



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

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

**CARTAGENA, COLOMBIA
18 al 21 de septiembre de 2018**



MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUACATE HASS MEDIANTE UN PROTOTIPO DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN QUE PERMITA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO

Cristina Gómez Santamaría, Andrés Felipe Ríos, Leonardo Betancur, Maicol Llano, Tatiana Medina, Manuel Mejía, Lina Vélez, Roberto Hincapié

**Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín, Colombia**

Resumen

Los objetivos de desarrollo sostenible actuales en el mundo requieren acciones responsables de las actividades agrícolas, respuesta al cambio climático, manejo de los recursos, expansión urbana, escasa mano de obra en el campo y tendencias de consumo mundiales. Se hace necesario reflexionar acerca de cómo producir más, en menor terreno y usando eficientemente los recursos evolucionando las prácticas de la gestión en las explotaciones agrícolas. Una alternativa para conseguir una distribución eficiente y responsable del agua y de los productos químicos durante la producción es la agricultura de precisión. Este proyecto en ejecución, busca generar un modelo de uso eficiente del recurso hídrico aumentando la productividad del aguacate Hass en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia, a través de un prototipo de agricultura de precisión. En la primera etapa del proyecto se realizó un estudio del modelo de medición de eficiencia del agua dado por la FAO (Food and Agriculture Organization). En una segunda fase del proyecto se realizó el diseño y prototipaje de una red de sensores para medir en el cultivo variables que alimentan dicho modelo. Para las fases posteriores se modelarán datos meteorológicos obtenidos a partir de una subestación cercana al municipio, de estos datos se extraerá información que además será correlacionada con las variables medidas con la red de sensores. Dichos datos continuarán siendo alimentados por una nueva estación meteorológica adquirida en el proyecto para continuar con la recolección de datos para obtener un modelo de estimación de la eficiencia en el uso del recurso hídrico que pueden contribuir en “tiempo real” al recálculo y toma eficiente de decisiones en cuanto al uso del agua en cultivos de aguacate Hass.

Palabras clave: eficiencia agua; aguacate hass; agricultura de precisión

Abstract

The sustainable development goals require responsible actions in different fields as agriculture, response to the climate change, efficiency in the use of resources, urban expansion, decreasing rural workers and consumption trends. It is necessary to increase the production in smaller fields, using efficiently the resources available. An approach to reach an efficient distribution and responsible use of resources as water and chemical products during the agriculture production is Smart agriculture. This Project in execution intends to generate a model of efficiency of the water increasing the productivity of the hass avocado in San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. In the first phase of the Project the FAO (Food and Agriculture Organization) a model was identified to calculate the efficiency in the use of water. In the second phase of the Project, an IoT network was designed and a prototype was built, in order to measure the variables that will feed the efficiency model. During the rest of the Project, meteorological variables will be correlated and merged together with the IoT measurements, in order to extract new knowledge and information leading to improve the hass avocado production and water use efficiency.

Keywords: water efficiency; hass avocado; smart agriculture.

1. Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill) medido en términos de volumen y área cultivada es la quinta fruta tropical más importante del mundo, y aunque Colombia fue el quinto mayor productor en 2010 no ha podido consolidarse como un exportador neto. Influyen en esto factores como: la alta demanda interna por el producto y la falta de prácticas agrícolas apropiadas que dificultan el acceso a mercados internacionales como Estados Unidos y la Unión Europea. Zonas que clásicamente lideraban la producción del fruto como los Montes de María, han sido relegadas por otras zonas como Tolima y Antioquia, que han decidido tecnificar esta producción (Vega, 2012). Según datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia en 2010, Tolima, Antioquia y los departamentos del eje cafetero experimentaron las mayores tasas de crecimiento en cultivo de Aguacate Hass, considerado el de mayor potencial para exportación (Vega, 2012). De hecho, Antioquia ha invertido catorce mil millones de pesos de sus regalías directas en la expansión de este cultivo para aumentar la oferta exportable (Contexto, 2014). Estados Unidos abrió su mercado al aguacate Hass colombiano (MinAgricultura, 2016) y además Colombia inició procesos para lograr su admisibilidad en China.

La demanda de agua por parte de la agricultura, la industria y las zonas urbanas está agotando los recursos hídricos. Las extracciones de agua para la agricultura representan el 70% del total de extracciones de este recurso. La industria, las ciudades y la agricultura son los principales sectores que compiten por el suministro de agua. De esta manera, la eficiencia en el uso del agua es cada vez más importante para la sociedad (FAO, 2017).

