

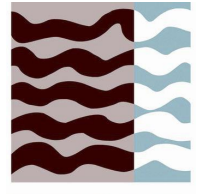


Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



UPCT

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Agronómica



ETSIA

*Grado en Ingeniería Agroalimentaria  
y de Sistemas Biológicos*

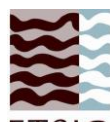
Evaluación agronómica del uso de compost de  
origen agroindustrial para agricultura urbana

**Autor:** Víctor Manuel Victoria Romero

**Dirección:** Jesús Ochoa Rego

**Codirección:** Almudena Giménez Martínez

Cartagena, Abril de 2018



## Declaración de Honestidad Académica

El alumno D. **Víctor Manuel Victoria Romero**, con DNI **77853729 V**,

como autor del TFE de título **Evaluación agronómica del uso de compost de origen agroindustrial para agricultura urbana**

dirigido por D. **Jesús Ochoa Rego**

para la obtención del título

- Grado en Ingeniería Agroalimentaria y de Sistemas Biológicos
- Máster Universitario en Ingeniería Agronómica
- Máster Universitario en Técnicas Avanzadas en Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario

### DECLARA:

- Que el mencionado TFE es íntegramente de su autoría.
- Que se trata de un trabajo original e inédito en el que no existe plagio.
- Que en todo momento se respeta la propiedad intelectual y en ningún caso se han utilizado como propios resultados ni materiales obtenidos o generados por otros autores.
- Que los resultados y materiales realizados por otros autores han sido debidamente identificados en la memoria.
- Que se ha aplicado al texto íntegro del TFE el control antiplagio que establece la *Normativa de Trabajos Fin de Estudios en la ETSIA*, y acompaña esta declaración de las páginas primera y última del informe obtenido de Turnitin a través de Aul@Virtual.
- Qué los directores del TFE conocen y han dado el visto bueno a los resultados del control antiplagio y, en su caso, han informado en la forma que indica el documento *Política de Calidad y Código de Buenas Prácticas*.

Y para que así conste, firma la presente declaración en,

Cartagena, a 23 de abril de 2019

Fdo. **Víctor Manuel Victoria Romero**

# Evaluación agronómica del uso de composts de origen agroindustrial para agricultura urbana

*por* VICTOR MANUEL VICTORIA ROMERO

---

**Fecha de entrega:** 23-abr-2019 07:34p.m. (UTC+0200)

**Identificador de la entrega:** 1117748421

**Nombre del archivo:**

45362\_VICTOR\_MANUEL\_VICTORIA\_ROMERO\_Evaluación\_agronómica\_del\_uso\_de\_composts\_de\_origen\_agroindustrial\_para\_agricultura\_urbana\_198\_631839585.pdf  
(2.04M)

**Total de palabras:** 8075

**Total de caracteres:** 44435

# Evaluación agronómica del uso de composts de origen agroindustrial para agricultura urbana

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>5%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>4%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>1%</b> PUBLICACIONES	<b>2%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>tesisenxarxa.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>cio.mx</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.bib.upct.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.msssi.gob.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>krishikosh.egranth.ac.in</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>serdp-estcp.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Systems Link</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad de Ciencias Medicas</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 25 words

Excluir bibliografía

Activo

## Agradecimientos

Agradecer al director Jesús Ochoa Rego y a la codirectora Almudena Giménez Martínez por su gran paciencia e interés en este proyecto, por el ánimo recibido cuando las cosas iban bien y cuando no, así como todo el esfuerzo que han empleado en explicarme la metodología necesaria para llevar a cabo este trabajo y para que finalmente todo haya salido adelante.

A mi familia, que han estado ahí apoyándome durante toda mi trayectoria en esta escuela, incluso cuando no lo necesitaba, porque han permitido que nunca me rinda y siga trabajando cueste lo que cueste.

A mis amigos, tanto los de Totana como los que he conocido en esta escuela, por el apoyo mostrado en todo momento.

## Índice de contenido

Resumen.....	1
Abstract .....	1
1. Introducción .....	2
1.1- Agricultura urbana .....	2
1.2- Economía circular .....	3
1.3- Material vegetal .....	4
Descripción botánica.....	4
1.4- Propiedades y calidad nutricional .....	5
1.4.1- Capacidad antioxidante.....	6
1.4.2- Fenoles totales .....	7
1.4.3- Flavonoides .....	7
1.4.4- Contenido de iones .....	7
2. Objetivos .....	10
3. Material y métodos .....	11
3.1- Implementación del cultivo .....	11
3.2- Determinaciones fitoquímicas .....	17
3.2.1- Obtención del extracto metanólico .....	17
3.2.2- Capacidad antioxidante.....	17
3.2.3- Fenoles totales .....	18
3.2.4- Flavonoides .....	18
3.3- Contenido de iones .....	18
3.4- Caracterización hídrica de los sustratos .....	19
3.5- Análisis químico de los sustratos .....	19
4. Resultados y discusión .....	20
4.1- Análisis agronómico .....	20
4.2- Análisis del sustrato .....	23
4.2.1- Propiedades Físicas .....	23

4.2.2- Propiedades químicas .....	24
4.3- Análisis fitoquímicos .....	27
4.4- Análisis contenido de iones.....	30
4.5- Análisis económico.....	34
5. Conclusiones.....	36
6. Bibliografía .....	38

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Contenido nutricional, en vitaminas y minerales de Red Chard (Fuente: USDA) .....	6
<b>Tabla 2.</b> Tratamientos .....	11
<b>Tabla 3.</b> Características del compost .....	13
<b>Tabla 4.</b> Consumo de verduras, ensaladas y hortalizas (Fuente: Encuesta Nacional de Salud 2017. MSCBS-INE) .....	22
<b>Tabla 5.</b> Coste de los materiales utilizados por capítulos .....	34
<b>Tabla 6.</b> Coste de la mano de obra .....	35
<b>Tabla 7.</b> Coste total del sistema.....	35

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Ejemplo de agricultura urbana en el Riverpark de Manhattan, USA (Fuente: <a href="http://conciencia-sustentable.abilia.mx/10-ciudades-latinoamericanas-agricultura-urbana/">http://conciencia-sustentable.abilia.mx/10-ciudades-latinoamericanas-agricultura-urbana/</a> )... 3	
<b>Figura 2.</b> Hojas de Red Chard (Fuente: <a href="http://www.jayleaf.com/products/red-chard">http://www.jayleaf.com/products/red-chard</a> ) .....	5
<b>Figura 3.</b> Mezclas de compost utilizadas en el experimento listas para su envío al laboratorio 12	
<b>Figura 4.</b> Mesa de cultivo de 3 x1,5 m empleada en la terraza de la universidad .....	14
<b>Figura 5.</b> Detalle de las macetas con sustrato y vermiculita.....	15
<b>Figura 6.</b> Instalación de riego por goteo .....	16
<b>Figura 7.</b> Estado de las plantas en el momento de su recolección .....	17
<b>Figura 8.</b> Peso medio (gr) de los distintos tratamientos.....	20
<b>Figura 9.</b> Superficie útil del aulario de la ETSIA.....	21
<b>Figura 10</b> Curvas de retención hídricas.....	23
<b>Figura 11.</b> Resultados del compost para Nitrógeno total (g/100g) .....	24
<b>Figura 12.</b> Resultados del compost para Carbono total (g/100g) .....	25
<b>Figura 13.</b> Resultados del compost para Calcio (g/100g).....	25

<b>Figura 14.</b> Resultados del compost para Magnesio (g/100g) .....	26
<b>Figura 15.</b> Resultados del compost para Potasio (g/100g) .....	26
<b>Figura 16.</b> Resultados Fenoles totales (mg/kg PF) .....	27
<b>Figura 17.</b> Resultados Flavonoides totales (mg/kg PF) .....	28
<b>Figura 18.</b> Resultados Capacidad antiox. (mg/kg PF) .....	29
<b>Figura 19.</b> Resultados Nitratos (mg/kg PF) .....	30
<b>Figura 20.</b> Resultados potasio (mg/kg PF).....	31
<b>Figura 21.</b> Resultados calcio (mg/kg PF) .....	32
<b>Figura 22.</b> Resultados magnesio (mg/kg PF) .....	33



## Resumen

El rápido crecimiento poblacional de las ciudades provoca mayores exigencias a los sistemas de suministro de alimentos a las ciudades. Por otra parte, los nuevos modelos de negocio y las nuevas tendencias en los hábitos de consumo hacia productos más naturales están favoreciendo la agricultura urbana como una nueva alternativa de producción de alimentos (principalmente hortalizas) en el ámbito urbano. La agricultura urbana contribuye a numerosos objetivos del desarrollo sostenible fijados por la ONU. El uso de materiales reciclados en la producción de hortalizas es un aspecto esencial de la sostenibilidad y de la economía circular. Ambos aspectos son de actual relevancia. Por este motivo se plantea un estudio de evaluación de compost obtenidos a partir de residuos agroindustriales para la producción de hortalizas en un entorno urbano, más particularmente en un tejado de un edificio urbano de la ciudad de Cartagena.

## Abstract

The hudge population growth in cities causes a higher demand on food supply systems. On the other hand, new business models and new trends in consumer habits towards more natural products are favoring urban agriculture as a new alternative for the production of food (mainly vegetables) in the urban environment. Urban agriculture contributes to numerous sustainable development goals set by the UN. The use of recycled materials in the production of vegetables is an essential aspect of sustainability and the circular economy. Both aspects are of current relevance. For this reason a study of evaluation of compost obtained from agroindustrial waste for the production of vegetables in an urban environment, more particularly on a roof of an urban building in the city of Cartagena, is proposed.

## 1. Introducción

### 1.1- Agricultura urbana

De acuerdo con la FAO (2019), la definición de agricultura urbana y periurbana (AUP) se refiere al “cultivo de plantas y cría de animales en el interior y alrededores de las ciudades. Esta proporciona productos alimentarios de distintos tipos de cultivos, animales, así como productos no alimentarios como plantar aromáticas u ornamentales. También incluye la silvicultura y la acuicultura a pequeña escala”. La práctica de la agricultura urbana no es reciente, y está relacionada con una alimentación más sana y menos expuesta a la contaminación.

Aunque, generalmente la agricultura es considerada una práctica relacionada únicamente con el medio rural, hoy en día está claro que es parte del sustento de la población urbana, tanto en el aspecto alimentario como en el aspecto social al proporcionar puestos de trabajo (Fig. 1). Es por ello por lo que la agricultura urbana debería potenciarse, no solo por el acceso inmediato que podría tener la población a los productos, sino también por todos los beneficios que conlleva, como la mejora del medioambiente o fomentar la integración social (Mendez, 2005). Si enfocásemos los huertos urbanos desde un punto de vista institucional, estos pueden ser usados para mejorar el desarrollo local sostenible de las ciudades.



**Figura 1.** Ejemplo de agricultura urbana en el Riverpark de Manhattan, USA (Fuente: <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/10-ciudades-latinoamericanas-agricultura-urbana/>)

La agricultura urbana abre un gran potencial al poder transformar los desechos orgánicos urbanos en recursos productivos como compost, pudiendo ser usados para mejorar los suelos erosionados. También contribuye a reducir la contaminación aérea, mejorando la calidad del aire. Otro aspecto importante es el aporte en la calidad paisajística, pudiendo transformar espacios abandonados o improductivos en todo lo contrario. La agricultura urbana presenta la posibilidad de ser una alternativa para el desarrollo de nuevos hábitos, tanto en alimentación, de consumo u ocio. También sirve para recuperar terrenos vacíos, así como variedades locales que aumentan la biodiversidad. Desde la búsqueda de una alimentación mejor y la preocupación por consumir alimentos más sanos de menor coste que los que encontramos en el mercado, o como complemento de trabajo u ocio. Así como inspirar un cambio en la mentalidad de las personas hacia el desarrollo y consumo sostenible (Zaar, 2011).

## 1.2- Economía circular

Según el Parlamento Europeo (2015), la economía circular “es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido.” Esto nos

quiere decir que los productos deben ser utilizados al máximo, aumentando su valor adicional y reduciendo los residuos al mínimo.

