

# Influencia de Hidrogel (*Poliacrilamida*) y de la Resina Urea Formaldehído en Cultivos Cerrados de Fréjol

Moraima Cristina Mera Aguas

Jefe de Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales -PUCE-SI

Autor para correspondencia: mmera@pucesi.edu.ec

Ibarra - Ecuador

Artículo recibido el 10 de noviembre de 2011. Aceptado tras revisión el 30 de Noviembre de 2011

## Resumen

La mayoría de los fertilizantes nitrogenados generalmente se descomponen con mucha facilidad en contacto con el agua, pierden además una importante fracción de nitrógeno por volatilización y lixiviación, por lo que el verdadero aporte al suelo es deficiente, se debe incrementar la dosis y la frecuencia de aplicación. Por esta razón la búsqueda de fertilizantes que puedan aportar gradualmente nutrientes al suelo, a medida que la planta los necesita, es de suma importancia, así como también el ahorro de un recurso imprescindible como el agua.

Esta investigación versa sobre la influencia de un retenedor de agua (hidrogel- poliacrilamida) en la liberación lenta de un fertilizante nitrogenado de urea formaldehído (UF), en un cultivo de fréjol variedad vainita. Se evaluaron dos tipos de resina urea formaldehído, la primera tipo A, se sintetizó con una carga inicial de urea y la segunda tipo B, con carga inicial y final; la cantidad de hidrogel se mantuvo constante en cada uno de los ensayos. La resina Tipo A, alcanzó los mejores resultados en todas las variables evaluadas, y el ahorro de agua que se logra con el hidrogel es totalmente significativo.

La Síntesis de la resina se realizó en el Laboratorio de Química y Suelos de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la PUCE sede Ibarra, el cultivo de la especie se ejecutó en el invernadero de propagación de plantas de la misma Institución.

**Palabras Clave:** Hidrogel, Poliacrilamida, Resina, Urea formaldehído.

## Abstract

The majority of nitrogen based fertilizers generally decompose easily when they come in contact with water. In addition they lose an important fraction of nitrogen due to volatilization and leaching, for which the true input into the soil is deficient, and the doses and the frequency of application must be increased. For this reason the search for fertilizers that can gradually contribute nutrients to the soil as the plant needs them is of the highest importance as well as saving an essential resource like water.

This investigation deals with the influence of a water retainer (hydrogel-polyacrylamide) in the slow release of nitrogen fertilizer of urea formaldehyde (UF), en the crop of beans of the green bean variety. Two types of urea formaldehyde resin were evaluated, the first type A, was synthesized with an initial load urea. The second type B, was synthesized with a load of urea at the beginning and at the end. The quantity of hydrogel remained constant in each one of the assays. The type A resin, achieved superior results among all the evaluated variables. The water conservation that was achieved with the hydrogel was also significant.

The synthesis of the resin was done in the Chemistry and Soil Laboratory of the Agricultural and Environmental Sciences School of the PUCE Ibarra campus. The cultivation of the species was undertaken in the greenhouse for the propagation of plants at the same university.

**Key words:** hydrogel, polyacrylamide, resin, urea formadehyde.

## Introducción

Uno de los graves problemas que afronta el agro es la escasez de nutrientes en los suelos, lo que puede deberse a un sin número de factores como son: monocultivos, mala utilización de fertilizantes, erosión, etc., a esto se suma la falta de un recurso cada vez más escaso como el agua. Debido a esta limitación, es importante suplir la falta de los nutrientes mediante la fertilización. La función de los fertilizantes es de carácter doble, aumentar o conservar la fertilidad del suelo y elevar el rendimiento de las cosechas; el empleo de estos resulta de gran ayuda cuando los suelos no pueden proporcionar suficientes cantidades de nutrientes para el buen desarrollo de las plantas, sin embargo son ineficientes a medida que sufren pérdidas por distintos agentes como percolación, escorrentía, actividad microbiana, entre otras. Es así que la porción productiva del suministro de un fertilizante se ve limitada y es necesario adicionar con más frecuencia mayores cantidades de los nutrientes requeridos, en especial abonos con concentraciones importantes de nitrógeno, fósforo y potasio, produciéndose además un grave perjuicio para el agricultor quién tiene que afrontar cada día gastos mucho más elevados de producción.

