

RESULTADOS
DE INVESTIGACIÓN
ISSN 2027-0291
VOLUMEN 2 No. 5

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

**Adición
de hidrogeles
al suelo
para germinación
y cultivo
de *Lactuca sativa*
variedad Green Forest**

GLADYS ROZO TORRES
CLAUDIA DELIA ROZO TORRES
HUGO ESCOBAR
LEANDRO GONZÁLEZ T.

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Adición de hidrogeles al suelo para germinación y cultivo de *Lactuca sativa* variedad Green Forest

GLADYS ROZO TORRES,^{*} CLAUDIA DELIA ROZO TORRES,^{**} HUGO ESCOBAR^{***}
Y LEANDRO GONZÁLEZ T.^{****}

- * Química y magíster en Ciencias. Es docente del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano e investigadora integrante del Grupo Bioprospección y Biotecnología. Correo electrónico: gladys.rozo@utadeo.edu.co
- ** Bióloga y magíster en Ciencias. Es docente del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano e investigadora integrante del Grupo Bioprospección y Biotecnología. Correo electrónico: claudiarozot@hotmail.com
- *** Ingeniero Agrícola. Está vinculado con el Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales (CIAA) de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Correo electrónico: hugo.escobar@utadeo.edu.co
- **** Licenciado en Matemáticas y magíster en Estadística Aplicada. Es docente del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Correo electrónico: leandro.gonzalez@utadeo.edu.co

Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Carrera 4 No. 22-61 Bogotá D.C. - Colombia
www.utadeo.edu.co

RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN - ISSN 2027-0291
VOL. 2 Nº. 5

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

ADICIÓN DE HIDROGELES AL SUELO PARA GERMINACIÓN Y CULTIVO DE *LACTUCA SATIVA* VARIEDAD GREEN FOREST

GLADYS ROZO TORRES, CLAUDIA DELIA ROZO TORRES, HUGO ESCOBAR Y LEANDRO GONZÁLEZ

COMITÉ INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN:

JOSÉ FERNANDO ISAZA DELGADO - RECTOR
DIÓGENES CAMPOS ROMERO - VICERRECTOR ACADÉMICO. DECANO FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MANUEL GARCÍA VALDERRAMA - DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
HENRY JARAMILLO MEJÍA - VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO
NATALIA SPRINGER - DECANA FACULTAD DE RELACIONES INTERNACIONALES Y CIENCIAS JURÍDICAS Y POLÍTICAS
ALBERTO SALDARRIAGA ROA - DECANO FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS, ARTE Y DISEÑO
SALOMÓN KALMANOVITZ - DECANO FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

DIRECTOR DE PUBLICACIONES (E): Jaime Melo Castiblanco
CORRECCIÓN DE TEXTOS: Sandra Naranjo y Henry Colmenares Melgarejo
CONCEPTO GRÁFICO Y DISEÑO DE PORTADA: Felipe Duque Rueda
DIAGRAMACIÓN: Mary Lidia Molina Bernal

Impresión digital: Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.

Reservados todos los derechos
2009 © Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Impreso en Colombia

Contenido

- Resumen 7
- Abstract 7
- 1. Introducción..... 9
- 2. Materiales y métodos..... 11
 - 2.1. Obtención del gel hidrogel..... 11
 - 2.2. Efecto del hidrogel en la etapa semillero..... 11
 - 2.3. Efecto del gel superabsorbente en el cultivo de campo de *Lactuca sativa*..... 12
 - 2.4. Comportamiento de la humedad del sustrato..... 12
 - 2.5. Diseño experimental..... 12
- 3. Resultados y análisis..... 13
 - 3.1. Efecto del hidrogel en la etapa semillero..... 14
 - 3.2. Efecto del gel superabsorbente en el cultivo de campo de *Lactuca sativa*..... 17
 - 3.3. Comportamiento de la humedad del sustrato..... 18
- 4. Conclusiones..... 19
- Bibliografía..... 20