El caso más sencillo para aplicar a agricultura urbana sería la reutilización de los residuos provenientes de la producción de los distintos cultivos para la producción de energía (biomasa) o la reutilización de estos como materia prima para formar compost. Durante un proceso de compostaje los microorganismos proceden a la degradación de la materia produciendo un nuevo compuesto orgánico con unas determinadas características. Así este producto obtenido, puede ser reutilizado para una nueva producción o incluso ser vendido. Si este proceso se realizara en una industria, daría cabida a que, la energía que emite el proceso de descomposición anaerobia junto con el de compostaje fuera reutilizada en forma de biogás, pudiendo así reemplazar a las energías convencionales (Kayhanian, 1991).

En nuestro caso, se ha utilizado un subproducto obtenido de la industria agroalimentaria para la producción de acelga Red Chard. La aplicación práctica consistiría en utilizar los residuos de cosecha para la fabricación de nuestro propio compost y así reducir las necesidades de materias primas y la reducir la generación de residuos que serían incorporados de nuevo a la cadena productiva.

### 1.3- Material vegetal

#### Acelga roja (*Beta vulgaris* var. *cicla*)

La especie *Beta vulgaris* var. *cicla* es conocida como acelga roja o Red Chard. Se trata de una subespecie de *Beta vulgaris*, al igual que la acelga o la remolacha. Fue considerada un alimento básico para la nutrición humana. Es originaria de Europa, concretamente del Mediterráneo. Los griegos y los romanos la usaron como un descongestionante, y también creían que servía como laxante y antiácido.

#### Descripción botánica.

La acelga roja var. Red Chard pertenece al reino Plantae, a la división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, Orden Caryophyllales, familia Chenopodiaceae, género *Beta*, y especie *vulgaris*, siendo su nombre botánico el de *Beta vulgaris* var. *cicla* (Fig. 2).



**Figura 2.** Hojas de Red Chard (Fuente: <http://www.jayleaf.com/products/red-chard>)

Se trata de una planta bianual, cuya parte comestible son las hojas, que son de forma ovalada, con un peciolo alargado y ancho, cuyo color es rojizo. La hoja tiene una tonalidad que puede variar de verde oscuro a verde claro. La floración se produce tras un período de bajas temperaturas. La inflorescencia está compuesta por grupos de dos o tres flores hermafroditas. El cáliz es verdoso, formado por 5 sépalos y 5 pétalos. Las semillas son muy pequeñas y se encuentran encerradas en un pequeño fruto, que contiene entre 3 o 4 semillas cada uno. El sistema radicular es profundo y fibroso.

#### 1.4- Propiedades y calidad nutricional

La acelga es una hortaliza baja en calorías e hidratos de carbono, con gran contenido en calcio, magnesio, potasio y vitamina C. Es beneficiosa para la vista, ayuda en la digestión, evitando estreñimiento. También posee propiedades diuréticas y regula el colesterol.

**Tabla 1.** Contenido nutricional, en vitaminas y minerales de Red Chard (Fuente: USDA)

Nutrientes	Unidad	Valor por 100 g	Nutrientes	Unidad	Valor por 100 g
Agua	g	92,65	Zn	mg	0,33
Energía	kcal	20	<b>Vitaminas</b>		
Proteína	g	1,88	C	mg	18
Lípidos totales (grasa)	g	0,08	Tiamina	mg	0,034
Carbohidratos	g	4,13	Riboflavina	mg	0,086
Fibra	g	2,1	Niacina	mg	0,36
Azúcares, total	g	1,1	B6	mg	0,085
<b>Minerales</b>			A	µg	306
Ca	mg	58	A, IU	IU	6124
Fe	mg	2,26	E	µg	1,89
Mg	mg	86	K	µg	327,3
P	mg	33	<b>Lípidos (Ácidos grasos)</b>		
K	mg	549	Saturados totales	g	0,012
Na	mg	179	Monoinsaturados totales	g	0,016
			Polinsaturados totales	g	0,028

#### 1.4.1- Capacidad antioxidante

Numerosos estudios epidemiológicos indican que una dieta rica en frutas y vegetales pueden reducir el riesgo de enfermedades como el cáncer y enfermedades neurodegenerativas (Balsano y Alisi, 2009). Es por ello que los antioxidantes son capaces de eliminar el exceso de radicales libres producidos como resultado de la oxidación, evitando así los efectos nocivos causados por el estrés oxidativo. Los principales radicales libres son las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (ROS Y RNS) tales como anión superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), radical hidroxilo (OH<sup>\*</sup>) y óxido nítrico (NO). Los mecanismos de acción de los antioxidantes implican una interacción directa con estas especies reactivas para prevenir el daño celular, entre los antioxidantes que incorporamos en el cuerpo a través de la dieta destacan las vitaminas (ácido ascórbico), carotenoides (licopeno), polifenoles (flavonoides y no flavonoides) y otros como glucosinolatos y organosulfatos.

Los antioxidantes naturales presentes en las plantas responden a las señales ambientales, los factores ambientales pueden ser manipulados en mayor o menor medida en los sistemas de producción comercial, siendo posible mejorar la calidad nutricional de los

vegetales mediante el aumento de su contenido de antioxidantes (Benavides-Mendoza et al., 2009).

#### 1.4.2- Fenoles totales

Los compuestos fenólicos debido a la influencia que tienen sobre la calidad de los alimentos han sido muy estudiados. Son antioxidantes y pertenecen a un gran grupo de productos químicos con diferentes estructuras químicas y actividades, que incluyen más de 8000 compuestos diferentes (Martínez-Valverde, 2000) como monofenoles, polifenoles, flavonoides y taninos. Los fenoles se consideran metabolitos secundarios de plantas, algunos de los cuales son esenciales para sus funciones fisiológicas y otros son útiles para defenderse ante estrés (hídrico, salino, enfermedades, plagas, etc.). Por otra parte, cuando los fenoles se oxidan, dan lugar a quinonas, que aportan un color marrón que es a menudo indeseable para el consumo o la venta (Gimeno, 2004).

#### 1.4.3- Flavonoides

La estructura común de los flavonoides consiste en dos anillos aromáticos conectados mediante un anillo heterocíclico oxigenado. Los flavonoides se encuentran en las plantas en forma de aglicona o como glucósidos, siendo esta última su forma habitual.

Este grupo, a su vez, se divide en varias clases siendo las más importantes: flavonoles, los más abundantes en alimentos de origen vegetal; flavonas; flavanonas, que se encuentran principalmente en cítricos (Manach et al., 2004); isoflavonas, presente en leguminosas como la soja y con actividad estrogénica (Barnes, 1994); antocianos, responsables de los colores rojo, azul y violeta de las frutas.

#### 1.4.4- Contenido de iones

##### *Nitratos (compuesto perjudicial)*

Desde un punto de vista toxicológico, los nitratos tienen una toxicidad aguda extremadamente baja (Santamaria, 2006) su toxicidad es determinada por la reducción de nitrato a nitrito en el cuerpo humano, por la saliva y en el tracto gastrointestinal, en concentraciones elevadas puede causar metahemoglobinemia. Los nitritos oxidan el hierro en la hemoglobina sanguínea, impidiendo el transporte de oxígeno a los tejidos. Por otra parte, los nitratos reaccionan con los aminoácidos de los alimentos en el estómago, generando nitrosaminas y nitrosamidas, sustancias que tienen un efecto cancerígeno comprobado.



La Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición recomienda que ciertos vegetales de hoja no deben introducirse en la dieta de los bebés, en los Primeros años de vida, para prevenir la metahemoglobinemia. Esto ha llevado a que se considere al contenido de nitratos en vegetales de hoja, como una característica de calidad.

La concentración de nitratos de las plantas depende de las diferencias entre la tasa de absorción y asimilación. Por lo tanto, todos los procesos que afectan absorción, asimilación y translocación del nitrato en la planta pueden modificar su contenido. Además de diferencias genotípicas, intensidad luminosa, fotoperiodo, temperatura y cualquier cambio en la disponibilidad de N (cantidad, fuente, aplicación) puede afectar a la concentración de nitrato en hojas (Burns et al., 2011). La acumulación de estos compuestos puede prevenirse utilizando sistemas sin suelo, que pueden producir plantas de mayor calidad en menos tiempo y con bajo contenido de nitrato (Fontana y Nicola, 2004).

#### *Potasio*

El potasio es esencial para la fotosíntesis, activa las enzimas para metabolizar hidratos de carbono para la fabricación de aminoácidos y proteínas, facilita la división y crecimiento ayudando a mover el almidón y azúcares entre las diferentes partes de la planta. Aumenta la rigidez del tallo, la resistencia a enfermedades, la tolerancia sequía, regula la apertura y el cierre de los estomas (Tucker, 1999).

Entre los muchos nutrientes minerales de las plantas, el potasio destaca como un atributo de calidad que determinan la comercialización de las frutas y preferencia de los consumidores (Lester et al., 2010).

#### *Calcio*

El calcio es un componente de las paredes celulares y participa en la producción de nuevos puntos de crecimiento y puntas de raíz. Proporciona elasticidad y expansión de las paredes celulares, lo que evita que los puntos de crecimiento se vuelvan rígidos y quebradizos. Es inmóvil dentro de las plantas y permanece en el tejido más antiguo a lo largo del crecimiento temporada. Actúa como una base para neutralizar los ácidos orgánicos generados durante el crecimiento y ayuda en la translocación de carbohidratos y absorción de nitrógeno (Tucker, 1999).



### *Magnesio*

El magnesio es un componente de la molécula de la clorofila, esencial en la fotosíntesis, también es de gran importancia para el metabolismo de los carbohidratos (azúcares), como activador enzimático en la síntesis de ácidos.

## 2. Objetivos

Se plantea la evaluación agronómica de diferentes mezclas y tipos de compost procedentes de residuos de la industria agroalimentaria en la producción de hortalizas de hoja pequeña *baby leaf* en una mesa de cultivo ubicada en el techo del edificio de la ETSIA de la UPCT, por su interés actual en los mercados locales, así como en restaurantes de alta cocina, principalmente por su alto valor nutricional y contenido en compuestos saludables.

### 3. Material y métodos

#### 3.1- Implementación del cultivo

Cada uno de los nueve tratamientos fue mezclado hasta conseguir la uniformidad necesaria. Una vez obtenidas las mezclas, se rellenaron las macetas de 1 litro de capacidad hasta su límite superior. Para que las macetas tuvieran la misma cantidad de sustrato cada maceta fue pesada en una balanza de precisión 0,1 g de manera que se igualó cada tratamiento con el mismo peso para una uniformidad en el estudio. Una vez rellenas las macetas, se procedió a la toma de muestras de cada mezcla para su análisis posterior en laboratorio (Fig. 3).

**Tabla 2.** Tratamientos

CANTIDADES TOTALES (LITROS)					
Nº TRAT.	FIBRA COCO	COMPOST FINO	COMPOST GRUESO	TOTAL	PROPORCION (V:V:V)
1	15	15	0	30	1:1:0
2	15	7,5	7,5	30	2:1:1
3	15	9	6	30	5:3:2
4	6	24	0	30	1:4:0
5	6	12	12	30	1:2:2
6	6	15	9	30	2:5:3
7	0	30	0	30	0:1:0
8	0	15	15	30	0:1:1
9	0	21	9	30	0:7:3
TOTAL	63	148,5	58,5	270	



**Figura 3.** Mezclas de compost utilizadas en el experimento listas para su envío al laboratorio

Los materiales empleados para la obtención del compost del ensayo fueron en peso: restos de cebolla 27%; tomate de destrío 53%; y como agente estructurante restos de poda de vid o comúnmente denominados sarmientos 16%. La humedad de partida de la mezcla fue muy elevada con valores en torno a 90% dadas las características de los dos primeros materiales con valores cercanos al 94%, pudiendo ser contrarrestada en parte por medio de los restos de poda, que aportaron una materia seca del 70%, la cual no pudo ser incorporada en mayor proporción debido a la necesidad de que la mezcla no tuviese una relación C/N cercana a 30. En este sentido destaca como la relación C/N de la poda era de 84 mientras que la de los otros dos materiales estaba en torno a 20 dada su riqueza en nitrógeno. Al final del proceso de compostaje los valores obtenidos fueron de 63,89 % de humedad y con una relación C/N de 14,48, valores habituales para un compost.