En términos generales, la agricultura consume la mayor parte de los recursos hídricos del mundo. No sólo es así por las cantidades que se requieren para el riego, sino también por la contaminación de las masas de agua superficiales y subterráneas como consecuencia del uso de

productos agrícolas que se emplean para mejorar la producción y controlar las plagas (Gilbert, 2012).

Las previsiones actuales sobre el cambio climático indican aumentos en la frecuencia y la intensidad de los períodos de sequía en el mundo (Stocker et al., 2013). Mundialmente, se resalta que el 45% del suministro de alimentos se produce en tierras bajo tecnologías de riego, cubriendo sólo el 18% de las áreas cultivadas (Döll and Siebert, 2002). Lo que significa que los sistemas de riego en la producción de alimentos presentan una oportunidad para preservar o porque no, optimizar el uso racional de agua. Además, se estima que la demanda mundial de alimentos para el 2050 debe duplicarse para los casi nueve mil millones de personas en el planeta (Tilman, et al., 2011).

En Colombia el periodo de escasez de agua ha afectado las cosechas de los agricultores. Algunos departamentos como La Guajira, Magdalena, Atlántico, Cundinamarca, Antioquia entre otros, han experimentado ausencia de lluvia durante meses. De esta manera, la disminución de las precipitaciones, asociada al fenómeno de El Niño, como consecuencia de la variabilidad climática podría extenderse por largos e incalculables períodos (ASOHOFrucol, 2015). De acuerdo al director del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el fenómeno pasó de débil a moderado, por lo que se ha presentado un déficit de lluvias entre el 40 % y el 60 % en algunas ciudades del país.

En base a diferentes resultados del comportamiento de la humedad en la zona radicular y a las condiciones climáticas registradas, es posible estimar los requerimientos hídricos en el cultivo de aguacate Hass (*Persea americana* Mill) cv. Hass. Por ejemplo, en Chile el requerimiento hídrico está entre los 8.000 - 10.700 m³/ha.

Actualmente, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se han convertido en un elemento imprescindible dentro de la vida diaria de las personas, por lo cual el sector agroindustrial no debe ser ajeno al conjunto de ventajas y oportunidades que su uso proporciona. Las TIC son una fuente de herramientas de trabajo que los productores pueden utilizar para explorar nuevas fórmulas de negocio y mejorar sus técnicas actuales de producción y gestión. Como por ejemplo obtener rendimientos óptimos tanto en el cultivo como en el proceso de transformación, impactando directamente en los costos de producción. En países como Perú y Ecuador se han aprovechado las TIC y los resultados se observan en una nueva e innovadora estructura de costos y en el aumento de las ventas, con productos diferenciados y reconocidos en los mercados internacionales. Además estadísticamente, la evolución de las TIC en los últimos años muestra un crecimiento exponencial y acelerado de software y de dispositivos móviles.

De lo anterior, se entiende la importancia de buscar alternativas que optimicen el uso y la calidad del agua, y disminuyan las pérdidas en la producción del aguacate Hass, considerando la enorme influencia de la variabilidad climática sobre la agricultura. De esta manera el proyecto busca responder la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo es posible mediante agricultura de precisión optimizar el uso y calidad del recurso hídrico con el fin de mejorar la productividad del aguacate Hass en Antioquia teniendo en cuenta la variabilidad climática?

Metodología

La metodología del proyecto se está desarrollando de acuerdo a los lineamientos específicos de la convocatoria interna de la UPB, UPBInnova 2017-2018, orientada a la contribución de un reto planteado al interior de la universidad titulado "Agua: Equidad y acceso para el bienestar social y TIC". La ejecución del proyecto se divide en dos partes, la primera es la que se realiza en los laboratorios del GRAIN y GIDATI que pertenecen a la Universidad Pontificia Bolivariana, y la segunda parte del trabajo se está realizando en campo en una finca productora del municipio de San Pedro de los Milagros en el noroccidente antioqueño. Se seleccionó esta zona por tener el potencial agroclimático para el cultivo de aguacate Hass, además de contar con el acceso y la disponibilidad para la investigación.

El proyecto se está ejecutando en 4 fases:

Fase I: se busca realizar un diagnóstico de los principales factores que inciden en la productividad y calidad del cultivo de aguacate, así como los requerimientos de la red sensorial inalámbrica para monitorear los factores de humedad y temperatura del suelo; estos constituyeron insumos para el apropiado diseño de la infraestructura de comunicaciones de la red de sensores. Esta fase está culminada.

