

## Estudio de caso

# COMPARACIÓN DE TRES SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ZAPALLO A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN EL VALLE DEL RÍO COLORADO

**Jonatan MANOSALVA<sup>1\*</sup>, Marcos ROBA<sup>1</sup>, Juan P. D'AMICO<sup>2</sup> y Patricio VARELA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería Rural – CIA – INTA (CC 25, 1712, Castelar, Buenos Aires – Te: 11 4621 1177 int. 8846 ( ) [manosalva.jonatan@inta.gob.ar](mailto:manosalva.jonatan@inta.gob.ar) )

<sup>2</sup> EEA Hilario Ascasubi - INTA (Ruta 3 Km 794, 8142, Hilario Ascasubi, Villarino, Buenos Aires. Te: (02928) 491 011)

## Introducción

La tecnología para el cultivo de cucurbitáceas en la Argentina está constituida por una alta proporción de labores de labranza. El manejo agronómico puede involucrar diversa cantidad de insumos en función de las particularidades agroecológicas y rendimientos esperados, pero no se evidencian diferencias sustanciales en el nivel tecnológico adoptado en cada caso (Bezic y Dall'Armellina, 2013 y Rodríguez *et al.*, 2013). El laboreo del suelo está dedicado a la remoción de la capa arable, la preparación de la cama de siembra, el control de malezas a lo largo del ciclo del cultivo y la sistematización del terreno necesaria para la conducción del agua de riego. Lo cual implica una alta frecuencia e intensidad de laboreo, diversidad en el parque de maquinaria a utilizar y la ejecución de labores manuales complementarias a las tracto-mecanizadas.

En la Argentina el riego del zapallo se realiza mayoritariamente por surco (Lusto *et al.* 2013) con una baja eficiencia en el uso del agua respecto a sistemas presurizados como el riego por goteo (Varela *et al.* 2014). En el Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC) el cultivo de zapallo requiere a lo largo del todo su ciclo el aporte de 420 mm de lámina (Sánchez, 2012).

Los sistemas conservacionistas muy difundidos en Argentina para la producción extensiva de granos no se han desarrollado aún en la producción de hortalizas como zapallo, y otras cucurbitáceas en Argentina. La Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi del INTA ha desarrollado diversas experiencias a campo incorporando la siembra directa en la producción de zapallo anco, el objetivo de este trabajo es comparar tres sistemas disponibles para su producción a través del análisis de ciclo de vida.

### **Materiales y métodos**

En base a los resultados obtenidos en ensayos a campo, evaluando el cultivo de zapallo anco (*Curcubita moschata*) durante tres ciclos productivos (2016, 2017 y 2018) en el VBRC bajo sistema conservacionista de labranza cero (L0; siembra directa) + fertirriego por goteo; se planteó como objetivo obtener el perfil ambiental de esta producción (*Situación III*, SIII) y su comparación bajo manejos convencionales tradicionales típicos de la zona: obteniendo rendimientos promedio (*Situación I*, SI) y rendimientos máximos (*Situación II*, SII). Las condiciones y rendimientos para las SI y SII fueron estimadas en función de modelos representativos elaborados a partir de la información regional del VBRC obtenida por especialistas del INTA y la bibliografía disponible.

El alcance del estudio contempló la producción agrícola de zapallo desde la cuna a la puerta (tranquera del campo). Se generó una planilla de interfaz de datos en Excel con los tres inventarios de ciclo de vida (ICV) correspondientes para cada situación, se modeló el ciclo de vida de la producción de 1 kg de zapallo en el VBRC, empleando *SimaPro 8.3* y utilizando como base de datos secundarios *Ecoinvent 3.3*.

Se calcularon y compararon los perfiles ambientales a partir de la aplicación del método de evaluación de impactos (EICV), *Recipe midpoint* (H), evaluando las categorías de impacto que menciona la Regla de Categoría de Producto para Vegetales (Product Category Rules: Vegetables Product Group Classification:

UN CPC 012) y que deben ser informadas para la obtención de una ecoetiqueta ambiental tipo III según la norma ISO 14025, llamada Declaración Ambiental de Producto (*Environmental Product Declaration*, EPD) en el programa internacional EPD System:

