

Comparación de los extractos fermentados de consuelda (*Symphytum officinale* L.) y borraja (*Borago officinalis* L.) y sus efectos como biofertilizantes en agricultura.

Alumna: Laura Falcón Claros

Tutores: Juan José Pinto Ganfornina y Alberto Jiménez Gómez

07/07/2015



El presente trabajo ha sido realizado en los laboratorios del Departamento de Química Analítica de la Universidad de Cádiz y en una finca privada de cultivos ecológicos, bajo la dirección conjunta del profesor D. Juan José Pinto Ganfornina y D. Alberto Jiménez Gómez (Ecoherencia SCA), reuniendo las condiciones exigidas para optar a la defensa y evaluación del Trabajo Fin de Grado para el título en Ciencias Ambientales.

Puerto Real, 7 de julio de 2015

Índice

Resumen.....	1
Abstract.....	2
1. Introducción.....	3
2. Objetivos.....	4
3. Antecedentes.....	4
3.1 ¿Qué son los fertilizantes?.....	5
3.1.1 Extractos fermentados.....	5
3.1.2 Importancia en el medio ambiente.....	5
3.2 Descripción de la familia <i>Boraginaceae</i>	7
3.2.1 Consuelda (<i>Symphytum officinale</i> L.) y Borraja (<i>Borago officinalis</i> L.).....	7
3.2.1.1 Propiedades y usos.....	8
4. Material y métodos.....	8
4.1 Elaboración de los extractos fermentados.....	8
4.2 Análisis de los extractos.....	10
4.3 Ensayo de germinación.....	15
5. Resultados y discusión.....	15
5.1 Resultados de laboratorio.....	15
5.2 Resultados de campo.....	20
6. Conclusiones.....	30
Bibliografía.....	31
ANEXOS.....	32

Resumen

Los extractos fermentados son preparados que se elaboran a partir de materia orgánica vegetal que se deja fermentar.

La borraja y la consuelda pertenecen a la familia de las boragináceas, que son plantas consideradas en nuestros campos como adventicias, la consuelda crece principalmente en el norte de la península mientras que la borraja es más predominante y se distribuye por casi toda la península ibérica. Ambas son conocidas por sus propiedades medicinales y alimenticias, pero además la consuelda es conocida como fertilizante natural.

Con objeto de comprobar si la borraja posee propiedades fertilizantes parecidas a las que se conocen de la consuelda nace este estudio. De este modo será posible disponer de un recurso más en nuestras latitudes para mejorar la producción de los cultivos y que los propios agricultores puedan elaborar a coste cero.

Para ello se han preparado extractos fermentados con ambas plantas y se han empleado para llevar a cabo ensayos de germinación con semillas de calabacín para evaluar su eficacia. Además, se ha analizado el contenido en materia orgánica y en macronutrientes en cada uno de ellos.

Se comprobó que el extracto de borraja contiene más concentración de nitrito, nitrato y fosfato, mientras que el de consuelda posee una concentración más elevada de amonio. También se comprobó que el extracto de borraja posee una concentración de materia orgánica ligeramente superior a la del extracto de consuelda.

En los ensayos de germinación se comprobó que los semilleros regados con el extracto de borraja y con agua no obtuvieron diferencias significativas entre ellos en los 20 primeros días, mientras que los semilleros regados con el extracto de consuelda tuvieron un desarrollo menor. En cuanto al poder germinativo, el extracto de borraja favorece la germinación de las semillas significativamente.

Con estos resultados, sería interesante proseguir el estudio con ensayos de productividad, ya que los resultados de laboratorio dejan ver datos interesantes, sobre todo en el extracto de borraja.

Abstract

The fermented extracts are elaborated from organic vegetable matter that is left to ferment.

The borage and the comfrey belong to the family of the Boraginaceous, which are plants considered in our fields as adventitious. The comfrey grows principally in the north of the peninsula, whereas the borage is more predominant and is distributed by almost the whole Iberian peninsula. Both are known for their medicinal and food properties. In addition, the comfrey is known as a natural fertilizer.

This study was done in order to investigate whether borage, like comfrey, possesses properties of fertilizers. This would give the opportunity to have one more resource in our latitudes to improve the production of the cultures and which is more, the farmers could elaborate it by themselves, cost free.

For this, we have prepared extracts fermented with both plants and realized tests of germination with seeds of zucchini to evaluate efficiency. In addition, the content was analyzed to find out the organic matter and macronutrients.

It was verified that the extract of borage contained more concentration of nitrite, nitrate and phosphate, whereas comfrey possessed higher concentrations of ammonium. Also it was demonstrated that the extract of borage possessed an amount of organic matter slightly superior to that of extract of comfrey.

In the tests of germination we verified that the seedbeds watered with the extract of borage and with water they did not obtain significant differences between them in the first 20 days, whereas the seedbeds watered with the extract of comfrey had a minor development. As for the germinative power, the extract of borage favors the germination of the seeds significantly.

Since the laboratory results have shown interesting information, especially in the extract of borage, it would be adequate to continue the study with tests of productivity.

1. Introducción

*“Las tierras muertas y los ríos contaminados
no pueden dar ni alimento ni agua.”*

Vandana Shiva.

La humanidad ha ido desarrollando, mediante la observación y aprendiendo de los errores, diversas estrategias, metodologías y prácticas agrícolas, estableciendo una estrecha relación con la naturaleza.

Esos conocimientos se han utilizado durante milenios para desarrollar la agricultura, pero poco a poco han ido quedando en el olvido ante el aumento de la población y el necesario aumento de la productividad agrícola, generándose una agricultura moderna con nuevas prácticas agrícolas más agresivas. Esta nueva forma de practicar la agricultura viene dada, entre otros, por el uso de la química en la agricultura, adicionándole al suelo insumos externos.

Estas prácticas generan un gran impacto medioambiental (contaminación de aguas, aumento de gases efecto invernadero, etc.). Frente a esto se hace necesario rescatar y ahondar un poco más sobre estos antiguos conocimientos totalmente empíricos para tener una visión más exacta de los mismos y así poder conservar y gestionar mejor los recursos que la tierra nos ofrece.

Es por ello, que el presente trabajo pretende aportar bases científicas a conocimientos populares, enfocados a la utilización de extractos fermentados naturales.

La consuelda es conocida popularmente por sus propiedades como biofertilizante y estimulador en la germinación de semillas, en este trabajo analizaremos mediante ensayos y análisis de laboratorio sus propiedades y las compararemos con otro extracto fermentado, el extracto de borraja, con la finalidad de tener un recurso más en nuestras latitudes.

2. Objetivos

El objetivo del presente estudio es el de comprobar si *Borago officinalis* L. posee propiedades parecidas a las que se conocen de *Symphytum officinale* L. con la finalidad de tener un recurso más en nuestras latitudes, para mejorar la producción agrícola de los cultivos mediante fertilizantes ecológicos que los propios agricultores puedan elaborar sin el uso de químicos, y a coste cero.

De este modo los objetivos específicos del presente trabajo son:

- Realizar un seguimiento sobre la composición de los extractos en cuanto al contenido en materia orgánica y macronutrientes a lo largo del tiempo.
- Evaluar el grado de germinación, desarrollo y crecimiento de semillas de calabacín belleza negra, regados con los extractos.
- Dilucidar la eficacia entre ambos extractos mediante la aplicación de diferentes estudios estadísticos.
- Comprobar si el extracto de borraja también posee propiedades para la germinación de semillas que se le atribuyen popularmente al extracto de consuelda.

3. Antecedentes

Este trabajo pretende aportar un granito de arena a la labor de investigación que lleva a cabo la cooperativa andaluza Ecoherencia sobre plantas multifuncionales (PlaM).

Las plantas multifuncionales son aquellas adaptadas a un tipo de clima ya sean ornamentales, cultivadas o silvestres, de las que podemos obtener diversos beneficios, desde propiedades medicinales, alimenticias, hasta propiedades que sirvan de apoyo a otras plantas de nuestro huerto o incluso como bioindicadoras [1].

Las propiedades de estas plantas se conocen desde la antigüedad, empleándose como alimentos y como medicina natural para curar distintas dolencias durante siglos. Todos estos conocimientos y diversos usos se han ido propagando a través de distintas culturas. Estos conocimientos totalmente empíricos poco a poco se fueron aplicando también a la agricultura, cuando se descubrió la posibilidad de mejorar el crecimiento de las plantas cultivadas adicionando ciertos materiales [2].

Existen entre 27.000 y 65.000 especies de plantas comestibles, pero la mayoría de la población consume en su dieta unas 30 especies vegetales diferentes [3]. Esta falta de diversidad de especies vegetales con las que nos alimentamos unido al aumento de la población mundial, ha tenido como consecuencia que la demanda en la producción de alimento se haya incrementado, haciendo necesario aumentar la productividad en los cultivos. Al objeto de satisfacer dicha demanda comenzaron a desarrollarse los fertilizantes inorgánicos, productos que tienen un impacto económico y medioambiental elevado. Es por ello que este estudio se centrará en otra forma de devolver a los suelos sus nutrientes sin el uso de inorgánicos, con el uso de fertilizantes creados a partir de un par de plantas multifuncionales, la Consuelda (*Symphytum officinale* L.) y la Borraja (*Borago officinalis* L.).