Fase II: implementación del prototipo de la red de sensores para lo cual se tuvo que hacer una identificación del cultivo específico donde se realizarían las pruebas de campo y obtención de mediciones de la red de sensores. Esta fase se está culminando.

Fase III: modelamiento de la relación entre las variables sensadas y datos climatológicos, lo cual implica el análisis, extracción y consumo de los datos climatológicos provenientes de variadas fuentes de información, así como el proceso de correlación con las medidas físicas tomadas de la red de sensores y su posterior análisis. Esta fase se encuentra en proceso actualmente, particularmente ejecutando análisis y modelos sobre bases de datos adquiridas por el equipo investigador de investigaciones realizadas en el cultivo de interés en años previos (2016 y 2017) que fueron proporcionadas por los dueños del cultivo. Esta caracterización será complementada con la información recolectada con la red de sensores.

Fase IV: prueba piloto que permita evaluar el desempeño del prototipo de sistema de agricultura de precisión propuesto en el cultivo de aguacate Hass previamente identificado.

Resultados

Los resultados obtenidos hasta el momento se enfocan en las Fases I y II. Las Fases III y IV se encuentran en desarrollo.

Fase I. Con base en una revisión bibliográfica, se identificaron los grados y etapas de maduración del aguacate Hass (White, et al. 2009). La maduración ocurre cuando se ha dado la formación completa del organismo, en el momento en que sus células contienen suficientes

elementos bioquímicos para funcionar correctamente. Se encontró que los fenómenos más representativos durante la maduración son la respiración, el endulzamiento, el ablandamiento, los cambios en el aroma, coloración y valor nutritivo del fruto. Los frutos cosechados antes de su madurez fisiológica, completan su proceso de maduración de forma desuniforme perdiendo palatabilidad (Ochoa, 2011). Según la Cadena Nacional del Aguacate en Colombia, las épocas de cosecha del aguacate Hass están directamente relacionadas con la elevación, es decir se presentan cosechas tempranas en los climas más cálidos y cosechas tardías en climas más fríos. Esto favorece la disponibilidad de aguacate Hass casi todo el año, presentando bajo abastecimiento solo en el tercer trimestre. Sin embargo, se destaca que la cosecha del aguacate hass se da dos veces al año; la primera en el período Junio a Agosto con el 31.5% de la producción, y la segunda en el período Septiembre o Diciembre hasta Febrero o Marzo, con el 59.6% de la producción (Cadena del aguacate, 2015).

Con respecto al uso del agua, se encontró en la revisión que el agua de riego ha permitido a los agricultores mejorar el rendimiento de los cultivos y reducir la dependencia de las precipitaciones, aumentando la producción media de los cultivos (Tubiello, 2005). En Colombia la agricultura demanda el 54% del total de la demanda hídrica nacional (ENA, 2010), por lo cual uno de los enfoques de la investigación agrícola es el manejo del recurso hídrico en los cultivos. Para aplicar el riego se deben tener en cuenta las necesidades del cultivo, aplicando solo el volumen de agua requerido en el momento adecuado y la frecuencia apropiada, para así establecer un principio de sostenibilidad del recurso evitando pérdidas considerables en la producción (Pérez, et al. 2009). Uno de los principales problemas de los cultivos frutales es la baja apropiación de tecnología que tienen los agricultores, especialmente en el tema de riego y requerimientos hídricos (PFN, Tafur et al., 2006). Una inadecuada relación hídrica en el cultivo de aguacate puede producir:

- Estrés por exceso o déficit que genera caída de flores y frutos. En crecimiento rápido un aporte hídrico garantiza buen tamaño de la fruta (Lahav, et al. 1983).
- El déficit hídrico reduce el diámetro del tronco, peso y tamaño de hoja (espesor y área de lámina) (Chartzoulakis. 2002).
- El exceso de agua inhibe el crecimiento de raíz, brotes y expansión de hojas (Schaffer, et al. 2002).
- El riego localizado mejora el rendimiento (Lahav, et al. 1980), (Meyer, et al. 1999). Además mejora la relación agua/aire (Ferreira, et al. 2007).

