

## P07 - CarbonFT. Estimación de la huella de carbono en plantaciones de cítricos mediante dispositivos móviles

Aleixos, N.<sup>1</sup>, Iglesias, D.<sup>2</sup>, García Fernández-Pacheco, D.<sup>3</sup>, Espinosa, M.F.<sup>2</sup>, Cubero, S.<sup>4</sup>, Blasco, J.<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto Labhuman. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, España. naleixos@dig.upv.es; <sup>4</sup> Centro de Citricultura y Producción Vegetal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Ctra. Moncada-Náquera, Km 5, 46113 Moncada, Valencia, España. iglesias\_dom@gva.es; <sup>3</sup> Departamento de Expresión Gráfica, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena 30202, Spain. daniel.garcia@upct.es; <sup>4</sup> Centro de Agroingeniería. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Cra. Moncada-Náquera, Km 5, 46113 Moncada, Valencia, España. blasco\_josiva@gva.es\* Corresponding author

### Resumen

Existe hoy en día una concienciación mundial por reducir los llamados gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera y en especial el CO<sub>2</sub>, dada su influencia negativa en el calentamiento global. El cultivo de cítricos es uno de los más importantes en el mundo y por ello la estimación de su huella de carbono resulta de gran relevancia, y más en un contexto de cambio climático. Este trabajo presenta el desarrollo de la aplicación CarbonFT para dispositivos móviles que realiza la estimación de la huella de carbono en plantaciones de cítricos. El usuario debe introducir mediante un interfaz amigable algunos datos relativos a la plantación a analizar, tales como la edad y superficie de la plantación, la densidad del cultivo (mediante el número de árboles por hectárea o el marco de plantación) y el tipo de riego. Una vez introducidos los datos y tras pulsar el botón de cálculo se ofrecen los resultados de cantidad de CO<sub>2</sub> en toneladas que la plantación es capaz de fijar por año. Además, se presenta una escala de bondad fácilmente comprensible dónde se sitúa la plantación y se acompaña con una explicación del resultado seguida de una serie de recomendaciones con objeto de mejorar la captación de carbono por parte de la parcela en cuestión. La aplicación se puede ejecutar en cualquier dispositivo móvil con el sistema operativo Android y está disponible para su descarga gratuita en la plataforma Google Play Store.

**Palabras clave:** Huella de carbono, captación de carbono, cítricos, dispositivos móviles, Android

## CarbonFT. Estimation of the carbon footprint of citrus groves using mobile devices

### Abstract

There is a worldwide awareness today called for reducing greenhouse gases emitted into the atmosphere, and especially the CO<sub>2</sub> given its negative influence on global warming. Citrus is one of the most important crops in the world and therefore estimate the carbon footprint of this crop is of great relevance in the context of climate change. This paper presents the development of the application CarbonFT that performs the estimation of the carbon footprint in citrus groves using a mobile device. The user must enter through a friendly interface some data on the plantation to be analyzed, such as age and area of planting, crop density (by the number of trees per hectare or plantation framework) and type of irrigation. Once the data is introduced the results show the amount of CO<sub>2</sub> in tons that the planting is able to fix per year. In addition, a colour scale easy to understand shows the capability of the plantation to capture the CO<sub>2</sub> and is accompanied by an explanation of the results and a series of recommendations to improve the capability of the carbon capture. The application runs on any mobile device with Android operating system and is available for free download in the Google Play Store platform.

**Keywords:** Carbon footprint, carbon capture, citrus, mobile devices, Android

## **Justificación**

La huella de carbono se define como la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos como consecuencia de las actividades de producción y consumo de los seres humanos. Se trata de un parámetro que proporciona una buena estimación de la capacidad de mitigación del cambio climático que tiene cualquier actividad humana, y más en un contexto de cambio climático.