- Emisiones de gases de efecto invernadero, expresadas como la suma del potencial de calentamiento global, con una perspectiva de 100 años (GWP 100), en dióxido de carbono equivalentes (CO<sub>2</sub>eq).
- Emisiones de gases acidificantes, expresados como la suma del potencial de acidificación (AP) en dióxido de azufre equivalentes (SO<sub>2</sub>eq).
- Emisiones de gases que contribuyen a la creación de ozono a nivel del suelo, expresado como la suma del potencial de creación de ozono (POCP), en etileno equivalentes (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>).
- Emisiones de sustancias al agua que contribuyen al agotamiento del oxígeno, expresadas como la suma de la eutrofización potencial (EP), en fosfato equivalentes (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

Para la confección del inventario y modelado de la SIII se promediaron los datos registrados durante los tres años de: dosis de fertilizantes (urea y fosfato diamónico), herbicidas (glifosato), semilla (modelado como producción de zucchini) e insecticida (carbaril, modelado como pesticida) utilizados; los consumos de combustible en las labores tracto-mecanizadas (el consumo total fue modelado para un tractor representativo y no discriminado entre las distintas labores, como “*diesel quemado en maquinaria agrícola*”) y el utilizado en el riego. El consumo de agua en el sistema de riego por goteo (modelado como “*Irrigating*” con las modificaciones necesarias para el contexto argentino) y dos tipos de transporte, flete corto de 25 km (desde la agronomía al campo) y flete largo de 800 km (Buenos Aires a agronomía) de todos los insumos empleados en el campo.

Tabla 1. Recursos empleados y rinde del cultivo de zapallo según las situaciones.

	Situación I	Situación II	Situación III
Lámina de agua (mm)	0	420,0	125,4
Combustible labores + riego (l ha <sup>-1</sup> )	25,8	35,2	74,6
Urea (kg ha <sup>-1</sup> )	89,13	139,13	239,13
Fosfato diamónico (kg ha <sup>-1</sup> )	55	55	55
Semilla (kg ha <sup>-1</sup> )	1,2	1,2	1,2
Glifosato (l ha <sup>-1</sup> )	2,6	2,6	4,4
Carbaril (l ha <sup>-1</sup> )	0,1	0,1	0,1
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	12,5	25,0	49,4
Siembra	Convencional	Convencional	Directa

Además, se contempló el uso y ocupación del terreno, en las tres S se modeló la transformación anual del suelo proveniente de otro cultivo anual antecesor no irrigado, y una ocupación de 8 meses en las SI y SII, y 6 meses en la SIII.

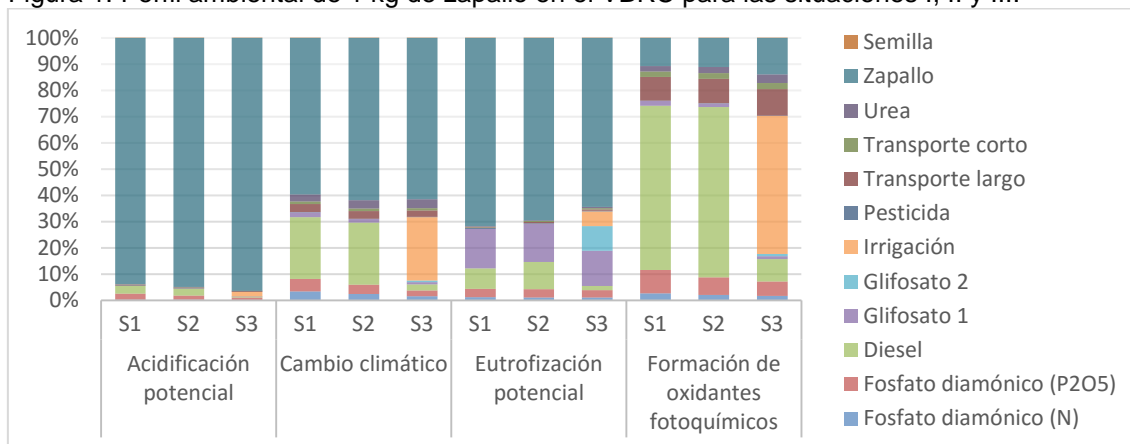
También se modelaron las salidas del sistema como emisiones al aire, agua y suelo provenientes de la aplicación de los agroquímicos según las transformaciones que estos experimentan: desnitrificación, volatilización, lixiviación y escurrimiento. Los valores fueron calculados según Nemecek et al. (2007).

