

15ª Reunión RUENA. Sevilla 2017

RESULTADOS DE LA INOCULACION DE LEGUMINOSAS EN ESPAÑA: SOJA (GLYCINE MAX) Y ALTRAMUZ (LUPINUS SP.)

F. J. Temprano Vera, y D. N. Rodríguez Navarro
IFAPA Centro Las Torres-Tomejil (Alcalá del Río), Sevilla

- ❑ Fijación biológica de nitrógeno a nivel global: 170×10^6 Tm/año
- ❑ Fijación simbiótica por las leguminosas: 70×10^6 Tm/año
- ❑ Tasas de fijación: 50-300 kg/ha y año (variable según cultivo y circunstancias).
- ❑ Cantidad de nitrógeno fijado simbióticamente por las leguminosas en España (cultivos de grano, forrajeros y hortícolas, así como praderas polifitas, praderas naturales y pastizales): 100.000 Tm/año. (Aproximadamente 10 % del nitrógeno usado como fertilizante)

El cultivo de las leguminosas en España (año 2013)

Leguminosas de grano

| | | |
|--------------|----------------|-----|
| Guisantes | 122.246 | has |
| Yeros | 84.103 | |
| Veza | 71.440 | |
| Lentejas | 31.506 | |
| Garbanzos | 27.252 | |
| Habas | 15.104 | |
| Judías | 6.829 | |
| Altramuz | 3.650 | |
| Otras | 13.545 | |
| Total | 375.675 | |

Leguminosas industriales

| | | |
|--------------|--------------|-----|
| Cacahuete | 648 | has |
| Soja | 498 | |
| Regaliz | 75 | |
| Total | 1.221 | |

Leguminosas forrajeras

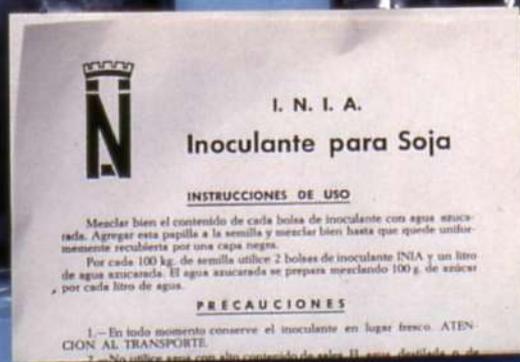
| | | |
|--------------|----------------|-----|
| Alfalfa | 248.801 | has |
| Veza | 99.877 | |
| Esparceta | 17.645 | |
| Trébol | 2.770 | |
| Otras | 10.446 | |
| Total | 379.549 | |

Leguminosas hortícolas

| | | |
|------------------|---------------|-----|
| Guisantes verdes | 11.867 | has |
| Judías verdes | 10.041 | |
| Habas verdes | 5.170 | |
| Total | 27.078 | |

| | | |
|--------------------|-----------|-----|
| Praderas polifitas | 278.082 | has |
| Prados naturales | 1.233.000 | |
| Pastizales | 5.156.700 | |

(Fuente: Anuario de Estadística del MAPAMA 2014)



Bolsas de inoculante etiquetadas y hoja de instrucciones para su conservación y manejo

Necesidad de la inoculación:

- No existen en el suelo poblaciones de rizobios específicos para el cultivo considerado y los niveles de nitrógeno disponible son bajos.
- Las poblaciones nativas del suelo están en baja densidad ($< 10^2$ rizobios/g).
- La efectividad de las poblaciones nativas del suelo es nula o baja. Problema de la competitividad.
- En cualquier caso, el uso indiscriminado de los inoculantes sin estar avalado por ensayos que muestren su efecto positivo, no hace sino desprestigiar a este tipo de productos.

NECESIDAD DE INOCULACION DE LEGUMINOSAS EN ESPAÑA

- Leguminosas de nueva introducción: soja, cacahuete, caupí, *pachyrhizus*, judía.
- Leguminosas fuera de su área habitual de cultivo: zulla, altramuz (suelos básicos), alfalfa (suelos ácidos).
- Áreas de abandono del cultivo, suelos con características extremas, suelos o terrenos recuperados.
- Falta de información: Es preciso estudiar para cada cultivo y zona agroecológica la idoneidad de la inoculación y la persistencia de *Rhizobium* en los suelos