El potencial de los vegetales para fijar CO<sub>2</sub> los convierte en una herramienta muy útil para secuestrar o absorber carbono de la atmósfera, siendo esencial conocer el papel que una actividad tan importante como el cultivo de los cítricos tiene sobre el entorno en este contexto. En concreto, el conjunto de las plantaciones adultas de cítricos existente en la Comunidad Valenciana es responsable de una fijación neta anual comprendida entre 800.000 y 900.000 t de CO<sub>2</sub> (Iglesias *et al.*, 2011), cifra nada desdeñable desde una perspectiva agroecológica.

Al contrario de lo que sucede en el caso de las especies forestales, el conocimiento específico de la capacidad potencial de los cultivos de cítricos para mitigar el cambio climático es escaso. Y eso que, dadas sus características fisiológicas recientes investigaciones apuntan a que las especies de hoja perenne tienen un elevado potencial para la fijación del carbono de la atmósfera (Gratani *et al.*, 2008). Estudios previos de carácter destructivo han demostrado que los cítricos parecen especialmente interesantes al respecto (Evrendilek *et al.*, 2005; Liguori *et al.*, 2009). Sin embargo, las proyecciones predictivas son difíciles de obtener a partir de estudios destructivos debido a las diferencias en el manejo del cultivo, la ubicación geográfica, los cambios interanuales, etc. (Osborne *et al.*, 2010). Trabajos recientes han confirmado no sólo que dicha hipótesis es cierta, sino que los huertos de cítricos podrían constituir importantes sumideros de C en zonas mediterráneas (Iglesias *et al.*, 2013), llegando a ser responsables de una tasa de fijación de C neta superior a 10 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> cuando están en plena actividad. Estos datos son muy relevantes en un escenario de cambio climático y de especial importancia para España ya que es uno de los principales productores mundiales de este cultivo.

Hoy por hoy, no existe una legislación que obligue o premie el impacto de la huella de carbono de las plantaciones. Sin embargo, existe una tendencia social y económica a la regularización de este tipo de actividades agrícolas, lo que hace muy recomendable el orientar las prácticas agrícolas habituales con un mayor respeto al medio ambiente. Pero para que esto sea efectivo, es importante ofrecer al agricultor herramientas visuales que puedan utilizar con facilidad y les ofrezcan datos, estimaciones y recomendaciones útiles sobre sus cultivos y necesidades particularizadas a partir de algunos parámetros de los mismos.

Una forma de hacer llegar estas herramientas a los agricultores es a través del desarrollo de aplicaciones específicas implementadas en teléfonos móviles inteligentes. En la actualidad, estos dispositivos son prácticamente ordenadores de mano relativamente baratos que se pueden utilizar en cualquier lugar, y cuya alta capacidad de procesamiento y la integración de sensores de alta resolución embebidos en los propios dispositivos los convierte en soluciones realmente prácticas para muchas tareas relacionadas con la agricultura y la ganadería. Ejemplos claros de esto es el uso del teléfono móvil para calcular los parámetros de radiación solar (Molina-Martínez, *et al.*,

2011), para la programación del riego (Bartlett *et al.*, 2015), para estimar del índice de nitrógeno (Delgado *et al.*, 2013), para el manejo del viñedo (Cunha *et al.*, 2010), para la vigilancia del ganado en tiempo real (Hwang *et al.*, 2013), para obtener información de los terrenos para la aplicación precisa de los subsidios agrícolas (Mesas-Carrascosa *et al.*, 2012) o para la creación de sistemas de soporte de decisiones para guiar a los agricultores en la selección de los cultivos alternativos (Antonopoulou *et al.*, 2010). Incluso se empiezan a usar como sistemas de visión artificial compactos, como por ejemplo para capturar imágenes de los plátanos y estimar su madurez en función de la medida del color (Intaravanne *et al.*, 2012), para evaluar el color del suelo mediante la implementación de un modelo Munsell (Gómez-Robledo *et al.*, 2013), e incluso para predecir el rendimiento de huertos de cítricos mediante la adquisición y procesamiento de imágenes (Gong *et al.*, 2013).

