

CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE *DIOSCOREA ALATA L.* Y OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS *IN VITRO* COMO FUENTE DE SEMILLA EN CUBA.

UNIDAD EJECUTORA PRINCIPAL DEL RESULTADO: Universidad de Granma.

AUTOR PRINCIPAL: Misterbino Borges García¹

OTROS AUTORES: Rafael Gómez Kosky², Silvio Meneses Rodríguez¹, Juan José Silva Pupo¹, Edil Estrada Abeal¹, Diana Reyes Avalos¹, Yanet Hernández Jerez¹, Orlando González Paneque¹.

OTRAS ENTIDADES PARTICIPANTES:

¹Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma, Bayamo 85100 Granma, Cuba. (mborgesg@udg.co.cu)

²Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. Carretera a Camajuaní km 5. Santa Clara. Villa Clara.Cuba.

COLABORADORES: Dr.C. Bernard Malaurie. Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR DIAPC, F-34 000 Montpellier, France. Dra. C. Gemma Arnau. CIRAD Département BIOS/UR75, Station de Roujol 97 170, Petit Bourg, Guadeloupe, France. Dr. C. Amadou Ba. Université des Antilles et de la Guyane 97159, Pointe à Pitre, Guadeloupe, France. Dra. C. Perla Hamon. Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR DIAPC, F-34 000 Montpellier, France. Dra. C. Nora Scarcelli. Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR DIAPC, F-34 000 Montpellier, France. Dr. C. Jean Louis Noyer. CIRAD, UMR 1096 PIA Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France. Dr. C. Denis Filloux. CIRAD, UMR 1096 PIA Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

AUTOR PARA LA CORRESPONDENCIA

Dr. C. Misterbino Borges García

✉ Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma, Bayamo 85100 Granma, Cuba.

☎ (053) (23) 45 2303

☎ Fax: (053) (23) 48 3098

E-mail: mborgesg@udg.co.cu

RESUMEN

Los rendimientos del cultivo de ñame decrecen con el transcurso de los años con una tendencia hacia la desaparición del mismo, debido fundamentalmente a la poca atención brindada al cultivo de esta especie, su producción limitada al sector privado, la incidencia de plagas y la carencia de material de propagación de buena calidad. El ñame es un cultivo importante en las zonas montañosas de la región oriental de Cuba, donde existe la mayor diversidad de *Dioscorea* spp. El factor limitante principal de la producción local es la falta de semilla de calidad. El manejo efectivo de la producción depende de un mejor conocimiento de la biodiversidad de los clones cultivados y los virus asociados, así como del desarrollo de una metodología de micropropagación y conservación que permita el suministro de material sano para la producción agrícola. La presente investigación tuvo como objetivos i)- caracterizar el germoplasma de *Dioscorea alata* en la región oriental de Cuba y efectuar un diagnóstico viral mediante la utilización de las técnicas moleculares más recientes, así como ii)- obtener una metodología de conservación y micropropagación que permita propagar material sano del clon Caraqueño. Diez accesiones representativas fueron caracterizadas mediante indicadores morfo-agronómicos y con el uso de cinco marcadores microsátélites específicos del género *Dioscorea*. El método Coating - PCR fue utilizado para detectar badnavirus y el método Coating RT - PCR para identificar potyvirus, potyvirus (YMV; YMMV) y potyvirus universal. Los análisis morfo-agronómicos permitieron determinar la existencia de seis fenotipos mientras que el análisis molecular realizado por primera vez en Cuba reveló la presencia de cuatro genotipos diferentes. Por primera vez en Cuba también se detectó la existencia de badnavirus. Se obtuvo una metodología completa para la propagación y conservación del clon Caraqueño la cual fue optimizada desde la fase de cultivo *in vitro* hasta la fase de campo. La metodología fue validada con éxito con relación a los estudios morfo-agronómicos, histológicos y moleculares, la cual no produce en las plantas provenientes del cultivo *in vitro* durante un primer y segundo ciclo de cultivo en campo, modificaciones morfo-agronómicas, histológicas, ni moleculares, con relación a las plantas procedentes de la propagación convencional. Esta metodología asegura también el buen estado fitosanitario del material vegetal, lo que permite que pueda ser aplicada en condiciones similares a otros clones. Este resultado ha sido introducido a escala productiva en la práctica socio – económica en la agricultura urbana, suburbana y familiar de la provincia Granma, lo que ha permitido el fortalecimiento de los subprogramas: raíces y tubérculos tropicales; y ciencia, tecnología, capacitación y medio ambiente de la provincia Granma, principalmente en los municipios Bayamo y Jiguaní, a través de la producción y entrega de 41 000 semillas de alta calidad (deficitarias en la agricultura urbana) obtenidas por vía biotecnológica y convencional, y la capacitación en nuevas técnicas de cultivo a 300 pequeños/as productores/as, lo que ha tenido un impacto directo en un cultivo de gran valor nutritivo y comercial con altos rendimientos por planta de más de 5 kg, y de gran utilidad alimentaria para la población tanto en tiempo de paz como de guerra.