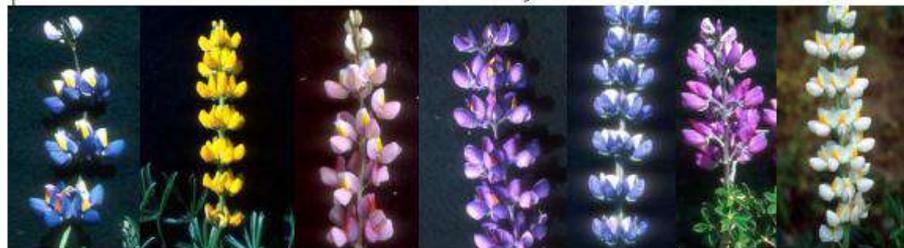
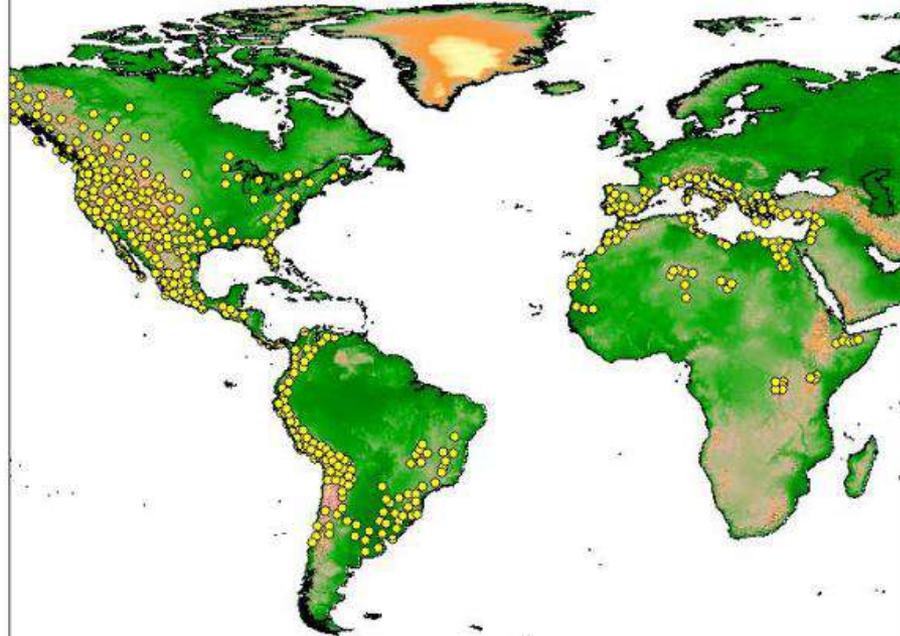
Respuesta a la inoculación de la judía (*Phaseolus vulgaris*) en ensayo de campo



