de su profesión como Ingenieros.

El trabajo grupal es un elemento fundamental en el aprendizaje, se debe propender por la construcción de una cultura de interacción e integración entre los estudiantes que permita reconocer el valor del punto de vista del otro, propiciar encuentros que permitan llegar a acuerdos y entender las diferencias con base en una comunicación entre iguales donde los supuestos de la Sinceridad y la rectitud, la búsqueda de la comprensibilidad y de la verdad orienten el dialogo y estimulen las capacidades de Interpretar argumentar y proponer.

## Referencias

- CENTRO DE DESARROLLO DOCENTE E INNOVACIÓN EDUCATIVA. Aprendizaje Activo. [En línea]. [Consulta en 15 junio, 2018; 6:30 p. m.]. Disponible en Internet: <http://micampus.csf.itesm.mx/rzmcm/index.php/tutorials/2012-09-12-14-40-48>
- CHAPARRO, Oscar; HERRERA, Oscar. La enseñanza de la ingeniería basada en el aprendizaje experimental: Caso Ingeniería Agrícola. [Presentación PPT]. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 2016. 52 transparencias a color.
- ENTREGA DE CONTENIDOS DEL PORTAL EDUCATIVO DE GUATEMALA. ¿Qué es aprendizaje activo? [En línea]. [Consulta en 9 abril, 2018; 6:11 p. m.]. Disponible en Internet: <https://vdocuments.site/edf-que-es-aprendizaje-activo.html>
- HERRERA, Oscar. Mecanización Agrícola: Recopilación de conferencias para la asignatura Mecanización Agrícola del programa de Ingeniería Agronómica. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 2000. 74 p.
- HUBER, GÜNTER L. Aprendizaje activo y metodologías educativas. [En línea]. En: Revista de Educación (Universidad de Chile), No. Extraordinario 2008: p. 59-81. [Consulta en 9 abril, 2018; 8:09 p. m.]. Disponible en Internet: <http://reforma.fen.uchile.cl/Papers/Active%20learning%20and%20methods%20of%20teaching%20-%20Huber.pdf>
- HUNT, Donnell. Farm power and machinery management. Ames, Iowa: Iowa State University, 1983. 352 p.
- PORTERO, C. y otros. Experiencias en la adquisición de imágenes para agricultura a empresas de drones españolas. [Documento pdf en línea]. En: Nuevas plataformas y sensores de teledetección. XVII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. (Eds. Luis A. Ruiz, Javier Estornell, Manuel Erena). p. 461-464. Murcia 3-7 octubre 2017. [Consulta en 19 junio 2018; 11:21 a. m.]. Disponible en Internet: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/157453/1/CasteradMA\\_XVIICongAsocEspTeledetecc-2\\_2017.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/157453/1/CasteradMA_XVIICongAsocEspTeledetecc-2_2017.pdf)
- PROFESORES-GOCONQR. Aprendizaje activo. [En línea]. [Consulta en 9 abril, 2018; 6:11 p. m.]. Disponible en Internet: <https://www.goconqr.com/es/ensenar/aprendizaje-activo/>
- VÉLEZ, J. P. y otros. Teledetección: Qué tecnología se adapta mejor para lograr un buen diagnóstico del cultivo. [Documento pdf]. En: Curso Internacional de Agricultura y



Ganadería de Precisión 15°. INTA. Ministerio de Agricultura. Presidencia de la República Argentina. 7 p.

- WADWORTH, B. Teoría de Piaget del Desarrollo Cognoscitivo y Afectivo. México: Diana, 1989.

### Sobre los Autores

- **Óscar Chaparro Anaya.** Ingeniero Mecánico. Magíster en Educación superior. Doctor en Mecanización y Tecnología Agraria. Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- **Óscar Alonso Herrera Gutiérrez.** Ingeniero Agrónomo. Magíster en Agronomía. Profesor Asociado (R) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)