El proceso de compostaje fue un proceso aerobio termófilo mediante conformación de pilas de compostaje con volteos periódicos, iniciándose el proceso con un volumen inicial de 6000 kg, siendo el resultado final de 1800 kg, debido a la disminución de masa debido a la mineralización de la materia orgánica en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, por un lado; y la evaporación y lixiviación del exceso de agua inicial. Durante el proceso de compostaje se obtuvieron temperaturas por encima de 55° C durante un periodo de 45 días, interrumpido por los volteos periódicos cuando la temperatura superaba los 55°C, hecho que ocurrió en 5 veces a lo largo de la fase de

compostaje propiamente dicha. Tras la cual, y una vez había alcanzado temperatura ambiente, la pila se extendió a una altura máxima de 50 cm durante 1 mes, homogenizándose la masa en dos veces en lo que se conoce fase de maduración. Tras la cual, el proceso se dio por acabado, y el material se pasó por una malla de 1 cm, almacenándose en sacos de rafia hasta su empleo. En ninguno de los casos el tiempo transcurrido desde su obtención hasta su empleo, superó los 6 meses.

La Tabla 3 muestra las características del compost empleado, el cual se caracteriza por tener una estabilidad adecuada, con una relación C/N compensada y un contenido en macro y micronutrientes apto para su empleo como sustrato de cultivo. Si bien destaca una conductividad eléctrica de moderada a alta, hecho a tener en cuenta en el caso de su empleo en el cultivo de especies sensibles a la salinidad.

**Tabla 3.** Características del compost

Ntotal (g/100g)	2,52	K (g/100g)	1,58
Ctotal (g/100g)	36,5	Mg (g/100g)	3,81
Al (g/100g)	2378,58	Mn (mg/Kg)	1,25
As (mg/Kg)	0,33	Mo (mg/Kg)	124,69
B (mg/Kg)	40,43	Na (g/100g)	1,07
Ca (g/100g)	7,23	Ni (mg/Kg)	0,164
Cd (mg/Kg)	0,15	Pb (mg/Kg)	3,35
Co (mg/Kg)	1,02	P (g/100g)	2,68
Cr (mg/Kg)	8,15	S (g/100g)	0,92
Cu (mg/Kg)	16,2	Zn (mg/Kg)	2,89
Fe (mg/Kg)	1907,03	Humedad (%)	63,89

Una vez rellenas las macetas con los sustratos, se procedió a su colocación en una mesa de cultivo de hierro galvanizado de 3 x 1,5 m, colocada en la terraza del edificio de la ETSIA de la Universidad Politécnica de Cartagena (Fig. 4). La orientación de la mesa y de las líneas de macetas fue Norte-Sur. Los tratamientos se realizaron al azar y cada tratamiento estuvo compuesto por 5 repeticiones, siendo cada maceta una repetición. Una vez establecidos los tratamientos, se realizó la siembra, consistente en la colocación de 3 semillas por maceta.

Finalmente, se cubrió la superficie de las macetas con una capa de vermiculita para mejorar la retención de la humedad del sustrato y favorecer la germinación (Fig. 5).



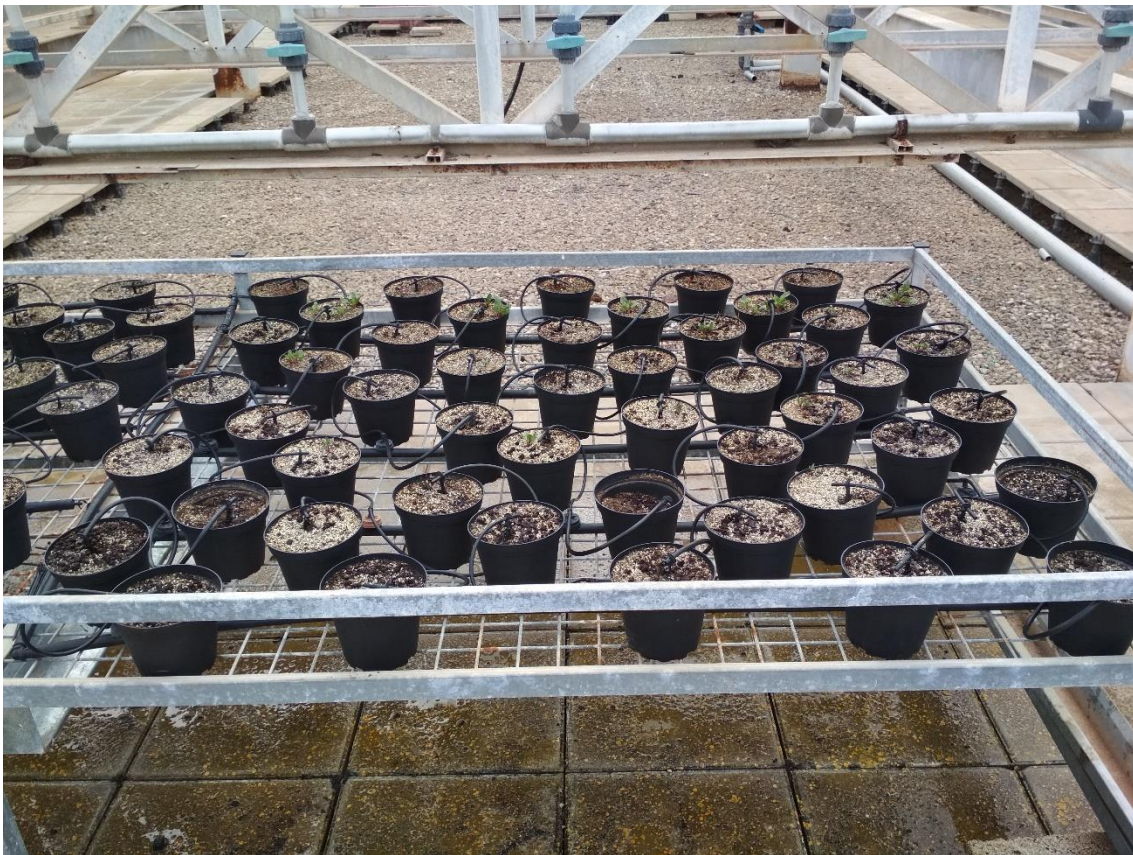
**Figura 4.** Mesa de cultivo de 3 x1,5 m empleada en la terraza de la universidad





**Figura 5.** Detalle de las macetas con sustrato y vermiculita

El riego consistió en un sistema de tubería de PE de baja densidad de 16mm de diámetro interior y goteros de 4 l/h a los que se conectaron repartidores y latiguillos en cuyo extremo se colocó un espadín de sujeción a la maceta para asegurar el agua en la superficie de la maceta. Para el riego se contó con un programador modelo GARDENA PROG FLEX 1883-20. Se procedió a regar las distintas macetas primeramente con una regadera de 1,5 L de capacidad. Posteriormente se comprobó que las plantas no crecían adecuadamente debido a la falta de agua. Se tenía una falsa creencia sobre que la forma de administrar agua mediante riego superficial era la correcta. Se procedió a cambiar el riego superficial a riego por goteo con un emisor por maceta (Fig. 6) el 29/05/2018.



**Figura 6.** Instalación de riego por goteo

La programación del riego se hizo teniendo en cuenta la menor pérdida de agua por drenaje, manteniendo un nivel adecuado de humedad en la maceta, especialmente al inicio de la germinación. Por ello, se empezó con 2 riegos de 5 min al día durante los primeros 15 días y posteriormente y hasta el final del experimento se aplicaron 3 riegos de 3 minutos al día. Los goteros emitían 130 ml de agua por riego. La conductividad eléctrica del agua se encontraba en torno a  $760 \mu\text{S}/\text{cm}$  con un pH de 8.9. Posteriormente se comprobó el drenaje de una maceta estableciendo una conductividad eléctrica de  $1800 \mu\text{S}/\text{cm}$  con un pH de 9, siendo el volumen total drenado de un 10%.

El 21/06/2018 se procedió a la recolección manual de la Red Chard (Fig. 7) y su posterior almacenamiento en bolsas de plástico para realizar los análisis correspondientes en el laboratorio. También se recogieron muestras finales del sustrato para su análisis un laboratorio.





**Figura 7.** Estado de las plantas en el momento de su recolección

Para el estudio económico, los precios han sido sacados de varias fuentes. Los precios del compost y la fibra de coco han sido sacados de la Base de Precios de Paisajismo. Los precios de los elementos correspondientes a la instalación de riego, junto con las macetas y la vermiculita se han obtenido de la web de Leroy Merlin. Las semillas de Red Chard de Fito Agrícola. Por último, el precio de la mano de obra se ha obtenido de la base de precios del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) y el precio del agua del Boletín Oficial de la Región de Murcia, publicación número 2767 del boletín 101 (04/05/2018)

### 3.2- Determinaciones fitoquímicas

#### 3.2.1- Obtención del extracto metanólico

Se prepararon extractos metanólicos para la estimación de clorofila, carotenoides, fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante. Se homogenizaron 0,1 g de hoja (triturada con N<sub>2</sub> líquido) en un eppendorf con 1 ml de metanol puro. Se centrifugaron a 16000 rpm durante 5 minutos a 4°C (Heraeus Fresco 21, Thermo Scientific, Osterode, Alemania).

#### 3.2.2- Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de las muestras de hoja se evaluó en términos de su capacidad para desactivar el radical del DPPH de acuerdo con Brand-Williams et al. (1995) con las modificaciones descritas por Pérez-Tortosa et al. (2012). Se preparó diariamente una

solución de 2,2-difenil-1 picryhidrazil (DPPH) en metanol. Se mezcló una alícuota de 25 µl del sobrenadante del extracto y se le añadieron 600 µl de solución madre de DPPH. El homogeneizado se agitó vigorosamente y se mantuvo en oscuridad durante 15-20 min a temperatura ambiente. La absorbancia de las muestras a 517 nm se midió en un espectrofotómetro (HP 8453, Hewlett Packard) utilizando un blanco de metanol. La cuantificación se llevó a cabo teniendo en cuenta el valor de coeficiente de extinción molar, 12500 M<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup> (Brand-Williams et al., 1995). Las medidas se expresan como mg de DPPH / kg PF.

### 3.2.3- Fenoles totales

El contenido fenólico total de las muestras de hoja se determinó mediante el método colorimétrico de Folin Ciocalteu, modificado según el método de Everette et al. (2010). Se mezcló una parte alícuota de 50 µl del sobrenadante de extracto con 50 µl de reactivo de Folin-Ciocalteu y 750 µl de H<sub>2</sub>O. La solución se incubó durante 5 min y se le añadió 150 µl de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. La solución se incubó a temperatura ambiente durante 2 h en oscuridad, después de lo cual se midió la absorbancia a 765 nm (HP 8453, Hewlett Packard). Las medidas se expresaron como mg de ácido gálico / Kg PF.

### 3.2.4- Flavonoides

El contenido en flavonoides se evaluó con AlCl<sub>3</sub> según el método Meda et al. (2005). Para ello, se mezcló 50 µl de extracto, 300 µl de metanol y 350 µl de una dilución de AlCl<sub>3</sub> al 2% en metanol. Tras una incubación de 15 min en oscuridad a temperatura ambiente se midió la absorbancia a 430 nm. La cuantificación se llevó a cabo con una recta de calibrado con rutina (0-1.5 mM).

## 3.3- Contenido de iones

Para los iones de nitrato, potasio, magnesio y calcio se extrajeron 3 muestras de 0,2 g de materia seca de hoja y de suelo. La extracción se lleva a cabo utilizando 50 ml de agua destilada en un agitador orbital (Stuart SSL1, Stone, UK) durante 45 min a 110 rpm a 50°C. La concentración de iones se determinó mediante cromatografía iónica usando una columna Metrosep A SUPP 5 (Metrohm AG, Zofingen, Suiza) a un caudal de 0,7 ml/min para aniones y una columna Metrosep C 2-250 a un caudal de 1,0 ml / Min para cationes, siguiendo las instrucciones del fabricante.