Resumen

Se sintetizó un gel superabsorbente, capaz de absorber sesenta veces su volumen en agua, por copolimerización de poliacrilamida y kappa carragenina aislada del alga roja *Hypnea musciformis*. Se evaluó el gel en combinación con mezclas de turba y fibras naturales (cascarilla de arroz), en proporción variable, con el fin de determinar si éste puede reemplazar parcialmente los sustratos en los cuales germina y se cultiva la lechuga *Lactuca sativa* variedad Green Forest. Se encontró que la retención de agua fue mayor en aquellos sustratos en los cuales se incorporó el gel en mayores concentraciones. Durante la fase de semillero no hubo diferencias significativas en área foliar ni en el número de semillas que germinaron entre los diferentes tratamientos.

En la fase de campo no hubo diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento de plantas germinadas en gel en comparación con plantas germinadas en turba o mezclas de turba y cascarilla de arroz. Dado que nuestro gel es mucho más económico y retiene mucho mejor la humedad que los sustratos tradicionales, recomendamos su uso como sustrato de germinación y cultivo para hortalizas.

Palabras clave: hidrogeles, *Lactuca sativa*, Green Forest.

Abstract

A superabsorbent hydrogel, capable of absorbing sixty times its volume in water, was synthesized by copolymerization of polyacrylamide and kappa carrageenan isolated from the red alga *Hypnea musciformis*. We assayed the potential of this gel to partially replace traditional germination and culturing substrates for lettuce *Lactuca sativa* of the Green forest variety. The gel was tested in combination with natural fibers (rice bran) and peat, in varying proportions, as germination and culturing substrates. Water retention in the substrate increased when greater concentrations of the gel were employed. During the seedbed stage there were no significant differences in foliar area or in the number of seeds that germinate upon addition of the gel between treatments.

In the field stage, there were no significant differences in growth between plants germinated in gel compared to plants germinated in peat or bran-peat mixtures. Since our gel is much cheaper and has a great moisture retaining capacity

than traditional substrates, we strongly recommend its use as a germination and culturing substrate for orchard greens.

Key words: hydrogeles, *Lactuca sativa*, Green Forest.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales (CIAA) de la Universidad Jorge Tadeo Lozano el préstamo de sus instalaciones para los ensayos de germinación y cultivo.

De igual manera manifiestan sus agradecimientos a la ingeniera Sandra Pulido por la disponibilidad del semillero del CIAA, al Ingeniero César Salamanca por los ensayos de absorción de agua y a la estudiante Luisa Yépez por su trabajo de campo.

Los autores le agradecen también a Miguel Ángel Rodríguez, profesor del Departamento de Ciencias Básicas, su asesoría en el análisis estadístico.

1. Introducción

Actualmente, en los semilleros para la producción de plántulas de *Lactuca sativa* se emplea como sustrato la turba, pero este recurso se considera no renovable, y además es un insumo costoso, ya que la mayoría de la turba que se consume en nuestro país se importa de Canadá y Europa (Osorio y Roldán, 2003).

Se han realizado ensayos previos para reemplazar la turba con otras fibras naturales como la cascarilla de arroz y la fibra de coco, pero debido a sus propiedades fisicoquímicas éstas son de uso limitado, por ejemplo, la fibra de coco presenta menor retención de humedad, la que es aún más baja en la cascarilla de arroz; adicionalmente la fibra de coco es más cara que la cascarilla, pero más barata que la turba (Mahecha y Ovalle, 2004).

Por esta razón, para los semilleros de hortalizas es muy importante conseguir alternativas tecnológicas que les permitan la obtención de plántulas de buena calidad. El uso de geles superabsorbentes puede llegar a ser un buen complemento para sustratos diferentes a la turba. De otra parte este mismo grupo de trabajo (Rozo, 2006) concibió la idea de extraer *kappa* carragenina a partir de *Hypnea musciformis*, una alga Rodophyta nativa, ampliamente distribuida en el Caribe colombiano (Díaz-Pulido y Díaz-Ruiz, 2003; Márquez, 1982), y logró excelentes resultados, con rendimientos del 47%. La caracterización fisicoquímica del gel obtenido mostró una alta capacidad de absorción y una buena fuerza de gel; estas propiedades situaron al *kappa* carragenina como un potencial gel hidrorretenedor con menos sensibilidad a las soluciones salinas que los geles comerciales y con grandes ventajas medioambientales, ya que su estructura de polisacárido y su origen vegetal lo hacen biodegradable.