LA INOCULACIÓN DEL ALTRAMUZ

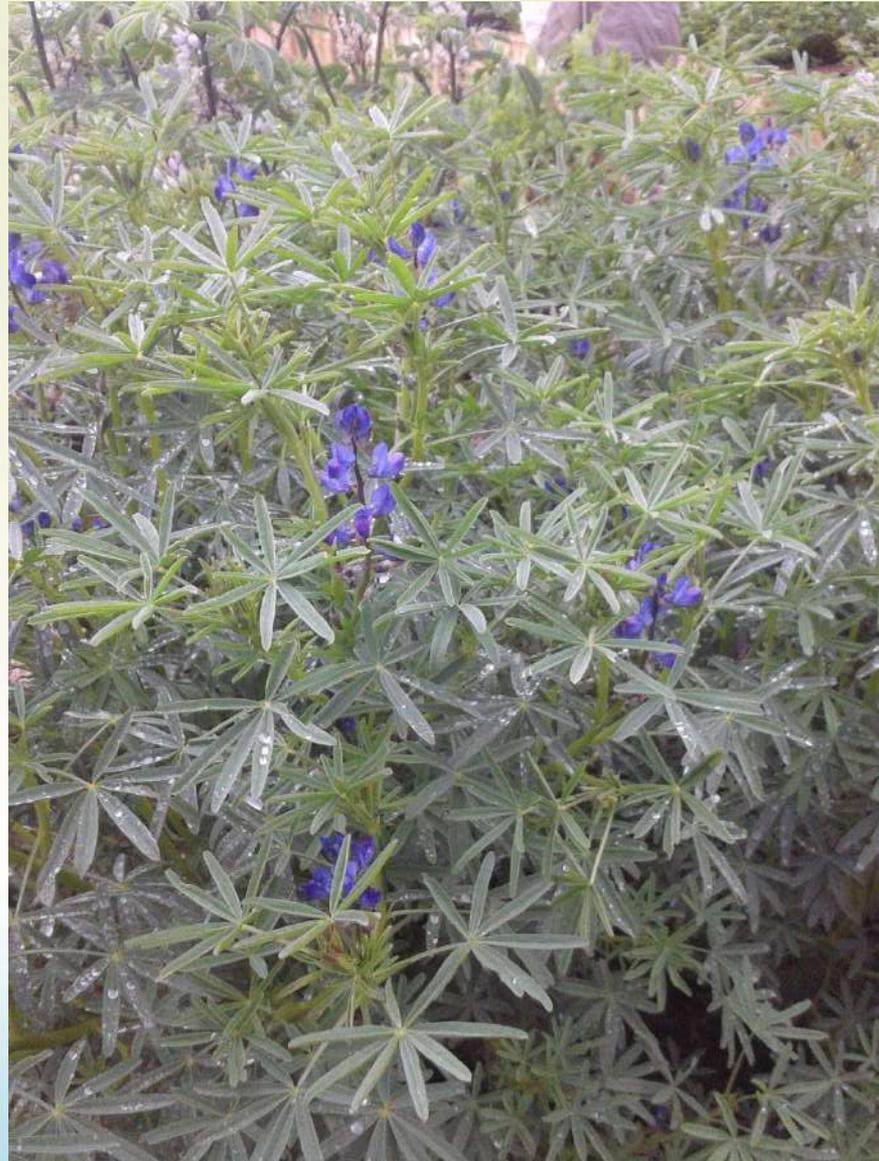
Lupinus

- c. 280 species
- Amphiatlantic distribution
- Old World – 13 species
- New World – c. 267 species





Altramuz blanco (*Lupinus albus* L.)



Altramuz azul (*Lupinus angustifolius* L.)



Altramuz amarillo (*Lupinus luteus* L.)

