

Contribución de Fundación Danac al mejoramiento de la agricultura venezolana en 25 años de investigación y gestión tecnológica

Eduardo Graterol*

Fundación para la Investigación Agrícola Danac. Carretera Panamericana San Javier-Guarataro, estado Yaracuy.

RESUMEN

Fundación Danac es una organización sin fines de lucro, creada y sustentada por Empresas Polar, que contribuye con tecnologías y conocimientos al mejoramiento agrícola, la protección ambiental y el desarrollo sostenible de comunidades rurales en Venezuela. El objetivo de este artículo es presentar las principales contribuciones de Fundación Danac en los cultivos de arroz, maíz y soya. Se describen de forma general los programas de mejoramiento genético, la investigación en agronomía de maíz, el enfoque de la investigación en laboratorios y el modelo institucional para la innovación agrícola. Este documento resume 25 años de trabajo continuo, orientado a satisfacer necesidades de tecnologías y conocimientos para el mejoramiento de la producción agrícola en Venezuela.

Palabras clave: innovación, agricultura, Venezuela

25 years contribution of Fundación Danac to agricultural research and technology management

ABSTRACT

Fundación Danac is a non-profit organization established and supported by Empresas Polar. This institution contributes with technologies and knowledge to the agriculture improvement, the environmental protection, and the sustainable development of rural communities in Venezuela. The aim of this article is to present the main contributions of Fundación Danac in rice, maize, and soybean. It is

*Autor de correspondencia: Eduardo Graterol

E-mail: fdanac@danac.org.ve

described the general focus of the plant breeding programs, maize agronomy, and laboratories research, as well as the institutional model of agricultural innovation. This document summarizes 25 years of continue work aimed to meet technology and knowledge necessities to improve agricultural production in Venezuela.

Key words: innovation, agriculture, Venezuela

INTRODUCCIÓN

Fundación para la Investigación Agrícola Danac es una institución sin fines de lucro, creada y sustentada por Empresas Polar desde el año 1986, que genera servicios y productos de la investigación, desarrollo e innovación tecnológica agrícola, fundamentados en la capacidad científica, efectividad técnica, eficiencia económica, pertinencia social y protección ambiental. Las áreas de acción de Fundación Danac son: a) investigación en mejoramiento genético de los cultivos arroz, maíz y soya, b) investigación en protección vegetal, calidad de granos, biología molecular y cultivo de tejidos, como herramientas de apoyo al mejoramiento genético, c) determinación de referenciales de manejo agronómico para los cultivares seleccionados por Fundación Danac, d) producción de semillas básicas y acompañamiento a la producción de semillas certificadas de cultivares 'Danac', e) gestión de tecnologías, divulgación, capacitación, fortalecimiento de redes y del centro de investigación, para la innovación agrícola en arroz, maíz y soya y f) estudio de alternativas tecnológicas para optimizar sistemas de producción agroforestal con orientación a los circuitos alimentarios y madereros. Martínez y Espósito (2010), describieron los productos tecnológicos de la institución en más de 20 años de investigación y gestión tecnológica.

Fundación Danac, en su sede en San Javier, estado Yaracuy, cuenta con un campo experimental para la investigación agrícola, laboratorios, banco de germoplasma con 2.429 accesiones de arroz, 513 accesiones de maíz, 144 accesiones de soya y 2.068 accesiones de sorgo. Posee una planta para procesamiento de semillas básicas, auditorio y salas para la capacitación y divulgación, sala de informática, el Centro de Documentación "Humberto Fontana Nieves", entre otras instalaciones dedicadas al servicio de la investigación agrícola en Venezuela. El personal de investigación, así como el personal de apoyo, está orientado a gestionar proyectos que contribuyen al mejoramiento de la agricultura venezolana.

Los ensayos de campo se realizan en la sede de la Fundación, en el estado Yaracuy, así como en fincas de agricultores de los estados Portuguesa, Guárico y Yaracuy. Los agricultores cooperadores ceden espacios y maquinaria para la siembra y mantenimiento de los ensayos, lo que constituye una red de apoyo a la investigación agrícola.

Las alianzas con personas y organizaciones del sector académico, agrícola, agroindustrial, institutos de investigación nacionales e internacionales, Fundaciones, sociedades científicas, organizaciones sociales, entre otros organismos públi-

cos y privados, amplían las capacidades para la innovación agrícola al servicio de Venezuela. El compromiso organizacional con la producción agrícola nacional, el mejoramiento de la calidad de los alimentos, el desarrollo agroindustrial, la protección ambiental y el desarrollo sostenible de las comunidades son contribuciones de Fundación Danac y de Empresas Polar para Venezuela. El objetivo de este artículo es presentar las principales contribuciones de Fundación Danac en los cultivos de maíz, arroz y soya.