La FAO ha establecido el modelo de balance hídrico (FAO, 2006) dado por la fórmula $P + R - ET - D - Esc - \Delta S = 0$, donde P es la precipitación efectiva (mm), R el riego (mm), ET la Evapotranspiración, ΔS es el almacenamiento (período, mm), D la percolación, Esc la Escorrentía. Particularmente la Evapotranspiración, ET, es el proceso mediante el cual el agua es evaporada desde el suelo y transpirada por la planta (Allen, et al. 1998) y se puede calcular como $ET = K_c ET_o$, donde la constante K_c para un aguacate en etapa de producción es de 0.78 (FAO, 2006), y ET_o es la evapotranspiración en un cultivo de referencia (pasto). Más concretamente $ET_o = clima + agua_cultivo_referencia(pasto)$, donde *clima* corresponde a variables climáticas como radiación, temperatura, viento y humedad. El parámetro *agua_cultivo_referencia(pasto)*

es un parámetro que se asume conocido en un cultivo de referencia que usualmente es pasto bien regado. De la ecuación de balance hídrico entonces, se puede determinar el riego requerido R como la diferencia entre las necesidades del cultivo y la precipitación resumida en la medida ET . Se encontraron varias formas de calcular ET_o , se seguirá el utilizado por la FAO basado en el modelo de Penman-Monteith cuyas variables de entrada son la localización, temperatura, humedad relativa, radiación y velocidad del viento. La FAO ofrece además un calculador automático en línea al introducir estas variables de entrada.

La eficiencia en el uso del agua se define como la relación entre los beneficios netos de los cultivos y la cantidad de agua utilizada para producir esos beneficios. Este indicador refleja el enfoque actual de la producción agrícola donde se requiere mayor producción de alimentos, con una menor cantidad de agua consumida por unidad productiva (Molden, et al. 1998). Entonces la eficiencia del uso del Agua EUA, está dada por:

$$EUA = \frac{\text{Rendimiento_Cultivo}}{\text{mm de agua evapotranspirada}}$$

Este análisis llevó entonces a identificar la necesidad de medir variables como radiación, temperatura, viento y humedad. Para mejores medidas de humedad se consideró además la humedad relativa en el suelo del cultivo, que puede dar una mayor precisión en la medida.

Fase II: Después de conocer los factores que tienen mayor influencia en la producción y calidad del aguacate, se procedió a realizar un análisis de los requerimientos de la red sensorial. Para una correcta metodología de adquisición de los datos se comenzó por buscar los sensores disponibles comercialmente, de acuerdo al tipo de variable que se desea medir. Generalmente existen varias referencias, por lo cual se realizó una comparación teniendo en cuenta la precisión, calidad, certificaciones y precios del sensor. Se debe tener en cuenta que estas tecnologías están generalmente asociadas a protocolos de transmisión inalámbricos y a sistemas embebidos los cuales se determinan por características como la movilidad, el acceso a la información y la cooperación entre dispositivos. Actualmente los estándares de comunicación más utilizados para este tipo de redes es el IEEE 802.15.4 (ZigBee), los sistemas Bluetooth y Wi-Fi (IEEE 802.11); caracterizándose por ser las opciones más populares y comercialmente disponibles cuya utilización en redes inalámbricas de sensores han sido evaluadas. De estas opciones como protocolo de comunicaciones se seleccionó ZigBee que proporciona un alcance máximo de 1 Km y que puede fácilmente integrarse a los sensores de interés a bajo costo.

Al realizar visitas de campo se seleccionó la zona del cultivo más viable para las pruebas piloto (Figura 1). La selección se hizo teniendo en cuenta que la distancia al sitio donde se ubicará el nodo colector de la red de sensores (el cual requiere punto de energía eléctrica) no superara el Km de cobertura del enlace inalámbrico, que tuviera línea de vista con este punto ya que es una condición requerida por la tecnología inalámbrica elegida, y que tuviera árboles de aguacate en etapa de producción de fruto para el año en curso.

Adicionalmente, de un proyecto previo realizado por Corpoica en la finca de estudio, se tenía información recogida por una estación meteorológica en un punto cercano a la zona del cultivo

MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUACATE HASS MEDIANTE UN PROTOTIPO DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN QUE PERMITA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO

seleccionada. Por lo que elegir un punto del cultivo cercano al punto de recolección de dichos datos nos brinda favorabilidad en la colección de las medidas requeridas para el análisis.



Figura 1. Área del cultivo de aguacate hass seleccionada para las pruebas.