3.1 ¿Qué son los fertilizantes?

Los fertilizantes son sustancias que aportan nutrientes a un cultivo y aumentan la disponibilidad de los mismos para las plantas.

Aunque generalmente asociamos el término de fertilizante a los productos químicos que aportan uno o varios macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), este término engloba a todas las sustancias (de origen sintético o natural) que aparte de proporcionar uno o varios de esos macronutrientes aporten también otros elementos nutritivos [4].

En este caso nos centraremos en fertilizantes naturales, creados a partir de materia vegetal, los extractos fermentados.

3.1.1 Extractos fermentados

Los extractos vegetales fermentados son preparados que se obtienen a partir de la fermentación de materia vegetal con agua, obteniendo así las propiedades de la materia vegetal que se deja fermentar [5]. Actúan en el huerto no sólo con las propiedades de las plantas que se dejan fermentar, sino también mediante la acción de las bacterias y de las enzimas.

3.1.2 Importancia en el medio ambiente

El incremento de la población mundial ha tenido como consecuencia que se tenga que incrementar la productividad de los cultivos para generar más alimentos, fibras, etc... para eso es necesario que el suelo de cultivo esté en unas condiciones físicas, químicas y biológicas óptimas [2]. Esto se ha conseguido mediante la industrialización de la

agricultura, con maquinarias y otros mecanismos de producción como son los fertilizantes que ayudan a renovar la fertilidad de la tierra.

Debido a la explotación masiva de los terrenos agrícolas, se ha originado una pérdida de la calidad del suelo, a la propia naturaleza no le da tiempo de reponer los nutrientes consumidos. Es por ello que se utilizan los fertilizantes, para conseguir una buena producción.

Las plantas necesitan unos 16 elementos nutritivos, principalmente carbono, hidrógeno y oxígeno y 13 elementos que se clasifican como:

- Macronutrientes (N, P, K) que son los que consumen en elevadas cantidades.
- Nutrientes secundarios (Ca, S y Mg) que son consumidos en menor cantidad.
- Micronutrientes que los consumen en cantidades mínimas (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn).

Los macronutrientes son los elementos nutritivos implicados en el buen desarrollo de las plantas, por lo que están relacionados directamente con la productividad de los cultivos, es por ello que los fertilizantes químicos están constituidos de N, P, K básicamente [2].

Los fertilizantes suponen dentro de la agricultura una de las mayores fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, es por ello que la fertilización debe realizarse de manera racional, debe adaptarse a las necesidades del suelo y del cultivo. Los fertilizantes sintéticos son poco eficientes, ya que las plantas asimilan poca concentración y el resto acaba dispersándose por los ecosistemas [6] provocando otros daños medioambientales como la contaminación de las aguas que se produce cuando se añade más fertilizante del que un cultivo es capaz de absorber y asimilar [2].

Los fertilizantes químicos además tienen elevados costes de producción y el proceso de elaboración de los mismos también genera un gran impacto ambiental. En cambio la elaboración de fertilizantes naturales no provoca grandes impactos, ya que se utilizan recursos que van a ser desechados (como “malas hierbas”) y el coste de elaboración de los mismos es escaso o inexistente en algunos casos, lo que los hace más accesibles para los agricultores, más sanos y más respetuosos con el ecosistema. Pero estos fertilizantes naturales tienen como principal inconveniente que en la mayoría de las ocasiones se desconoce la concentración en macronutrientes que contienen, ya que son de

elaboración casera, y por tanto su aplicación es imprecisa, pudiendo provocar daños por exceso de fertilización en los cultivos y por consiguiente, daños medioambientales.

3.2 Descripción de la familia *Boraginaceae*

La familia *Boraginaceae* comprende 150 géneros y 2700 especies. Son plantas herbáceas o de porte arbustivo en algunos géneros, sus hojas están dispuestas de forma alterna generalmente y formando una roseta en la parte inferior. La flor de estas plantas está formada por un cáliz gamosépalo de 5 sépalos, a veces separados hasta la base, la corola es gamopétala formada por 5 pétalos. En cuanto a la distribución, se puede decir que son plantas casi cosmopolitas [7].

3.2.1 Consuelda (*Symphytum officinale* L.) y Borraja (*Borago officinalis* L.)

- Consuelda (*Symphytum officinale* L.), es una hierba de unos 10-50 cm de altura, con tallos simples, a veces un poco ramificados. La inflorescencia es ramificada y la corola suele ser rosa o violeta con tonalidades blancas, como se muestra en la figura 1. Se encuentra en casi toda Europa, distribuyéndose en la península ibérica por el centro, norte y este de la misma, como se muestra en el mapa 1 del anexo [7].



Figura 1. Consuelda (Autor: Guillermo García-Saúco Sánchez)

- Borraja (*Borago officinalis* L.), es una hierba de unos 30-70 cm de altura y, al igual que la consuelda, posee tallos simples o escasamente ramificados. Su inflorescencia es ramificada con corola violeta o rosada y alguna vez blanca (aunque esta última es rara de encontrar), como se muestra en la figura 2. Es una planta común en casi toda la península ibérica excepto en el centro como se recoge en el mapa 2 del anexo [7].



Figura 2. Borraja (Autor: Guillermo García-Saúco Sánchez)

3.2.1.1 Propiedades y usos

La consuelda es popularmente conocida por sus propiedades medicinales, destacando por sus propiedades astringentes. Esta propiedad se le atribuye a su raíz rica en alantoína y taninos lo cual favorece la cicatrización, además es conocida por su capacidad de aliviar la irritación y la inflamación reduciendo así el dolor. Para conseguir estas propiedades se machaca la raíz o la hoja fresca y se aplica en forma de emplasto sobre la zona afectada [8].

La borraja en cambio es conocida por sus propiedades culinarias, siendo muy conocida en Aragón, dando lugar a un plato denominado crespillos [9]. Se caracteriza por ser rica en vitaminas y minerales. También cabe destacar las propiedades en infusión de sus flores como agente antipirético [8].

4. Material y métodos

4.1 Elaboración de los extractos fermentados

El material vegetal empleado para los extractos han sido la Consuelda (*S. officinale*) y la Borraja (*B. officinalis*). Las hojas de Borraja se obtuvieron de una finca situada en Puerto Real, mientras que las de Consuelda fueron cedidas por la propietaria de una finca en Jerez de la Frontera, ambas parcelas dedicadas al cultivo ecológico. La recolección de las mismas se hizo durante el período de crecimiento de las plantas, ya que las plantas jóvenes aún no han desarrollado todos los constituyentes químicos y durante la floración éstos se concentran en la generación de flores y semillas.

Para el secado de las mismas, éstas se agruparon en pequeños haces que se colgaron en una zona sin sol directo y con buena aireación, como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Proceso de secado.

Una vez obtenidas las hojas secas se procedió a la elaboración de los extractos. Para ello se depositaron las hojas en recipientes altos, opacos y con amplitud, lo que permite una buena aireación de la mezcla, y al mismo tiempo evita que la luz reaccione degradando sus constituyentes químicos. En este estudio se han empleado 50 gramos de hojas secas en 5 litros de agua.

La mezcla de agua/hojas se ha dejado fermentar en un lugar oscuro y fresco, ya que la temperatura regula el proceso de fermentación, y la luz puede degradar algunos componentes. Esta mezcla se ha removido dos veces al día, una vez por la mañana y otra por la tarde, al objeto de obtener un preparado más homogéneo y a la vez controlar el proceso de fermentación. Ésta habrá finalizado cuando deje de observarse el tapiz de burbujas homogéneas en el preparado. En este caso el proceso ha durado 10 días, aunque este tiempo puede variar en función de la temperatura ambiente. Una vez concluida la fermentación se filtra y se procede a su envasado, utilizando recipientes de plástico opacos que se conservan en lugares frescos y oscuros. La figura 4 muestra el proceso de elaboración de los extractos.



Figura 4. Elaboración de los extractos.

4.2 Análisis de los extractos

Los análisis que se han realizado para los extractos se pueden dividir en tres bloques:

- Análisis de la dureza del agua con la que se han realizado,
- Análisis de la materia orgánica que contienen,
- Análisis de los macronutrientes a lo largo del tiempo.

A continuación se detallan la importancia de cada uno de ellos y el procedimiento utilizado para su cuantificación.

- Dureza del agua

La dureza del agua puede definirse como la cantidad de sustancias minerales que existen en un determinado volumen de agua. En este sentido, conocer la dureza del agua con la que se van a preparar los extractos fermentados tiene una gran importancia, ya que con aguas duras o muy duras se puede producir la precipitación de algunos de sus componentes como por ejemplo el fosfato debido a las proporciones de Ca^{2+} y Mg^{2+} .

Para su determinación se emplea el método de valoración complexométrica utilizando el ácido etilendiaminotetraacético (AEDT) como valorante.

Este método se basa en la formación de complejos del AEDT con los iones calcio y magnesio en medio básico (pH 10) empleando Negro de Eriocromo T (NET) como indicador. Para mantener el pH de la muestra en las condiciones óptimas durante el proceso es necesario adicionar una disolución reguladora $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$. El punto final de la valoración se obtiene cuando se observa el cambio de color rosa a azul.