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA



*Lupinus
mutabilis*

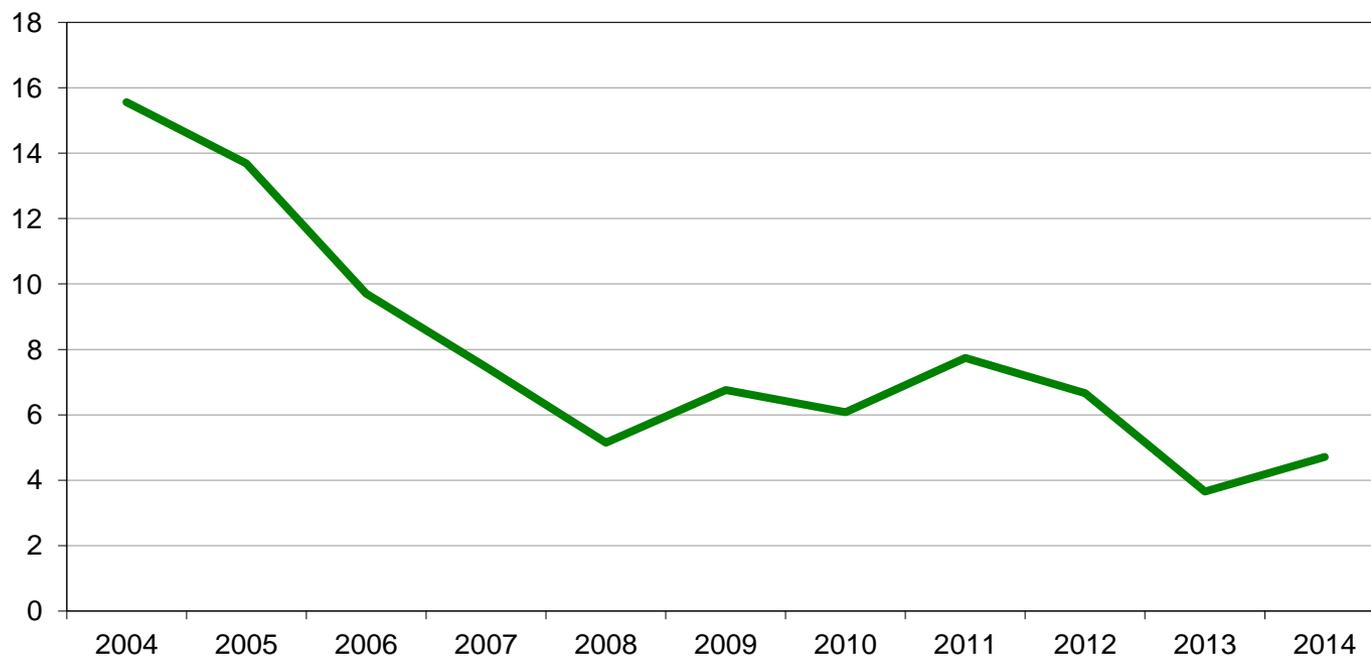


***Lupinus mariae-josephi*, un endemismo recientemente descubierto en la Comunidad Valenciana**

ALTRAMUZ: Análisis provincial de superficie, rendimiento y producción, 2014

| Provincias y Comunidades Autónomas | Superficie (hectáreas) | | | Rendimiento (kg/ha) | | Producción de grano (toneladas) | Paja cosechada (toneladas) |
|------------------------------------|------------------------|-----------|--------------|---------------------|--------------|---------------------------------|----------------------------|
| | Secano | Regadío | Total | Secano | Regadío | | |
| Girona | 67 | 27 | 94 | 650 | 1.400 | 81 | – |
| CATALUÑA | 67 | 27 | 94 | 650 | 1.400 | 81 | – |
| BALEARES | 1 | – | 1 | 1.000 | – | 1 | 1 |
| Burgos | 31 | – | 31 | 1.193 | – | 37 | – |
| León | 1.697 | 5 | 1.702 | 450 | 900 | 768 | – |
| Palencia | 582 | 6 | 588 | 298 | 300 | 175 | – |
| Salamanca | 15 | – | 15 | 2.333 | – | 35 | 17 |
| Segovia | 13 | – | 13 | 700 | – | 9 | 9 |
| Valladolid | 8 | – | 8 | 800 | – | 6 | – |
| Zamora | 177 | 1 | 178 | 600 | 1.500 | 108 | 32 |
| CASTILLA Y LEÓN | 2.523 | 12 | 2.535 | 448 | 650 | 1.138 | 58 |
| Ciudad Real | 3 | – | 3 | 1.000 | – | 3 | – |
| Toledo | 63 | – | 63 | 450 | – | 28 | 3 |
| CASTILLA-LA MANCHA | 66 | – | 66 | 475 | – | 31 | 3 |
| Badajoz | 646 | – | 646 | 658 | – | 425 | – |
| Cáceres | 204 | – | 204 | 713 | – | 145 | – |
| EXTREMADURA | 850 | – | 850 | 671 | – | 570 | – |
| Cádiz | 176 | – | 176 | 800 | – | 141 | 117 |
| Córdoba | 69 | – | 69 | 950 | – | 66 | – |
| Huelva | 200 | – | 200 | 1.160 | – | 232 | – |
| Sevilla | 568 | 15 | 583 | 1.020 | 1.175 | 597 | 119 |
| ANDALUCÍA | 1.013 | 15 | 1.028 | 1.005 | 1.175 | 1.036 | 236 |
| S.C. de Tenerife | 132 | 1 | 132 | 800 | 1.200 | 106 | 94 |
| CANARIAS | 132 | 1 | 132 | 800 | 1.200 | 106 | 94 |
| ESPAÑA | 4.652 | 55 | 4.706 | 623 | 1.171 | 2.963 | 392 |

Evolución de la superficie de altramuz (miles de hectáreas)





Clorosis férrica en altramuz blanco causada por la presencia de caliza en el suelo