El primer hidrogel superabsorbente lo desarrolló el Departamento de Agricultura de Estados Unidos a finales de la década de los sesenta. Era un hidrolizado de almidón y poliacrilonitrilo. Desde entonces numerosos hidrogeles se han sintetizado con miras a incrementar la capacidad de absorción de agua. Para cumplir este propósito se han usado monómeros de ácido acrílico y acrilamida; copolimerizándolos con polímeros hidrófilos biodegradables como almidón, celulosa, quitina y colágeno, entre otros. Los procesos se han desarrollado en atmósferas de nitrógeno, argón o aire (Pourjavadi *et al*, 2004; Yoshimura *et al*, 2005).

Dentro de las nuevas generaciones se encuentran los geles por copolimerización de poliacrilamida con *kappa* carragenina, un polisacárido extraído de algas rojas reconocido por su capacidad de gelificar y con mejores propiedades

fisicoquímicas que los geles superabsorbentes sintetizados hasta la fecha (Falshaw *et al*, 2003; Rozo y Rozo, 2008).

Rozo y Rozo (2008) realizaron ensayos de copolimerización del polisacárido *kappa* carragenina modificado, con acrilamida 0.1 M, usando persulfato de amonio 0.027M como iniciador de radicales libres y N,N - metilenbisacrilamida 0.005 M, como agente entrecruzador. La máxima capacidad de absorción de agua obtenida fue de 453g/g de gel, con un tiempo de hidrólisis de 90 minutos a 90°C. Estos geles mostraron, además, una gran capacidad para absorber soluciones de LiCl, NaCl y KCl.

En los últimos años se ha estado evaluando el efecto de la aplicación de geles superabsorbentes sobre el crecimiento de árboles cultivados en suelos arenosos. Hütermann y colaboradores (1999), estudiaron el efecto de la adición de un hidrogel superabsorbente de poliacrilamida en la sobrevivencia de plántulas de *Pinus halepensis* durante estrés hídrico. El gel de poliacrilamida que emplearon tenía el 40% de los grupos amida hidrolizados hasta ácidos carboxílicos. Con esta metodología encontraron que la retención de agua en el suelo aumentó exponencialmente con los incrementos en las dosis de hidrogel y que, durante la desecación, las plántulas tratadas con 0,4 % de hidrogel sobrevivieron el doble del tiempo que las plántulas control; también observaron que el crecimiento de las plántulas de *Pinus halepensis* fue tres veces mayor cuando se adicionó el hidrogel al suelo. Aún así es la primera vez que se hacen ensayos de geles hidroretenedores en cultivos de hortalizas.

La presente investigación tiene como propósito aprovechar la *kappa* carragenina obtenida en el laboratorio, en la síntesis de un gel superabsorbente capaz de disminuir el estrés al que se ven sometidas las plántulas durante las primeras fases de crecimiento y mejorar la calidad y el rendimiento del cultivo de *Lactuca sativa* variedad Green Forest.

El estudio contempló una fase de laboratorio en la cual se realizó la síntesis de un gel superabsorbente por copolimerización entre poliacrilamida y *kappa* carragenina. Su caracterización fisicoquímica con miras al uso como hidroretenedor y liberador de fertilizantes solubles (Rozo y Rozo, 2008), seguida de una fase de invernadero para probar si es posible remplazar parte de la cascarilla de arroz por gel en el semillero de *Lactuca sativa* y observar si existe algún efecto del gel superabsorbente sobre suelos moderadamente fértiles.