Después de conocer la tecnología necesaria para el funcionamiento de la red sensorial, se continúa con el diseño de la infraestructura física de la red de manera que se identifique: tipos de nodos y su parametrización y calibración, la topología, arquitectura y modelo de las comunicaciones que formen la red para la transmisión de datos hacia el servidor del centro de fusión. Se identificó entonces que para el prototipo se trabajará con una topología en estrella, donde hay un único nodo propagador conformado por un computador portátil con conexión a una tarjeta de comunicación zigbee, y múltiples nodos sensores distribuidos en el área del cultivo elegida. Cada nodo sensor está compuesto por una tarjeta madre que funciona como el cerebro del sensor (con el microprocesador, conversor analógico a digital, y demás componentes requeridos) a la cual se le integran los sensores de medición locales principales como humedad y presión. Cada nodo sensor tendrá también integrado un GPS que indique su posición exacta (con una precisión de aproximadamente 3 m por lo que los nodos tendrán que estar localizados a distancias superiores) y la tarjeta de comunicación zigbee que le permitirá transmitir los datos recogidos al nodo propagador. Dado que en este tipo de redes de sensores los datos transmitidos son muy pocos y a bajas velocidades, no se requiere definir o implementar un protocolo de control de acceso al medio. Se decidió además que los datos sean almacenados localmente en el computador y transmitidos vía celular a Internet para ser procesados en un centro de fusión fijo instalado en las instalaciones de los laboratorios de los grupos de investigación GIDATI y GRAIN en la Universidad Pontificia Bolivariana.

Se eligió un kit de sensores integrado directamente por el equipo investigador, dado que comercialmente los kits de sensores disponibles para estas tareas tenían precios excesivamente costosos. Este es un valor agregado que entregará el proyecto, pues con esta integración se ha logrado reducir el costo de cada nodo sensor significativamente lo cual favorece su posible adquisición por parte de agricultores pequeños. Dado que los sensores de presión y humedad económicos son un poco imprecisos, se está actualmente diseñando su proceso de calibración por software tomando como referencia dos sensores de presión y humedad calibrados de alta precisión con que se cuenta en los laboratorios del grupo de investigación GRAIN. Los kits de

MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUACATE HASS MEDIANTE UN PROTOTIPO DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN QUE PERMITA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO

sensores desarrollados están basados en la plataforma Arduino para facilidad y rapidez del prototipaje.

Luego de la integración de los kits de sensores se ejecutaron exitosamente las primeras pruebas de transmisión de medidas a la nube. Se seleccionó la plataforma gratuita ThingSpeak, pero posteriormente dentro del proyecto se desarrollará una plataforma propia. Esta herramienta se seleccionó por ser gratuita y tener interfaz con MatLab, que permitiría su directo procesamiento allí o incluso exportar a otros formatos de interés. La Figura 2 presenta resultados de algunas de estas medidas tomadas en tiempo real.

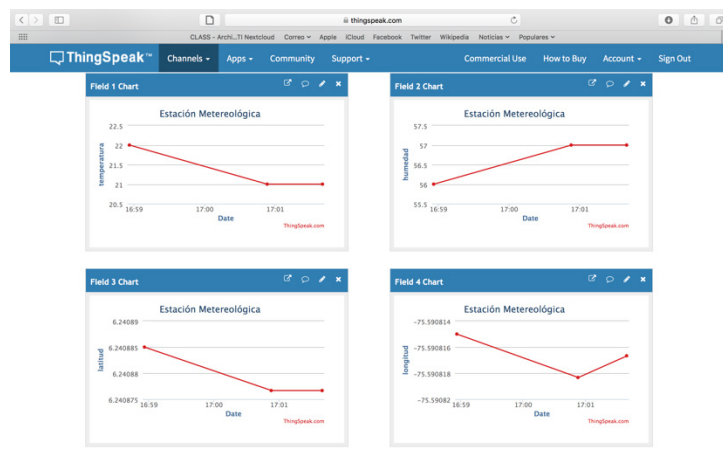


Figura 2. Datos graficados en tiempo real en la plataforma ThingSpeak.

Adicionalmente se adquirió una estación meteorológica Watchdog2000, que entrega en sus reportes el resto de variables requeridas, incluyendo radiación solar, pluviosidad, velocidad y dirección del viento. Además entrega el cálculo de la evapotranspiración de forma automática. Dado el costo de la estación sólo se pudo adquirir una en el proyecto, la cual fue ubicada en la finca, ver Figura 3. Los datos tomados por la estación meteorológica se configuraron para tener una periodicidad de 15 minutos, dado que los datos previos que se tenían dicha periodicidad. Los datos serán extraídos localmente y enviados por internet al centro de fusión para su procesamiento e integración con las demás variables enviadas por el nodo colector de la red de sensores. En una fase posterior del proyecto se podrá automatizar esta tarea. La medida de evapotranspiración entregada por la estación meteorológica será contrastada con el cálculo insertado en el modelo de la FAO para validación. Además, se desea analizar la correlación entre las variables medidas por cada kit de sensores en diferentes puntos del cultivo, con las variables entregadas por la estación meteorológica. Esto nos ayudará a concluir cada cuanto deben ubicarse los sensores y así, según el área a cubrir, cuántos sensores son requeridos.