### 3.4- Caracterización hídrica de los sustratos

La capacidad de retención hídrica de los sustratos fue medida por triplicado en contenedores de 1L de capacidad rellenos con cada una de las mezclas al comienzo del cultivo. Las muestras fueron sometidos a un exceso de agua hasta que ésta alcanzó la superficie de los sustratos. Entonces, se permitió el drenaje durante 24 h de manera que se pudiera determinar gravimétricamente el agua retenida en cada sustrato, pesando a intervalos regulares de tiempo cada maceta y finalmente después del secado en una estufa a 65 °C hasta peso constante.

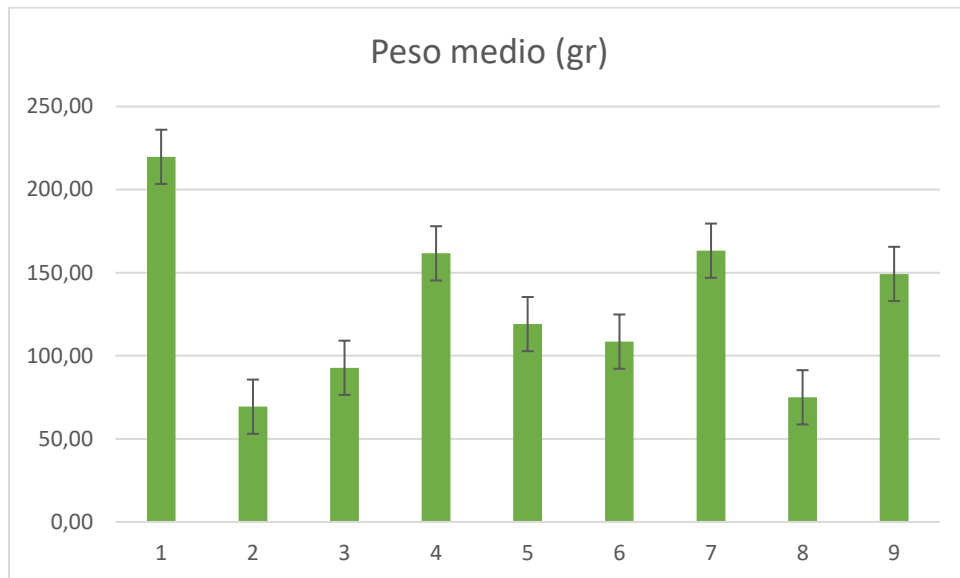
### 3.5- Análisis químico de los sustratos

El contenido de carbono total (TC) y el de nitrógeno total (TN) fueron medidos en muestras tomadas antes y después del cultivo. Las muestras fueron tomadas en seco y se utilizó un analizador elemental (C/N Flash EA 1112 Series Leco-Truspec), mientras el contenido de nutrientes solubles en agua fue medido en cada mezcla en un extracto de agua (1:10; p:v) con un ICP-óptico (ICAP 6500 DUO THERMO). Previamente, las mezclas fueron molidas, centrifugadas y filtradas a través de papel de filtro sin cenizas (Albet 5895 110) con el fin de extraer los componentes del sustrato en el extracto acuoso.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1- Análisis agronómico

Como se observa en la Fig. 8, la cantidad obtenida total de los distintos tratamientos para Red Chard es de aproximadamente 1,2 kg por mesa de cultivo.



**Figura 8.** Peso medio (gr) de los distintos tratamientos

Siendo las dimensiones de la mesa de cultivo 3 x 1,5 m y la superficie útil total de la terraza del Aulario C de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica (Fig. 9) de aproximadamente 315 m<sup>2</sup>, se puede estimar que como máximo se podrán establecer hasta 57 mesas de cultivo dejando pasillos de 1 metro de separación para las operaciones de manipulación, lo que supondría una superficie total cultivable de 199,5 m<sup>2</sup>.

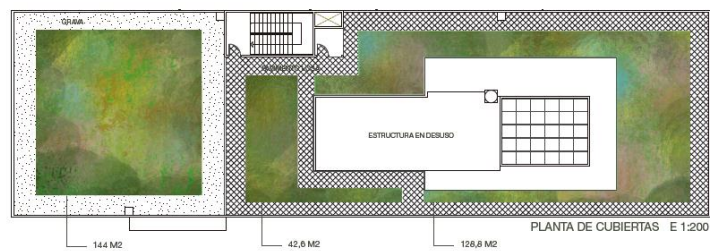
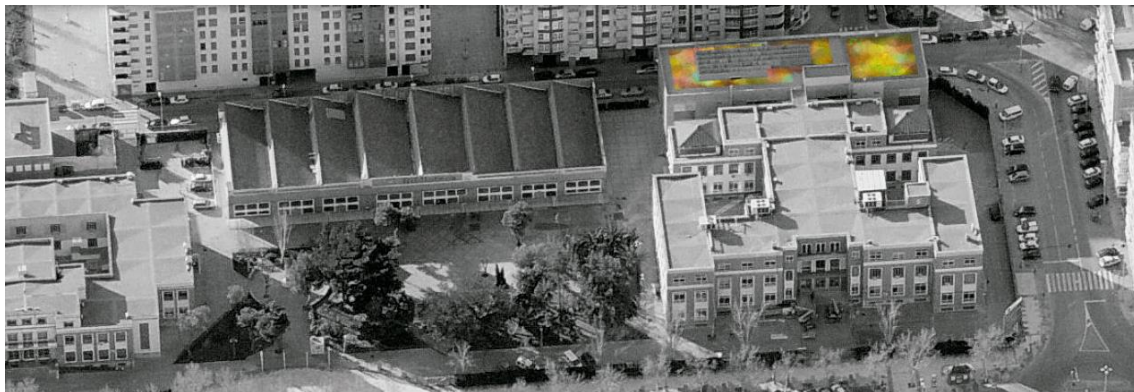


Figura 9. Superficie útil del aulario de la ETSIA

Si extrapolamos ese dato de 1,2 kg obtenido por mesa, al anteriormente mencionado de 57 mesas de cultivo, podemos decir que la cantidad recolectada máximo por ciclo de cultivo es de 68,4 kg. Todo esto considerando la heterogeneidad de los tratamientos.

Por otro lado, si se tuviera en cuenta solo el tratamiento más productivo (1), la cantidad total obtenida sería mucho mayor.

$$219,73 \text{ gr} * 9 \text{ filas} * 57 \text{ mesas de cultivo} = 112.721,5 \text{ gr} \approx 113 \text{ kg}$$

La cantidad obtenida suponiendo la utilización íntegra del tratamiento 1 sería de 113 kg por ciclo.

**Tabla 4.** Consumo de verduras, ensaladas y hortalizas (Fuente: Encuesta Nacional de Salud 2017. MSCBS-INE)

	A diario		Menos de una vez a la semana		Nunca	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
<b>Verduras, ensaladas y hortalizas</b>						
<b>Total</b>	34,5	46,2	2,7	1,7	1,6	1,2
<b>De 1 a 4 años</b>	30,5	35,6	3,5	2,3	4,2	2,9
<b>De 5 a 14 años</b>	26,6	31,1	5,0	4,3	3,5	2,8
<b>De 15 a 24 años</b>	29,3	35,9	4,8	3,7	3,4	4,0
<b>De 25 a 34 años</b>	26,7	41,9	3,7	1,4	2,0	1,4
<b>De 35 a 44 años</b>	32,5	48,3	2,1	1,0	0,9	0,6
<b>De 45 a 54 años</b>	36,8	52,1	2,0	1,1	0,8	0,2
<b>De 55 a 64 años</b>	41,3	57,3	1,6	1,0	0,6	0,3
<b>De 65 a 74 años</b>	44,1	52,5	1,2	1,0	0,6	0,5
<b>De 75 y más años</b>	43,7	47,1	1,5	1,1	0,9	0,8

Según la Tabla 4, entre un 34 y 46 por ciento de la población consume verduras a diario, destacando el consumo en rangos de edad de 35 años en adelante y siendo superior en mujeres que hombres.

Esto es un indicador de que nuestra producción podría ser aprovechada para abastecer de este tipo de alimentos a la comunidad universitaria de la ETSIA.

Si hablamos de consumo de agua, la cantidad consumida por el cultivo ha sido un total de 0,37 m<sup>3</sup>. Como anteriormente se ha hecho, si este dato se extrapolara a toda la superficie útil disponible obtendríamos un consumo de agua de:

$$0,37 \text{ m}^3 * 57 \text{ mesas de cultivo} = 21,09 \text{ m}^3$$

## 4.2- Análisis del sustrato

### 4.2.1- Propiedades Físicas

Todas las mezclas mostraron valores elevados de retención hídrica entre el 30 y el 40% en peso, excepto los tratamientos 7 y 8 (Fig. 10). La mezcla del tratamiento 7 mostró una mayor capacidad de almacenamiento de agua (47'72%) que el resto, mientras que 8 mostró la menor capacidad de retención de todas las mezclas con un 23'36%. En cuanto a la velocidad de liberación del agua en el sustrato, todas las mezclas se comportaron de manera similar debido principalmente a que las propiedades físicas resultantes se debieron a que los materiales de origen fueron los mismos en todas las mezclas (compost y fibra de coco).

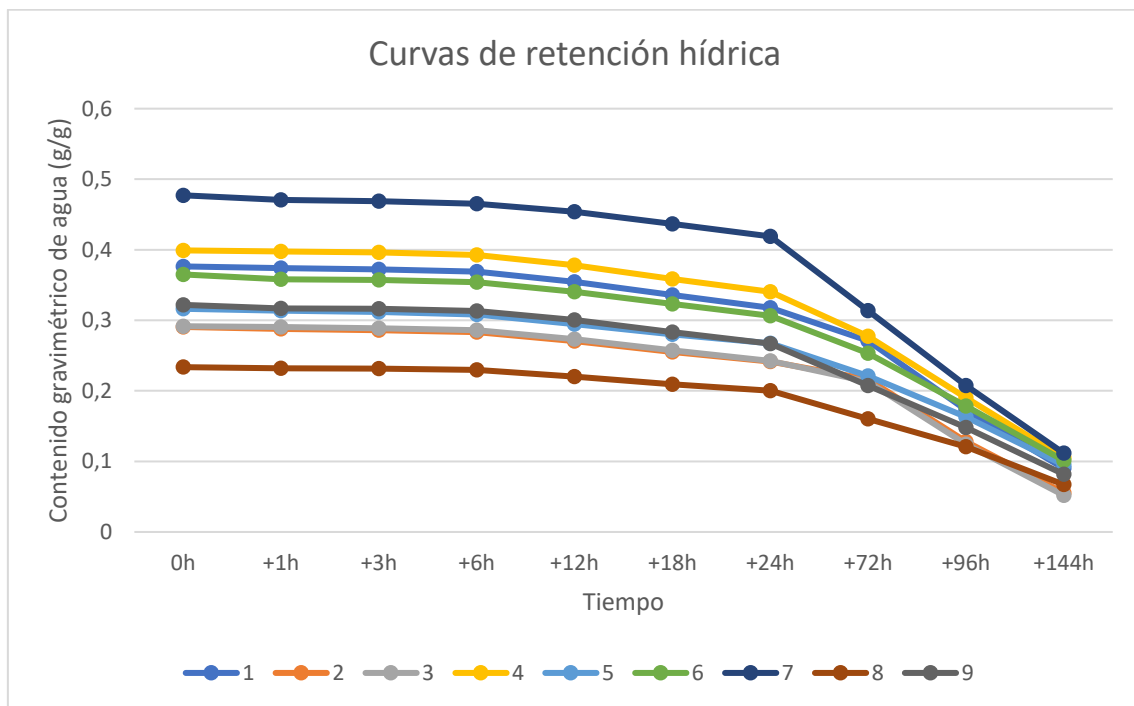


Figura 10 Curvas de retención hídricas

El tratamiento 7 se corresponde con la maceta que está compuesta únicamente de compost fino (Tabla 2), mientras que el tratamiento 8 está compuesto a partes igual de compost fino y grueso. Ante estos resultados podemos decir que el uso de materiales de granulometría más gruesa hace que baje la capacidad de retención hídrica del mismo. El uso de fibra de coco, bien conocida por su elevada capacidad de retención de agua no mejoró las características hídricas del compost, como puede verse en la Fig. 10. La utilización de un compost de



granulometría gruesa (pellets con  $\varnothing$  1 - 2 mm) favoreció una menor capacidad de retención de agua, aunque el ritmo de liberación resultó muy similar en todas las mezclas.