## Resultados

En la categoría de impacto *cambio climático* (Figura 1), las emisiones de CO<sub>2</sub>eq debido a la aplicación de fertilizantes y herbicidas contribuyeron en un 60% a la huella de carbono total en los tres sistemas. En las SI y SII le siguieron las emisiones debidas a la quema de combustible en las labores tracto mecanizadas con un 24% y en la SIII el proceso de riego ocupó el segundo lugar con igual porcentaje. El restante 16% se debió a la producción de los agroquímicos, semilla y los transportes asociados.

En las tres situaciones para la *acidificación potencial* la aplicación de agroquímicos contribuyó alrededor del 95% de las emisiones de SO<sub>2</sub>eq. Mientras que la aplicación de agroquímicos contribuyó en un 72% en la SI, 70% en la SII y 64% en la SIII, en la categoría *eutrofización potencial*.

Figura 1. Perfil ambiental de 1 kg de zapallo en el VBRC para las situaciones I, II y III.



Método: Recipe Midpoint (H) V1.13 / Caracterización / Excluyendo emisiones a largo plazo.

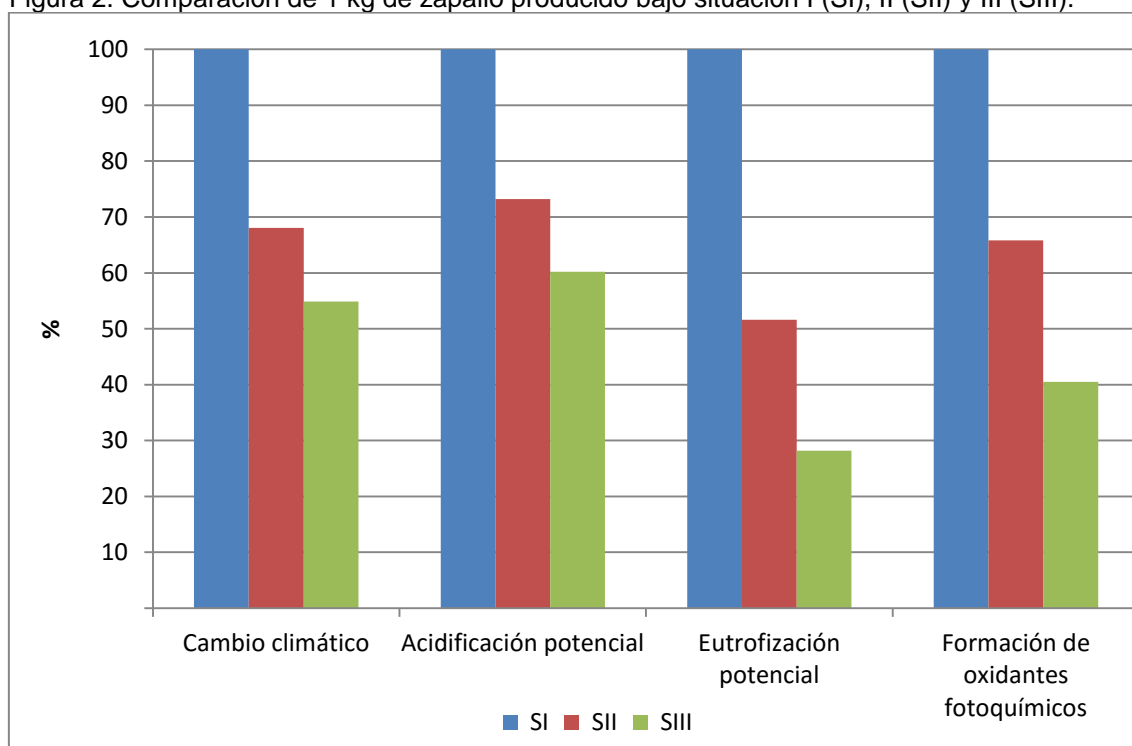
Por último, la categoría *formación de oxidantes fotoquímicos* estuvo mayormente determinada por la quema de combustible (diesel) en tractor estándar utilizado para las labores en un 63% en la SI y 65% en la SII, mientras que en la SIII el proceso de riego por goteo contribuyó con un 53%, debido principalmente al consumo de combustible en este sistema.