La aplicación presentada en esta comunicación es el primer software de estas características disponible para dispositivos móviles. Además, su sencilla interfaz y el hecho de que proporcione recomendaciones para un cultivo más sostenible en términos de fijación de carbono de la atmósfera lo hace único y muy práctico tanto para el pequeño agricultor como para su uso en grandes plantaciones. Así pues, esta aplicación está diseñada para permitir su uso a cualquier persona no experimentada que desee conocer cuál es la capacidad de fijación de CO<sub>2</sub> de su parcela de cítricos.

### ***Materiales y Métodos***

Para desarrollar la aplicación se utilizó un teléfono móvil Samsung Galaxy S III (GT-I93300, Samsung Electronics, Seoul, Corea del Sur) con versión Android 4.1.2, con tamaño y resolución de pantalla de 4.8" y 720x1280 píxeles respectivamente, memoria RAM de 1 GB y procesador ARM Cortex-A9 MPcore. La programación se ha realizado utilizando el paquete de desarrollo de software para Android (<http://developer.android.com/sdk/terms.html>), y el entorno de programación Eclipse (<http://www.eclipse.org/org/documents/epl-v10.php>) con lenguaje Java. La implementación se ha realizado para Android debido a que es el sistema operativo más extendido actualmente en tecnología móvil (Puder y Antebi, 2013) y a que permite usar y programar código abierto usando licencias libres.

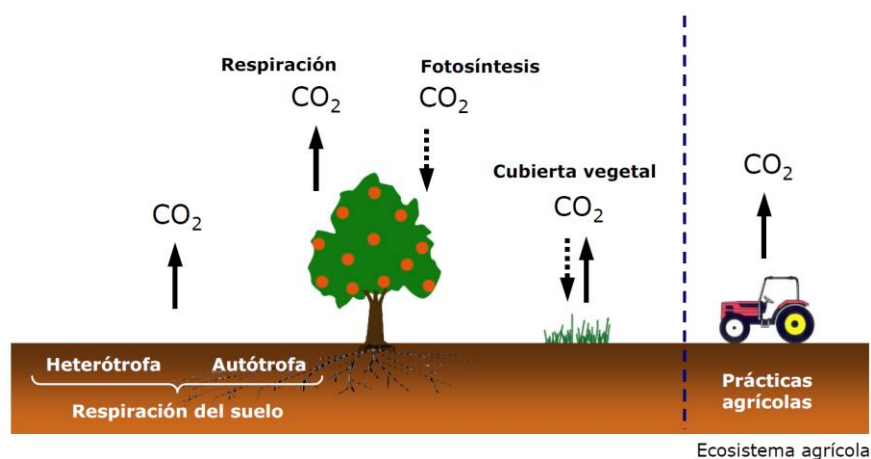
En relación a las plantaciones de cítricos, la cantidad de carbono fijado es responsable de mantener el crecimiento de los viejos y nuevos órganos, incluida la fruta. Un enfoque complementario no destructivo presentado en el estudio por Iglesias *et al.* (2013) no sólo confirmó estos datos, sino que también reveló que una fracción principal de C anualmente fijado se encuentra en los nuevos órganos. Los procesos de asimilación fotosintética en hojas son responsables de la mayor proporción de C fijado. En condiciones culturales típicas (riego por goteo y de ausencia de cobertura del suelo), las tasas de respiración del suelo representaron un bajo porcentaje de pérdida de C del ecosistema (Iglesias *et al.*, 2011).