#### 4.2.2- Propiedades químicas

Una adecuada cantidad de compost mejorar la calidad de un cultivo según D'Hose et al. (2014), pero la materia orgánica de la que está compuesto también es muy importante. En el caso de la comparación de un compost orgánico con la corteza de conífera, Young et al. (2014), comprobaron un aumento de los nutrientes disponibles para las plantas, así como un mayor crecimiento e incremento en la concentración de nitrógeno y contenido en clorofila.

El compost mejoró en la mayoría de los casos la cantidad de iones de las muestras, excepto para el caso del potasio, que disminuyó. Este hecho no es asombroso, ya que la materia orgánica de la que están compuestos actúa de reservorio para muchos nutrientes de las plantas y favorece la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que también es importante en la retención de estos nutrientes (Powlson et al., 2013).

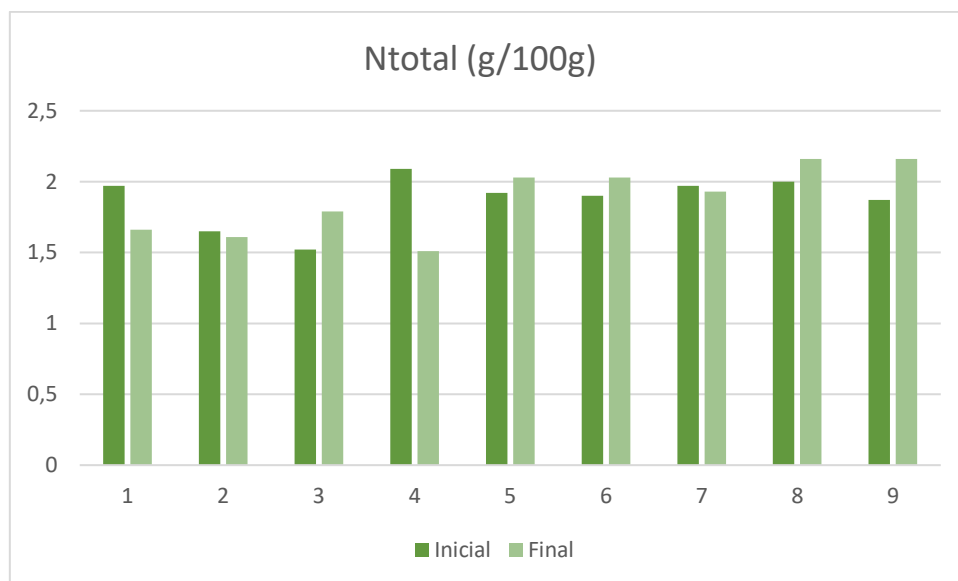


Figura 11. Resultados del compost para Nitrógeno total (g/100g)



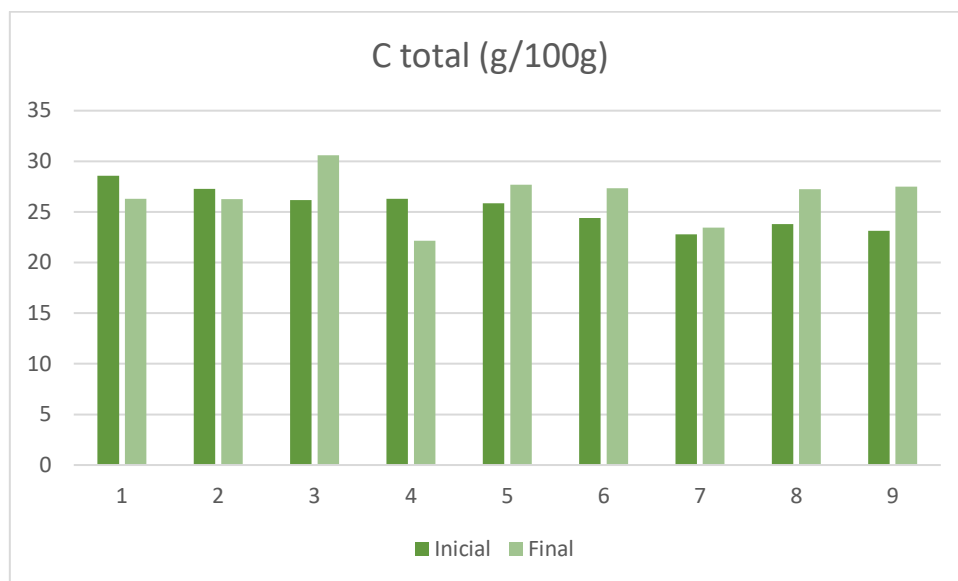


Figura 12. Resultados del compost para Carbono total (g/100g)

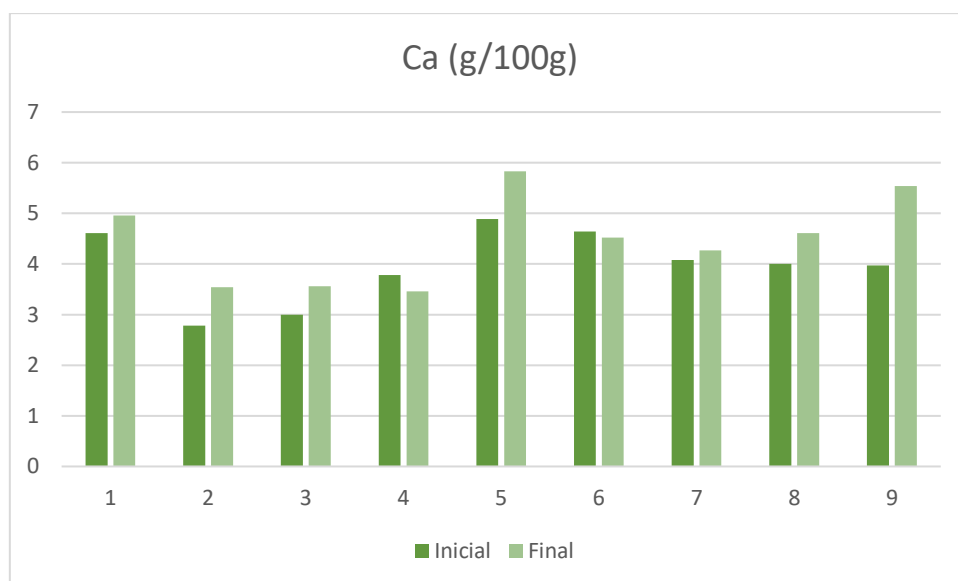


Figura 13. Resultados del compost para Calcio (g/100g)

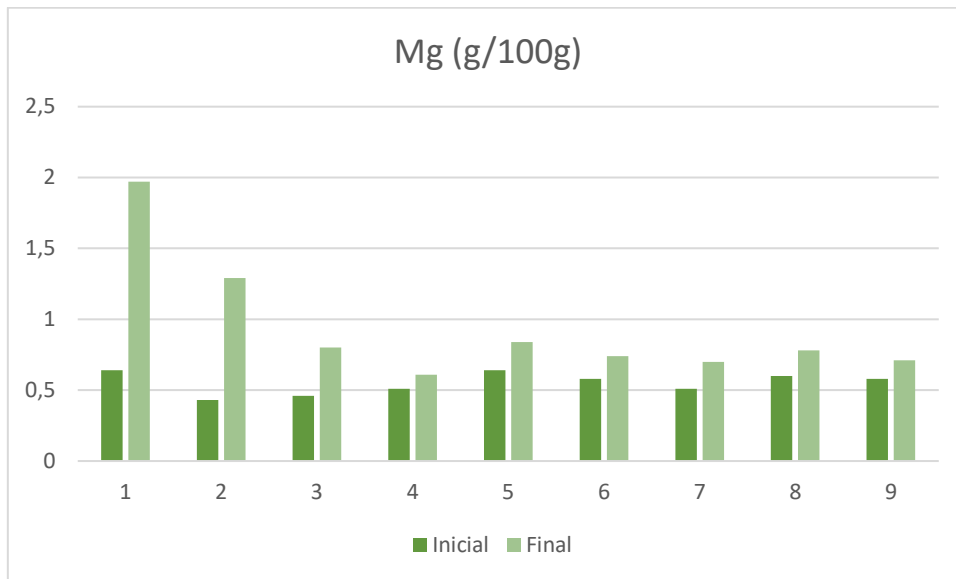


Figura 14. Resultados del compost para Magnesio (g/100g)

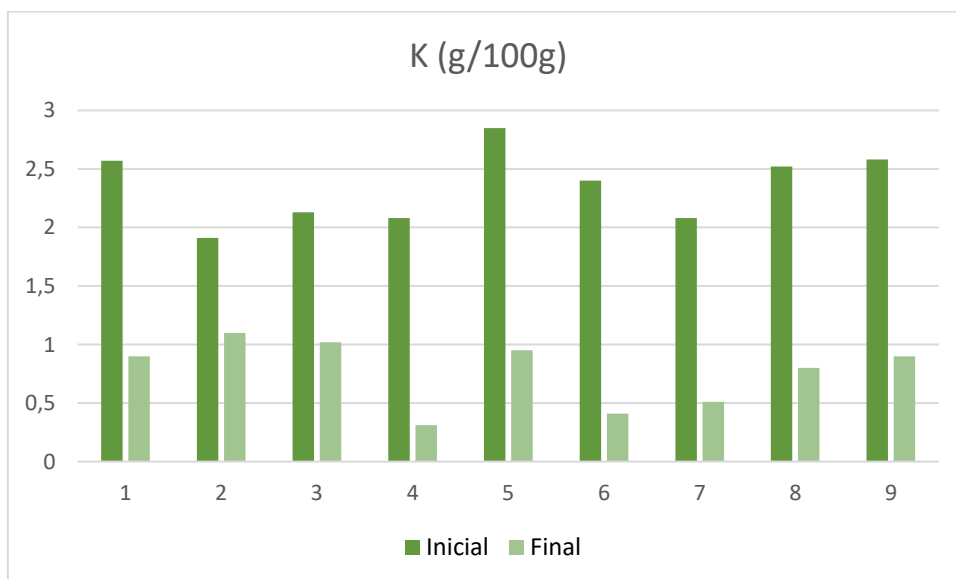


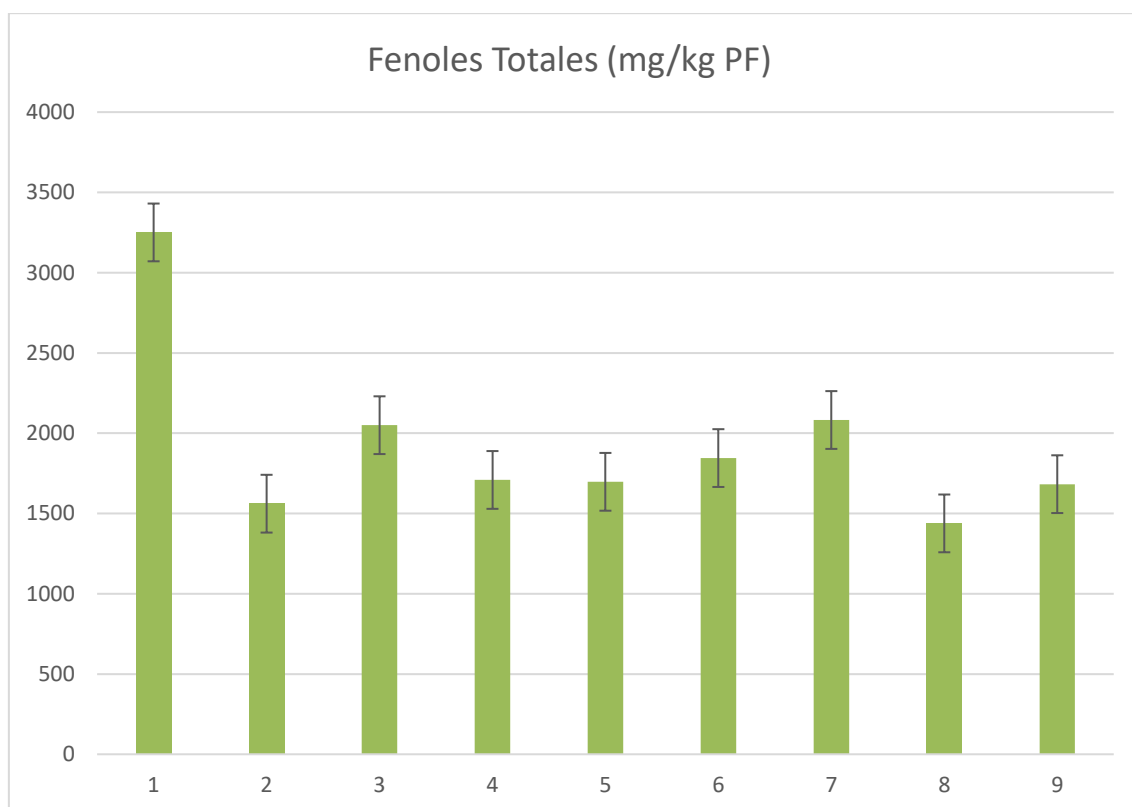
Figura 15. Resultados del compost para Potasio (g/100g)

Otros estudios demuestran, que la comparativa de parcelas de tierra con otras a las que se agregó compost, fueron más pobres nutricionalmente, conteniendo los niveles más bajos de fósforo, potasio y magnesio (Verhoef y Egea, 2013). Otro caso similar donde los experimentos realizados en agricultura urbana superan a los realizados en suelo convencional es el de Whittinghill et al. (2013), donde se probaron tomates, judías verdes, pepinos y pimientos entre

otros, señalando así la importancia de las propiedades químicas de los compost y sustratos empleados en agricultura urbana para la mejora de la calidad de las plantas.