Mejoramiento genético del maíz

Desde el año 1986, Fundación Danac ha desarrollado un programa de mejoramiento genético orientado a desarrollar cultivares mejorados, tanto híbridos como variedades, que cumplan con las características de rendimiento en campo y calidad agroindustrial requeridas en Venezuela. El programa de mejoramiento iniciado en 1986, tuvo como antecedente un convenio desarrollado por Fundación Polar y Fundación Servicio Shell para el agricultor, con sede en la ciudad de Cagua, estado Aragua. El Dr. Ernesto Paterniani de la Universidad de Sao Paulo, Brasil, fue asesor del programa de mejoramiento genético de maíz, desde sus inicios hasta los últimos años de su vida en el año 2009.

Las estrategias de mejoramiento genético contemplan el desarrollo de híbridos y el mejoramiento de poblaciones por selección recurrente. Los híbridos atienden la mayor demanda de semillas en Venezuela, por ser los cultivares preferidos por los agricultores del país. Por otro lado, a partir de las poblaciones mejoradas, se seleccionan variedades de libre polinización, como alternativa tecnológica para los agricultores que requieren semillas mejoradas de alto rendimiento que sean más económicas que la semilla de híbridos. Esto constituye una alternativa atractiva para pequeños agricultores de maíz en Venezuela.

En el programa de mejoramiento, los principales criterios de selección de cultivares son: a) rendimiento de grano estadísticamente igual o superior al mejor testigo del ensayo, b) acame de plantas igual o inferior al testigo, c) cobertura de mazorca igual o mejor que el testigo, d) mazorcas podridas igual o inferior que el testigo, e) textura visual de grano con apariencia dura, apto para la industria de harinas precocidas, f) resistencia o tolerancia a enfermedades, con daño igual o menor que los testigos y g) calidad molinera, con rendimiento de endospermo igual o superior a 72%, valor considerado óptimo para el método de análisis aplicado en laboratorio de calidad.

El mejoramiento de híbridos de maíz se inicia con el desarrollo de líneas endocriadas, para ser usadas como progenitores. Cada año se evalúan líneas en diversas generaciones de autofecundación. Con las mejores líneas se realizan cruces de prueba, con dos o tres probadores, que son líneas o híbridos simples conocidos por poseer buena capacidad combinatoria, es decir, que son “buenos padres” cuando se cruzan con líneas divergentes en su constitución genética. Cada año se realizan cruzamientos, para obtener híbridos experimentales de grano blanco y amarillo. Los mejores híbridos ingresan a los Ensayos Regionales Uniformes (ERU), conducidos por el Servicio Nacional de Semillas (Sena-

sem). Los híbridos que cumplen con los criterios técnicos evaluados en los ERU son declarados elegibles para la multiplicación de semillas. Con base a datos obtenidos en ERU, las ganancias en rendimiento promedio de los híbridos experimentales de Fundación Danac son de 141,1 kg/ha/año, siendo el potencial estimado de los mejores híbridos en unos 12 000 kg/ha, bajo condiciones experimentales en pequeñas parcelas. Las variedades seleccionadas, al igual que los híbridos, deben ser evaluadas en los ERU para ser certificadas como elegibles para la multiplicación de semillas. En el Cuadro 1 se muestran los cultivares de maíz elegibles para la producción de semillas en Venezuela.

Agronomía y desarrollo de cultivares de maíz

Comúnmente los cultivares de maíz que son declarados elegibles para producción de semilla poseen poca información sobre el referencial de manejo agronómico que les permita a los agricultores aprovechar su potencial genético. En Fundación Danac, se ha fortalecido en los últimos años la investigación en manejo agronómico, con el fin de exponer los cultivares experimentales ante distintos tipos de manejo agronómico y con ello determinar las mejores prácticas y condiciones que permiten obtener altos rendimientos. La estrategia de desarrollo de cultivares consiste en establecer ensayos llamados lado a lado en cada finca, en una superficie de una a 4 ha por cada híbrido, incluyendo como testigo el híbrido sembrado en la finca por el agricultor. Se registran datos sobre el manejo aplicado y el rendimiento de campo, así como datos de clima, dondequiera que existan estaciones climatológicas cercanas. Los resultados obtenidos permiten ampliar los datos de caracterización de híbridos experimentales de maíz bajo diversos manejos agronómicos.