El valor final de la dureza del agua viene dado por el volumen gastado de la disolución de AEDT, conforme a la siguiente fórmula:

$$25 \times M = V_{\text{valorante gastado}} \times M_{(\text{Na}_2\text{AEDT})}$$

La dureza del agua se puede expresar en diferentes unidades, según si se usan grados franceses, alemanes, ingleses o americanos. La unidad más usada han sido los grados franceses, pero poco a poco todas esas medidas se han ido estandarizando y lo más común y utilizado en este caso es expresar la dureza en mg/L de carbonato cálcico.

-Análisis de materia orgánica

La materia orgánica favorece el intercambio iónico en el suelo, por tanto, regula la disponibilidad de los macronutrientes para las plantas.

Para llevar a cabo la evaluación del contenido en materia orgánica de ambos extractos se ha empleado un analizador de carbono total. En este instrumento, las medidas se realizan mediante la combustión a elevada temperatura y en presencia de una corriente de oxígeno puro del contenido de carbono de la muestra para formar dióxido de carbono que se mide por un detector de infrarrojos.

El contenido de materia orgánica en la muestra se cuantifica por diferencia entre el contenido de carbono total, y el de carbono inorgánico. Este último, es medido haciendo reaccionar la muestra previamente con ácido fosfórico.

-Análisis de macronutrientes

Los nutrientes que se han analizado han sido: Amonio (NH_4^+), Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-) y Fosfatos (PO_4^{3-}). La metodología empleada para dichos análisis ha sido la

espectrofotometría de absorción molecular UV/visible utilizando el método de la adición patrón.

La espectrofotometría de absorción molecular UV/visible es una técnica analítica que se basa en determinar la concentración de un determinado compuesto de una muestra en disolución, debido a su capacidad para absorber la radiación electromagnética a una determinada longitud de onda. En la mayoría de las ocasiones se suelen adicionar uno o varios reactivos a la muestra para que reaccionen con el analito y formen un compuesto habitualmente coloreado. Para cuantificarlo se emplea la Ley de Beer, que indica que la cantidad de radiación que absorben las moléculas está relacionada de forma lineal con la concentración [11].

El método de la adición patrón se utiliza cuando la muestra presenta efecto matriz, es decir, ésta puede provocar interferencias en la medida. Existen diversas formas de llevarla a cabo, pero la más habitual consiste en adicionar distintos volúmenes de una disolución patrón de analito de concentración perfectamente conocida a volúmenes idénticos de la muestra, y tras las medidas se obtiene por extrapolación la concentración de éste.

Los agricultores normalmente elaboran grandes cantidades de extractos, los guardan y los van utilizando según las necesidades del huerto en cada época. Con objeto de saber si las concentraciones de nutrientes se mantienen a lo largo del tiempo o por el contrario sufren transformaciones, se han realizado las medidas de los nutrientes semanalmente a lo largo de un mes.

Amonio

Para el análisis de amonio se han adicionado tres disoluciones distintas, una disolución de fenol disuelto en etanol, otra de nitroprusiato sódico y una última que es la disolución oxidante compuesta de citrato sódico, sosa e hipoclorito sódico. Tras la adición de todas estas disoluciones a las muestras se obtiene un producto final coloreado de azul.

La disolución patrón empleada para la realización de las distintas adiciones ha sido de 1 mg/L.

Para llevar a cabo los análisis fue necesario emplear volúmenes diferentes de cada uno de los extractos (0,1 mL de extracto de consuelda y 1 mL de extracto de borraja), ya que se comprobó que la consuelda tenía una concentración muy elevada que superaba el límite de linealidad del espectrofotómetro.

Una vez adicionados los reactivos, se dejaban reaccionar durante una hora para que se desarrollase el color y se medía la absorbancia a una longitud de onda de 640 nm.

Nitritos

Al igual que para el amonio los nitritos también tienen que formar un compuesto coloreado para poder ser medidos por espectrofotometría, en este caso de color rosa.

Para ello se ha necesitado una disolución de sulfanilamida, y otra disolución de clorhidrato de N-1-naftil-etilendiamina.

La disolución patrón empleada para las adiciones ha sido también de 1 mg/L. En este caso el volumen de muestra tomado fue el mismo para ambos extractos, 10 mL.

Una vez realizadas las distintas adiciones de la disolución patrón, se adicionaba la disolución de sulfanilamida y se dejaba reaccionar durante 5 minutos. Posteriormente se añadía la disolución de clorhidrato N-1-naftil-etilendiamina y se dejaba reaccionar durante 10 minutos antes de medir la absorbancia a una longitud de onda de 543 nm.

Nitratos

La determinación espectrofotométrica de los nitratos se basa en la reducción previa de los nitratos a nitritos y su posterior medida como en el caso anterior. En esta ocasión, se ha empleado la técnica de análisis por inyección en flujo (FIA) para cuantificarlos. Se trata de un método automatizado de análisis en el que tanto la muestra como los reactivos circulan por tubos muy finos impulsados por una bomba peristáltica. En un determinado punto la muestra se inyecta sobre la corriente que transporta los reactivos y se mezcla con éstos dando lugar a la formación del compuesto deseado que se mide en el detector. En nuestro caso, consiste en hacer pasar un volumen de muestra determinado por una columna de cadmio (para reducir los nitratos a nitritos) y

posteriormente mezclar ese volumen de muestra con los diferentes reactivos, para ser medidos en el espectrofotómetro.

Para reducir los nitratos a nitritos se necesita una columna de cadmio. Éste se lavó previamente con ácido clorhídrico y con sulfato de cobre hasta que apareció un precipitado coloidal, se enjuagó varias veces con agua milliQ y se rellenó la columna con el cadmio ya preparado.

Las disoluciones empleadas en este caso para reaccionar con las muestras han sido, una disolución de cloruro amónico y AEDT- Na_2 (R1), otra de sulfanilamina y ácido clorhídrico (R2) y una tercera de N-1-naftil-etilendiamina (R3).

El patrón madre empleado para las adiciones ha sido en este caso de 10 mg/L, y el volumen de muestra empleado ha sido el mismo que para los nitritos, 10 mL.

El análisis se ha realizado inyectando los reactivos (R1, R2, R3) y las distintas muestras en una corriente continua haciéndolas pasar por la columna de cadmio. Posteriormente esa corriente en continuo llega al espectrofotómetro donde se mide la absorbancia a una longitud de onda de 543 nm.

Hay que recordar que este método mide los nitritos totales, los que contiene inicialmente la muestra más los que se obtienen por la reducción de nitratos. Por tanto, la concentración de nitritos de la muestra se obtendrá por diferencia entre los obtenidos por este método y los correspondientes al ensayo anterior.

Fosfatos

Para el caso de los fosfatos se ha empleado una disolución principal compuesta por una mezcla de disolución de ácido sulfúrico, otra de molibdato amónico, una tercera de ácido ascórbico y una última de emético (tartrato doble de antimonio y potasio).

Las adiciones se han realizado con un patrón de 1 mg/L, y el volumen de muestra tomado ha sido el mismo para ambos extractos, 1 mL. En el caso de los fosfatos se han tenido que modificar las adiciones ya que la muestra evolucionó de forma que la concentración sobrepasaba el límite de linealidad del espectrofotómetro.

Una vez realizadas las adiciones, la mezcla queda coloreada de azul y se mide la absorbancia a una longitud de onda de 690 nm.

4.3 Ensayo de germinación

El ensayo de germinación se ha realizado con semillas ecológicas de Calabacín belleza negra, proporcionadas por Ecoherencia.

Para llevar a cabo estos ensayos se ha empleado un diseño experimental de bloques realizado completamente al azar. Para ello se han utilizado tres semilleros de 10 casilleros para cada ensayo, teniendo en total tres réplicas de 10 tanto para el control, como para los extractos de consuelda y de borraja.

El riego de los semilleros se ha realizado diluyendo los extractos al 20%, regando diariamente, mientras que el control se ha regado sólo con agua.

El principal parámetro estudiado en los ensayos de germinación ha sido la contabilización de plantas nacidas por días. También se han realizado medidas a los 10, 15 y 20 días después de la siembra de la altura de las plántulas, la anchura y la longitud de las primeras hojas verdaderas, para controlar el crecimiento de las plantas según con qué tratamiento se regasen.

Todos estos datos han sido tratados mediante un análisis de la varianza (ANOVA) que se ha realizado con el programa estadístico SPSS statistics.

5. Resultados y discusión

5.1 Resultados de laboratorio

- Dureza del agua

El resultado obtenido del análisis de la dureza del agua ha sido de 132,8 mg/L de CaCO₃.

En este sentido, de acuerdo con los valores que se muestran en la tabla 1, podemos afirmar que el agua con la que se han preparado ambos extractos es semidura.