Siguiendo estos trabajos, para el cálculo de la fijación de CO<sub>2</sub> se ha definido una serie de variables cualitativas. Estas variables son: la edad de la plantación, la densidad de la plantación y el tipo de riego. La plantación se considera adulta (*PA*) o joven (*PJ*) en función de que tenga más o menos de ocho años. La densidad se considera intensiva (*DI*) o normal (*DN*) según hayan plantados más o menos de 500 árboles ha<sup>-1</sup>. El tipo de riego puede ser localizado (*RL*) o por inundación (*RI*). Cada posible combinación de

estas variables determina un valor de CO<sub>2</sub> por ha según se muestra en la tabla 1. El valor total de la plantación, estimado en toneladas de CO<sub>2</sub> por año, se calcula multiplicando este valor por la superficie total (en ha) de la parcela bajo estudio. En la Figura 1 se observa el proceso general del flujo de CO<sub>2</sub> para una plantación cítrica.

**Tabla 1.** Variables agronómicas utilizadas para el cálculo, donde  $PPB_a$ : carbono total fijado en la producción primaria bruta anual,  $PPB_f$ : carbono fijado en la cosecha,  $PPB_{ve}$ : carbono fijado en la producción primaria bruta anual de malas hierbas,  $RAS$ : respiración anual del suelo,  $PN$ : fijación neta de carbono en la plantación ( $PPB-RAS$ ),  $PNR$ : fijación neta real de carbono en la plantación ( $PN-PPB_f$ ),  $AN_{CO_2}$ : asimilación neta de CO<sub>2</sub> por la plantación ( $PN \times 3,66$ ),  $ANR_{CO_2}$ : asimilación neta real de CO<sub>2</sub> por la plantación ( $PNR \times 3,66$ ),  $L_{CO_2}$ : CO<sub>2</sub> emitido en las labores de cultivo,  $B_{CO_2}$ : balance del CO<sub>2</sub> en la plantación ( $ANR_{CO_2} - L_{CO_2}$ )

| Tipo de plantación | $PPB_a$<br>(Tm C ha <sup>-1</sup> ) | $PPB_f$<br>(Tm C ha <sup>-1</sup> ) | $PPB_{ve}$<br>(Tm C ha <sup>-1</sup> ) | $RAS$<br>(Tm C ha <sup>-1</sup> ) | $PN$<br>(Tm C ha <sup>-1</sup> ) | $PNR$<br>(Tm C ha <sup>-1</sup> ) | $AN_{CO_2}$<br>(Tm CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> ) | $ANR_{CO_2}$<br>(Tm CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> ) | $L_{CO_2}$<br>(Tm CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> ) | $B_{CO_2}$<br>(Tm CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> ) |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--|--|--|
| PA, DN, RI         | 10,35                               | 3,82                                | 2,43                                   | 7,02                              | 5,76                             | 1,94                              | 21,08   | 7,10   | 0,95   | <b>6,15</b>  |
| PA, DN, RL         | 10,85                               | 4,40                                | 0,38                                   | 4,26                              | 6,97                             | 2,57                              | 25,51   | 9,40   | 0,63   | <b>8,77</b>  |
| PA, DI             | 12,32                               | 5,20                                | 0,32                                   | 5,7                               | 6,94                             | 1,74                              | 25,4  | 6,36   | 0,67   | <b>5,69</b>  |
| PJ, DN             | 0,65                                | 0,06                                | 1,58                                   | 2,05                              | 0,18                             | 0,12                              | 0,65  | 0,43   | 0,33   | <b>0,10</b>  |
| PJ, DI             | 1,15                                | 0,14                                | 1,42                                   | 2,41                              | 0,16                             | 0,02                              | 0,58  | 0,07   | 0,36   | <b>-0,29</b>   |



**Figura 1.** Componentes que integran el balance del carbono en un ecosistema agrícola (fuente Levante Agrícola, 3<sup>er</sup> trimestre 2011)