INTRODUCCIÓN

Los clones existentes en la colección cubana de ñame (*Dioscorea* spp.) pertenecen fundamentalmente, a las especies *D. alata*, *D. rotundata*, *D. cayenensis*, *D. esculenta*, *D. bulbifera* y *D. trifida*. Las más extendidas son *D. alata*, *D. rotundata* y *D. cayenensis*. Excepto *D. trifida*, que es originaria de América del Sur, el resto ha sido introducido desde África y el Asia-Pacífico (MINAG, 2008). Su cultivo se realiza principalmente en las zonas montañosas de las regiones central y oriental donde existe

mayor diversidad del género; en particular para estas zonas el ñame representa un importante alimento debido a su productividad potencial y la posibilidad de su cultivo en sistemas intensivos y agroforestales.

El germoplasma de *D. alata* en Cuba no ha sido suficientemente caracterizado. Estudios morfo-agronómicos y moleculares son requeridos para disponer de una información precisa sobre la diversidad genética y las relaciones filogenéticas de este germoplasma, aspectos esenciales a considerar para un uso más racional y eficiente de los recursos genéticos de esta especie.

A partir de 1990, dada la demanda de este tubérculo en Cuba se comenzó a desarrollar una metodología de propagación acelerada de los principales clones comerciales, a través de las técnicas de cultivo de tejidos vegetales (De la Cruz *et al.*, 1998 ; Medero *et al.*, 1999). Posteriormente se obtuvo una metodología para la conservación *in vitro* de germoplasma de esta especie (Borges *et al.*, 2003 *Plant Genetic Resources Newsletter*) y su regeneración en condiciones de micropropagación (Borges *et al.*, 2004 *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*). Otros trabajos han sido llevado a cabo para la producción de minitubérculos con la ayuda de sistemas de inmersión temporal en *D. alata* (Cabrera, 2009).

Se puede afirmar que ninguna de las investigaciones realizadas en Cuba hasta la fecha ha abordado los estudios moleculares de caracterización y diagnóstico viral de la biodiversidad de *D. alata*, los cuales son esenciales para emprender estrategias efectivas de propagación y conservación segura del germoplasma de esta especie que permitan su implementación directa e inmediata en la producción y extensión agrícola sostenible de este cultivo.

A continuación se describen los tres aspectos fundamentales contenidos en este resultado científico:

a) Caracterización de la diversidad genética del germoplasma de *D. alata* y comparación con la diversidad mundial.

La caracterización morfo-agronómica del germoplasma evaluado mostró, una diversidad de seis fenotipos: 1, Criollo; 2, Caraqueño, Manito, Morado y Jamaiquino; 3, Cartagena; 4, Chino Blanco; 5, Culebro y 6, Caballo, mientras que, el análisis molecular evidenció cuatro genotipos, de los cuales tres genotipos fueron diploides: 1, Criollo; 2, Caraqueño, Manito, Morado, Jamaiquino y Cartagena; 3, Chino Blanco y Culebro; y uno triploide: Caballo.

La comparación de la colección de *D. alata* de la región oriental de Cuba con la mundial evidenció una pobre diversidad genética del germoplasma cubano de esta especie. Por primera vez en Cuba se realiza la caracterización genético molecular del germoplasma de ñame y su comparación con la diversidad mundial.

b) Diagnóstico molecular a virus del germoplasma de *D. alata* en la región oriental de Cuba.

Por primera vez en Cuba, se detectó la existencia de badnavirus en las accesiones: Criollo, Chino blanco, Morado, Cartagena, Jamaquino, Culebro, Caballo 1 y Caballo 2, y se confirmó la presencia de YMMV en la accesión Caballo 1.

c) Optimización de la micropropagación y conservación de *D. alata*, clon Caraqueño.