Figura 3 Estación metereológica Watchdog2000 instalada en el área del cultivo seleccionada.

Conclusiones

Del desarrollo de la Fase I del proyecto, se logró identificar el modelo de eficiencia del uso del agua de la FAO como el modelo a seguir en el proyecto. Este modelo permitió identificar las variables que se requiere medir en el cultivo para estimar la cantidad de uso del recurso hídrico. En la Fase II del proyecto se seleccionó el área de pruebas y se diseñó la red de sensores. Los kits de sensores fueron ya seleccionados e integrados con sensores de humedad, presión, gps y protocolo de comunicaciones zigbee. Se ejecutaron las primeras pruebas de transmisión de los nodos sensores en tiempo real a la plataforma en la nube elegida, ThingSpeak.

Bibliografía

- Asohofrucol. (2015). Cambio climatico - Reservorios de agua para enfrentar la sequía. FALTA INFO
- Contexto. (2014). Antioquia apuesta incrementar productividad del aguacate hass. <http://www.contextoganadero.com/agricultura/antioquia-apuesta-incrementar-productividad-del-aguacate-hass>
- DÖLL and Siebert. (2002). Global modeling of irrigation water requirements. *Water Resour.*, 8-10.
- FAO. (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos. Roma: FAO.
- GILBERT, N. (2012). Water under pressure. *Nature*, 256–257.
- MinAgricultura, (2016). El aguacate Hass avanza en la conquista de mercados mundiales de la mano de Colombia siembra. <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/El-aguacate-Hass-avanza.aspx>
- Ochoa, S. Et al. 2007. Identificación genético molecular de hongos asociados a la pudrición pedúncular del fruto de aguacate en Michoacán, México. En Memorias. XXXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Abs.
- STOCKER et al. (2013). IPCC Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

- Tilman, et al. (2011). Global food demand and the sus-tainable intensification of agriculture. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 20260–20264.
- VEGA, J. Y. (2012). El aguacate en Colombia: Estudio de caso de los Montes de María, en el caribe colombiano. Documentos de trabajo sobre Economía Regional. Banco de la República. Centro de estudios económicos regionales CEER. ISSN 1692-3715. Agosto, 2012.
- White, A. Et al. 2009. Manual internacional de la calidad del aguacate. Plant & Food reseasrch. Nueva Zelanda.

Sobre los autores

- **Cristina Gómez Santamaría:** Ingeniera Electrónica, MSc Ingeniería, PhD Ingeniería énfasis Telecomunicaciones. Profesora Titular. UPB. cristina.gomez@upb.edu.co
- **Andrés Felipe Ríos:** Ingeniero Agroindustrial, Especialista en Gestión de la Innovación Tecnológica, Magister en Ingeniería Agroindustrial, Estudiante de Doctorado en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana. Profesor Titular. andresf.rios@upb.edu.co
- **Leonardo Betancur:** Ingeniero Electrónico, MSc Ingeniería, PhD Ingeniería énfasis Telecomunicaciones. Profesor Titular. UPB. leonardo.betancur@upb.edu.co
- **Maicol Llano:** Estudiante Ingeniería Telecomunicaciones. UPB. Semillero Internet de las Cosas. maicol.llano@upb.edu.co
- **Tatiana Medina:** Estudiante Ingeniería Telecomunicaciones. UPB. tatianalucia.medina@upb.edu.co
- **Manuel Mejía:** Estudiante Ingeniería Agroindustrial. UPB. manuel.sierran@upb.edu.co
- **Lina Vélez:** Ingeniera de Alimentos, Magister en Desarrollo de la Universidad Pontificia Bolivariana. Profesor Titular. lina.velez@upb.edu.co
- **Roberto Hincapié:** Ingeniero Electrónico, MSc Ingeniería, PhD Ingeniería énfasis Telecomunicaciones. Profesor Titular. UPB. roberto.hincapie@upb.edu.co

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)