## Resultados y Discusión

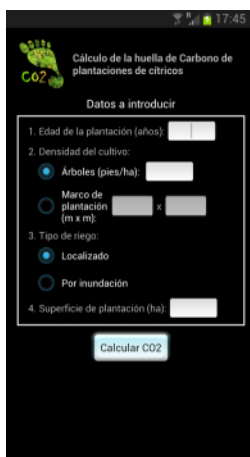
La aplicación desarrollada permite calcular la huella de Carbono en plantaciones de cítricos. Cuando se inicia la aplicación, aparece en formato vertical una ventana de introducción de datos relativos a la plantación a analizar (ver Figura 2). Los datos que se deben introducir son:

- Edad de la plantación en años.
- Densidad del cultivo: a través de número de árboles por hectárea o del marco de la plantación ( $n \times m$ , siendo  $n$  y  $m$  la separación en metros entre dos árboles de una misma fila y entre dos filas, respectivamente).
- El tipo de riego.

- La superficie de la plantación en hectáreas.

Una vez introducidos los parámetros que caracterizan la plantación y accionado el botón de Calcular CO<sub>2</sub>, se muestra una pantalla de resultados con la siguiente información:

- Cantidad de CO<sub>2</sub> (en t) que la plantación es capaz de fijar por año.
- Indicador visual que apunta a la zona donde se situaría la plantación con la escala correspondiente.
- Breve explicación del resultado y recomendación acerca de la plantación analizada.



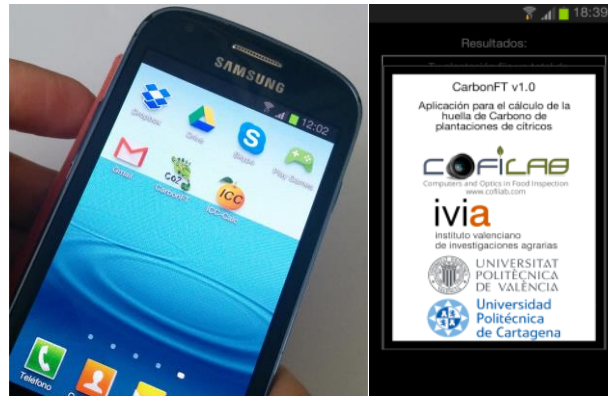
**Figura 2.** Pantalla del interfaz de la aplicación CarbonFT

La aplicación ofrece hasta cinco resultados cualitativos dependiendo de los datos de entrada, mediante un indicador visual que representa gráficamente la cantidad de CO<sub>2</sub> que se fija en la parcela por hectárea y año en una escala comprendida entre -0,5 y 10 t. Finalmente, y en función del resultado, la aplicación muestra un gráfico intuitivo de dónde se situaría la plantación de cítricos analizada y ofrece algunas recomendaciones útiles para la mejora de la misma (Figura 3):



**Figura 3.** Ejemplos de visualización de resultados de la aplicación CarbonFT

Entre las principales ventajas de esta aplicación destaca el hecho de que se puede utilizar de una forma muy sencilla por cualquier agricultor sin que necesite estar familiarizado con equipos de alta tecnología o complejos sistemas de introducción de datos. Esta aplicación se ha implementado sobre el sistema operativo Android y está disponible en la plataforma Google Play Store a través de <https://play.google.com/store/apps/> (Figura 4).



**Figura 4.** Aplicación CarbonFT.apk (versión 1.0)

## **Conclusiones**

Se ha desarrollado una aplicación de cálculo de la huella de carbono para plantaciones de cítricos. El hecho de que se haya implementado para uno de los sistemas operativos más extendidos facilita su implementación y uso por un agricultor medio, permitiendo conocer de una manera rápida el estado de la plantación y obteniendo a la vez consejos útiles para su manejo, incluso para usuarios no expertos. La estimación del valor de fijación de CO<sub>2</sub> se ha realizado en base a estudios previos desarrollados por los autores y publicados en artículos científicos.

## **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos INIA a través de los proyectos de investigación RTA2012-00062-C04-01 y RTA2012-00062-C04-03, con fondos Europeos FEDER y con el acuerdo de colaboración UPV-IVIA (Ref.: UPV-2013000005).