Tipo de agua	ppm CaCO₃
Muy blanda	0 – 15
Blanda	16 – 75
Semidura	76 – 150
Dura	151 – 300
Muy dura	> 300

Tabla 1: Clasificación de las aguas según su dureza

- Contenido en Materia Orgánica

Como se mencionó anteriormente, la medida del contenido de carbono orgánico se obtiene por diferencia entre el contenido de carbono total en la muestra y el correspondiente al carbono inorgánico. Así, en la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos tras el análisis de ambos extractos. En este momento hay que indicar que las muestras necesitaron ser diluidas 25 veces antes de su medida. Por tanto, la concentración real de materia orgánica en los extractos ha de multiplicarse por 25. De este modo, se obtuvo un valor de 130,75 mg/L para el extracto de consuelda y de 175,5 mg/L para el extracto de borraja.

Como puede verse, el extracto de borraja presenta una concentración ligeramente superior que la que tiene el extracto de consuelda. Esta materia orgánica permite el intercambio iónico en el suelo, haciendo que los nutrientes estén disponibles para las plantas favoreciendo el desarrollo de las mismas.

Extracto	Carbono Total	Carbono Inorgánico	Carbono orgánico total
Consuelda	11,72mg/L ± 75,57µg/L	6,49mg/L ± 81,09µg/L	5,23mg/L
Borraja	14,53mg/L ± 48,90µg/L	7,51mg/L ± 82,56µg/L	7,02mg/L

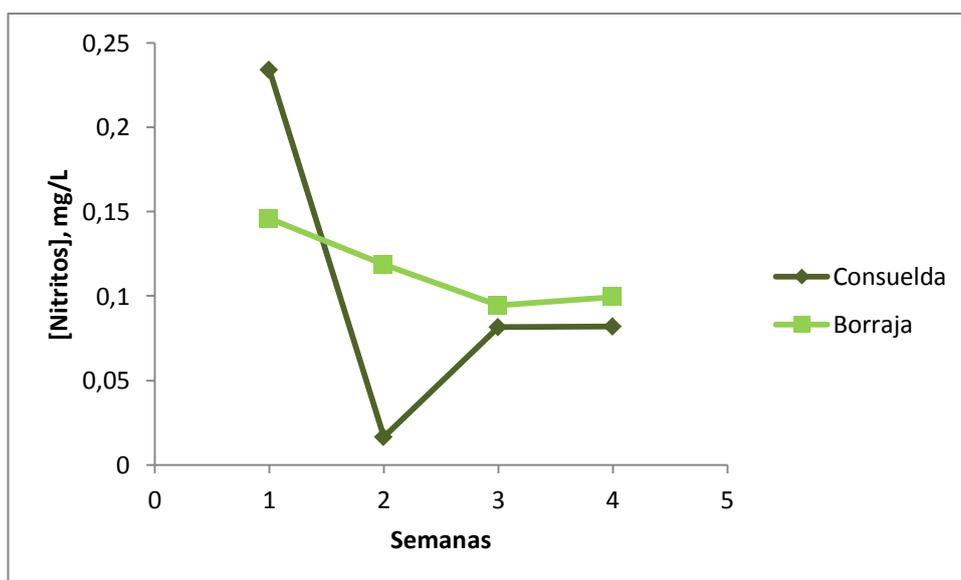
Tabla 2: Contenido de materia orgánica

-Análisis de Macronutrientes

Los resultados obtenidos en los análisis de los macronutrientes se muestran a continuación en las siguientes gráficas, en las que queda representada la evolución de las concentraciones de los diferentes macronutrientes durante un mes.

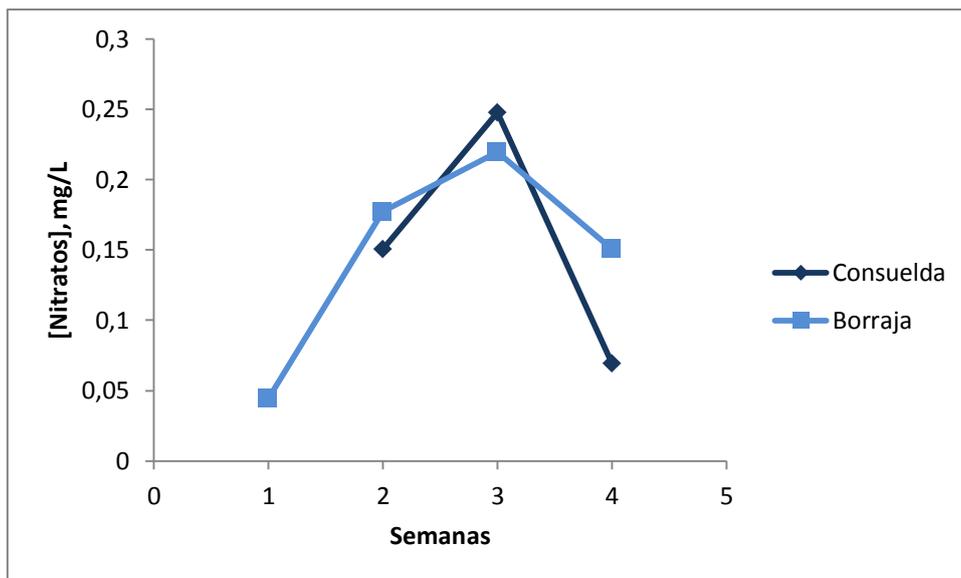
El nitrógeno es un nutriente implicado en el crecimiento de las plantas, ya que éste está implicado en la reproducción celular. Se puede encontrar como nitrato, nitrito y amonio. Las plantas asimilan el nitrógeno en su forma nítrica, mientras que su forma amoniacal se queda retenida en el complejo edáfico, formando parte de la reserva del suelo, este amonio se puede hacer asimilable mediante la acción de las bacterias.

La gráfica 1 muestra el contenido de nitritos en ambos extractos a lo largo de un mes. Como puede verse, en ambos casos se produce un descenso progresivo de su concentración hasta la tercera semana, permaneciendo prácticamente constante las dos últimas semanas en las que se tomaron medidas. Este comportamiento se puede explicar mediante la acción bacteriana, que transforma este nitrógeno en forma de nitrito en otro compuesto con otro estado de oxidación, comportamiento que se explica más adelante, viendo el comportamiento de los demás compuestos nitrogenados.



Gráfica 1. Evolución de la concentración de Nitritos.

La gráfica 2 muestra la evolución de los nitratos para ambos extractos. En ésta se observa un aumento progresivo en su concentración hasta la tercera semana, en la que alcanzan su valor máximo y luego un descenso de la misma en la última medida realizada. Dicha pérdida de concentración es más acusada en el caso del extracto de consuelda. Este comportamiento puede explicarse por la conversión de nitritos a nitratos como consecuencia de la acción bacteriana unida a la presencia de oxígeno atmosférico.

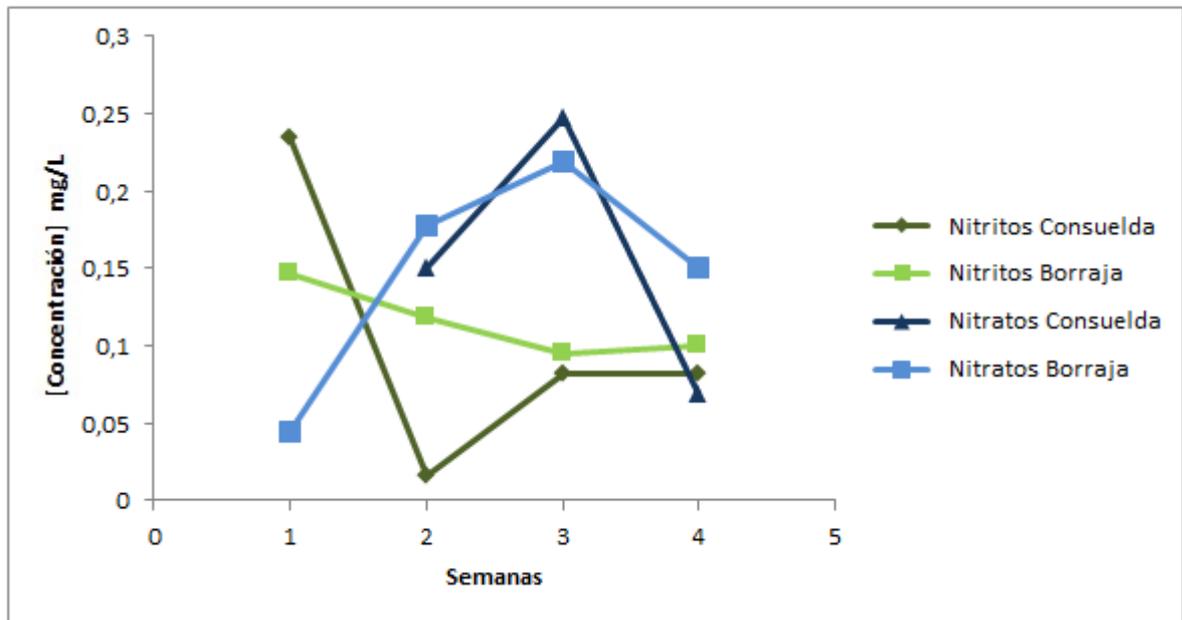


Gráfica 2. Variación temporal de la concentración de nitratos.

Los nitritos deben ser oxidados a nitratos mediante la acción de las bacterias para ser asimilados, por lo que el comportamiento de los nitritos y nitratos se puede explicar conjuntamente.