Se logró la optimización de una metodología integral de propagación y conservación de *D.alata* desde la fase *in vitro* hasta campo aplicada al clon Caraqueño tomado como modelo. Dicha metodología no provocó en las plantas obtenidas del cultivo *in vitro*, plantadas en un primer y segundo ciclo de cultivo en campo, modificaciones morfológicas, histológicas, ni moleculares, con respecto a las plantas procedentes de la propagación convencional. La metodología desarrollada es válida para aplicar en similares condiciones con otros clones de la especie. Resultados científicos que optimizan y validan dicha metodología en sus diferentes etapas, no han sido alcanzados con anterioridad en investigaciones precedentes por otros autores y están contenidos en varias publicaciones científicas del autor principal de la presente propuesta (Borges *et al.*, 2007 *Bioteología Vegetal*; Borges *et al.*, 2008 *Bioteología Vegetal*; Borges *et al.*, 2009 *Bioteología Vegetal* ; Borges *et al.*, 2009 *Revista Colombiana de Bioteología*; Borges *et al.*, 2009 *Rev. peru. biol.*; Borges *et al.*, 2011 *Revista Colombiana de Bioteología*; Borges *et al.*, 2012 *Cam. Jour. Biol. Bioch. Sc.*; Borges *et al.*, 2015 *Bioteología Vegetal*; Borges *et al.*, 2016 *Revista Colombiana de Bioteología*; Borges *et al.*, 2017 *Cultivos Tropicales*).

NOVEDAD CIENTÍFICA, VALOR METODOLÓGICO Y VALOR PRACTICO DEL RESULTADO.

Novedad científica: Se realizó por primera vez en Cuba la caracterización del germoplasma de *D. alata*, su comparación con la diversidad mundial y el diagnóstico frente a los principales virus con técnicas moleculares. También se estableció una metodología completa para la propagación y conservación segura de uno de los clones principales, mediante la utilización de las técnicas de cultivo de tejidos vegetales. En este resultado se presentan estudios morfo-agronómicos, histológicos y moleculares no realizados con anterioridad, que permitieron validar dicha metodología.

Valor metodológico: Se aplicó satisfactoriamente un procedimiento para la caracterización molecular de la diversidad genética de *D. alata*, y el diagnóstico a virus. Se perfeccionó cada una de las etapas del proceso de propagación, conservación y regeneración *in vitro*, aclimatización en casa vegetativa y cultivo en campo del clon Caraqueño, lo cual puede servir de modelo para su uso en otros clones de interés agrícola. El empleo de segmentos uninodales facilita la propagación y conservación del material vegetal mediante las técnicas de cultivo de tejidos vegetales de forma homogénea, sin alteraciones morfo-agronómicas, histológicas o genéticas.

Valor práctico: Los estudios moleculares realizados son una premisa indispensable para garantizar la pureza del germoplasma de *D.alata* destinado a la propagación comercial y la conservación. Se estableció una metodología de propagación y conservación segura de uno de los clones de mayor importancia agrícola, Caraqueño, partiendo de técnicas de cultivo *in vitro*, y culminando el ciclo del cultivo con su implementación a nivel de campo; la misma fue validada satisfactoriamente en relación con los métodos agronómicos tradicionales, lo que garantiza su aplicación a escala comercial. Desde el

año 2005 se comenzó paulatinamente la introducción a escala productiva de la propagación y entrega de semilla biotecnológica de ñame a partir del material procedente del cultivo *in vitro* a productores/as de la agricultura urbana, suburbana y familiar de la provincia Granma, principalmente de los municipios Bayamo y Jiguaní.

ACREDITACIÓN DE LA INTRODUCCIÓN DEL RESULTADO Y DE SU IMPACTO.

Desde el año 2012 se ha potenciado la implementación satisfactoria de este resultado en la práctica agrícola sostenible y su extensión a nivel local en la entrega de semilla categorizada de ñame a partir de plantas *in vitro* en la provincia Granma, principalmente en los municipios Bayamo y Jiguaní (Tabla 1)

Tabla 1. Extensión agrícola del cultivo del ñame a nivel local en la Provincia Granma.