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA



Clorosis férrica en altramuz azul causada por la presencia de caliza en el suelo

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA

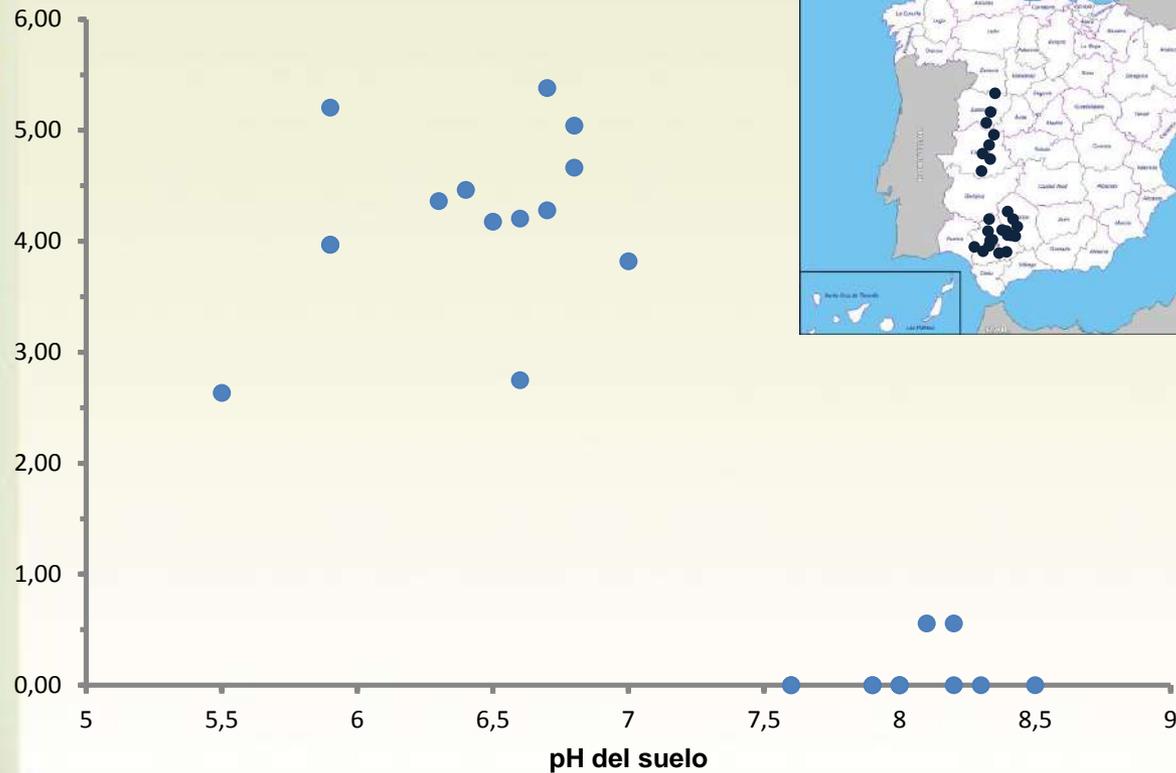
Lupinus sp. es nodulado por diversas especies de rizobios de grupo de las α -proteobacterias:

- *Bradyrhizobium japonicum* bv. *genistearum*
- *Bradyrhizobium canariense* bv. *genistearum*
- *Bradyrhizobium valentinum*
- *Microvirga lupini*
- *Rhizobium* sp. (?)