Que la agricultura urbana funcione mejor que la tradicional, nos indica que es una ventaja a la hora de mejorar la nutrición y seguridad alimentaria desde los propios núcleos urbanos (Eksi et al., 2015). Aparte de esto, también sería necesaria una investigación para la optimización del compost, así como el estudio de fertilización, riego y las condiciones ambientales para las distintas especies que se podrían emplear en agricultura urbana.

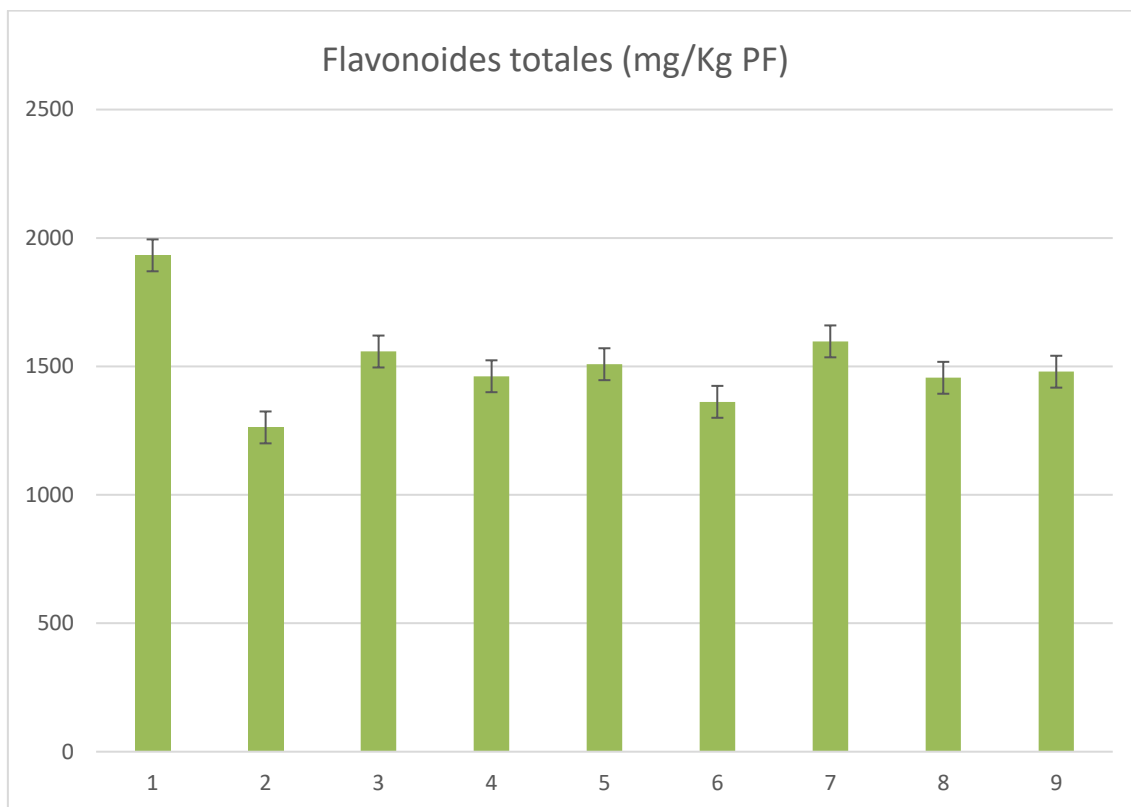
### 4.3- Análisis fitoquímicos



**Figura 16.** Resultados Fenoles totales (mg/kg PF)

Como se observa en la Fig. 16, el tratamiento 1, es significativamente mayor que los demás, siendo el que más cantidad de fenoles totales (mg/kg PF) posee.

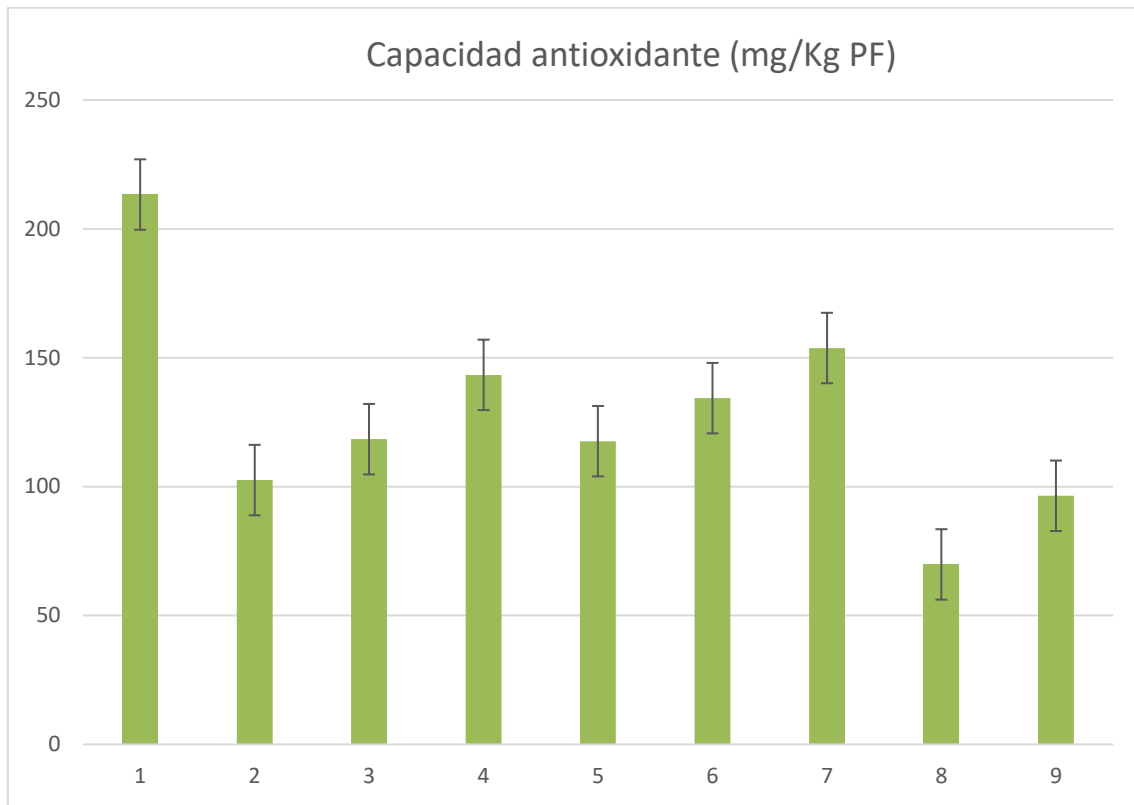
Los tratamientos 2 y 8 son los que son significativamente menores, pero no son concluyentes ya que los tratamientos 4, 5 y 9 son semejantes a él.



**Figura 17.** Resultados Flavonoides totales (mg/kg PF)

Como se observa en la Fig. 17, el tratamiento 1, es significativamente mayor que los demás, siendo el que más cantidad de flavonoides totales (mg/kg PF) posee.

El tratamiento 2 es el significativamente menor, pero no es concluyente ya que los tratamientos 4, 6, 8 y 9 son semejantes a él.



**Figura 18.** Resultados Capacidad antiox. (mg/kg PF)

Como se observa en la Figura 18, el tratamiento 1, es significativamente mayor que los demás, resultando el de mayor capacidad antioxidante (mg/kg PF) posee. El tratamiento 8 es el tratamiento significativamente menor.

Observados los resultados obtenidos en las distintas figuras, podemos decir que el tratamiento 1 es el que destaca significativamente por encima de los demás en el análisis fitoquímico realizado, mientras que los tratamientos 2 y 8 son los que presentan valores significativamente más bajo, aunque como se ha mencionado anteriormente, no son muy concluyentes debido a la similitud con otros tratamientos.

La investigación actual, demuestra el beneficio del consumo habitual de alimentos con antioxidantes, haciendo hincapié en frutas y verduras por la protección que pueden proporcionar para prevenir riesgos de enfermedades (cardiovasculares, cáncer, gástricas, respiratorias o neurológicas entre otras), debido a la capacidad que tienen de neutralizar el exceso de radicales libres durante la actividad oxidativa del cuerpo humano; aunque también se reitera que se necesitan más estudios para profundizar en el tema (Conrado, 2015).

#### 4.4- Análisis contenido de iones

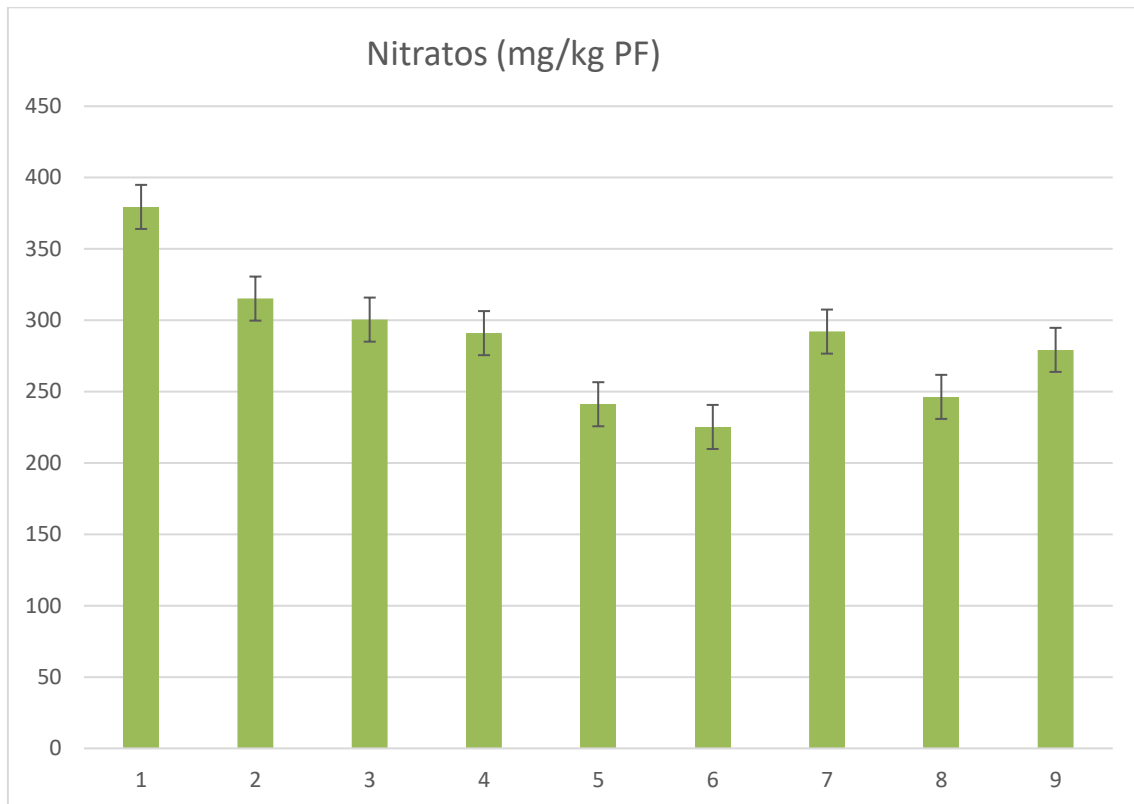


Figura 19. Resultados Nitratos (mg/kg PF)

Como se observa en la Figura 19, el tratamiento 1, es significativamente mayor que los demás, siendo el que más cantidad de nitratos (mg/kg PF) posee. Los tratamientos 5, 6 y 8 son los que significativamente menores.