No	Entidad	Productor(a) de avanzada	Clones	Área sembrada (Cantidad de semilla)
1	CCSF Manuel Espinosa (Bayamo)	Oswaldo Tamames Durán	Criollo, Caballo, Caraqueño	0.4 ha (4000)
2	CCSF Manuel Espinosa (Bayamo)	Rene Torres	Criollo, Caballo, Caraqueño, Chino Blanco, Papa	0.5 ha (5000)
3	CCSF Manuel Espinosa (Bayamo)	Rosa M Tamames Durán	Criollo, Caballo, Caraqueño, Chino Blanco, Blanco de guinea, Papa	0.2 ha (2000)
4	CCSF Romárico Cordero (Bayamo)	Diosmedis González	Criollo, Caballo, Caraqueño, Chino Blanco, Blanco de Guinea, Papa, Belep, Volador	0.4 ha (4000)
5	CCSF Lorenzo Rodríguez (Bayamo)	Mariano Castillo Wilson Castillo	Caballo, Caraqueño	0.6ha(6000)
6	CCSF Anselmo Aldana (Bayamo)	Roberto Hernández Rodríguez	Criollo, Caballo, Papa,	0.1 ha (1000)
7	CCSF Pedro Pompa (Bayamo)	Amauris Sánchez Diéguez	Criollo, Caballo, Caraqueño, Chino Blanco, Papa	0.4 ha (4000)
8	CCSF Pedro Pompa (Bayamo)	Eulicer Bahi	Criollo, Papa, Caraqueño, Chino Blanco, Belep	0.2 ha (2000)
9	CCSF Pedro Pompa	Pascual	Criollo, Papa	0.1 ha (1000)

	(Bayamo)	Mojena		
10	CCSF Pedro Pompa (Bayamo)	Hugo Rodríguez	Criollo, Caballo, Caraqueño, Chino Blanco, Papa	0.1 ha (1000)
11	CCS José Martí (Bayamo)	Alfredo Tamayo Mendieta	Criollo, Papa	0.1 ha (1000)
12	Agricultura familiar (Bayamo)	30 Patios	Criollo, caraqueño, Chino Blanco, Caballo, Papa	0.2 ha (2000)
13	Biofabrica Granma	Banco semilla	Blanco de Guinea, Belep, Criollo, Papa	0.1 ha (1000)
14	IIA "Jorge Dimitrov" (Bayamo)	Banco semilla (Jucaibama)	Blanco de Guinea, Belep, Papa	0.1ha (1000)
15	CCSF Gabriel Valiente (Jiguaní)	Eddy D Labrada	Caballo, Criollo, Papa	0.1 ha (1000)
16	Huerto "Las Marianas" (Jiguaní)	Dalmaris Fajardo Puebla	Criollo, Papa, Caraqueño, Chino Blanco, Belep	0.1 ha (1000)
17	CCS José Rosabal (Jiguaní)	Heberto Aguilar	Caraqueño, Chino Blanco, Criollo, Papa Caraqueño, Caballo	0.1 ha (1000)
18	CCS José Reyes (Jiguaní)	Geraldo Coronado	Caraqueño, Caballo	0.1 ha (1000)
19	Agricultura familiar (Jiguaní)	16 Patios	Criollo, caraqueño, Chino Blanco, Caballo, Papa	0.1 ha (1000)
20	CCS Braulio Coraneaux (Guisa)	Alcibiades Aguilar	Criollo, Caraqueño, Caballo	0.1 ha (1000)
			Total	4.1 ha (41 000)

Es meritorio destacar que esto ha sido posible por la colaboración científica de los centros internacionales (IRD/CIRAD de Montpellier y Guadalupe en Francia) y nacionales (INIVIT, IBP), así como el apoyo financiero en divisa de proyectos de colaboración internacional con la asociación Euskadi-Cuba de España y Consejo de Universidades Flamencas de Bélgica (VLIR), de conjunto con el financiamiento en moneda nacional a través de proyectos institucionales, empresariales y nacionales (INCA).

Es necesario destacar que la semilla categorizada de ñame a partir de plantas *in vitro* cultivadas en campo mostraron porcentajes de supervivencia superiores al 97%.

Desde el primer ciclo de producción los tubérculos obtenidos de la semilla biotecnológica poseen rendimientos superiores con relación a la semilla de propagación convencional no saneada (5 kg el

procedente de semilla biotecnológica con relación a 1,5 Kg el obtenido de semilla tradicional), debido a que se trata de una semilla rejuvenecida de alta calidad genética, fisiológica y sanitaria.

Beneficios socioeconómicos.

Los resultados de la *valoración económica* de la producción total de plantas (41 000), la cual posee un precio unitario de un peso arrojó un ingreso total de 41 000 pesos como resultado de la producción y entrega de plantas a los productores/as de la agricultura Urbana con un gasto por concepto de dicha producción de 11 000 pesos, dando lugar a los siguientes indicadores de efectividad económica (Tabla 2).

