

**PROYECTO DE COOPERACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA (PCI-AECI)  
PARA EL FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
SANTO DOMINGO (REPÚBLICA DOMINICANA) Y EL DESARROLLO DE  
BIOFERTILIZANTES PARA ZONAS DE AGRICULTURA DE SUBSISTENCIA:  
RESULTADOS Y CLAVES PARA MAXIMIZAR EL IMPACTO**

*Fernando González-Andrés, César Antonio Díaz Alcántara, Daniel Mulas García,  
Encarna Velázquez, Beatriz Urbano López de Meneses*

---

### **Introducción.**

La experiencia que se presenta es el resultado de la aplicación de un Proyecto de Cooperación Interuniversitaria (PCI-AECID) en la República Dominicana. Por parte española participaron las Universidades de León (coordinadora) y las de Salamanca y Valladolid, siendo el país destino de la acción la República Dominicana a través de la Universidad Autónoma de Santo Domingo. La formación de Profesores Universitarios en los países objeto de las acciones de Cooperación al desarrollo, para fortalecer las instituciones Universitarias es la finalidad de los proyectos de programa PCI-AECID y es por tanto la finalidad que movió a presentar la iniciativa. El contenido del proyecto estuvo dirigido a un tema que en la Universidad de destino presenta una gran demanda de especialistas, que es la elaboración de biofertilizantes, de gran interés en producción agraria ecológica y para eliminar o reducir el uso de los costosos fertilizantes químicos, lo que tiene importancia a nivel social en el país de destino.

### **Objetivos.**

1. Fortalecer institucionalmente la Universidad de destino mediante la formación de técnicos en un ámbito de gran interés por parte de la institución.
2. Desarrollar biofertilizantes para la producción de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) en agrosistemas de montaña con sistemas productivos de subsistencia.
  - Seleccionar, entre las cepas de rizobios que nodulan espontáneamente a la habichuela, las de mejor eficiencia en la fijación de nitrógeno *in vitro*.
  - Elaborar inoculantes basados en las cepas que presenten mejor persistencia en suelo real.
  - Valorar económicamente la repercusión del uso del biofertilizante en los productores de habichuela.

### **Esquema o diagrama general.**

La acción ha consistido en la realización de un proyecto de investigación conjunto España-República Dominicana en un campo de interés para el país de destino de la cooperación.

El ámbito de actuación fue la producción agrícola, ya que los promotores de la acción son Ingenieros Agrónomos. Con anterioridad se habían desarrollado otras acciones de

Cooperación al Desarrollo entre algunos miembros del equipo español e instituciones no universitarias de República Dominicana, concretamente el Instituto Nacional de los Recursos Hidráulicos (INDRHI) sobre temas de fertilización mineral racional, ya que el gasto en fertilizantes es una de las principales preocupaciones del país. Durante el desarrollo de las mencionadas acciones de cooperación, el equipo español detectó i) las carencias a nivel institucional en el país de destino y ii) los campos en los que la investigación agraria es más necesaria dentro del ámbito agronómico. Con este análisis se decidió que la manera más conveniente de continuar con la Cooperación es a través de un proyecto de investigación sobre biofertilización a través de la Universidad, para ayudar a fortalecer la investigación agronómica y formar doctores en este campo de investigación.

La razón del interés de la biofertilización en República Dominicana es que se trata de un país en el que la agricultura juega un doble papel, conviviendo junto a una agricultura de subsistencia otra de mercado orientada a la producción ecológica destinada a la internacionalización. Por esta razón el desarrollo de biofertilizantes presenta también un doble interés, por una parte como productos que puedan emplearse para fertilizar los cultivos ecológicos y por otra para sustituir los fertilizantes químicos, por microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico y en su caso también movilizados de fósforo.

### **Exposición de lo realizado: Estrategias y metodología utilizada.**

El proyecto PCI-AECI que se presenta tiene una duración de dos años y su desarrollo está basado en el diseño de una estrategia de movilidad de un grupo de profesores en las dos direcciones.

Tres profesores españoles visitaron República Dominicana en dos momentos: Al inicio del proyecto con el fin de visitar los agrosistemas de montaña y tomar muestras, y cuando estaban cubiertos los dos tercios del mismo, para supervisar la implantación de las tecnologías de laboratorio y las investigaciones “en campo” tanto en la parte de producción como en el estudio económico.