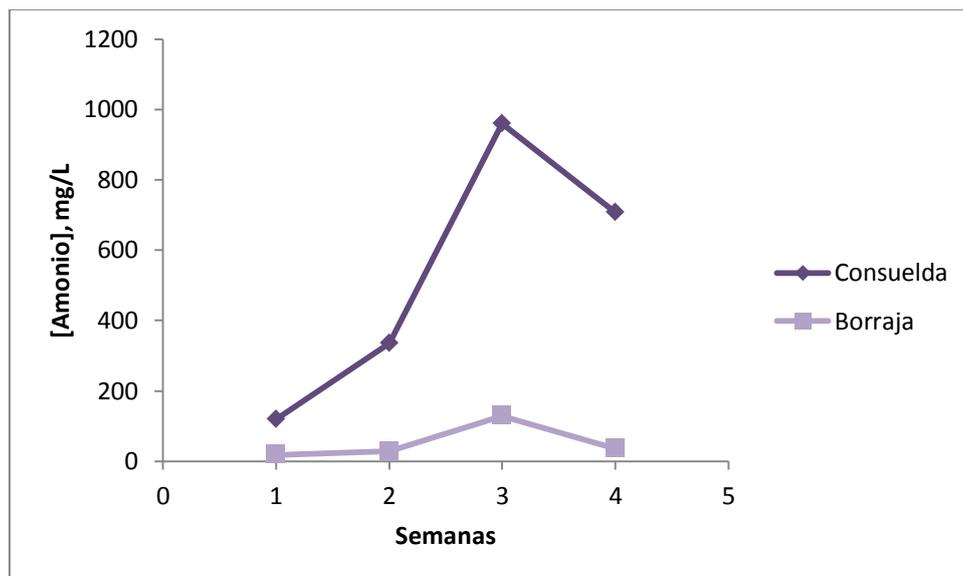
Como puede verse en la gráfica 3, el comportamiento de estas especies nitrogenadas es el inverso, es decir, a medida que transcurre el tiempo se produce la conversión de nitritos a nitratos. Este comportamiento puede explicarse como consecuencia de la oxidación progresiva de nitritos a nitratos, debida a la acción bacteriana así como a la oxidación. Ésta última como consecuencia de la necesidad de abrir los recipientes que contenían los extractos cada vez que se iban a analizar.

Se puede observar también que el extracto de borraja presenta una concentración tanto de nitratos como de nitritos ligeramente superior a la del extracto de consuelda.



Gráfica 3. Evolución de nitritos y nitratos.

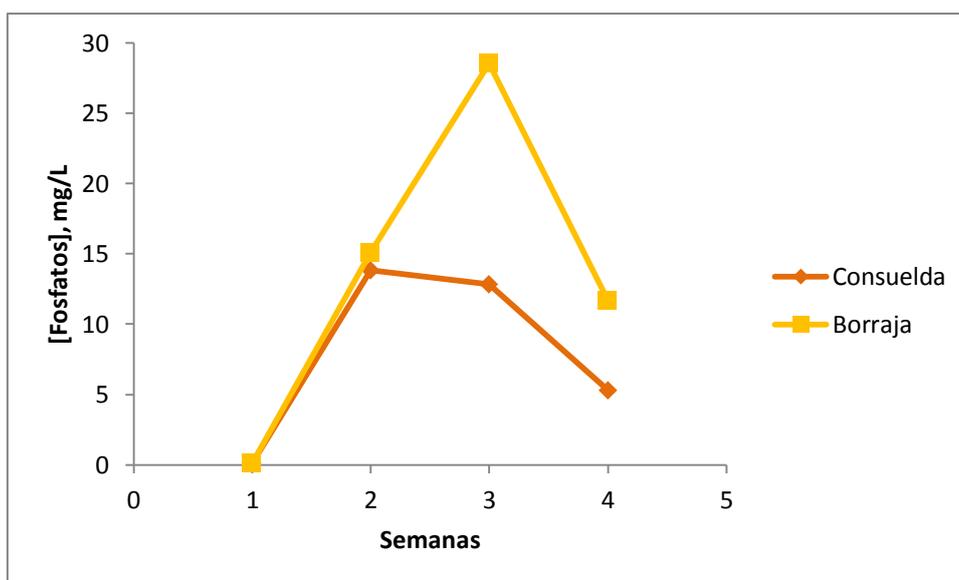
Como se ha dicho anteriormente, el amonio no es asimilable por las plantas y forma parte de la reserva del suelo. Los resultados obtenidos, como pueden verse en la gráfica 4, indican que el contenido de amonio en ambos extractos es muy elevado, siendo especialmente alto en el extracto de consueda. Anteriormente, se ha visto que el extracto de consueda tiene poca concentración de nitritos y nitratos, ahora puede verse que el nitrógeno en dicho extracto predomina en su forma amoniacal.



Gráfica 4. Evolución de la concentración de amonio en los extractos.

En la gráfica 5 se muestra el contenido en fosfatos. El fósforo es esencial para la formación de compuestos celulares ricos en energía (ATP), siendo fundamental para el metabolismo de la planta, favoreciendo su maduración y estimulando el crecimiento de las raíces.

Como puede verse en la gráfica, el contenido de fosfatos va en aumento hasta que se produce un descenso en la cuarta semana, más acusado en el caso del extracto de borraja. En ensayos anteriores se comprobó que el agua con la que se han preparado los extractos era semidura, por lo que contendrá una concentración elevada en iones calcio y magnesio. Este hecho puede provocar que el fosfato se una a dichos iones pudiendo precipitar en forma de fosfatos cálcicos y magnésicos, lo que hace que éstos dejen de estar disponibles. Este comportamiento se observa ya en la tercera semana para el caso del extracto de consuelda.



Gráfica 5. Evolución del contenido en fosfatos para los extractos.

5.2 Resultados de campo

- Resultados

En la tabla 3 se muestra la altura (en cm) de las plantas a los diez días para cada uno de los tratamientos ensayados (control, extracto de consuelda y extracto de borraja):

Control						Consuelda						Borraja					
1	5	1	6	1	4,7	1	4,5	1	4,4	1	6,5	1	6	1	7,5	1	14
2	5,2	2	6	2	2	2	3	2	3,8	2	17	2	7,4	2	7,5	2	N
3	6	3	6	3	12,5	3	3	3	3	3	15,8	3	6,1	3	7,3	3	16,2
4	6	4	5,2	4	N	4	2,8	4	N	4	16	4	4,2	4	N	4	14,4
5	5,5	5	6	5	N	5	3,5	5	N	5	17,9	5	5	5	7,1	5	16,2
6	6,1	6	5,9	6	N	6	4,5	6	4,5	6	13,5	6	7,5	6	6,5	6	12,6
7	5	7	5	7	N	7	4,5	7	N	7	14,7	7	7,5	7	5,7	7	14,7
8	6	8	4,8	8	N	8	3,6	8	N	8	12,2	8	N	8	7	8	15,7
9	5,8	9	5	9	N	9	N	9	3	9	18,6	9	6	9	4,8	9	N
10	6	10	5,7	10	N	10	3,5	10	N	10	17	10	5,9	10	5,2	10	14

Tabla 3. Altura de las plantas a los 10 días.

En las tablas 4 a 6 se muestran los datos obtenidos para la altura de la planta, el largo de las hojas verdaderas y su ancho a los 15 días. En las tablas 5 y 6 no se muestran datos en la tercera réplica porque éstas aún no habían desarrollado sus hojas verdaderas.

Control						Consuelda						Borraja					
1	7	1	11,6	1	14,4	1	6	1	6,5	1	17,7	1	10,5	1	11,5	1	14,4
2	10	2	12	2	12	2	4,5	2	10,5	2	19,7	2	17,5	2	13,5	2	5,7
3	13	3	9,6	3	13	3	5	3	9,5	3	17,2	3	16,8	3	9	3	16
4	9,2	4	12,5	4	2,8	4	3	4	10	4	15	4	16	4	N	4	15,6
5	14	5	11	5	N	5	3	5	7	5	18,5	5	15	5	14	5	13,6
6	9	6	5,5	6	N	6	5,5	6	8,5	6	19,2	6	11,5	6	11,5	6	18
7	10,5	7	12	7	N	7	N	7	5	7	17	7	14	7	14,6	7	15,6
8	8,5	8	9	8	N	8	N	8	5,5	8	15,6	8	N	8	13,8	8	17,3
9	11,3	9	10	9	N	9	9	9	N	9	16	9	14,2	9	12	9	N
10	9,5	10	5,5	10	N	10	N	10	8	10	10	10	10,8	10	12	10	17

Tabla 4. Altura a los 15 días

Control						Consuelda						Borraja					
1	3,9	1	3,2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2,2	1	4	1	0
2	1	2	3,5	2	0	2	0	2	0	2	0	2	4,7	2	4	2	0
3	4	3	3,4	3	0	3	0	3	1	3	0	3	2,2	3	3,5	3	0
4	3,8	4	0	4	0	4	0	4	3	4	0	4	3	4	0	4	0
5	2,1	5	2	5	0	5	2	5	3	5	0	5	3,8	5	4,2	5	0
6	3	6	3,5	6	0	6	0	6	3,5	6	0	6	4,8	6	3,6	6	0
7	2,4	7	3	7	0	7	0	7	0	7	0	7	4	7	4	7	0
8	4	8	3,8	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	4,1	8	0
9	4	9	2	9	0	9	1,2	9	0	9	0	9	4,7	9	3	9	0
10	2	10	2,5	10	0	10	3,5	10	3,6	10	0	10	3,6	10	4	10	0