En la actualidad existen algunos métodos para alargar la "vida" de estos fertilizantes brindando mayor productividad. Se han diseñado nuevos productos que liberan lentamente el aporte de nutrientes al suelo; a estos los conocemos como fertilizantes de liberación lenta; la mayoría de ellos resultan de la síntesis de la urea con diferentes aldehídos y proponen una dosificación prolongada de nitrógeno para que la planta asimile la cantidad necesaria a lo largo de su ciclo vegetativo.

Los agentes de liberación lenta a menudo se descomponen por contacto regular y excesivo con el agua, la misma que en muchas ocasiones más que suplir las necesidades del cultivo se desperdicia; por esta razón se ha ideado un sistema de suministro de agua a través de polímeros absorbentes de alta eficiencia como las poliacrilamidas. Estos retenedores de agua tienen la particularidad de absorber hasta 200 o 300 veces su peso en agua, por lo que supone un ahorro eficiente y la pérdida mínima del fertilizante por contacto.

El uso racional del agua, aparte de constituir un ahorro de recursos, es prioridad debido a la escasez, la cual tiende a agudizarse a medida que la malgastamos, contaminamos y desperdiciamos.

Esta investigación, como tal, propone alternativas diferentes de fertilización y mecanismos de ahorro de un recurso no renovable, incursionar en la micro producción en espacios cerrados y la utilización de terrenos con bajas características nutricionales.

## Materiales y Métodos

El desarrollo experimental tiene las siguientes etapas:

- Síntesis de las resinas de urea formaldehído (UF) y estireno maléica- urea.
- Ensayos previos (germinación de las semillas en hidrogel, establecer la mejor forma de adición de la Resina UF y el hidrogel al medio de cultivo).

- Aplicación de la Resina UF como fertilizante nitrogenado de liberación lenta.
- Aplicación del hidrogel como retenedor de agua.
- Demostración de la liberación de nitrógeno de la resina UF.
- Determinación de la absorción del nitrógeno de la resina UF por la planta.
- Verificación de la interacción del Hidrogel y la resina en el cultivo de fréjol.
- Determinación de la dosis adecuada de resina UF para el fréjol.
- Cuantificación del nitrógeno total asimilado por la planta de fréjol.
- Determinación de la pérdida de nitrógeno en el medio de cultivo.

### Diseño de ensayos

Se emplearon dos tipos de resina urea formaldehído (UF) como fuente de liberación de nitrógeno, que fue validada con respecto a un medio de cultivo tradicional (tierra), y a la resina estireno maléica-urea, también fertilizante nitrogenado de liberación lenta. El experimento evaluó además la interacción de las resinas de UF con hidrogel (poliacrilamida). Las variables fueron las siguientes:

**Dependiente:** Contenido de nitrógeno en el fréjol cultivado

**Independientes:** Tipo y cantidad de resina UF y cantidad de hidrogel.

**A = Resina UF tipo A, (%)      B = Resina UF tipo B, (%)**

$$A_1 = 0.8$$

$$B_1 = 0.8$$

$$A_2 = 0.9$$

$$B_2 = 0.9$$

$$A_3 = 1.0$$

$$B_3 = 1.0$$

$$A_4 = 1.2$$

$$B_4 = 1.2$$

**C = Cantidad de hidrogel. Constante, 30 cm<sup>3</sup> de gel hidratado (1 g de hidrogel seco/250ml agua)**



Síntesis de resina Urea formaldehído.

**Diseño Experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar con un solo factor, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, se estudiaron por separado dos bloques con diferentes resinas, lo que permitió diferenciar entre tratamientos y tipo de resinas,

Repeticiones	Concentración de resina				Cantidad de hidrogel
	A1	A2	A3	A4	
1	A1	A2	A3	A4	cte.
2	A1	A2	A3	A4	cte.
3	A1	A2	A3	A4	cte.

**Tabla 1.** Diseño de Ensayos resina tipo A

Repeticiones	Concentración de resina				Cantidad de hidrogel
	B1	B2	B3	B4	
1	B1	B2	B3	B4	cte.
2	B1	B2	B3	B4	cte.
3	B1	B2	B3	B4	cte.

**Tabla 2.** Diseño de Ensayos resina tipo B

**Parcelas**

Se utilizaron 33 macetas plásticas de 15 cm. de diámetro y 20 cm. de profundidad, dispuestas en bloques debidamente rotulados, junto a los tratamientos se colocaron los testigos. De las cuales 24 corresponden a los tratamientos y 9 a los testigos (tierra, pomina sola y pomina + resina estireno maléica).

