



TITULO: Contribución de la androesterilidad al mejoramiento genético de arroz en Cuba.

TITLE: Contribution of androsterility to the genetic improvement of rice in Cuba.

AUTORES

René Luis Pérez Polanco  <https://orcid.org/0000-0001-9528-8294>¹, Ingeniero. Agrónomo, Máster en Ciencias Agrícolas, Investigador Auxiliar. e mail: renep49@gmail.com. Estación Territorial de Investigaciones de Granos, “Sur del Jíbaro”, Sancti Spíritus, Cuba.

Darley Pérez Obregón  <https://orcid.org/0009-0005-4501-569x>², Ingeniero Agrónomo, Estación Territorial de Investigaciones de Granos, “Sur del Jíbaro”, Sancti Spíritus, Cuba

Alden García Fábregas  <https://orcid.org/0009-0002-3387-8968>³, Técnico superior, Estación Territorial de Investigaciones de Granos, “Sur del Jíbaro”, Sancti Spíritus, Cuba.

RESUMEN

La mejora de plantas se apoya en la variabilidad disponible para obtener individuos de mejor comportamiento en cada uno de los ambientes; el trabajo se realizó en la Estación Territorial de Investigaciones de Granos (UCTB “Sur del Jíbaro”, Sancti Spíritus), con el objetivo de resaltar la contribución de la androesterilidad, al mejoramiento genético del arroz. La presencia del gen *ms* en las poblaciones de arroz, permitió de forma viable y económica, ejecutar varias actividades que anteriormente no se realizaban en este centro de investigación, como la realización de cruzamientos, la formación de poblaciones, la producción de líneas híbridas y suministrar material a las demás estaciones del país. Un aspecto que distingue el uso de la androesterilidad, de los métodos tradicionales utilizados en las plantas autógamias, es la recombinación espontánea que garantiza alta variabilidad. El mejoramiento genético favorecido por el gen *ms* se introdujo y aplicó en Cuba de forma viable y económica, se han realizado 49 cruzamientos, se obtuvieron 17 poblaciones para la selección recurrente, 32 poblaciones masales y más de 6000 líneas híbridas, se obtuvieron dos nuevas variedades de arroz y otra se valida sus resultados en producción.

Palabras claves: ARROZ; ANDROESTERILIDAD Y MEJORAMIENTO GENÉTICO.

ABSTRACT

Plant breeding relies on available genetic variability to develop individuals with superior performance across different environments. This study was conducted at the Territorial Grain Research Station (UCTB Sur del Jíbaro, Sancti Spíritus) with the objective of highlighting the contribution of male sterility to rice genetic improvement. The presence of the *ms* gene in rice populations enabled a viable and cost-effective approach to carry out various activities previously not performed at this research center, including hybridization, population development, hybrid line production, and the supply of breeding materials to other research stations across the country. A key advantage of using male sterility over traditional methods in self-pollinating plants is the spontaneous recombination that ensures high genetic variability. The *ms* gene-enhanced breeding approach was successfully introduced and applied in Cuba in an efficient and sustainable manner. As a result, 49 crosses were made, producing 17 populations for recurrent selection, 32 mass populations, and over 6,000 hybrid lines. Additionally, two new rice varieties were developed, while another is currently undergoing yield validation trials.

Keywords: RICE; ANDROSTERILITY; AND GENETIC IMPROVEMENT.

INTRODUCCIÓN

En Cuba el arroz es el alimento básico para su población, por lo que es necesario producirlo para satisfacer la demanda, aún cuando aumentan los consumidores y se incrementan las dificultades para producirlo, motivados principalmente por los efectos del cambio climático (Pérez-Polanco *et al.*, 2023).

Existen varios métodos de mejoramiento genético y debe emplearse uno o conjugar varios de ellos para lograr los objetivos esperados; cada método tiene sus peculiaridades y se logran mejores resultados según las características del cultivo, el carácter a mejorar, el número de genes que determina el carácter y las condiciones del ambiente para el cual se realiza la selección.

Singh e Ikehashi (1981). Descubrieron en un mutante de la variedad IR-36, que el gen *ms* en estado homocigótico recesivo (*msms*) produce la androesterilidad en la planta de arroz.

El éxito de un programa de mejoramiento genético radica en disponer de alta variabilidad genética, para poder efectuar las selecciones de los individuos que reúnan los requisitos deseados, por lo que aprovechar la androesterilidad genética es un arma potencial para el mejoramiento genético.

Cuando se dispone de poblaciones compuestas por plantas, androestériles y fértiles, debido a la presencia del gen *ms*, que en su estado homocigótico recesivo garantiza cruzamientos constantes y espontáneos en cada floración, se promueve la producción de plantas con diferente constitución genética.

El trabajo realizó con el objetivo de sintetizar el aporte de la androesterilidad, al mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo investigativo se realizó en la Estación Territorial de Investigaciones de Granos “Sur del Jíbaro”, Sancti Spíritus, Cuba, ubicada a los 21° 41' 3" Latitud Norte y a los 79° 11' 6" Longitud Oeste y una altitud de 30, 75 metros sobre el nivel del mar (Academia de Ciencias de Cuba, 1976).

La investigación se inició con la introducción desde el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) a Cuba de las poblaciones, GPIRAT-10, PCT-4 y PCT-7, que poseen el gen nuclear *ms*, que ocasiona la esterilidad genética masculina en la planta de arroz, cuando se encuentra en estado homocigótico recesivo (*msms*). Para realizar los cruzamientos se utilizaron panículas de plantas androestériles y se cruzaron con variedades adecuadas para las condiciones ambientales de Cuba y se formaron las primeras poblaciones cubanas con la presencia del gen y con varios progenitores para iniciar el proceso de mejoramiento genético como una vía más en busca de nuevas variedades.