Otra estrategia consiste en establecer ensayos de validación de prácticas de manejo agronómico aplicadas por los agricultores en el cultivo de maíz, con el fin de determinar experimentalmente el efecto de las mismas y divulgar la experiencia a otros agricultores en días de campo. Así, se han evaluado prácticas como la labranza reducida, distancia de siembra reducida, labranza vertical, adecuación de suelos (nivelación), distintos manejos de riego, formulaciones de fertilizantes y uso de biofertilizantes, entre otras. El conocimiento generado tanto en ensayos de desarrollo como en validación de prácticas de manejo, permite determinar y divulgar referenciales de manejo agronómico de los nuevos híbridos que Fundación Danac hace disponible para la producción de maíz en Venezuela.

Mejoramiento genético de arroz

El programa de mejoramiento genético de arroz en Fundación Danac se inició en el año 1995. Como antecedentes, Fundación Polar auspició el programa de mejoramiento del Fonaiap, ahora Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) en el estado Portuguesa y otro programa con la Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos (Unerg), en el estado Guárico. El Dr. Elcio Guimarães del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia, fue asesor del programa de mejoramiento de arroz de Fundación Danac

Cuadro 1. Cultivares obtenidos por Fundación Danac, elegibles para la producción de semilla en Venezuela.

Cultivo	Nombre	Tipo	Año de elegibilidad	Color del grano
Maíz	D-9003	Híbrido	1995	Amarillo
	D-9006	Híbrido	1995	Blanco
	D-Molinero	Híbrido	1999	Blanco
	D-2002	Híbrido	2002	Blanco
	D-2160	Híbrido	2003	Blanco
	D-3273	Híbrido	2003	Blanco
	D-QPM-1	Híbrido	2003	Blanco
	SD-2004	Híbrido	2004	Blanco
	D-022030	Híbrido	2006	Blanco
	D-2562	Híbrido	2007	Blanco
	Danac-223	Híbrido	2010	Blanco
	Danac -842	Híbrido	2010	Blanco
	Danac -255	Híbrido	2012	Blanco
	Maíz	FP2A	Variedad	1989
FP2B		Variedad	1989	Blanco
D-5003		Variedad	1996	Blanco
D-5006		Variedad	1999	Blanco
Danac-5005		Variedad	2003	Amarillo
Danac-5008		Variedad	2006	Blanco
Danac-5013		Variedad	2007	Blanco
Arroz	D-Primera	Variedad	2001	-
	D-Sativa	Variedad	2003	-
	D-Oryza	Variedad	2005	-
	SD20A	Variedad	2008	-
Soya	FP-1	Variedad	1987	-
	FP-2	Variedad	-	-
	FP-3	Variedad	1987	-
	FP-4	Variedad	1987	-
	FP-5	Variedad	-	-
	FP-6	Variedad	-	-
	FP-8	Variedad	1995	-
	Júpiter-FP	Variedad	1987	-
	FP90-6103	Variedad	2005	-

en sus etapas previas a 1995 y en sus primeros años de investigación.

El objetivo del programa de mejoramiento genético de arroz es seleccionar cultivares que superen en rendimiento a las variedades actualmente sembradas por los agricultores, con resistencia o tolerancia a las principales plagas y enfermedades, así como con calidad de grano que satisfaga las necesidades de la agroindustria y los consumidores. En el Cuadro 1 se muestran las variedades de arroz elegibles para la producción de semillas.

Las estrategias de mejoramiento de arroz son la introducción de germoplasma, la realización de cruzamientos y selección de líneas, el mejoramiento de poblaciones por selección recurrente y el mejoramiento de híbridos. En la sede de Fundación Danac se realizan los cruzamientos y la multiplicación de semilla genética y experimental. En campos de agricultores de los estados Guárico y Portuguesa se realizan los ensayos. Los principales criterios de selección de variedades de arroz en Fundación Danac son: a) rendimiento de grano igual o superior al promedio de los testigos. Los testigos son las variedades cultivadas en Venezuela y las nuevas recientemente liberadas, b) acame de plantas igual o inferior al acame observado en los testigos, c) resistencia o tolerancia a enfermedades e insectos, igual o mejor que el mejor testigo del ensayo y d) calidad molinera y culinaria de granos dentro de los parámetros requeridos por la industria.