La pomina (esterilizada) se obtuvo de la bodega de suministros de la granja ECAA. La variedad de fréjol utilizada es *Phaseolus vulgaris*, trepador indeterminado tipo IV vainita, la densidad de siembra fue 2 semillas por maceta, para luego efectuar una selección de plántula (raleo) dependiendo de las características fenológicas y fitosanitarias.

**Análisis estadístico**

El esquema del análisis de varianza es el siguiente:

A.D.E.V.A	
Fuentes de variación	G.L.
Tratamientos	03
	08
<b>Total</b>	<b>11</b>

**Resultados y Discusión**

Durante el experimento se monitorearon algunos parámetros como son: pH, conductividad, temperatura y volumen de agua suministrado a los tratamientos y testigos.

El pH, tanto del agua como del Hidrogel, permanecen invariantes, su comportamiento no varía durante la



Germinación de semillas en hidrogel.

investigación, lo mismo sucede con la conductividad del agua, la relación es casi completamente lineal; el agua empleada tanto para el riego como para la hidratación del hidrogel fue desionizada (proceso ósmosis inversa), esta medida se tomó para que los componentes naturales del agua como calcio, cloro, y nitrógeno (NO<sub>3</sub>) presentes no intervengan o modifiquen la investigación.

El suministro de agua, no es constante, se puede observar la diferencia entre los volúmenes empleados para los testigos y en los tratamientos de los segundos fue significativamente menor, por lo que se establece que la utilización de hidrogel como retenedor de agua para su optimización y ahorro es importante, un factor crítico en el suministro de agua fue la temperatura, que en el mes de agosto registró los puntos más altos al interior del invernadero (máximas de 42 °C), por lo cual la cantidad de agua de riego es mayor; a esto también se suma la baja humedad relativa y la rápida evapotranspiración; así como se presenta el comportamiento de temperatura vs. tiempo; el punto máximo de la curva coincide con el nivel máximo de hidratación, por lo que se establece una relación directamente proporcional entre estos parámetros.

A pesar de que el hidrogel contiene en su estructura nitrógeno por ser una poliacrilamida, este no actúa como fertilizante, es decir la fracción de su estructura molecular no reacciona; lo pudimos comprobar analizando el contenido de este al inicio y al final del experimento, el cual permanece invariable (%N= 0,579); además, las propiedades físicas y mecánicas de la poliacrilamida no se ven afectadas a lo largo de la investigación, el pH permanece constante, al igual que la conductividad y el volumen de agua de hidratación.

**Crecimiento del Tallo**

El Adeva para los dos tipos de resinas nos indica que existe diferencia entre tratamientos, y esta es altamente significativa; dentro del análisis se han considerado los testigos (tierra y resina estireno maléica). Al aplicar la prueba de Tukey al 5%, se determinó el mejor tratamiento, tanto para la resina A como para la B y este corresponde a la concentración más alta de nitrógeno adicionado, es decir A4 y B4.



Control de pH de hidrogel.

Cuando se comparan los dos tipos de resina urea formaldehído utilizadas, se observa que existe un mayor desarrollo vegetativo de las plantas de la resina A, a pesar de que esta tiene índice de actividad menor que la resina B; lo que nos demuestra que la fracción de nitrógeno presente en la resina A se libera mucho mejor.

El desarrollo vegetal está directamente relacionado con la cantidad de nitrógeno suministrado, sin embargo este desarrollo no es indicativo de producción, únicamente de crecimiento; los tratamientos de mayores concentraciones presentan mayor cantidad y tamaño de hojas, pero tienen menor número de flores.

Las plantas de los testigos crecieron menos que las de los tratamientos, a pesar de que la concentración de nitrógeno son comparables con las dosis más altas utilizadas, sin embargo la pérdida de nitrógeno por volatilización es mayor, el desarrollo de las plantas en el testigo resina estireno maleica es el menor. En los tratamientos, la capa superior de hidrogel funciona como una membrana semipermeable, por lo que la pérdida de nitrógeno es mínima y está disponible en el medio para la absorción de la planta.

A pesar de que el crecimiento de las plantas fue el adecuado, durante la investigación se presentaron inconvenientes con la presencia de plagas (aparecen algunos insectos como mosca blanca y empoasca), lo que ocasionó un pequeño retroceso en el desarrollo esperado; se tomaron las medidas correctivas necesarias para mitigarlas.

### Masa Radicular

La diferencia entre tratamientos para esta variable es también altamente significativa. El análisis estadístico nos demuestra que los mejores tratamientos fueran A1 y B1, los mismos que presentan el mayor desarrollo radicular; de estos, según la prueba de Tukey al 5%, el mejor tratamiento es A1.