En cuanto al objetivo 1, la estrategia seguida para el fortalecimiento institucional fue la selección, por parte de las autoridades académicas de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), de un candidato para realizar un doctorado en las Universidades españolas, concretamente en la Universidad de León, pero con formación en las tres Universidades. El profesor seleccionado por la UASD realizó una estancia de un año en España, aprendiendo y aplicando metodologías de laboratorio. Otro año -aún no concluido- lo pasó en República Dominicana, implementado el establecimiento de las metodologías aprendidas en España y realizando la parte “de campo” del proyecto. Para poder culminar el doctorado es necesario que el profesor de la UASD vuelva a España durante al menos un año más para redactar la tesis doctoral y completar sus experimentaciones. Para esto se ha recurrido a diferentes fuentes de financiación, de las que de momento no se ha obtenido respuesta positiva por parte de ninguna de ellas.

Referente al objetivo 2, se realizó un recorrido de campo al inicio del proyecto para tomar nódulos radiculares *in situ*, aislar los rizobios que forman esos nódulos, identificarlos taxonómicamente con técnicas de biología molecular y analizar su

eficiencia nitro fijadora con objeto de seleccionar los más adecuados para fabricar el biofertilizante. La selección se hizo en dos fases de manera secuencial: La primera en condiciones *in vitro* sobre medio de enraizamiento artificial, estéril e inerte regado con una solución libre de nitrógeno y la segunda, para aquellas cepas que fueron más eficientes *in vitro*, sobre suelo real de las diferentes zonas donde se utilizarán los biofertilizantes. Uno de los factores que más prima a la hora de seleccionar cepas es su persistencia en el suelo, pues se trata de que los productores inoculen una o dos veces y luego el microorganismo permanezca en el suelo y no sea necesario volver a inocular. La identificación taxonómica de los aislados, se llevó a cabo en su primera fase, mediante la realización de grupos en base a los perfiles TP-RAPD que no son cepa-dependientes y que permiten agrupar a los aislados según grupos reconocidos taxonómicamente. Luego la identificación taxonómica de dichos grupos de aislados se realizó mediante la secuenciación de genes específicos como la región ITS y los genes *recA* y *atpD*.

En cuanto al estudio económico, se obtuvo información de los productores acerca de los costes del cultivo para valorar el impacto de la supresión de la fertilización mineral nitrogenada. La recolección de información se realizó mediante entrevistas personales con los productores.

## Resultados

El objetivo 1, fortalecer la institución de destino mediante el entrenamiento del personal en el desarrollo de biofertilizantes, se ha cumplido con éxito. La oferta de que el participante dominicano pueda realizar un doctorado ha interesado mucho a la Universidad Autónoma de Santo Domingo, tanto por la deficiencia de doctores en la misma, como por el respaldo que unos estudios sólidos como los de doctorado otorgan al profesor al que en el futuro van a confiar el establecimiento de un laboratorio para la elaboración de biofertilizantes.

En cuanto al objetivo 2, desarrollo de un biofertilizante para zonas con agricultura de subsistencia, el tiempo máximo de desarrollo establecido por la entidad financiadora, 2 años, es escaso para un proyecto científico de la envergadura del proyecto planteado. Pese a esta limitación se han cumplido los objetivos planteados, si bien éstos hubieran podido ser más amplios sin la limitación de tiempo indicada. Se ha completado con éxito el aislamiento de los rizobios procedentes de 60 nódulos radiculares de un total de 14 suelos distribuidos de manera homogénea en 3 provincias: Elías Piña, San José de Ocoa y La Vega en la República Dominicana (Figura 1). Dieciocho de los 32 aislados que re infectaron las plantas inoculadas, mostraron una eficiencia significativa en la fijación de nitrógeno atmosférico en condiciones *in vitro*. Las 5 más eficientes están siendo probadas sobre suelo real –en invernadero en macetas– de las tres provincias en las que se utilizará el biofertilizante, con objeto de elegir las más idóneas para la fabricación del mismo. La fase de invernadero está todavía en experimentación, pues el proyecto termina a finales de Enero de 2009. Al finalizar se podrá ofrecer a la sociedad un biofertilizante para el cultivo del frijol en las zonas de agricultura de subsistencia para las que se desarrolló.

Figura 1. Localización de las zonas de muestreo

En cuanto a la identificación taxonómica de los aislados, ésta es muy importante porque unos taxa de microorganismos son beneficiosos y otros perjudiciales y en la elaboración del biofertilizante solo pueden utilizarse los primeros, pues en los últimos tiempos se ha descubierto que la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico no está solo restringida a los rizobia. Los primeros resultados de la identificación taxonómica, basados en la secuenciación parcial del gen ITS, de un representante de cada grupo de cepas con el mismo perfil TP-RAPD, indican que la mayor parte de los aislados son genotipos situados filogenéticamente entre *Rhizobium phaesoli* y *R. pisi* mientras que uno de ellos se sitúa más próximo a *R. vitis*. Estos resultados están siendo comprobados en la actualidad mediante la secuenciación de otros genes *housekeeping*, lo que conducirá a una identificación taxonómica precisa, ya que el proyecto aún no ha finalizado.