Tabla 2. Indicadores de efectividad económica de la introducción del resultado

Ganancia	Beneficio/Costo
30 000	0.27

Se logró incremento de un 5% de la biodiversidad vegetal, con la introducción de nuevos clones de una especie de gran valor agronómico y nutricional para la seguridad alimentaria de la población tanto en tiempo de paz como de guerra, todo lo cual redundará en mayores beneficios sociales. También tributa a este aporte la capacitación en nuevas técnicas de cultivo a 300 pequeños/as productores/as, lo que ha tenido un impacto directo en un cultivo de gran valor agrícola, nutritivo y comercial con altos rendimientos por planta de más de 5 kg, y de gran utilidad alimentaria para la población tanto en tiempo de paz como de guerra.

7. CERTIFICADOS DE AUTOR DE PREMIOS, PUBLICACIONES Y EVENTOS CIENTÍFICOS

Publicaciones (más significativas últimos años relacionados con el resultado).

Respuesta de plantas *in vitro* de ñame clon 'Blanco de guinea' al uso del Pectimorf®. *Cultivos Tropicales*, vol. 38, no. 2, pp. 129-136 (2017) CUBA.

Anatomía comparada de plantas de *Dioscorea alata* L. clon Caraqueño cultivadas en tres ambientes de crecimiento *in vitro*. *Revista Colombiana de Biotecnología*. Vol. XVIII(2) (2016). COLOMBIA.

Respuesta en campo de plantas *in vitro* de *Dioscorea alata* L. clon 'Caraqueño' en distintos momentos de plantación. *Biotecnología Vegetal* Vol. 15, No. 3: 137 - 142 (2015). CUBA.

Use of distinct culture media with different mineral strength on the *in vitro* multiplication of *Dioscorea alata* L. *Cam. Jour. Biol. Bioch. Sc.* 2012, 20: 1-9 (2012). CAMEROON. Factor de Impacto 2,26

Optimización de un medio de cultivo para plantas micropropagadas de *Dioscorea alata* L. *Revista Colombiana de Biotecnología*. Vol. XIII(2):95-101 (2011). COLOMBIA.

Conservación *in vitro* de *Dioscorea alata* L. clon Caraqueño. *Rev. peru. biol.* 16(2): 10- 15. (2009). PERU.

Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba Vol. 8 No. 1

Aplicación de algunas técnicas de estadística multivariada al estudio de la conservación *in vitro* de germoplasma de *Dioscorea alata* L. *Bioteología Vegetal* Vol. 9, No. 3: 153 – 159. (2009). CUBA.

Uso de distintos tratamientos de desinfección en el cultivo *in vitro* de *Dioscorea alata* L clon Caraqueño. *Revista Colombiana de Bioteología*. Vol. XI(2):100-107 (2009). COLOMBIA

Efecto de la adición de diferentes concentraciones de carbón activado sobre la multiplicación *in vitro* de ñame. *Bioteología Vegetal* Vol. 10, No. 3: 151– 160 (2008). CUBA.

Efecto de diferentes formulaciones de vitaminas en la multiplicación *in vitro* del ñame clon caraqueño. *Bioteología Vegetal* Vol. 7, No. 3: 177 - 180 (2007). CUBA.

Regeneration and multiplication of *Dioscorea alata* germplasm maintained *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 76: 87-90. (2004). HOLANDA. Factor de Impacto 3,63

Conservación *in vitro* de germoplasma de *Dioscorea alata* L. por crecimiento mínimo. *Plant Genetic Resources Newsletter* No 133: 8-12. (2003). ITALIA. Factor de Impacto 0.78

Influencia de diferentes antioxidantes en la micropropagación del ñame (*Dioscorea alata* L.) *Revista Centro Agrícola* (2000). CUBA.

Participación en eventos científicos (más significativas últimos años relacionados con el resultado).

I, II, III, IV, V y VI Congreso Internacional de desarrollo local sostenible (2007, 2009, 2011, 2013, 2015, 2017). CUBA.

Taller de Bioteología Vegetal de las Provincias Orientales (2009, 2017). CUBA.

Encuentro de agricultura orgánica y sostenible: VII (2008), IX (2016). CUBA.

II Congreso Universidad (2016). CUBA.

V Taller Regional De Integración Tecnológico Pedagógica INTECPED (2016). CUBA.