El desarrollo de masa radicular coincide con los tratamientos de menor concentración de nitrógeno; es decir, que la relación es inversamente proporcional, esto se debe a que la cantidad disponible de nitrógeno es mucho mayor en las dosis altas, por lo que la planta no tiene necesidad de desarrollar sus raíces para la absorción de nutrientes.

El crecimiento radicular es mayor en los tratamientos y en el testigo de la resina SMU (sustrato pomina), que en la tierra, las raíces no crecen en suelos que tengan mayor grado de compactación. La pomina es un material de naturaleza porosa por lo que no se comprime, ayuda a mantener el sustrato húmedo con mayor cantidad de oxígeno y a que la absorción de nutrientes sea adecuada, lo que no ocurre con la tierra, que por su grado de compactación pierde agua rápidamente sin dejar penetrar mayor cantidad de esta al interior de la maceta y facilita su evaporación. Las raíces no crecen en suelo seco.

Los datos que se presentan son muy diferentes, por lo que el coeficiente de variación está fuera de los parámetros establecidos.

### Producción

Dentro de este parámetro se evaluó número de vainas por planta, peso de vainas y peso medio de granos por vaina; cabe recalcar que este análisis se lo realizó únicamente en los primeros tres pisos florales.

#### Número de Vainas por planta

Es importante mencionar que en la valoración de esta variable se contó el número de vainas por planta (en 3 pisos florales), independientemente de su tamaño o de si estas contenían granos, no necesariamente el tratamiento con mayor número de vainas fue el más productivo, ya que nos interesa el peso final de los granos.

Durante la floración, el incremento de temperatura fue elevado, razón por la cual se produjo una considerable tasa de aborto; esto también se debe a la carencia de potasio, el mismo que se añadió a los medios de cultivo en una única concentración al inicio del ensayo.

El análisis de varianza nos indica que hay diferencia entre tratamientos y este es significativo. Los mejores tratamientos son A3 y B1 que registran los mayores números de vainas; entre estos dos últimos no hay diferencia significativa.



Germinación de semillas en hidrogel.

### Peso de Vainas

Se trabaja con el peso promedio de vainas por tratamiento. Los datos del análisis de varianza demuestran que existe variación entre tratamientos; por lo tanto, esta es significativa. Los mejores tratamientos en cuanto a peso de vainas fueron A2 y B2, que muestran los valores más altos. Sin embargo, entre ellos (A2 y B2) no hay diferencia significativa, por lo que estadísticamente se consideran iguales.

De acuerdo a esto podemos observar, la concentración no tiene relación directa con la producción, ya que los tratamientos más productivos no son los de las concentraciones más altas, es decir, si la planta posee un excedente de nitrógeno lo asimila y se verá reflejado en el desarrollo vegetativo, pero para la producción debe suplir únicamente las necesidades básicas sin compensaciones extras.

### Peso de granos

Este parámetro también se establece con el peso promedio de los granos de cada vaina; realmente este es el que nos muestra lo productivos que son los tratamientos. El análisis de varianza nos indica que no hay diferencia entre tratamientos, por lo que la prueba es "No significativa". Se considera que A2 y B2 son los mejores tratamientos y de ellos el que presenta más peso de granos es A2; verificándose lo que ya habíamos establecido en el punto anterior que la concentración de nitrógeno y la producción no tienen correlación directamente proporcional.

### Porcentaje de nitrógeno asimilado por la planta

La absorción de nitrógeno por la planta concuerda con la mayor concentración de este elemento en los medios de cultivo. Para determinar el contenido de nitrógeno asimilado por la planta se requiere de un análisis foliar, el que demuestra la relación lineal entre concentración de nitrógeno y absorción, es decir, los tratamientos que contenían mayor cantidad de nitrógeno disponible son los que más absorbieron y también los que más crecieron. El ADEVA nos demuestra que existe diferencia entre tratamientos y es altamente significativa; para esta variable los mejores tratamientos son A4 y B4. Por medio de la prueba de Tukey al 5% se determina que el mejor es A4. El coeficiente de variación para las dos resinas está dentro de lo estipulado C.V. A = 8.13% y C.V. B = 9.03%.