La introducción de germoplasma se realiza principalmente del CIAT, Colombia; el Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR), Colombia; el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI), Filipinas y la Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), Brasil. Los productos de esta estrategia han sido variedades y progenitores del programa de mejoramiento.

Los cruzamientos se realizan entre los progenitores seleccionados. Se realizan principalmente cruzamientos triples, es decir, cuyos padres provienen de un cruce simple (dos líneas), con una línea. El mejoramiento de poblaciones por selección recurrente se inició en el año 1996, con la introducción de poblaciones del CIAT, Colombia. Posteriormente, se sintetizaron y mejoraron las poblaciones PFD-1, PFD-2 y PCTFD-20. Las mejores líneas derivadas de las poblaciones son utilizadas como progenitores del programa. La variedad 'SD20A' proviene de la población PCT-16, introducida del CIAT. Las mejores líneas derivadas de las distintas estrategias de mejoramiento son evaluadas en ensayos de observación, ensayos preliminares y ensayos élites. Las líneas promisorias son evaluadas en los ERU, con el fin de obtener su elegibilidad por parte del Senasem.

La ampliación de la base genética del cultivo del arroz en Venezuela es un objetivo de Fundación Danac. Se ha demostrado en Venezuela que existe una estrecha base genética del cultivo (Pérez-Almeida *et al.*, 2011). Esto pudiera colocar en riesgo la producción, si existiese algún factor biótico o abiótico que afectara al germoplasma predominante. En Fundación Danac se realiza un programa de premejoramiento que incluye la caracterización de entradas del banco

de germoplasma con el fin de identificar progenitores hasta ahora no utilizados en el programa. También, el mejoramiento poblacional procura la ampliación de la base genética, producto de la recombinación de decenas de progenitores de diversos orígenes en cada población. Un resultado de esta estrategia es que la variedad 'SD20A', ampliamente cultivada en Venezuela, se distingue genéticamente de otros cultivares nacionales, con base a análisis moleculares.

Una estrategia orientada a aumentar el potencial de rendimiento del arroz es el mejoramiento de híbridos. En países como China y Estados Unidos, los híbridos cultivados obtienen rendimientos entre 15 y 20% superior al de las variedades convencionales. Una dificultad de este sistema es que se requiere producir semillas a partir de madres androestériles, lo que hace más costoso el proceso. En el mejoramiento de híbridos se realizan cruzamientos de prueba, utilizando como madres sistemas androestériles introducidos del IRRI, Filipinas. Los resultados son promisorios en cuanto a rendimiento; sin embargo, debe mejorarse la calidad de los granos y la tolerancia al acame. Igualmente, se continuará investigando en el sistema de producción de semillas, para facilitar la adopción de esta tecnología en Venezuela.

Mejoramiento genético de la soya

El mejoramiento genético de la soya en Venezuela se inició en 1977, con un convenio entre Fundación Polar y Fusagri, en Cagua, estado Aragua. Luego, en 1986, el programa se traslada a Fundación Danac, donde continuó hasta el año 1996. El objetivo del programa en sus inicios fue tropicalizar el cultivo para adaptarlo a las condiciones de Venezuela. Debido a que la soya es un cultivo sensible a variaciones en el fotoperíodo, en el germoplasma mayormente disponible las plantas acortan su ciclo de floración. Esto afecta la capacidad de producción del cultivo cuando los días son más cortos que los que ocurren en el verano de las regiones del norte y sur del mundo. Investigadores como Edgar Hartwig, de la Universidad Estatal de Mississippi y Kuell Hinson de la Universidad de Florida, en Estados Unidos, desarrollaron trabajos de mejoramiento para incorporar la característica determinada por el llamado gen juvenil, en el cual las variedades de soya no florecen aún cuando existan días cortos, lo que mejora su capacidad productiva en el trópico (Hartwig y Kiihl, 1979; Hinson, 1989). Ambos investigadores, así como algunos de sus colaboradores, realizaron visitas y asesorías al programa de mejoramiento de soya de Venezuela en las décadas de los años 70 y 80.