En cuanto al estudio económico realizado, se ha detectado que el gasto en fertilizantes minerales para el cultivo del frijol es muy importante en las zonas de agricultura de subsistencia en las que se ha trabajado, representando en torno al 30% de los costes de producción. Además los productores no añaden la cantidad de abono que se requiere en función de un cálculo de las necesidades, sino en función de los recursos económicos disponibles en el momento, o del crédito recibido. Por esta razón el desarrollo de biofertilizantes con buena persistencia en el suelo es de gran interés.

Una parte de los resultados obtenidos han sido publicados en congresos internacionales, y en el futuro se pretende que sean publicadas en revistas internacionales (Díaz-Alcántara *et. al.* 2008 ab)

### **Puntos fuertes y puntos débiles.**

Los principales puntos fuertes del desarrollo de la presente acción son:

- El ofrecimiento de una promoción personal (doctorado) a la persona de la Universidad de destino con mayor implicación en el proyecto, es un importante aliciente lo que tiene clara repercusión en el cumplimiento de los objetivos

planteados.

- Que la institución destinataria de la acción sea una Universidad tiene un importante “efecto semilla” ya que el investigador responsable de la acción en República Dominicana ha involucrado a otros estudiantes de grado mediante la realización de sus tesis de licenciatura.
- En el presente proyecto se ha trabajado en la obtención de biofertilizantes basados en rizobios para el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), pero dado que la tecnología empleada es de aplicación general a otros cultivos de leguminosas, los destinatarios de la acción ya han planteado la elaboración de biofertilizantes para otros cultivos.
- La publicación de los resultados obtenidos, en congresos y revistas internacionales contribuye a mejorar la calidad académica de la institución de destino, y a su incorporación a los foros científicos internacionales.
- El proyecto tiene una doble repercusión en la sociedad dominicana, aparte del impacto científico, el propio desarrollo de un biofertilizantes especialmente diseñado para zonas de agricultura de subsistencia, tiene una aplicación directa para conseguir la autosuficiencia.

Los principales puntos débiles fueron los siguientes:

- El período de tiempo máximo de la acción es escaso. Dos años es un corto período de tiempo para un proyecto científico de investigación, lo que se hace más patente teniendo en cuenta que se existe un componente de formación de científicos, generalmente en países en los que se parte de importantes carencias formativas.
- Las dificultades de acceso a recursos de investigación básicos que se experimenta en el país de destino, dificultan o al menos retrasan la aplicación de la tecnología aprendida.
- La transferencia de la tecnología desarrollada a la sociedad, concretamente la distribución de los fertilizantes a los productores queda fuera del alcance del proyecto, pero sería necesario realizar un seguimiento del mismo.

### **Líneas de futuro.**

El proyecto pretende dotar a los profesionales de la Universidad Autónoma Santo Domingo con los conocimientos necesarios para desarrollar toda una línea de trabajo en biofertilizantes, por lo que las líneas a seguir serán las siguientes:

1. Solicitud de un proyecto de investigación a las instituciones locales para la dotación de un laboratorio donde se pueda investigar sobre biofertilizantes y desarrollarlos. La solicitud ya ha sido realizada aunque está pendiente de resolución y en cualquier caso la dotación económica es escasa.

2. Seguimiento y apoyo por parte del equipo español en el establecimiento y dotación del laboratorio. En este caso el organismo financiador no contempla prórroga después de los 2 años primeros, lo que dificulta el seguimiento, obligando a buscar otro tipo de financiación.
3. Establecimiento de una planta para la fabricación de los biofertilizantes y distribución de los mismos entre los productores. En el momento actual aún no existe un proyecto concreto.
4. Seguimiento en campo por parte de los técnicos locales, de lo efectos de la biofertilización.

### **Bibliografía.**

Díaz-Alcántara, C., Mulas, D., Velázquez, E., González-Andrés, F. 2008. Identification and symbiotic effectiveness of rhizobia isolated from *Phaseolus vulgaris* L. nodules in mountainous agro-ecosystems from Dominican Republic. Pág 94 en: De Cock, M; y Vereecke, D. (eds.) Actas del 8th European Nitrogen Fixation Conference Gante, 30 de Agosto al 3 de Septiembre de 2008

Díaz-Alcántara, C., Mulas, D., Velázquez, E., Casquero, P., González-Andrés, F. 2008. Aislamiento de rizobios que nodulan habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) en agrosistemas de montaña de la República Dominicana. Pág. 42 en: SEFIN (España) – INRB I.P. (Portugal) (eds.) Actas del I Congreso Hispano Luso de Fijación de Nitrógeno y XII Reunión Nacional de Fijación de Nitrógeno