### porcentaje de nitrógeno libre

Fue necesario analizar la pomina al final de la investigación para determinar la porción de nitrógeno remanente en el sustrato. Los tratamientos con mayor concentración son los que más absorbieron nutrientes y los que menos nitrógeno libre presentan. El análisis de varianza demuestra que hay diferencia entre tratamientos y esta es altamente significativa; los mejores tratamientos para esta variable fueron A1 y B1, de ellos el mejor fue B1, es decir que la resina B es la que tiene mayor contenido de nitrógeno libre, sin embargo suponemos que este es parte de una fracción libre no disponible y por lo tanto no asimilable. El coeficiente de variación para la resina tipo A es 0.97%, y para la tipo B 1.38%.

Luego de relacionar todos los resultados, podemos establecer que los tratamientos de las concentraciones más altas son los que mayor desarrollo vegetal presentan, además de mayor absorción de nitrógeno así como menor nitrógeno libre y menor desarrollo radicular, puesto que la disposición de los nutrientes estaba mucho más expuesta; estos no son los tratamientos más productivos.

La resina con mejores condiciones de liberación lenta de nitrógeno es la A, puesto que su fracción disponible fue mejor asimilada; la resina B presenta importantes fracciones de nitrógeno no disponibles.

El costo de la resina urea formaldehído es mayor que el de la urea. Un gramo de urea cuesta 0.01 USD, mientras que un gramo de resina 0.03 USD, sin embargo las bondades que esta presenta con respecto a producción podrían compensar el excedente en el costo. Se debe considerar también que luego de cuatro meses del experimento, el contenido de nitrógeno libre en el testigo que utilizó urea es casi cero mientras que en los tratamientos con las resinas aún encontramos porcentajes de nitrógeno disponibles.

La cantidad de hidrogel utilizada en el experimento por planta (60 ml hidratado) tiene un costo de 0,0336 USD, el gramo tiene un costo de 0,14 USD.

## Conclusiones

Una vez finalizada la fase experimental, se establecen las siguientes conclusiones:

- Se rechaza la Hipótesis nula y se acepta la alternativa, es decir el hidrogel (poliacrilamida) y la resina Urea Formaldehído influyen positivamente en el cultivo cerrado de fréjol.
- La resina Urea formaldehído es un fertilizante nitrogenado de liberación lenta, mucho más eficiente que otros de uso tradicional como la urea, puesto que con dosis relativamente bajas se obtiene mejor producción, más del doble en peso de granos que con una concentración alta de urea. (peso promedio de granos A2= 6,13g; T tierra = 2,43g)
- El volumen de agua que se suministró a los tratamientos con hidrogel fue de 0,69 L/ planta durante todo el experimento, mientras que el de los testigos fue de 2,05L/ planta, por lo cual el hidrogel optimiza el ahorro de agua a la tercera parte de su consumo habitual.
- El hidrogel, además de ahorrar significativamente el suministro de agua, evita que la resina se descomponga más rápido y que la pérdida de nitrógeno que se volatiliza como  $\text{NH}_3$  sea mínima, ya tiene la particularidad de laminarse en la superficie, también presenta un importante efecto refrigerante en períodos de temperaturas extremas, lo que ayuda a bajar el estrés hídrico que pueden sufrir las plantas.
- A pesar de ser una poliacrilamida y poseer nitrógeno en su estructura, no se considera al hidrogel como fertilizante nitrogenado, ya su estructura molecular no varía