Tabla 5. Largo hojas a los 15 días

Control						Consuelda						Borraja					
1	4,5	1	3,4	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2	1	2,5	1	0
2	2	2	4,6	2	0	2	0	2	0	2	0	2	4,1	2	4	2	0
3	4,5	3	4,5	3	0	3	0	3	1	3	0	3	2	3	3,8	3	0
4	4	4	1,1	4	0	4	0	4	4	4	0	4	2,2	4	0	4	0
5	3,5	5	2	5	0	5	1	5	4	5	0	5	4,1	5	4,5	5	0
6	3,5	6	3,2	6	0	6	0	6	3	6	0	6	5,5	6	5,6	6	0
7	3,2	7	2,5	7	0	7	0	7	0	7	0	7	4	7	4,1	7	0
8	4	8	4,2	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	4,1	8	0
9	4,5	9	2,8	9	0	9	1,2	9	0	9	0	9	5,5	9	3,5	9	0
10	2	10	2	10	0	10	3,5	10	3,5	10	0	10	4,7	10	5,5	10	0

Tabla 6. Ancho hojas a los 15 días

En las tablas 7 a 9 se muestran los datos obtenidos a los 20 días, y del mismo modo que se mostró en los resultados anteriores, en el largo y ancho de las hojas para la tercera réplica no aparecen datos porque aún seguían sin desarrollarse las hojas.

Control						Consuelda						Borraja					
1	15,6	1	14,5	1	13	1	5	1	7	1	9,1	1	12,7	1	15,5	1	15
2	11	2	15,5	2	5,5	2	5,2	2	11,5	2	16,1	2	17	2	17,2	2	1
3	14,2	3	15,5	3	13,5	3	2,8	3	8,5	3	14	3	11,7	3	13,4	3	18
4	15,4	4	8,8	4	12	4	4,4	4	14,2	4	18,5	4	9,8	4	N	4	15,6
5	13,8	5	9	5	1,5	5	8,5	5	12,6	5	19	5	12,7	5	15	5	17,5
6	14	6	12,5	6	1	6	N	6	10,8	6	18,4	6	20	6	19	6	11,8
7	13,2	7	14,2	7	N	7	6,7	7	5,3	7	13,6	7	16,5	7	16	7	16,1
8	13,8	8	12,5	8	N	8	7,8	8	6,5	8	19,5	8	N	8	15	8	16
9	16	9	11	9	N	9	7,6	9	7,5	9	19,2	9	16,5	9	12,2	9	16,1
10	10,8	10	9,5	10	N	10	13,8	10	12,7	10	19	10	14,2	10	14,5	10	14

Tabla 7. Altura de las plantas a los 20 días.

Control						Consuelda						Borraja					
1ª - 2ª			1ª - 2ª			1ª - 2ª			1ª - 2ª			1ª - 2ª hoja			1ª - 2ª hoja		
1	4,9-1,5	1	4-0	1	0	1	0-0	1	1-0	1	0	1	2,7-0	1	4,6-0	1	0
2	2,5-0,6	2	4-0	2	0	2	0-0	2	0-0	2	0	2	5-0	2	4,5-0	2	0
3	4,5-0	3	4-1,1	3	0	3	0-0	3	1,5-0	3	0	3	2,8-0	3	4-0	3	0
4	4,3-0,9	4	2,5-0	4	0	4	0-0	4	3,7-0	4	0	4	3,3-0	4	0-0	4	0
5	3,8-0	5	2,8-0	5	0	5	2,6-0	5	3,8-0	5	0	5	4,2-0	5	4,8-1,2	5	0
6	3,7-0	6	4,2-0	6	0	6	0-0	6	3,9-0	6	0	6	6-0	6	4,3-1	6	0
7	3,6-0	7	3,7-0	7	0	7	0,9-0	7	0-0	7	0	7	4,6-0	7	4,6-0,9	7	0
8	4,5-0,8	8	4,1-0	8	0	8	0-0	8	0-0	8	0	8	0-0	8	4,7-0	8	0
9	4,5-1,1	9	3,2-0	9	0	9	1,9-0	9	1,2-0	9	0	9	5-0	9	3,9-0	9	0
10	2,9-0	10	2,6-0	10	0	10	4,1-0,8	10	4-0	10	0	10	4,2-0	10	5-0	10	0

Tabla 8. Largo de las hojas a los 20 días.

Control						Consuelda						Borraja					
1ª - 2ª			1ª - 2ª			1ª - 2ª			1ª - 2ª			1ª - 2ª			1ª - 2ª		
1	5-1,5	1	4-0	1	0	1	0-0	1	0,9-0	1	0	1	2,9-0	1	3,9-0	1	0
2	2,7-0,6	2	5-0	2	0	2	0-0	2	0-0	2	0	2	5,5-0	2	4,2-0	2	0
3	5-0	3	5,1-1,3	3	0	3	0-0	3	1,8-0	3	0	3	2,9-0	3	4,2-0	3	0
4	5-0,6	4	2,2-0	4	0	4	0-0	4	4,5-0	4	0	4	3-0	4	0-0	4	0
5	4-0	5	3-0	5	0	5	2,5-0	5	4,7-0	5	0	5	4,5-0	5	5,6-1	5	0
6	4-0	6	4-0	6	0	6	0-0	6	3,1-0	6	0	6	6,1-0	6	5,9-0,6	6	0
7	3,9-0	7	3,5-0	7	0	7	1,1-0	7	0-0	7	0	7	4,7-0	7	5-0,5	7	0
8	5-0,7	8	4,4-0	8	0	8	0-0	8	0-0	8	0	8	0-0	8	4,6-0	8	0
9	5,6-1,5	9	3,1-0	9	0	9	2-0	9	1-0	9	0	9	6-0	9	4,3-0	9	0
10	3-0	10	2,6-0	10	0	10	4,5-0,9	10	4,3-0	10	0	10	5-0	10	5,7-0	10	0

Tabla 9. Ancho de las hojas a los 20 días.

En las siguientes fotografías se muestra la evolución de los distintos ensayos a los 5, 10 y 15 días:



Imagen 1. Evolución del control.



Imagen 2. Evolución de las semillas regadas con extracto de borraja.



Imagen 3. Evolución de las semillas regadas con extracto de consuelda.

Los datos experimentales mostrados anteriormente se han estudiado mediante un análisis de la varianza (ANOVA). En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para las distintas medidas que se tomaron (Altura de la plántula, Ancho y largo de hoja) ante los tres tratamientos (1: Control, 2: Consuelda, 3: Borraja). La tabla 10 muestra los resultados que se obtuvieron mediante el ANOVA para el caso de la altura de las plántulas en los distintos ensayos. Como puede verse, existen diferencias significativas entre los tratamientos. Por tanto, se ha realizado un análisis comparativo mediante el test de Tukey, que se emplea para hacer comparaciones múltiples. Los resultados se muestran en la tabla 11.

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Altura10	Inter-grupos	176,780	2	88,390	3,615	,031
	Intra-grupos	2127,233	87	24,451		
	Total	2304,013	89			
Altura15	Inter-grupos	302,039	2	151,019	5,172	,008
	Intra-grupos	2540,406	87	29,200		
	Total	2842,445	89			
Altura20	Inter-grupos	201,251	2	100,625	3,498	,035
	Intra-grupos	2502,819	87	28,768		
	Total	2704,070	89			

Tabla 10. Resultados del ANOVA para la altura de las plantas.

HSD de Tukey

Variable dependiente	(I) Extractos	(J) Extractos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Altura10	1	2	-2,31333	1,27674	,172	-5,3577	,7310
		3	-3,35333*	1,27674	,027	-6,3977	-,3090
	2	1	2,31333	1,27674	,172	-,7310	5,3577
		3	-1,04000	1,27674	,695	-4,0844	2,0044
	3	1	3,35333*	1,27674	,027	,3090	6,3977
		2	1,04000	1,27674	,695	-2,0044	4,0844
Altura15	1	2	-,98333	1,39523	,761	-4,3102	2,3436
		3	-4,28333*	1,39523	,008	-7,6102	-,9564
	2	1	,98333	1,39523	,761	-2,3436	4,3102
		3	-3,30000	1,39523	,052	-6,6269	,0269
	3	1	4,28333*	1,39523	,008	,9564	7,6102
		2	3,30000	1,39523	,052	-,0269	6,6269
Altura20	1	2	-,58333	1,38487	,907	-3,8855	2,7189
		3	-3,42333*	1,38487	,040	-6,7255	-,1211
	2	1	,58333	1,38487	,907	-2,7189	3,8855
		3	-2,84000	1,38487	,106	-6,1422	,4622
	3	1	3,42333*	1,38487	,040	,1211	6,7255
		2	2,84000	1,38487	,106	-,4622	6,1422

*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 11. Resultados del test de Tukey para la altura de las plantas.