Nódulos de *Lupinus mutabilis*

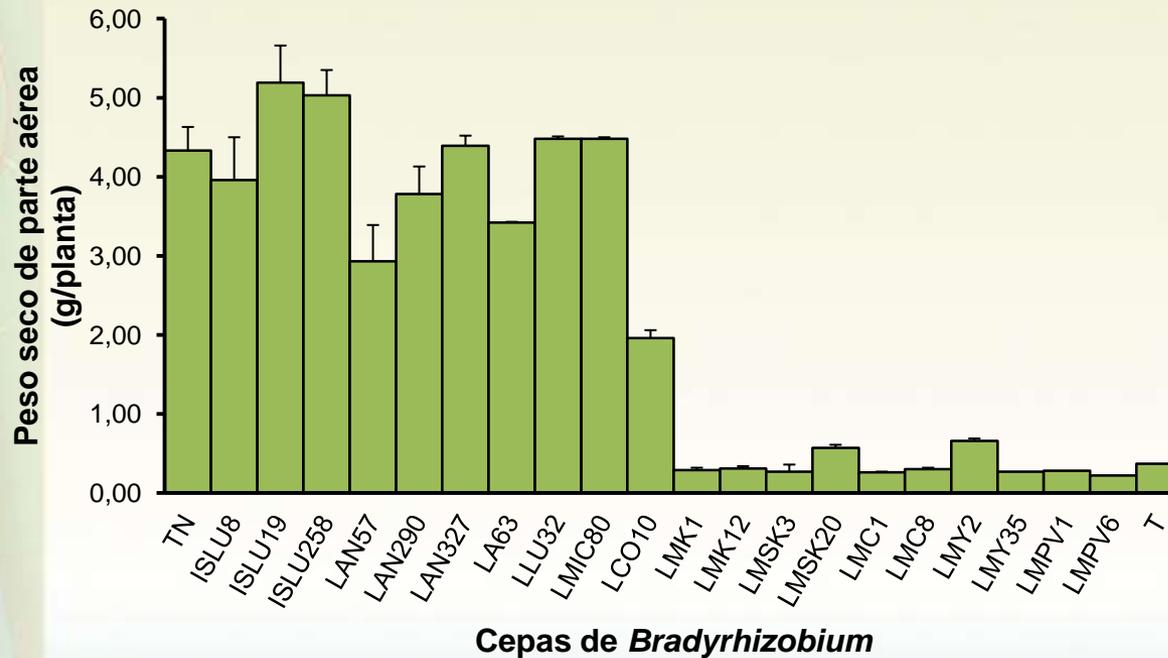
Log número de rizobios/g de suelo



Densidad de poblaciones nativas de *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*) en 26 suelos del suroeste de la península ibérica en relación con el pH del suelo



Efectividad variable de cepas de *Bradyrhizobium* sp. con *Lupinus luteus* en condiciones controladas de invernadero

Lupinus luteus

Efectividad simbiótica con *Lupinus luteus* de cepas de *Bradyrhizobium* sp. aisladas en suelos españoles (ISLU8, ISLU258, LAN57, LAN290, LAN327, LA63, LLU32, LMIC80, LCO1) y de suelos andinos (LMK1, LMK12, LMSK3, LMSK20, LMC1, LMC8, LMY2, LMY35, PMPV1, LMPV6) . T= testigo no inoculado. TN = testigo ni inoculado y fertilizado con N.



Interacción de dos cepas de *Bradyrhizobium* sp. con *Lupinus luteus* y *L. mutabilis*

Nodulación y rendimientos de altramuz blanco (*Lupinus albus* cv. Multolupa) inoculado con cepas de *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) en Cazalla de la Sierra (Sevilla)^a

| Cepas o controles | Número de nódulos/planta | Peso seco de nódulos (mg/planta) | Rendimiento (Kg/ha) | Contenido de N en grano (%) | N total en grano (Kg/ha) |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ISLU2 | 52,3 bc | 244 | 3021 | 5,70 | 172 |
| ISLU16 | 51,8 bc | 222 | 3413 | 5,50 | 188 |
| ISLU17 | 51,6 bc | 185 | 3075 | 5,58 | 172 |
| USLU21 | 61,6 ab | 333 | 3230 | 5,62 | 182 |
| ISLU27 | 74,1 a | 276 | 3141 | 5,76 | 180 |
| ISLU40 | 64,6 ab | 233 | 2961 | 5,68 | 169 |
| Control no inoculado | 54,1 bc | 220 | 3417 | 5,53 | 189 |
| Control no inoculado + N | 43,8 c | 179 | 2647 | 5,61 | 148 |
| M.D.S. (5 %) | 16,6 | n.s | n.s | n.s | n.s |
| C.V. (%) | 18,0 | 32,0 | 11,8 | 3,9 | 11,6 |

a) Los datos son medias de 4 repeticiones. Las cifras seguidas de la misma letra, dentro de cada columna, no difieren significativamente al nivel del 5 %.

Nodulación y rendimientos del grano de altramuz amarillo (*Lupinus luteus* cv. Aurea) inoculado con cepas de *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) en Villamanrique de la Condesa (Sevilla)^a

| Cepas o controles | Número de nódulos/planta | Peso seco de nódulos (mg/planta) | Rendimiento (Kg/ha) | Contenido de N en grano (%) | N total en grano (Kg/ha) |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ISLU16 | 4,1 | 257 | 3005 | 6,41 | 194 |
| USLU21 | 4,5 | 277 | 2885 | 6,87 | 198 |
| ISLU40 | 4,7 | 182 | 2867 | 6,36 | 183 |
| Control no inoculado | 5,0 | 311 | 2818 | 6,70 | 188 |
| Control no inoculado + N | n.d. | n.d | 2770 | 6,51 | 180 |
| M.D.S. (5 %) | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s |
| C.V. (%) | 23,5 | 43,5 | 13,5 | 9,4 | 16,4 |

a) Los datos son medias de 4 repeticiones. n. d.: no determinado. n.s.: diferencias no significativas al nivel del 5 %.