Según lo expuesto en el apartado "1.4.4- Nitratos" la toxicidad de los nitratos viene determinada por la reducción de estos a nitrito en el cuerpo humano, pudiendo causar si se encuentra en concentraciones elevadas, metahemoglobinemia, una enfermedad que provoca un alto nivel de metahemoglobina (Met-Hb) en la sangre (Santamaría, 2006). La hemoglobina es la proteína que transporta y distribuye el oxígeno al cuerpo. La metahemoglobina es una forma de hemoglobina y actúa de la misma manera, pero no puede liberar el oxígeno de forma efectiva.

Aun así, en nuestro caso, comparando los resultados con la Comisión Europea en 2011, el máximo nivel de nitratos permitidos para espinaca fresca, para poder comparar con nuestra

acelga, es de 3500 mg/kg (Comisión de Regulación Europea, 2011), y nuestra muestra presenta datos aproximadamente 10 veces más pequeño (379, 46 mg/kg).

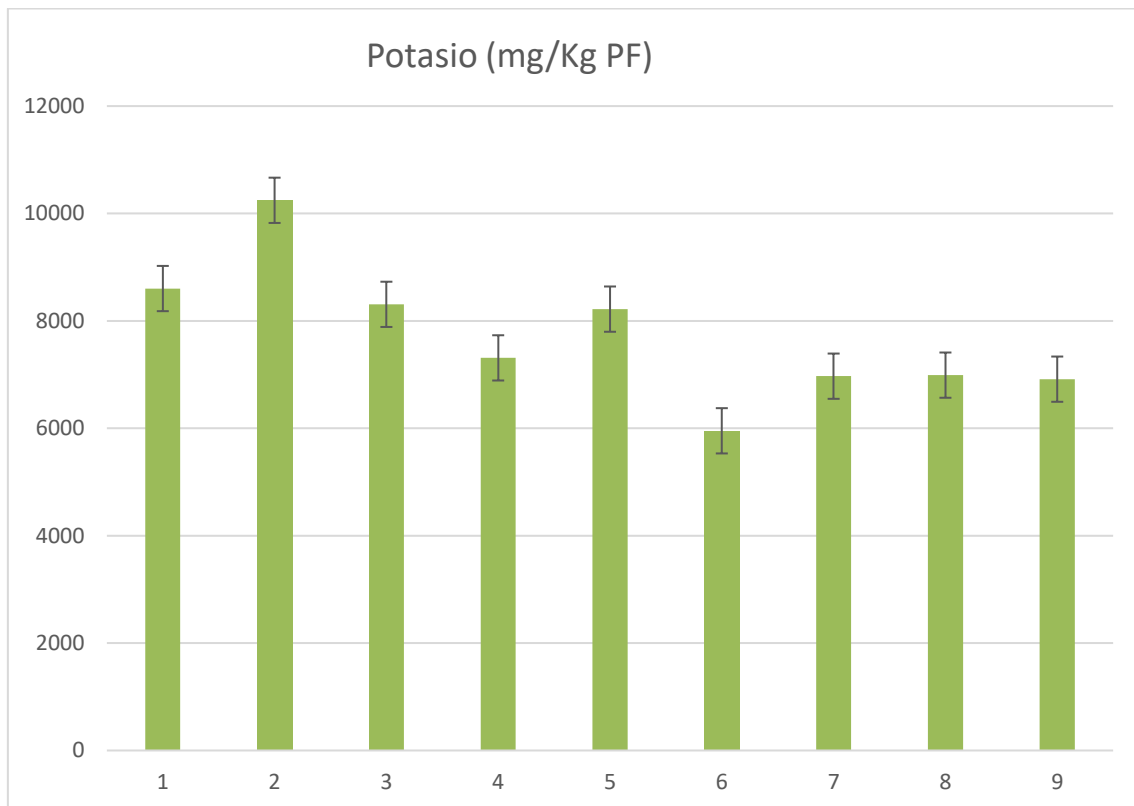
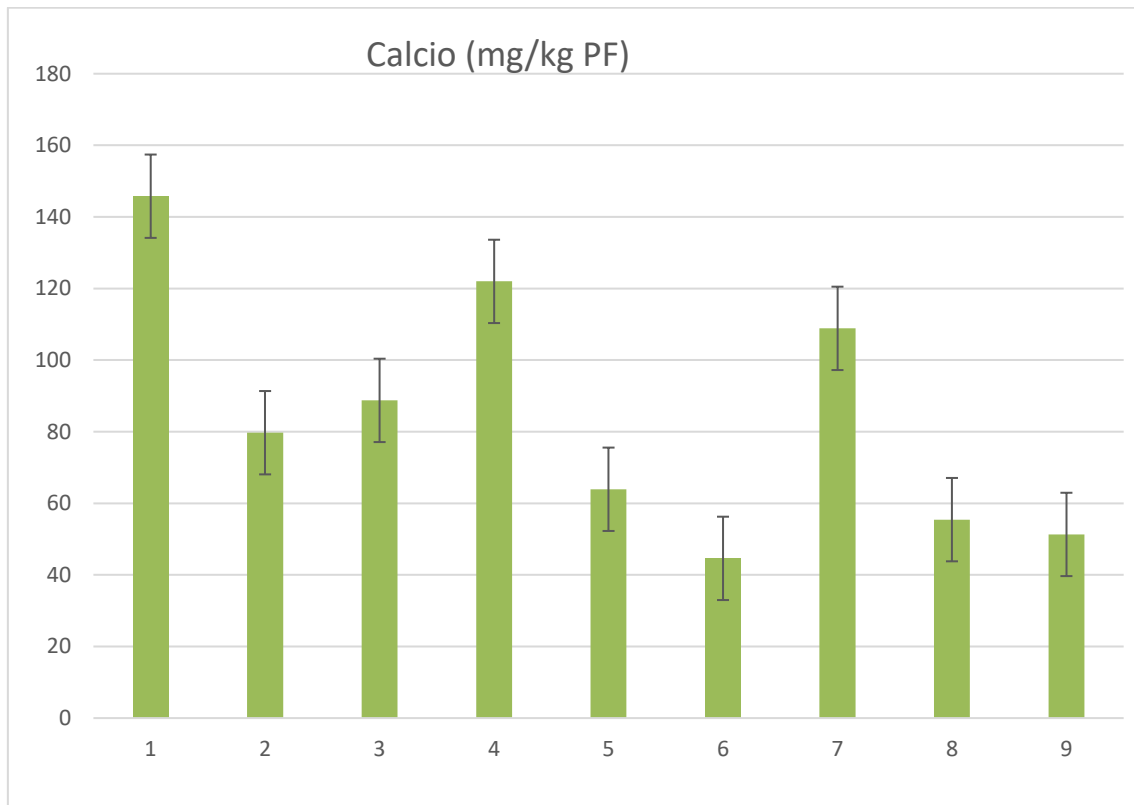


Figura 20. Resultados potasio (mg/kg PF)

Como se observa en la Figura 20, el tratamiento 2, es significativamente mayor que los demás, siendo el que más cantidad de potasio (mg/kg PF) posee. El tratamiento 6 es el significativamente menor, pero no es concluyente ya que los tratamientos 4, 7, 8 y 9 son semejantes a él.

El incremento de consumo de alimentos procesados y la disminución de las frutas y vegetales, además debido al alto contenido en sodio, hace que se incrementen los casos de hipertensión en la población (Zehnder, 2010). El aumento de la cantidad ingerida de potasio tiene un efecto significativo antihipertensivo y reduce la presión arterial.

La cantidad media de potasio en las acelgas es de 5500 mg/kg, siendo este el mineral más abundante en ellas (Luis, 2018). En nuestro caso, tenemos casi el doble de potasio en nuestro tratamiento 2 (10245,50 mg/kg).

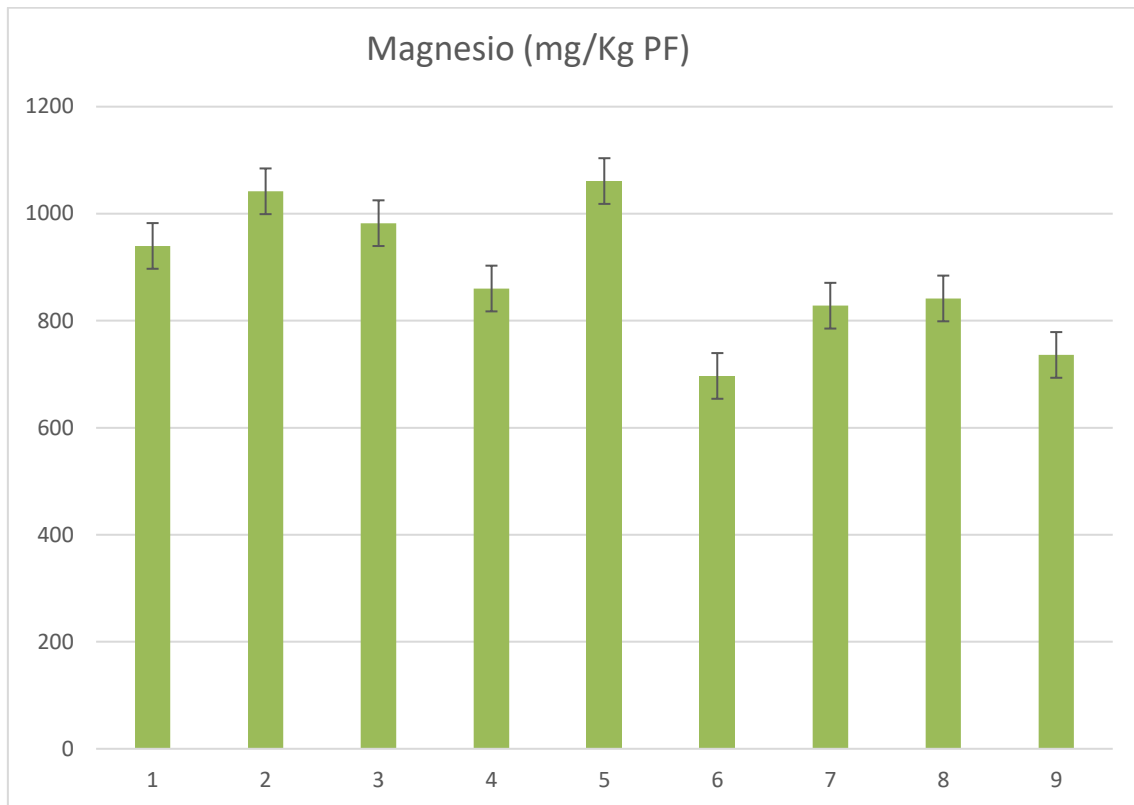


**Figura 21.** Resultados calcio (mg/kg PF)

Como se observa en la Figura 21, el tratamiento 1, es significativamente mayor que los demás, siendo el que más cantidad de calcio (mg/kg PF) posee, pero no termina de ser concluyente ya que es similar a los tratamientos 4 y 7. El tratamiento 6 es el significativamente menor, pero no es concluyente ya que los tratamientos 2, 5, 8 y 9 son semejantes a él.

El calcio es indispensable para la correcta salud ósea y bucodental. Como bien es sabido la mayor fuente de este micronutriente son los lácteos y sus derivados, pero la acelga también contiene una cantidad considerada de calcio (580 mg/kg) (USDA, 2018). En nuestro caso, la cantidad de calcio analizada en todos nuestros tratamientos suele ser mayor a la que nos indica el USDA.