Luego de casi dos décadas de trabajos en mejoramiento genético, con variedades elegibles (Cuadro 1), el programa se suspendió en el año 1996, principalmente por no haberse extendido el cultivo en Venezuela. En el año 2009, se retoma el programa de mejoramiento genético de soya en Fundación Danac, atendiendo necesidades de los agricultores del país que se han incorporado a la siembra, principalmente en la región oriental del país, en los estados Anzoátegui, Monagas y oriente del estado Guárico. El programa persigue obtener nuevos cultivares mejorados que sirvan de alternativas tecnológicas, de alto rendimiento, con relación a las semillas importadas que actualmente utilizan los agricultores. El ger-

moplasma disponible, así como la experiencia institucional en el mejoramiento del cultivo, son el capital con el cual el proyecto avanza hacia el logro de su objetivo.

Enfoque de la investigación en laboratorios

Fundación Danac cuenta con laboratorios equipados en Protección Vegetal (LPV), Biología Molecular (LBM), Calidad de Granos y Semillas (LCS) y un nuevo Laboratorio de Cultivo de Tejidos (LCT). La investigación en estos laboratorios está orientada a mejorar la eficiencia del proceso de selección de cultivares mejorados, así como a asegurar la calidad de la semilla básica que obtiene la institución. En el LPV se evalúa la resistencia del germoplasma disponible de arroz, maíz y soya, mediante la inoculación dirigida de patógenos e infestación de insectos, se caracterizan poblaciones de patógenos e insectos causantes de daño en esos cultivos y se verifica la calidad fitosanitaria de las semillas de cultivares de Fundación Danac. En este laboratorio se dispone de una colección de cepas de patógenos conformado por 1 003 aislados de *Pyricularia grisea*, 13 aislados de *Fusarium moniliforme*, 11 aislados de *Aspergillus flavus*, 299 aislados de *Rhizoctonia solani*, 13 aislados de *Xanthomonas oryzae*, seis aislados de *Burkholderia glumae* y cuatro aislados de *Pantoea agglomerans*, utilizados con fines de estudios de variabilidad genética y para evaluación de resistencia. En el LBM se asiste el mejoramiento genético en la selección de características de importancia agronómica, nutricional e industrial, a través del uso de marcadores moleculares, así como se caracteriza molecularmente el germoplasma de arroz, maíz y soya, y los patógenos que afectan esos cultivos. En el LCS se evalúa la calidad agroindustrial y culinaria de granos de arroz, se valora la calidad industrial del maíz y se identifican maíces y arroces con características de grano no convencionales que sean potenciales para el desarrollo de nuevos productos de alto valor industrial y de consumo. Finalmente, en el LCT se realizan trabajos para establecer el cultivo de anteras en arroz, así como se aplican protocolos para la regeneración de plantas.

Adopción de semillas de cultivares mejorados

La adopción de las semillas mejoradas por Fundación Danac se gestiona mediante la producción de semillas básicas y el establecimiento de acuerdos de multiplicación con empresas, asociaciones y cooperativas productoras de semillas certificadas. Todo esto con el fin de transferir a los usuarios semillas de alta calidad y así contribuir al desarrollo de la agricultura nacional.

En arroz, en alianza con 17 empresas y dos asociaciones de producción de semillas certificada de arroz, se obtuvo 69 985 107 kg de semilla hasta el año 2011, con base a datos suministrados por Senasem. Con esta cantidad de semillas, se estima se han cultivado 577 000 ha de arroz en Venezuela, lo que significa una contribución significativa con la seguridad agroalimentaria del país.

En maíz, en alianzas con 13 empresas de producción de semillas, se ha obtenido 3 253 000 kg de semilla certificada o fiscalizada, tanto de híbridos como variedades. Se destaca el programa de producción artesanal de semillas de

variedades de maíz, en el cual se han dictado 53 talleres en 30 localidades en 12 estados de país, con 700 pequeños productores y técnicos capacitados. En este programa, además de la capacitación, se ha donado semilla de seis variedades mejoradas, con las que se estima se han producido 370 000 kg de semilla en forma artesanal. En total, se estima que la semillas de híbridos y variedades de Fundación Danac producidas en alianza con empresas y cooperativas, han sido suficientes para la siembra de unas 200 000 ha en Venezuela.

En soya, los esfuerzos de producción de semilla realizados a comienzos de la década de los 90, así como más recientemente en los años 2000, produjo aproximadamente 1 792 000 kg, con lo que la oferta pudo aportar la siembra de 32 000 ha de soya en el país.