2. Materiales y métodos

2.1. Obtención del gel hidrogel

El hidrogel se obtuvo mediante un mecanismo de copolimerización de *kappa* carragenina y poliacrilamida, utilizando como iniciador persulfato de amonio, y como agente entrecruzante N,N - metilbisacrilamida, empleando el protocolo estandarizado por Rozo y Rozo 2008. Antes de iniciar los ensayos en campo se efectuaron pruebas con geles de tamaño de partícula de 0,2 a 0,8 mm de diámetro.

2.2. Efecto del hidrogel en la etapa semillero

Se sembraron 1.000 semillas de *Lactuca sativa* por tratamiento en bandejas de 200 alvéolos, los cuales se llenaron cada uno con los sustratos que constituyeron los tratamientos, para un total de 5.000 semillas. El proceso de germinación y plantulación tuvo una duración de 5 semanas en invernadero con ambiente controlado, al cabo de las cuales se midió la altura de planta y el área foliar mediante muestreo destructivo, tomando muestras correspondientes al 30% del total de plántulas.

Los tratamientos consistieron en diferentes mezclas con relación al volumen final de sustrato incluyendo turba, cascarilla de arroz y gel superabsorbente (hidrogel), los cuales se presentan en la tabla 1. Para los cálculos del volumen necesario de gel por contenedor se tuvo en cuenta el material totalmente hidratado.

Tabla 1. Tratamientos para ensayos en *Lactuca sativa*, fase semillero del hidrogel

Tratamiento	Descripción de los sustratos
T1	100% Turba.
T2	70% Turba 30 % cascarilla.
T3	70% Turba + 25% Cascarilla de arroz + 5% Gel superabsorbente.
T4	70% Turba + 20% Cascarilla de arroz + 10% Gel superabsorbente.
T5	70% Turba + 15% Cascarilla de arroz + 15% Gel superabsorbente.

Las mezclas se prepararon pesando los materiales secos y luego hidratando durante doce horas, hasta alcanzar la máxima hidratación del gel.

2.3. Efecto del gel superabsorbente en el cultivo de campo de *Lactuca sativa*

Las plántulas obtenidas de los mejores tratamientos de la fase semillero se llevaron a parcelas experimentales en campo, en un suelo moderadamente fértil, en invernadero, evaluando una semana después del transplante el grado de establecimiento de las plántulas en campo, y siete semanas después al final del cultivo, variables agronómicas como peso fresco, peso limpio, y área foliar.

2.4. Comportamiento de la humedad del sustrato

Para cada uno de los tratamientos de la tabla 1, se determinó la cantidad de agua retenida, se prepararon materas de 640 cm³ con las mezclas de los sustratos que se presentan en la tabla 2, sin plántulas, y se aplicaron 300 ml de agua, hasta capacidad de campo, se midió el volumen drenado, y la diferencia entre el total aplicado, menos lo drenado fue el volumen de agua retenido. Para cada uno de los tratamientos se realizaron cuatro repeticiones.

Tabla 2. Mezclas para ensayos de absorción de agua a capacidad de campo

Tratamiento	Turba	Cascarilla	Gel	Total
	Volumen cm ³			
T 1	640	0,0	0,0	640
T 2	448	192,0	0,0	640
T 3	448	160,0	32,0	640
T 4	448	128,0	64,0	640
T 5	448	96,0	96,0	640

Una vez establecidas las materas a capacidad de campo, se pesaron diariamente hasta peso constante.

2.5. Diseño experimental

La metodología para todos los ensayos corresponde a un diseño experimental completamente al azar. Se usó el programa Statgraphics Plus, versión 5.1, para hacer los análisis de varianza simples, previa determinación de normalidad e independencia de los datos.

3. Resultados y análisis

Se realizaron las mezclas propuestas en la tabla 1 para los tratamientos de germinación, como se muestra en la figura 1, utilizando diferentes tamaños de partícula del gel sintetizado. Los resultados revelaron que partículas de diámetros menores a 0,2 mm permiten una buena distribución del gel hidratado en la turba y en las mezclas de turba y cascarilla, sin que las semillas se ahoguen por exceso de agua.