- a lo largo del experimento, es así que el contenido de nitrógeno inicial es igual al final, además de mantener sus características originales (nivel de hidratación, pH, conductividad, etc.),
- Si bien la resina UF tuvo mejores resultados que la resina Estireno Maleica, no podemos descartar su utilización como fertilizante nitrogenado de liberación lenta, ya que su comportamiento es muy aceptable, sin embargo esta se descompuso más rápidamente debido al contacto directo con el aire y el agua.
  - Tanta la resina Urea formaldehído como la estireno Maleica se descomponen mucho más lento que la urea, por lo que el nitrógeno libre en el medio de cultivo aún se encuentra presente, lo contrario del abono clásico en el que está casi completamente agotado. Es decir, con este tipo de resinas, la pérdida de nitrógeno al medio es menor por lo que su acción fertilizante es mayor,
  - El desarrollo vegetativo de la leguminosa es directamente proporcional a la concentración de Nitrógeno adicionado al medio de cultivo (A4 y B4). Sin embargo esto no tiene relación directa con la producción, ya que las plantas que tuvieron mayor tamaño y también mayor absorción de este nutriente no son las que más produjeron
  - La masa radicular de las plantas fue inversamente proporcional a las concentraciones, es decir, a mayor concentración menor desarrollo radicular y viceversa (A1 y B1). El crecimiento radicular se limita también por la disponibilidad de nutrientes, es decir, a concentraciones más altas mayor cantidad de nutrientes en el medio, por lo que la planta no se ve forzada a desarrollar su masa.
  - La pomina es un sustrato ideal para el desarrollo radicular por las características que esta posee: no se compacta, es material poroso, lo que mejora la aireación, disminuye presencia de poblaciones de microorganismos, retiene favorablemente un nivel adecuado de humedad.
  - En cuanto a producción (peso de granos), los mejores tratamientos son A2 y B2, es decir están dentro de las concentraciones de nitrógeno más pequeñas A= 4.36 g N/planta; B= 3.52g N/planta. En porcentaje 0,9.
  - De acuerdo con los resultados obtenidos, crecimiento del tallo, masa radicular, producción y asimilación de nitrógeno, la mejor resina fue la A y de esta basándose en la producción el mejor tratamiento es A2. La resina B presenta mayor % de Nitrógeno libre en el medio de cultivo, lo que evidencia que esta se absorbió y descompuso menos; cabe mencionar que la resina B es mucho más dura que la A, lo que pudo haber limitado la absorción por parte de las plantas.
  - A pesar de que la resina A tiene menor porcentaje de Nitrógeno y menor índice de Actividad, esta fue mucho más eficiente, por lo que suponemos tiene una fracción II mucho más alta, es decir, que el Nitrógeno disponible fue de liberación lenta, mientras que en la resina B, el Nitrógeno presente puede ser de Fracción III (se mantienen fijo o se libera mucho más lento), esto lo podemos observar en las porciones asimiladas por las plantas y en el nitrógeno residual en las resinas.
  - El costo de la resina urea formaldehído es mayor que el de la urea, sin embargo se deben analizar algunos criterios importantes como la producción, para compensar este excedente.
  - A pesar de que el hidrogel constituiría un rubro extra en el desarrollo del cultivo, este nos proporciona un ahorro significativo de agua, lo que se debe tener muy en cuenta en especial para tratar de remediar los graves problemas ambientales en los que vivimos; no nos podemos dar el lujo de desperdiciar un recurso no renovable e imprescindible en nuestra vida.

### Referencias bibliográficas

- Kirk R. (1969). Enciclopedia de Tecnología Química. México: Hispanoamericana.
- Baumann H. (1969). Plastroponía. Aplicaciones de plásticos en la Agricultura. Madrid: Blumé.
- Herman N. (1976) Enciclopedia Ciencia y Tecnología de los Polímeros. USA: Borrada
- Bilmeyer F. (2004). Ciencia de los Polímeros. España: Reverté.
- Rodríguez F. (1984). Principios de Sistemas de Polímeros México: Hispanoamericana.
- Villasis E. (2004). Estudio de la Influencia de modificadores y catalizadores en la síntesis de resina de Urea formaldehído para la fabricación de tableros de madera de densidad media. Quito.
- Ortega C. (2002). Compendio de Nutrición Vegetal. Quito: Hispanoamericana.
- Weast R. (1964). Handbook of chemistry and physics. 2ed. USA: The Chemical Rubbert,
- Ecuador; Manual Agrícola de Leguminosas; (1998). Cultivos y Costos de Producción.
- Peralta E., Vásquez J., Pinzón J., Lépiz R. (1994). Producción de semilla de fréjol voluble o trepador, INIAP, Quito, Ecuador.
- Revista Agricultura. [en línea] en: <http://www.revista-agricultura@com.ar> 06.05.2009
- Haifa Chemical. Hidrogeles [en línea] en: <http://www.cenamec.org.ve/Olimpiadas/Química/pruebas/p02-2002/p08htm>. 07.08.2009
- Ferahian J. Hidrogeles [en línea], en: <http://www.tgm.com.ar> 06.05.30
- Universidad Autónoma Chapingo. Polímeros [en línea] en: <http://www.chapingo@polimeros.com.mx> 07.03.11
- Ritchie S. Absorción de Nutrientes [en línea], en: [http://www.haro.es/ingles/pdf/micaela\\_carvajal.pdf](http://www.haro.es/ingles/pdf/micaela_carvajal.pdf) 07-12-06
- Harvey E. Hidrocoloides [en línea], en: <http://www.doschivos.com/trabajos/quimica/524.htm> 07-09-11