Como se observa en este análisis comparativo, existen dos grupos, uno formado por las semillas tratadas con extracto de borraja y el control y otro formado por las tratadas con extracto de consuelda. La tabla 12 muestra una comparación entre las medias de la altura de las plántulas. Al existir diferencias significativas con el extracto de consuelda, se puede decir que las plántulas que se regaron con dicho extracto crecieron menos que las que se regaron con agua y con el extracto de borraja.

Extractos		Altura10	Altura15	Altura20
1	Media	4,3800	8,0967	10,2433
	N	30	30	30
	Desv. típ.	2,87874	4,82476	5,51635
2	Media	6,6933	9,0800	10,8267
	N	30	30	30
	Desv. típ.	6,40990	6,27482	5,51493
3	Media	7,7333	12,3800	13,6667
	N	30	30	30
	Desv. típ.	4,89682	4,99485	5,04574
Total	Media	6,2689	9,8522	11,5789
	N	90	90	90
	Desv. típ.	5,08800	5,65133	5,51206

Tabla 12. Comparación de medias (Altura).

En las tablas 13 y 14 se muestra los resultados del ANOVA para el largo y ancho de las primeras hojas verdaderas de las plántulas.

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Anchurahoja10	Inter-grupos	,000	2	,000	.	.
	Intra-grupos	,000	87	,000		
	Total	,000	89			
Anchurahoja15	Inter-grupos	50,998	2	25,499	7,743	,001
	Intra-grupos	286,506	87	3,293		
	Total	337,503	89			
Anchurahoja20	Inter-grupos	59,536	2	29,768	6,862	,002
	Intra-grupos	377,438	87	4,338		
	Total	436,974	89			

Tabla 43. Resultados del ANOVA para el ancho de hoja.

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Largohoja10	Inter-grupos	,000	2	,000	.	.
	Intra-grupos	,000	87	,000		
	Total	,000	89			
Largohoja15	Inter-grupos	39,948	2	19,974	7,390	,001
	Intra-grupos	235,143	87	2,703		
	Total	275,091	89			
Largohoja20	Inter-grupos	50,710	2	25,355	7,025	,001
	Intra-grupos	313,987	87	3,609		
	Total	364,697	89			

Tabla 54. Resultados del ANOVA para el largo de hoja.

Como se comentó anteriormente, no existen datos recogidos a los 10 días porque aún no tenían desarrolladas las primeras hojas verdaderas. Los resultados muestran que existen diferencias significativas, por lo que se ha realizado el test de Tukey (tablas 15 y 16) en el que se puede ver que existen diferencias entre la anchura y el largo de las hojas verdaderas de las plantas regadas con agua y con el extracto de borraja con respecto a las regadas con el extracto de consuelda.

HSD de Tukey

Variable dependiente	(I) Extractos	(J) Extractos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Anchurahoja15	1	2	1,49333*	,46856	,006	,3761	2,6106
		3	-,19000	,46856	,913	-1,3073	,9273
	2	1	-1,49333*	,46856	,006	-2,6106	-,3761
		3	-1,68333*	,46856	,002	-2,8006	-,5661
	3	1	,19000	,46856	,913	-,9273	1,3073
		2	1,68333*	,46856	,002	,5661	2,8006
Anchurahoja20	1	2	1,65667*	,53780	,008	,3743	2,9390
		3	-,13000	,53780	,968	-1,4124	1,1524
	2	1	-1,65667*	,53780	,008	-2,9390	-,3743
		3	-1,78667*	,53780	,004	-3,0690	-,5043
	3	1	,13000	,53780	,968	-1,1524	1,4124
		2	1,78667*	,53780	,004	,5043	3,0690

*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 65. Resultados del test de Tukey para el ancho de las hojas.

HSD de Tukey

Variable dependiente	(I) Extractos	(J) Extractos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Largohoja15	1	2	1,21000*	,42448	,015		2,2222
		3	-,34333	,42448	,699	-1,3555	,6688
	2	1	-1,21000*	,42448	,015	-2,2222	-,1978
		3	-1,55333*	,42448	,001	-2,5655	-,5412
	3	1	,34333	,42448	,699	-,6688	1,3555
		2	1,55333*	,42448	,001	,5412	2,5655
Largohoja20	1	2	1,52333*	,49051	,007	,3537	2,6930
		3	-,13000	,49051	,962	-1,2996	1,0396
	2	1	-1,52333*	,49051	,007	-2,6930	-,3537
		3	-1,65333*	,49051	,003	-2,8230	-,4837
	3	1	,13000	,49051	,962	-1,0396	1,2996
		2	1,65333*	,49051	,003	,4837	2,8230

*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 76. Resultados del test de Tukey para el largo de las hojas.

Al comparar las medias del largo y ancho de las hojas puede verse como éstos son mayores en las plantas regadas con el extracto de borraja y con el control mientras que el desarrollo de las hojas fue menor en los ensayos que se regaron con el extracto de consuelda como se muestra en las tablas 17 y 18.

Extractos		Largohoja10	Largohoja15	Largohoja20
1	Media	,0000	1,9033	2,4767
	N	30	30	30
	Desv. típ.	,00000	1,63084	1,87739
2	Media	,0000	,6933	,9533
	N	30	30	30
	Desv. típ.	,00000	1,27953	1,49430
3	Media	,0000	2,2467	2,6067
	N	30	30	30
	Desv. típ.	,00000	1,95232	2,25158
Total	Media	,0000	1,6144	2,0122
	N	90	90	90
	Desv. típ.	,00000	1,75810	2,02428

Tabla 87. Comparación de medias (Largo de hoja).

Extractos		AnchuraH10	AnchuraH15	AnchuraH20
1	Media	,0000	2,2000	2,6700
	N	30	30	30
	Desv. típ.	,00000	1,80459	2,08296
2	Media	,0000	,7067	1,0133
	N	30	30	30
	Desv. típ.	,00000	1,36405	1,62305
3	Media	,0000	2,3900	2,8000
	N	30	30	30
	Desv. típ.	,00000	2,18227	2,45806
Total	Media	,0000	1,7656	2,1611
	N	90	90	90
	Desv. típ.	,00000	1,94735	2,21581

Tabla 98. Comparación de medias (Ancho de hoja).

Para el ensayo de germinación también se ha realizado un ANOVA, en el que se obtienen resultados similares a los obtenidos en los casos anteriores, por lo que se aplicó el test de Tukey correspondiente. Los resultados se muestran en la tabla 20, en los que se observa la existencia de diferencias significativas con respecto a la borraja.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	99,680	2	49,840	4,299	,017
Intra-grupos	950,626	82	11,593		
Total	1050,306	84			

Tabla 19. Resultados del ANOVA para la Germinación.

HSD de Tukey

(I) Extracto	(J) Extracto	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	,60792	,91057	,783	-1,5656	2,7814
	3	2,53895*	,91057	,018	,3654	4,7125
2	1	-,60792	,91057	,783	-2,7814	1,5656
	3	1,93103	,89416	,084	-,2033	4,0654
3	1	-2,53895*	,91057	,018	-4,7125	-,3654
	2	-1,93103	,89416	,084	-4,0654	,2033

*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 20. Test de Tukey (germinación).

Al comparar las medias obtenemos la siguiente tabla.

Día			
Extracto	Media	N	Desv. típ.
1	8,8148	27	4,16059
2	8,2069	29	3,50896
3	6,2759	29	2,35882
Total	7,7412	85	3,53605

Tabla 210. Comparación de medias (germinación).

Con estos datos, se puede decir que las semillas regadas con el extracto de borraja germinan significativamente antes, con un nivel de confianza del 95%.

6. Conclusiones

Los resultados obtenidos en el laboratorio muestran que el extracto de borraja posee concentraciones de macronutrientes superiores a las del extracto de consuelda, exceptuando la concentración de amonio.

En cuanto al contenido en materia orgánica se obtiene una concentración ligeramente superior en el extracto de borraja, favoreciéndose en el suelo el intercambio iónico.

Los datos estadísticos muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las plantas regadas con agua y las regadas con el extracto de borraja en los 20 primeros días. En cambio, sí existen diferencias con la consuelda, en las que se ha comprobado que las plantas regadas con este extracto han mostrado un menor desarrollo.