Figura 1. Preparación de las mezclas



El volumen de hidratación del gel, después de doce horas en contacto con agua suficiente, fue de sesenta veces el volumen del gel seco. La figura 2 permite apreciar las características del gel sintetizado. Cuando se usaron tamaños de partícula superiores a 1mm, la aglomeración del gel sacó las semillas de los alvéolos, impidiendo que las raíces se adhirieran al sustrato de manera estable, de tal forma que tanto para el semillero como para los ensayos en campo se usaron geles con tamaños de partícula inferiores a 0,2 mm.

Figura 2. Hidratación del gel y tamaño de partícula utilizado para los ensayos



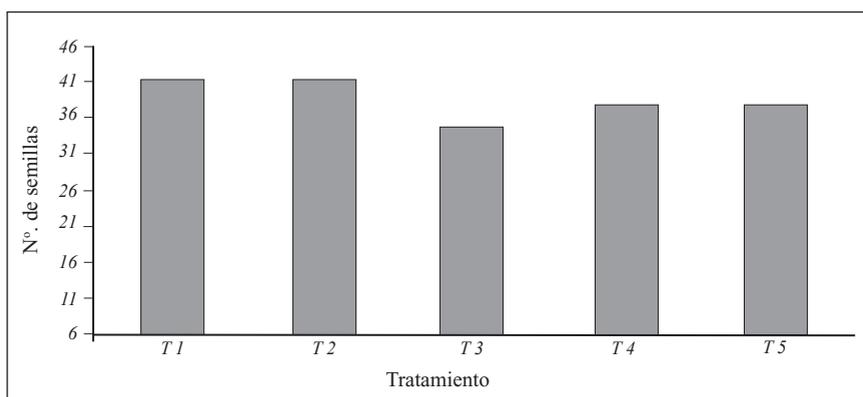
3.1. Efecto del hidrogel en la etapa semillero

En la figura 3 se presentan las plántulas en germinación bajo invernadero. Las unidades experimentales estuvieron sometidas a las mismas condiciones ambientales y de riego. Después de una semana se determinaron, contando manualmente, las semillas que no germinaron, los resultados se aprecian en la figura 4.

Figura 3. Unidades experimentales del semillero



Figura 4. Semillas que no germinaron



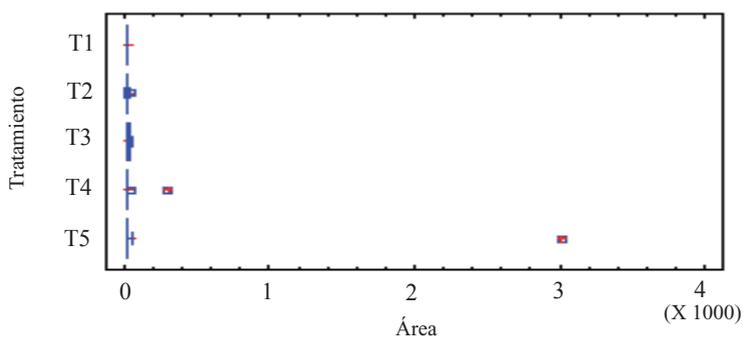
El análisis estadístico, a un nivel de confianza del 95%, mostró que no hay diferencias significativas en el número de semillas que no germinaron, lo que indica que el gel no tiene efectos adversos en el proceso de germinación y que no hay incidencia significativa del sustrato sobre la germinación. Este ensayo indica además que es posible reemplazar hasta un 15% de cascarilla de arroz por gel, sin que la estructura física del sustrato afecte la semilla de *Lactuca sativa* variedad Green Forest. Los datos cumplen los supuestos de normalidad e independencia para una población de 5.000 semillas.

El área foliar determinada para el 30% de las muestras, una vez transcurridas las siete semanas de fase semillero, se determinó en cada uno de los tratamientos. Los resultados del análisis estadístico muestran que existe algo de no normalidad en los datos, por lo tanto se realizó el test de Kruskal-Wallis para comparar las medianas en lugar de las medias, en la tabla 3 se aprecian los resultados.