Proceso de innovación agrícola

La innovación agrícola en Fundación Danac es entendida como las mejoras que ocurren como resultado de la adopción de los productos tecnológicos generados en función de las necesidades de los usuarios. El proceso de innovación comienza con la identificación de las necesidades, las cuales son atendidas con base a los recursos y capacidades que dispone la institución. Fundación Danac establece sinergias con diversas organizaciones y personas para ampliar capacidades en beneficio de la agricultura nacional. Se capacita el personal y se procura la adecuación tecnológica para disponer de talentos y herramientas acordes con los retos que se afrontan. En los proyectos se describen los planes de trabajo y se establecen metas en función de los objetivos, e indicadores de seguimiento. Un aspecto fundamental es la vigilancia tecnológica, de manera que los proyectos puedan evolucionar con los cambios del entorno y de los conocimientos generados y capturados desde el entorno. El conocimiento es divulgado de manera abierta a las diversas comunidades de usuarios. Finalmente, se estima el impacto de la adopción de conocimientos y tecnologías, mediante encuestas y captura de información del entorno, para asegurar que las necesidades de los usuarios están siendo satisfechas y en qué medida. La Figura 1 representa el modelo de innovación agrícola de Fundación Danac.

CONCLUSIONES

Fundación Danac, en 25 años de existencia, ha generado conocimientos y productos que han impactado positivamente la producción agrícola en Venezuela. Los cultivos mejorados de maíz, arroz y soya y la gestión tecnológica para la adopción de las semillas han significado que más de 30 empresas, asociaciones y cooperativas productoras de semillas dispongan de insumos para su proceso productivo. Igualmente, unas 700 000 ha han sido cultivadas en Venezuela, durante los primeros 25 años de existencia, como resultado de la investigación y gestión institucional. Los laboratorios de Fundación Danac cuentan con capacidades instaladas que permiten el avance de los programas de mejoramiento con eficiencia. Las alianzas con el sector académico y de investigación en Venezuela

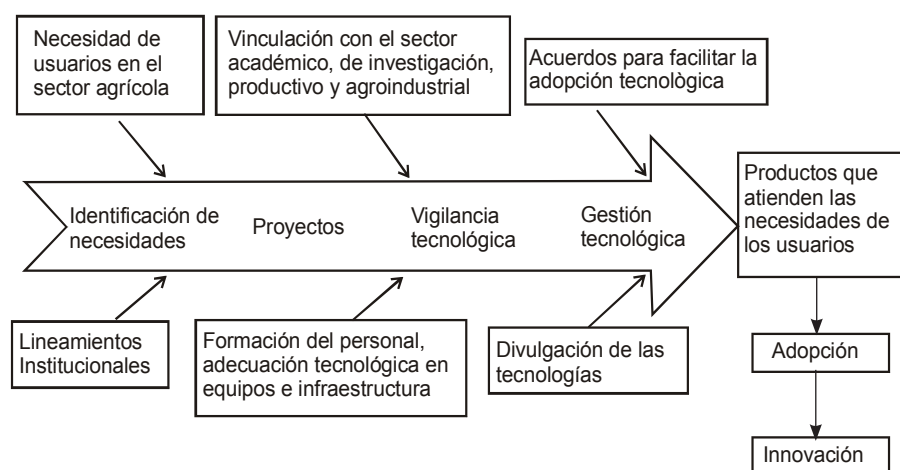


Figura 1. Modelo de innovación tecnológica en Fundación Danac.

y otros países han fortalecido las capacidades nacionales, al servicio de la agricultura venezolana. Bajo el modelo de innovación agrícola de fundación Danac, se identifican y satisfacen necesidades del sector agrícola nacional en los cultivos de maíz, arroz y soya. Así, la innovación agrícola en Fundación Danac se entiende como los cambios positivos que generan los productos y conocimientos adoptados como resultado de la investigación y gestión tecnológica de la institución.

REFERENCIAS

- Hartwig, E.E.; R.A.S. Kiihl. 1979. Identification and utilization of a delayed flowering character in soybeans for short-day conditions. *Field Crops Res.* 2:145-151.
- Hinson, K. 1989. Use of a long juvenile trait in cultivar development. *Proc. World Soybean Res. Conf. IV. Buenos Aires, Argentina.* pp. 983-987.
- Martínez, R.; C. Espósito. 2010. Productos de investigación, desarrollo e innovación agrícola de Fundación Danac en el siglo XXI. *Espacios* 31:19-21.
- Pérez-Almeida, I.B.; E. Torres; L. Angulo; M. Acevedo. 2011. Diversidad genética entre cultivares de arroz de Venezuela con base a la estimación del coeficiente de parentesco y análisis con marcadores moleculares microsatélites (SSR). *Interciencia* 36:545-551.