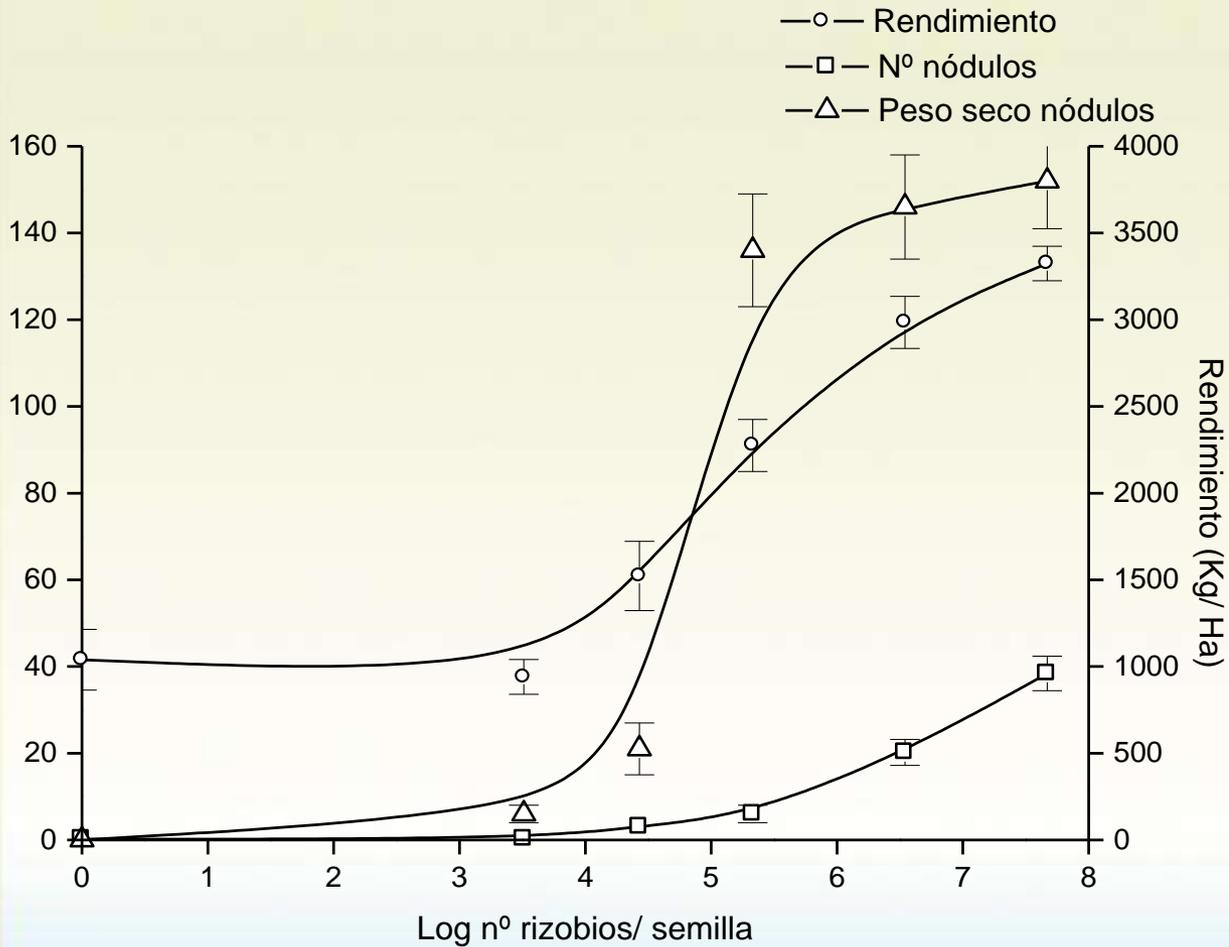
Nodulación y rendimientos de altramuz blanco (*Lupinus albus* cv. Multolupa) inoculado con cepas de *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) en La Rinconada (Sevilla)^a

| Cepas o controles | Número de nódulos/planta | Peso seco de nódulos (mg/planta) | Rendimiento (Kg/ha) | Contenido de N en grano (%) | N total en grano (Kg/ha) |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ISLU2 | 23,3 ab | 187 a | 2317 b | 3,61 abc | 83 b |
| ISLU16 | 28,0 a | 181 a | 2813 a | 3,36 cd | 95 ab |
| ISLU17 | 15,0 bc | 174 a | 2544 ab | 3,89 a | 99 ab |
| USLU21 | 25,3 a | 172 a | 2725 ab | 3,91 a | 107 a |
| ISLU27 | 25,3 a | 187 a | 2566 ab | 3,76 ab | 97 ab |
| ISLU40 | 7,2 cd | 61 b | 1673 c | 3,53 bcd | 59 c |
| Control no inoculado | 54,1 d | 6 c | 1087 d | 3,23 d | 37 d |
| Control no inoculado + N | 43,8 d | 11 c | 2444 ab | 3,45 bcd | 88 ab |
| M.D.S. (5 %) | 9,2 | 42 | 441 | 0,31 | 19 |
| C.V. (%) | 40,4 | 25,8 | 14,1 | 5,9 | 16,2 |