Tabla 3. Contraste de Kruskal-Wallis para área según tratamiento

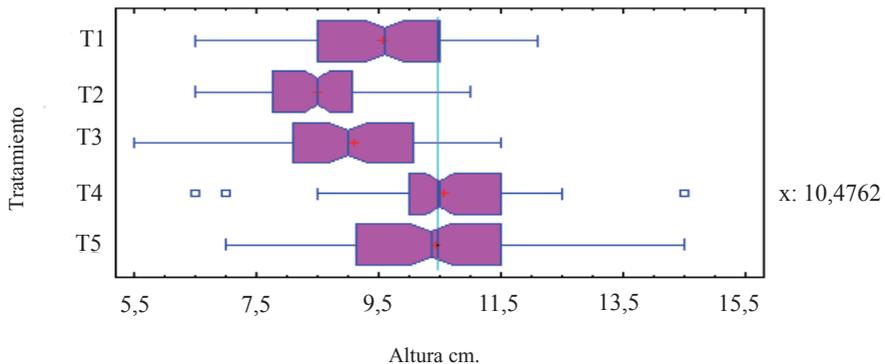
Tratamiento	Tamaño muestral	Rango promedio
T 1	100	224,495
T 2	100	213,340
T 3	100	386,015
T 4	100	242,570
T 5	100	186,080
Estadístico = 118,009 P-valor = 0,0		

Figura 5. Análisis de medianas para área foliar



El análisis de la tabla 3 y la figura 5 muestran que se puede asumir que no hay diferencias significativas en el área foliar para los tratamientos, teniendo en cuenta el número de muestras utilizadas, así se viole el supuesto de normalidad para el análisis. Este resultado implica que la adición del gel al sustrato de germinación hasta en un 15% no afecta el área foliar de la plántula, por lo tanto cualquier tratamiento sería apto para transplante a campo. Tanto en germinación como en área foliar las plantas se comportan como si estuvieran creciendo en turba. Este resultado coloca al gel como muy promisorio para ser utilizado en germinación de hortalizas, sin embargo dicho resultado solamente caracteriza el sustrato teniendo en cuenta su estructura física, faltaría hacer un ensayo sobre disponibilidad de agua y nutrientes, aunque en un semillero los costos más altos están en el mantenimiento de la textura del suelo, de ahí la utilización de la turba. En la figura 6 se muestra el análisis estadístico para altura de la planta, aunque al igual que el ensayo anterior parece proceder de una población no normal. El test de Kruskal-Wallis y la gráfica de cajas muestra una diferencia significativa entre tratamientos para la variable altura de la planta, pero para los tratamientos T4 y T5 no hay diferencias en las medianas, lo que indica que las concentraciones del gel de 10 y 15 % inciden de la misma manera en la altura de planta, pero se manifiestan diferencias respecto a la turba sola o las mezclas de cascarilla y turba y cascarilla, turba y gel a bajas concentraciones.

Figura 6. Altura en el semillero



Este ensayo permitió seleccionar al tratamiento T4 turba 70%, cascarilla 20% y gel 10%, para su traslado a campo, al igual que los tratamientos T1 y T2 como patrones.

3.2. Efecto del gel superabsorbente en el cultivo de campo de *Lactuca sativa*

Las plantas fueron trasladadas a campo bajo invernadero, como se aprecia en la figura 7.

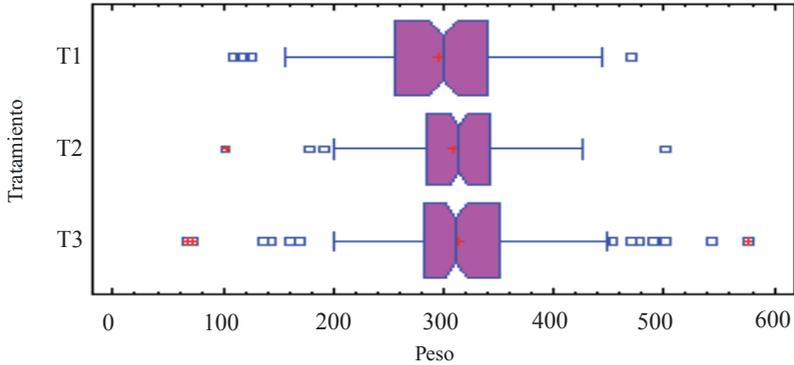
Figura 7. Traslado a campo bajo invernadero



Al igual que en los casos anteriores, se usó el test de Kruskal-Wallis porque la muestra no procede de una población normal. La figura 8 muestra que no hay diferencias en el peso promedio limpio de *Lactuca sativa*, y el ensayo arroja los mismos resultados para área foliar.