Respecto de la mejor condición productiva de la zona (SII), la SIII demandó un 42% de las labores tracto-mecanizadas y en consecuencia sólo un 16% del gasto de combustible para dichas tareas; el 30% del aporte de agua de riego y un 196% del gasto de combustible en el sistema de riego por goteo. El rendimiento medio de zapallo fue de 49,4 t·ha<sup>-1</sup>, valor que duplicó los mejores rendimientos zonales y fue cuatro veces superior al promedio de la región. A su vez, la tecnología en la SIII permitió hacer ocho veces más eficiente el uso del agua, reduciendo 70% el consumo de este recurso.

La SI presentó la peor performance ambiental, con los valores más altos en las 4 categorías de impacto evaluadas (Figura 2), en comparación con las SII y SIII, debido al menor rendimiento obtenido y al manejo agronómico realizado: labranza convencional en seco. La SII presentó una situación intermedia, con valores intermedios en todas las categorías de impacto. Y, por último, la SIII presentó la mejor performance ambiental, con los valores más bajos en las

4 categorías de impacto, demostrando la mayor eficiencia del sistema (riego por goteo y siembra directa) en comparación con los otros sistemas.

Figura 2. Comparación de 1 kg de zapallo producido bajo situación I (SI), II (SII) y III (SIII).



Método: ReCiPe Midpoint (H) V1.13 / Europe Recipe H / Caracterización / Excluyendo emisiones a largo plazo.

## Conclusiones

A través del análisis del ciclo de vida se pudo corroborar las diferencias evidenciadas a campo de los tres sistemas de producción utilizados en el Valle del Río Colorado. El sistema convencional tiene el mayor impacto ambiental y además presenta el menor rendimiento. La combinación de no labranza y el fertirriego por goteo permitió reducir el impacto en las cuatro categorías y maximizar los rendimientos.

Es importante continuar la evaluación de estos sistemas modelizando detalladamente los procesos de labranza y movimientos del suelo, mediante la generación de información de ciclo de vida de las maquinarias utilizadas y

labores realizadas en nuestro país para tal fin, para lograr un adecuado y completo desarrollo del módulo principal de la EPD (*Environmental Product Declaration*), como así también de los procesos involucrados en el *Upstream* y *Downstream* de la misma reglamentación.

*Palabras clave:* producción hortícola, zapallo, labranza cero, fertirriego, ACV.

## Bibliografía

Bezic, C. y Dall'Armellina, A. 2013. Control de malezas en el cultivo de zapallo. En: Della Gaspera, P. (Ed) Manual del cultivo de zapallo anquito (Cucurbita moschata Duch.) (p: 125 - 157) La Consulta. Mendoza. Ediciones INTA.

Lusto, J; Pérez Pizarro, J; Martínez, R; Della Gaspera, P. 2013. Manejo del cultivo en diversas regiones del país Preparación del suelo, Riego, Polinización, Cosecha y recolección. En: Della Gaspera, P. (Ed) Manual del cultivo de zapallo anquito (Cucurbita moschata Duch.) (p: 113 – 125) La Consulta. Mendoza. Ediciones INTA.

Nemecek, T. and Kagi, T. 2007. Life cycle inventories of agricultural production systems. Data v2.0. Ecoinvent report N° 15.

Product Category Rules according to ISO 14025. Vegetables Product Group Classification: UN CPC 012. 2011:20 version 2.0

Rodríguez, Y., Fernández, H., Brito, J., Carneiro, J. y Loureiro, D. 2013. Demanda de potencia y energía de un tractor agrícola en función de las marchas de trabajo y el manejo del suelo. Rev Eng 21 (3) 253-260.

Sanchez, R. 2012. Estimación de los requerimientos hídricos de los principales cultivos en el valle bonaerense del río Colorado. Informe Técnico 40. ISSN: 0328-3399. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ediciones INTA. Disponible web: <http://inta.gob.ar/documentos/estimacion-de-los-requerimientos-hidricos-de-loscultivos-en-el-valle-bonaerense-del-rio-colorado>.

Varela, P; Bongiovanni, M; Arbizu, S; Sánchez, R. 2014. Evaluación de la eficiencia del riego gravitacional en el cultivo de cebolla. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca. 5 al 9 de mayo de 2014.