a) Los datos son medias de 4 repeticiones. Las cifras seguidas de la misma letra, dentro de cada columna, no difieren significativamente al nivel del 5 %.



Aspecto de las parcelas de altramuz blanco (*Lupinus albus*) sin inocular (izda.) e inoculada con *Bradyrhizobium* sp. (dcha) en un suelo básico del valle del Guadalquivir.



Respuesta de la nodulación y el rendimiento del altramuz (*Lupinus albus*, L.) a distintas dosis de inoculación en un suelo básico del Valle del Guadalquivir (Temprano, 1990)

Nodulación de tres especies de *Lupinus* inoculadas con *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) en La Rinconada (Sevilla).^a

| Cepas o Controles | Número de nódulos/planta | | | Peso seco de nódulos (mg/planta) | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------|---------------|----------------------------------|--------|---------------|
| | Albus | Luteus | Angustifolius | Albus | Luteus | Angustifolius |
| ISLU16 | 48,8 a | 2,5 a | 33,2 a | 441 a | 483 a | 503 a |
| USLU21 | 31,0 b | 3,5 a | 24,0 a | 417 a | 493 a | 532 a |
| ISLU40 | 37,7 ab | 2,7 a | 22,2 a | 378 a | 520 a | 397 a |
| Control no inoculado | 0,3 c | 0,8 b | 0,1 b | 16 b | 0 b | 5 b |
| Control no inoculado + N | 0,8 c | 0,8 b | 0,1 b | 28 b | 6 b | 5 b |
| M.D.S. (5 %) | 14,6 | 1,5 | 12,4 | 174 | 19 | 205 |
| C.V. (%) | 20,4 | 48,2 | 25,9 | 23,3 | 21,1 | 23,7 |

a) Los datos son medias de 4 repeticiones. Las cifras seguidas de la misma letra, dentro de cada columna, no difieren significativamente al nivel del 5 %.

Rendimiento y contenido de nitrógeno del grano de tres especies de altramuz inoculadas con *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) en la Rinconada (Sevilla).^a

| Cepas o Controles | Rendimiento del grano (kg/ha) | | | Contenido en N del grano (%) | | | Nitrógeno total en grano (kg/ha) | | |
|-----------------------------|----------------------------------|--------|---------------|------------------------------|---------|---------------|-------------------------------------|--------|---------------|
| | Albus | Luteus | Angustifolius | Albus | Luteus | Angustifolius | Albus | Luteus | Angustifolius |
| ISLU16 | 1990 ab | 904 ab | 2015 a | 4,83 a | 6,47 a | 4,36 ab | 96 a | 59 a | 88 ab |
| ISLU21 | 2226 a | 1070 a | 2080 a | 4,79 a | 6,27 ab | 4,49 a | 107 a | 67 a | 94 a |
| ISLU40 | 1711 b | 893 ab | 1931 a | 4,53 ab | 6,27 ab | 4,27 ab | 78 b | 56 ab | 83 ab |
| Control no inoculado | 834 c | 145 c | 613 b | 3,81 c | 4,66 c | 3,10 c | 32 c | 6 c | 19 c |
| Control no inoculado + N | 1710 b | 708 b | 1830 a | 4,15 bc | 5,97 bc | 4,00 b | 71 b | 42 b | 73 b |
| M.D.S. (5 %) | 291 | 208 | 301 | 0,42 | 0,34 | 0,43 | 14 | 14 | 17 |
| C.V. (%) | 12,0 | 19,5 | 14,6 | 6,3 | 4,1 | 7,2 | 12,3 | 20,6 | 16,6 |

a) Los datos son medias de 4 repeticiones. Las cifras seguidas de la misma letra, dentro de cada columna, no difieren significativamente al nivel del 5 %.



Inoculación del altramuz en un suelo sin poblaciones nativas de *Bradyrhizobium* sp.



i Muchas gracias!