**Figura 22.** Resultados magnesio (mg/kg PF)

Como se observa en la Figura 22, el tratamiento 5, es significativamente mayor que los demás, siendo el que más cantidad de magnesio (mg/kg PF) posee, pero no termina de ser concluyente ya que es similar a los tratamientos 2 y 3. El tratamiento 6 es el significativamente menor, pero no es concluyente ya que el tratamiento 9 es similar.

La falta de magnesio es responsable de alteraciones neurológicas, cardiovasculares, renales, gastrointestinales y musculares. Algunos estudios demuestran que la ingesta de magnesio recomendada diaria está por debajo de la recomendada en un 30% (Aranda, 2000).

La cantidad de magnesio en la acelga es de 860 mg/kg (USDA, 2018). En nuestro caso los 5 primeros tratamientos (más de la mitad de los tratamientos totales) poseen valores ligeramente inferiores o superiores, lo que se corresponde con la cantidad que indica el USDA.

#### 4.5- Análisis económico

El coste total de la instalación (Tabla 7) de la mesa de cultivo, producción y recolección a un total de 723,39 €. Más de la mitad del precio se trata solo de la mesa de cultivo como se puede observar. En este caso, se utilizó una ya fabricada para la ESEA “Tomás Ferro” y la reutilizamos para nuestro ensayo, pero para nuevos proyectos sería recomendable emplear una más asequible que podamos encontrar en el mercado. Los costes se verían reducidos también al poder producir nuestro propio compost con los residuos que producimos, evitando así tener que adquirirlo y contribuyendo a fomentar una economía circular evitando el desperdicio y la reutilización.

**Tabla 5.** Coste de los materiales utilizados por capítulos

<b>MATERIALES</b>			
<b>Mesa de cultivo</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (ud)</b>	<b>Precio (€/ud)</b>	<b>Importe (€)</b>
Mesa de cultivo	1	400,00	400,00
Macetas	40	0,49	19,60
	<b>Subtotal</b>		<b>419,60</b>
<b>Instalación de riego</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (ud)</b>	<b>Precio (€/ud)</b>	<b>Importe (€)</b>
Programador de riego	1	57,39	57,39
Tubería 4 mm	1	4,95	4,95
Soporte tubería 4 mm	4	1,75	7,00
Tubería 16 mm	1	5,99	5,99
Agua de riego (m <sup>3</sup> )	0,37	2,21	0,83
Otros componentes de riego		5,00	5,00
	<b>Subtotal</b>		<b>81,16</b>
<b>Sustrato y plantación</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (ud)</b>	<b>Precio (€/ud)</b>	<b>Importe (€)</b>
Fibra de coco (l)	63	1,24	78,12
Compost F (m3)	0,1485	31,00	4,60
Compost G (m3)	0,0585	31,00	1,81
Vermiculita (Saco 5 l)	1	2,99	2,99
Semillas Red Chard (250 gr)	1	9,50	9,50
	<b>Subtotal</b>		<b>97,03</b>
	<b>TOTAL</b>		<b>597,79</b>

**Tabla 6.** Coste de la mano de obra

<b>MANO DE OBRA</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (h)</b>	<b>Precio (€/h)</b>	<b>Importe (€)</b>
Peón ordinario	8	15,70	<b>125,60</b>

**Tabla 7.** Coste total del sistema

<b>COSTES TOTALES</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Importe (€)</b>
Materiales	597,79
Mano de obra	125,60
<b>TOTAL</b>	<b>723,39</b>

## 5. Conclusiones

- El precio de total de la instalación podría reducirse con la instalación de una mesa de cultivo más barata, ya que es el elemento que más encarece el proyecto (actualmente 723,39 €).
- El precio del proyecto también se vería reducido cuando se puedan aprovechar los residuos generados por el cultivo para la producción de un compost propio.
- Se podrían llegar a implantar hasta 57 mesas de cultivo, pudiendo incluso dar un abastecimiento de productos a la comunidad educativa (hasta 113 kg).
- Disminución de los efectos de la temperatura en la zona sobre la que se establecía la mesa de cultivo sobre la última planta, con el beneficio económico del ahorro energético que conlleva.
- El tratamiento 1 es el que mayor peso en fresco ha obtenido en su recolección (219,73 gr), mientras que el tratamiento 2 es el menor (69,35 gr).
- Los tratamientos 7 y 8 son los que mayor y menor capacidad de retención hídrica poseen.
- El tratamiento 1 es el que mayor cantidad de fitoquímicos posee, mientras que el tratamiento 8 es el que menor cantidad de fitoquímicos posee.
- En cuanto a contenido de iones, en nitratos y calcio destaca el tratamiento 1 (379,46 y 145,78 mg/kg respectivamente), mientras que en magnesio (1060,99 mg/kg) y potasio (10245,50 mg/kg) destacan respectivamente el tratamiento 5 y el tratamiento 2.
- El tratamiento 6 es significativamente menor en todos los iones analizados.
- En cuanto al análisis de compost, en nitratos y calcio, los valores son muy similares inicial y finalmente.
- Para magnesio, los valores iniciales son menores al inicio, destacando significativamente el resultado final del tratamiento 1.
- En cuanto al potasio los valores iniciales son mayores a los finales.
- El tratamiento 1, formado por 15 litros de fibra de coco y 15 litros de compost F (Tabla 2), es el que mejor valor agronómico posee, tanto en peso fresco como en mayores valores de fitoquímicos y contenido de iones. También posee unas características intermedias en cuanto a capacidad de retención hídrica.
- La maximización de crecimientos y rendimientos, que influye en la calidad del cultivo, debería ser uno de los objetivos que persiga la agricultura urbana, gracias a la incorporación de los compost orgánicos.

- Habría sido conveniente instalar algún elemento para controlar la lixiviación y también poder recircular el agua utilizada para evitar las pérdidas, así como algún elemento para evitar el exceso de radiación solar.

## 6. Bibliografía

- Aesan, *Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, evaluación del riesgo de la exposición de lactantes y niños de corta edad a nitratos por consumo de acelgas en España.* [en línea]. Disponible en: [http://www.aecosan.mssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/evaluacion\\_riesgos/informes\\_comite/NITRATOS\\_ACELGAS.pdf](http://www.aecosan.mssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/NITRATOS_ACELGAS.pdf)
- BALSANO, C; ALISI A. *Antioxidant effects of natural bioactive compounds.* Curr Pharm Des. 2009. Vol. 15 (26): 3063-73.
- BENAVIDES-MENDOZA, Adalberto. *Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas.* México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2002
- Base de precios de paisajismo* [web en línea]. Disponible en: <http://www.basepaisajismo.com/>
- BRAND-WILLIAMS, W; CUVELIER, M.E; BERSET C. *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity.* LWT-Food Science and Technology, 1995. Pp 25-30
- Boletín Oficial de la Región de Murcia 2018, tarifas de agua potable para el ejercicio 2018* [web en línea]. Disponible en: <https://www.cartagena.es/gestion/documentos/27743.pdf>
- BURNS, I.G., A. Lee, and A.J. Escobar Gutierrez. *Nitrate accumulation in protected lettuce.* Acta Horticulturae, 2011. 633:271-278.
- Conciencia sustentable, Abilia* [web en línea]. Disponible en: <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/10-ciudades-latinoamericanas-agricultura-urbana/>
- CONRADO H, Marta et al. *Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana.* Rev. Chil. Nutr. Santiago, 2015 Vol. 42
- EKSI, Mert et al. *Effect of substrate compost percentage on green roof vegetable production.* Urban Forestry & Urban Greening 2015. Pp 315-322
- EVERETTE J.D., BRYANT Q.M., GREEN A.M., ABBEY Y.A., WANGILA G.W. , WALKER R.B. *Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteu reagent.* J. Agric. Food Chem., 58 (2010), pp. 8139-8144
- FAO: *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Agricultura urbana* [web en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/urban-agriculture/es/>
- Fito Agrícola, tu tienda online de semillas y plaguicidas, semillas Red Chard* [web en línea]. Disponible en: <https://www.fitoagricola.net/es/tienda-online/Catalog/show/acelga-roja-rhubarb-chard-298612>
- FONTANA, E. and NICOLA, S. *Traditional and soilless culture systems to produce corn salad (Valerianella olitoria L.) and rocket salad (Eruca sativa Mill.) with low nitrate content.* J. Food Agric. Environ, 2009. 7 (2): 405-410.

- GIMENO, Eva. *Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud*. Elsevier, 2004. Pp. 9-155. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-compuestos-fenolicos-un-analisis-sus-13063508>
- IENVA, *Centro de Investigación de endocrinología y nutrición clínica, acelgas, ricas en fibra y potasio*. [web en línea]. Disponible en: <http://www.ienva.org/web/index.php/es/nutrition-news/1012-acelgas-ricas-en-fibra-y-en-potasio>
- INBAR, Y., HADAR, Y., CHEN, Y., *Recycling of cattle manure - the composting process and characterization of maturity*. J. Environ. Qual 1993. 22: 857-863
- INE, *Instituto Nacional de Estadística, Encuesta Nacional de Salud 2017* [web en línea]. Disponible en: [http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t00/mujeres\\_hombres/tablas\\_1/10/&file=d06002.px](http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t00/mujeres_hombres/tablas_1/10/&file=d06002.px)
- Jay Leaf, *Red Chard* [web en línea]. Disponible en: <http://www.jayleaf.com/products/red-chard>
- KAYHANIAN, LINDENAUER, HARDY, TCHOBNOGLOUS . En: GOLDSTEIN, editor. *The biocycle guide to the art & science of composting*. Pennsylvania: The J G Press; Inc.; 1991, p. 80-6
- Leroy Merlin [web en línea]. Disponible en: <http://www.leroymerlin.es/>
- LESTER, G. E.; JIFON, J. L. and MAKUS, D. J. *Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (Cucumis melo L.) case study*. Plant Soil 2010. 335:117-131
- MANACH, C. *Polyphenols: food sources and bioavailability*. Am J Clin Nutr, 2004. 79(5): 727-47
- MAPA, *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, bases de precios* [web en línea]. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/1\\_O-Mano%20de%20Obra\\_tcm30-149260.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/1_O-Mano%20de%20Obra_tcm30-149260.pdf)
- MARTÍNEZ-VALVERDE, I; MJ, Periago y G. Ros. *Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 2000, Pp. 5-18
- MEDA et al. *Determination of the total phenolic, flaonoid and proline contets in Burkina Fasan Honey, as well as their radical scavengig activity*. J. Agric. Food Chem., 91 (2005). Pp 571-577
- MÉNDEZ, Marlon; RAMÍREZ, Luz; ALZATE, Alejandra. *La práctica de la agricultura urbana como expresión de emergencia de nuevas ruralidades: reflexiones en torno a la evidencia empírica*. [en línea]. México, 2005. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/117/11705504/>
- MESSINA MJ, PERSKY V, SETCHELL KD, BARNES S. *Soy intake and cancer risk: a review of the in vitro and in vivo data*. Nutr Cancer 1994; 21:113-31.
- Parlamento europeo, *Economía circular* [web en línea]. Disponible en: [http://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/onomia-circular-definicion-importancia-y-beneficios](http://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios)

*Revista de la Universidad de Granada, Magnesio*. [web en línea]. Disponible en:  
<http://revistaseug.ugr.es/index.php/ars/article/view/5736>

SANTAMARIA, Pietro. *Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation*. Journal of the Science of and Agriculture 2006 86(1)

TUCKER KL, HANNAN MT, CHEN H, CUPPLES LA, WILSON PW, KIEL DP. *Potassium, magnesium, and fruit and vegetable intakes are associated with greater bone mineral density in elderly men and women*. Am J Clin Nutr. 1999; 69(4):727-736

USDA, U.S. Department of Agriculture, *National Nutrient Database for Estándar Reference* [web en línea]. Disponible en: <https://www.usda.gov/>

ZAAR, Miriam-Hermi. *Agricultura urbana: algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual* [en línea]. Barcelona, 2011. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-944.htm>

ZEHNDER, Carlos. *Sodio, potasio e hipertensión arterial*. Revista Médica Clínica Las Condes, 2010. Pp 508-515