## **Bibliografía**

- Antonopoulou, E., Karetos, S.T., Maliappis, M., Sideridis, A.B. (2010) Web and mobile technologies in a prototype DSS for major field crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 70, 292–301.
- Bartlett, A.C., Andales, A.A., Arabi, M., Bauder, T.A. (2015) A smartphone app to extend use of a cloud-based irrigation scheduling tool *Computers and Electronics in Agriculture*, 111, 127–130.
- Cunha, C.R., Peres, E., Morais, R., Oliveira, A.A., Matos, S.G., Fernandes, M.A., Ferreira, P.J.S.G., Reis, M.J.C.S. (2010) The use of mobile devices with multi-tag technologies for an overall contextualized vineyard management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 73, 154–164.
- Delgado, J.A., Kowalski, K., Tebbe, C. (2013) The first Nitrogen Index app for mobile devices: Using portable technology for smart agricultural management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 91, 121–123.
- Evrendilek, F., Ben-Asher, J., Aydin, M., Celik, I., 2005. Spatial and temporal variations in diurnal CO<sub>2</sub> fluxes of different Mediterranean ecosystems in Turkey. *J. Environ. Monit.*, 7, 151–157.
- Gómez-Robledo, L., López-Ruiz, N., Melgosa, M., Palma, A.J., Capitán-Vallvey, L.F., Sánchez-Marañón, M. 2013. Using the mobile phone as Munsell soil-colour sensor: An experiment under controlled illumination conditions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 200–208.

- Gong, A., Yu, J., He, Y., Qiu, Z. 2013. Citrus yield estimation based on images processed by an Android mobile phone. *Biosystems Engineering*, 115, 162–170.
- Gratani, L., Varone, L., Catoni, R., 2008. Relationship between net photosynthesis and leaf respiration in Mediterranean evergreen species. *Photosynthetica*, 46, 567–573.
- Hwang, J., Jeong, H., Yoe, H. 2013. A study on the real-time livestock monitoring system using mobile platform. *International Journal of Smart Home*, 7, 137–144.
- Iglesias DJ, Quiñones A, Martínez-Alcántara B, Forner-Giner MA, Legaz F, Primo-Millo E. 2011. El papel de los cítricos en la mitigación del cambio climático: una aproximación al estudio de su huella de carbono. *Levante Agrícola*, 407, 204–215.
- Iglesias DJ, Quiñones A, Font A, Martínez-Alcántara B, Forner-Giner MA, Legaz F, Primo-Millo E. 2013. Carbon balance of citrus plantations at Eastern Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 171, 103–111.
- Intaravanne Y., Sumriddetchkajorn S., Nukeaw J. 2012. Ripeness Level Indication of Bananas with Visible and Fluorescent Spectral Images. 9th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON). IEEE Conference Publications, Doi 10.1109/ECTICon.2012.6254230, 1–4.
- Liguori, G., Gugliuzza, G., Inglese, P. 2009. Evaluating carbon fluxes in orange orchards in relation to planting density. *J. Agric. Sci.*, 147, 637–645.
- Mesas-Carrascosa, F.J., Castillejo-González, I.L., de la Orden, M.S., García-Ferrer, A. 2012. Real-time mobile phone application to support land policy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 85, 109–111.
- Molina-Martínez, J. M., Jiménez, M., Ruiz-Canales, A., Fernández-Pacheco, D. G. 2011. RaGPS: A software application for determining extraterrestrial radiation in mobile devices with GPS. *Computers and Electronics in Agriculture*, 78, 116–481.
- Osborne, B., Saunders, M., Walmsley, D., Jones, M., Smith, P. 2010. Key questions and uncertainties associated with the assessment of the cropland greenhouse gas balance. *Agric. Ecosyst. Environ.* 139, 293–301.
- Puder, A., Antebi, O. 2013. Cross-compiling Android applications to iOS and Windows Phone 7. *Mobile Netw. Appl.*, 18, 3–21.