I Taller del Megaproyecto Desarrollo de bioestimuladores nacionales para la protección y el beneficio de cultivos de interés económico. INCA. (2016). CUBA.

XX Congreso Científico del INCA. (2016). CUBA.

PROECO (2015). CUBA.

I Taller Interegional RezoCaribEco del cultivo del ñame . CIRAD, Guadalupe (2015). (FRANCIA).

Simposio Internacional de Bioteología de las plantas: IV (1996); V (1999); VI (2002), VII (2006), VIII (2008), XI (2014). CUBA.

I Congreso Internacional de Bioteología Agraria (2012). COLOMBIA.

I Simposio Internacional de Raíces, Rizomas, Tubérculos, Plátanos, Bananos y Papaya. (2011). CUBA.

1st Intern. Symp on Cryopreservation in Horticultural Species (2009). BELGICA.

Certificado de defensa exitosa de Tesis de Doctorado con mención muy honorable (2011).

Título : Caractérisation de la diversité génétique de *Dioscorea alata* L. et optimisation de la production de plantes *in vitro* saines comme source de semence conforme á Cuba.

Autor : Misterbino Borges García Año : 2011

Lugar: Université des Antilles et de la Guyane, Guadeloupe, France.

Premios (más significativas últimos años relacionados con el resultado).

Premio de innovación tecnológica CITMA provincial: Fortalecimiento de diferentes subprogramas de la agricultura urbana mediante la aplicación combinada de las técnicas biotecnológicas y tradicionales. (2008). Dr.C. Misterbino Borges García et al.

Premio Rector. Resultado de Mayor Impacto Científico Técnico. Caracterización de la diversidad genética de Dioscorea alata L. y optimización de la producción de plantas in vitro sanas como fuente de semilla conforme en Cuba. (2011). Dr.C. Misterbino Borges García et al.

Premio CITMA-Provincial. Caracterización de la diversidad genética de Dioscorea alata L. y optimización de la producción de plantas in vitro sanas como fuente de semilla conforme en Cuba. (2012). Dr.C. Misterbino Borges García et al.

Premio Ramal Ministerio de la Agricultura: Caracterización de la diversidad genética de Dioscorea alata L. y optimización de la producción de plantas in vitro sanas como fuente de semilla conforme en Cuba (2015). Dr.C. Misterbino Borges García et al.

Premio de innovación tecnológica CITMA provincial: Banco de producción y extensión de semilla categorizada de ñame (Dioscorea spp) en la provincia de Granma (2016). Dr.C. Misterbino Borges García et al.

Premio al mérito científico técnico a la innovación de mayor impacto en el desarrollo local:

Banco de producción y extensión de semilla categorizada de ñame (Dioscorea spp) a partir de plantas in vitro en el municipio Jiguaní.(2017). Dr.C. Misterbino Borges García et al.

Premios Destacados y Relevantes en los Fórum de Ciencia y Técnica a nivel de base, municipio y provincia. Dr.C. Misterbino Borges García et al.

Proyectos (más significativos últimos 5 años).

Proyecto colaboración internacional (España-Cuba) (2010 – 2012). Fortalecimiento de las capacidades docentes e investigativas de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Granma.

Proyecto Cátedra UNESCO (2014-2018) en Biotecnología Agrícola).

Proyecto AGROCADENAS (PNUD)(2014-2020). Programa de fortalecimiento de cadenas agroalimentarias a nivel local.

Programa INTERREG Rezocaribe (CIRAD, Francia)(2017-2020). Red para la integración de técnicas agroecológicas para la caracterización, evaluación y mejoramiento del cultivo del ñame.

Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba Vol. 8 No. 1

Proyecto VLIR (Bélgica) (2017-2021). Biotecnología de plantas *in vitro* para incrementar la seguridad alimentaria en la región oriental de Cuba.

Proyecto Nacional (2014-2018). Desarrollo de bioestimuladores nacionales para la protección y el beneficio de cultivos de interés económico.(P131LH001160). Programa nacional de alimentación humana.

Proyecto Territorial CITMA(2009-2012). Propagación por métodos biotecnológicos de plantas de interés para la agricultura urbana.

Proyecto Universitario (2015-2017). Sistema de producción de semilla categorizada de ñame (*Dioscorea spp.*) a partir de plantas *in vitro* en la Provincia Granma.

Proyecto empresarial (2017-2019). Banco de producción y extensión de semilla categorizada de ñame (*Dioscorea spp*) a partir de plantas *in vitro* en la provincia de Granma.