Estos resultados permitieron establecer que no hay diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que el gel puede reemplazar al sustrato suelo en la germinación por lo menos en un 10%, sin que se afecten las propiedades comerciales de *Lactuca sativa*.

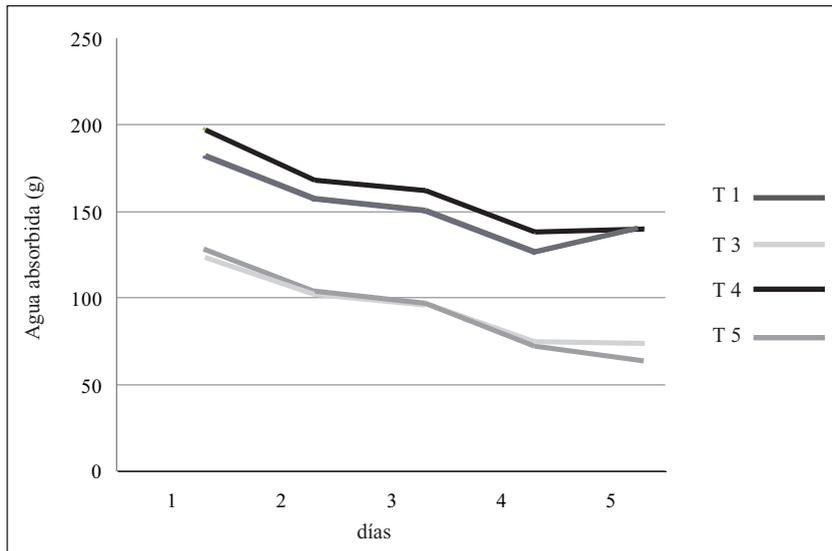
Figura 8. Estudio del tratamiento vs. peso limpio (en g) para *Lactuca sativa* en campo



3.3. Comportamiento de la humedad del sustrato

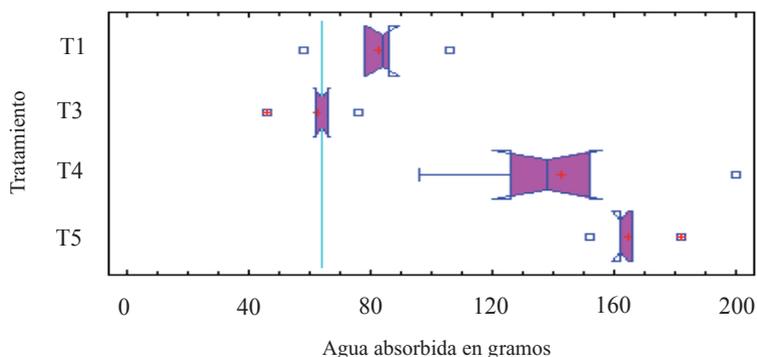
En la figura 9 se presentan los resultados obtenidos para la absorción de agua. En ella se aprecia que los tratamientos T4 y T5 tienen una mayor capacidad de absorber agua, justamente porque tienen mayor contenido de gel, mientras que los tratamientos con baja concentración de gel absorben tanta agua como la turba.

Figura 9. Absorción máxima de agua a capacidad de campo



De igual manera la figura 10 muestra que estadísticamente hay diferencias significativas en la capacidad de los sustratos para absorber agua, siendo el tratamiento T5 el que presentó la mayor capacidad de absorción, 160g de agua retenida por más de cinco días, lejos de la turba sola que retuvo 80,4 gramos en los mismos cinco días.