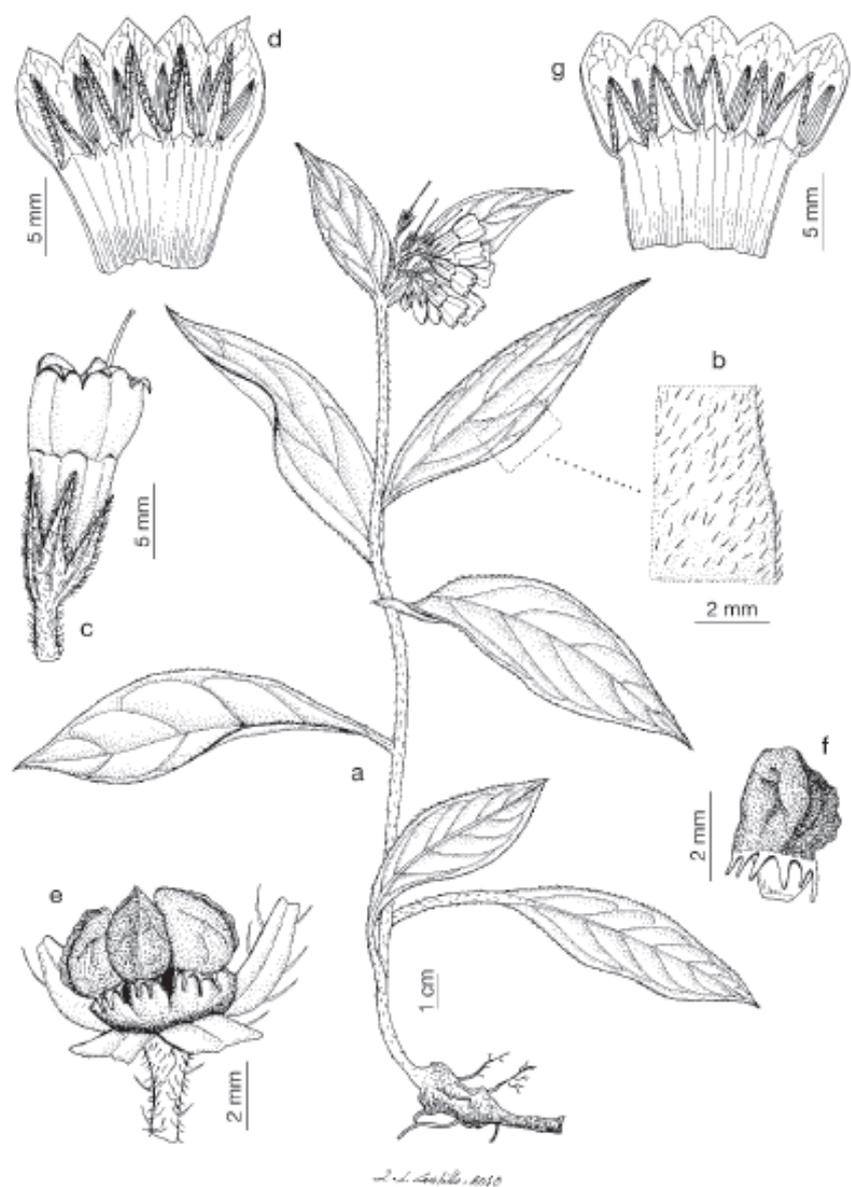
En cuanto al poder germinativo de los extractos, se ha observado que la borraja presenta características favorables. No obstante, la consuelda no ha acelerado la germinación de las semillas aunque popularmente se le atribuya esa propiedad.

Con estos resultados sería interesante proseguir con un estudio de productividad, ya que los datos de laboratorio dejan vislumbrar propiedades interesantes en ambos extractos. En este sentido, se puede predecir que el extracto de borraja puede ser una apuesta adecuada como fertilizante natural.

Bibliografía

- [1] ECOHERENCIA, 2013. *Plantas multifuncionales. Fichas sobre usos, propiedades, y... ¡recetas!* 2ª ed. Chipiona.
- [2] FINCK, A., 1988. *Fertilizantes y Fertilización*. España: Reverte.
- [3] EDUARDO H. RAPOPORT, et al. 2009. *Malezas Comestibles del Cono Sur y otras partes del planeta*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria , Argentina.
- [4] DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A., ed, 1997. *Tratado de fertilización*. 3 edn. Madrid: Mundi-Prensa.
- [5] BERTRAND, B., COLLAERT, J. and PETIOT, E., 2007. *Plantas para curar plantas*. 1ª ed. Navarra: La Fertilidad de la Tierra.
- [6] BERMEJO, I., 2010. Revista *El Ecologista* nº 67. Área de agroecología, ecologistas en acción.
- [7] CASTROVIEJO BOLIBAR, S. et al. 2012. *Flora Ibérica, Gentianaceae-Boraginaceae* volumen XI. Servicio de publicaciones del CSIC, Madrid.
- [8] Colegio Oficial de Farmacéuticos de Vizcaya. 1994. Asociación española de médicos naturistas. *Fitoterapia, vademecum de prescripción de plantas medicinales*. 2 edn. Barcelona, España.
- [9]<http://www.barbastro.org/index.php/mod.pags/mem.detalle/idpag.100279/idmenu.2948/chk.5dd5339e832f49b85082b81431a8cc88.html>
- [10] RODIER, J. 1981. *Análisis de las aguas*. Ed. Omega. Barcelona.
- [11] SKOOG, HOLLER, NIEMA. 2001. *Principios de análisis instrumental*. 5 edn. McGraw Hill.

ANEXOS



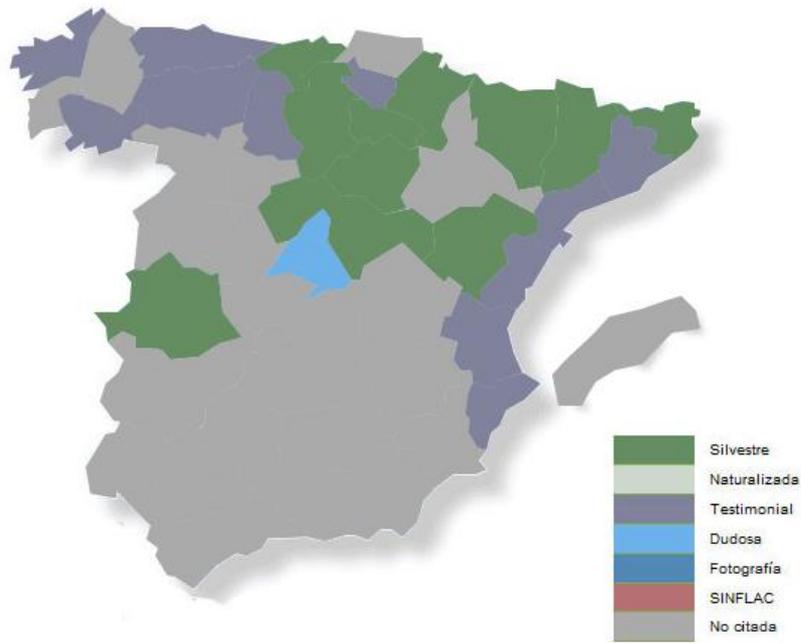
Lám. 69-*Symphytum tuberosum* subsp. *tuberosum*, a-d) Parada de Sil, Orense (MA 581528); e, f) Vilalleons, Barcelona (MA 411973); a) hábito; b) indumento foliar; c) flor en antesis, con pedicelo; d) corola abierta; e) fruto; f) núcula, vista lateral. *S. officinale*, Checa, Guadalajara (MA 704349); g) corola abierta.

Ilustración 1



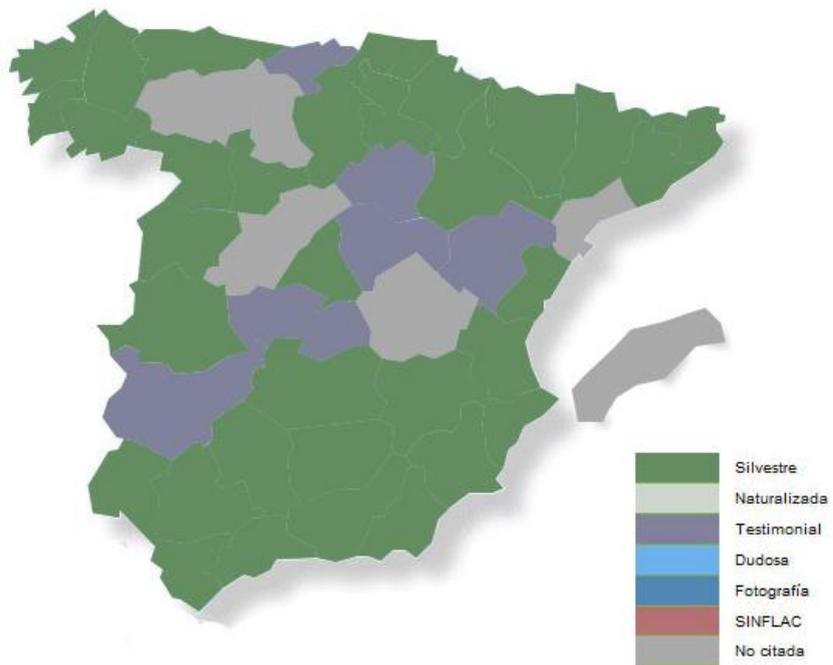
Lám. 68.—*Borago officinalis*, alrededores del puerto fluvial de Sevilla (SEV 162509): a) parte superior de la planta en anthesis; b) indumento del tallo; c) flor en anthesis, pedicelo y bráctea; d) flor con los sépalos y pétalos seccionados; e) escama de la garganta de la corola; f) estambre; g) fruto con los sépalos seccionados; h) núcula en vista lateral.

Ilustración 2



Mapa 1: Mapa de distribución de *Symphytum officinale* L. (Consuelda)

(FUENTE: asturnatura.com)



Mapa 2: Mapa de distribución de *Borago officinalis* L. (Borraja)

(FUENTE: asturnatura.com)