Figura 10. Absorción máxima de agua después de ocho días de peso constante



4. Conclusiones

Se logró sintetizar un gel superabsorbente por copolimerización entre poli(acrilamida y *kappa* carragenina capaz de absorber agua, que en combinación con fibras naturales puede reemplazar hasta un 15% de cascarilla de arroz en semilleros y cultivo en campo de *Lactuca sativa* variedad Green Forest.

El gel es capaz de retener hasta dos veces más agua que la turba, lo que le confiere buenas propiedades como hidrotenedor.

La textura del sustrato que contiene el gel en el ensayo semillero permitió la germinación en excelentes condiciones de *Lactuca sativa* variedad Green Forest.

Bibliografía

- DÍAZ PULIDO, G. & M. DÍAZ RUIZ. 2003. «Diversity of benthonic marine algae of the Colombian Atlantic». En: *Biota Colombiana*. Vol. 2, N° 4.
- FALSHAW, R., H. BIXLER & K. JOHNDRO. 2003. «Structure and performance of commercial k-2 carrageenan extracts», part. III. Structure analysis and performance in two dairy applications of extracts from New Zealand red seaweed, *Gigartina atropurpurea*. En: *Food Hydrocolloids*. N° 17.
- HÜTTERMANN, A., M. ZOMMORODI & K. REISE. 1999. «Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought». En: *Soil and Tillage Research*. N° 50.
- OSORIO, O. y J. ROLDÁN. 2003. *Producción de pimentón, tomate y lechuga en hidropónicos*. Bogotá, Grupo Latino.
- MAHECHA, G. y A. OVALLE. 2004. *Vegetación del territorio CAR*. Bogotá, CAR, 2004.
- MÁRQUEZ, G. 1982. «Estudios ecológicos en la producción primaria de algas y comunidades bénticas vegetales de la región de Santa Marta, Caribe colombiano». Tesis de maestría no publicada. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- POURJAVADI, A., A. HARZANDI & H. HOSSEINZADEH. 2004. «Modified carrageenan 5. Preparation, swelling behavior, salt and pH sensitivity of partially hydrolyzed crosslinked carrageenan-graft-polymethacrylamide superabsorbent hydrogel». En: *Polymers for advanced technologies*. N° 15.
- ROZO TORRES, G. 2006. «Extracción y caracterización de *kappa* carragenina obtenida a partir de *Hypnea musciformis*». Tesis de maestría no publicada. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- ROZO TORRES G. y C. ROZO TORRES. 2008. «Síntesis de un gel superabsorbente por copolimerización de poli(acrilamida-*kappa* carragenina y ensayo de gel sobre el crecimiento de *Croton funckianus*». En: Senalmar, Mayo 2008.
- YOSHIMURA T., I UCHIKOSHI, Y. YOSHIURA & R. FUJIOKA. 2005. «Synthesis and characterization of novel biodegradable superabsorbent hydrogels based on chitin and succinic anhydride». En: *Carbohydrate polymers*. N° 61.

Índice de figuras

Figura 1. Preparación de las mezclas.....	13
Figura 2. Hidratación del gel y tamaño de partícula utilizado para los ensayos	13
Figura 3. Unidades experimentales del semillero.....	14
Figura 4. Semillas que no germinaron.....	14
Figura 5. Análisis de medianas para área foliar.....	15
Figura 6. Altura en el semillero.....	16
Figura 7. Traslado a campo bajo invernadero.....	17
Figura 8. Estudio del tratamiento vs. peso limpio en (g) para <i>Lactuca sativa</i> en campo.....	18
Figura 9. Absorción máxima de agua a capacidad de campo.....	18
Figura 10. Absorción máxima de agua después de ocho días de peso constante.....	19

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos para ensayos en <i>Lactuca sativa</i> , fase semillero del hidrogel	11
Tabla 2. Mezclas para ensayos de absorción de agua a capacidad de campo..	12
Tabla 3. Contraste de Kruskal-Wallis para área según tratamiento.....	15