Con las poblaciones compuestas por plantas, androestériles y fértiles, debido a la esterilidad genética, se trabajó en dos direcciones, una se tomaron las plantas con esterilidad masculina para mantener las características de la población y con las plantas fértiles se formaron poblaciones masales, a partir de ellas, se derivaron líneas híbridas y mediante el proceso de selección, se obtuvieron líneas homocigóticas que fueron evaluadas en los ensayos de rendimiento de todo el País; por el rendimiento, resistencia y calidad del grano, después de varios años de investigación, fueron obtenidas nuevas variedades.

En todos los experimentos las labores agrotécnicas se realizaron según el Instructivo Técnico para el cultivo del arroz, para cada época, los últimos años se basaron en el editado por el Ministerio de la Agricultura (Alfonso *et al.*, 2020).

Se trabajó en el aprovechamiento del gen *ms*, para realizar varias actividades en el proceso de mejoramiento genético.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aportes de la androesterilidad genética al mejoramiento genético en Cuba.

El aprovechamiento del gen *ms*, permitió de forma viable y económica, realizar varias actividades en el proceso de mejoramiento genético, que anteriormente no se realizaban en este centro de investigación, como la realización de cruzamientos, la formación de poblaciones, la producción de líneas híbridas y suministrar material genético a las demás estaciones del país.

La presencia gen *ms*, al ocasionar la esterilidad masculina, agilizó la aplicación de la Selección Recurrente, de forma rápida y económica, debido a los cruzamientos constantes y espontáneos en cada población.

Un aspecto que distingue el uso de la androesterilidad genética, de los métodos tradicionales utilizados en las plantas autógamias, es la recombinación espontánea que garantiza alta variabilidad genética.

El uso de la esterilidad masculina es una práctica del mejoramiento poblacional que facilita el avance genético y permite la recombinación genética espontánea entre los individuos de la población y adquiere mayor importancia para mejorar caracteres poligénicos.

Las plantas androestériles pueden estar en una frecuencia de 50 %, en la primera generación. Además, la planta androfértil es homocigótica, por lo que se pueden usar directamente como materiales de mejora (Delgado *et al.* 2021)

El principal aporte al mejoramiento genético (en este siglo) en la ETIG Sur del Jibaro, para la producción de poblaciones masales y líneas híbridas, lo constituye la esterilidad genética.

Cruzamientos realizados.

Valiéndose de la androesterilidad genética se realizaron en condiciones de campo y sin crear condiciones específicas, se efectuaron más de 60 cruzamiento con

variedades adaptadas a las condiciones de Cuba, lo que demuestra los beneficios de la androesterilidad en el proceso de mejoramiento genético, todo se hizo de forma rápida y con los recursos económicos que dispone este centro.

Aprovechar la esterilidad genética masculina tiene gran importancia para el mejoramiento de plantas, pues posibilita evitar la emasculación, se pueden incrementar la cantidad de cruzamientos, admite la recombinación espontánea y mejora la calidad de la semilla producida en cada cruzamiento, además en cada población se producen de forma espontánea y en cada floración miles de cruzamientos.

Los programas de mejoramiento del arroz, en Cuba, se han sustentado principalmente en las hibridaciones (Noraida *et al.*, 2023).

Formación de poblaciones.

Las poblaciones para la selección recurrente fueron formadas a partir de las semillas producidas de los cruzamientos realizados, con plantas androestériles que poseían el gen *ms* en estado homocigótico *recesivo* (*msms*), dicho gen es transmitido a su descendencia, por tal motivo la población creada garantiza su presencia. Actualmente se formaron 20 poblaciones, cada una posee plantas androestériles y plantas fértiles, situación que facilita el intercambio de genes entre los individuos que la forman.

Al estar formada cada población por plantas androestériles y fértiles, unido a alto número de progenitores, facilita mayor recombinación genética (Cruzamientos) y produce alta variabilidad (Pérez-Polanco, 2016).

El arroz al ser una planta autógena, por lo que en poblaciones segregantes, a medida que se realizan siembras continuas cada planta tiende a la homocigosis, pues sólo se recombinan los genes que tiene en su constitución, sin embargo, en las poblaciones con la presencia de plantas con esterilidad masculina debido al gen nuclear *ms*, en cada siembra se obtuvieron plantas híbridas genéticamente diferentes, por lo que incrementa el período de explotación de cada población, al crearse nuevas combinaciones de genes.

Las plantas androestériles, son cosechadas para garantizar mayor recombinación genética, debido a los imprescindibles cruzamientos espontáneos, que incrementan la variabilidad en las características de la población.

Las plantas fértiles de las poblaciones tienen varias utilidades y una de ellas es la formación de poblaciones masales, las que se han formado 32 poblaciones y a partir de ellas se originaron líneas segregantes, evaluadas por el método de pedigrí.

Líneas híbridas.

Con el aprovechamiento de las poblaciones con la presencia del gen *ms*, se derivaron más de 6000 líneas híbridas, las que han sido evaluadas en el proceso de mejoramiento genético en la búsqueda de nuevas variedades de arroz, en la estación Sur del Jíbaro, este método su principal abastecedor de líneas.

Líneas homocigóticas.

En el transcurso de evaluación y selección de las líneas, han resultado seleccionada más de 300 para ser evaluadas en los ensayos de rendimiento, ellas fueron distribuidas a las demás estaciones del Instituto de Granos de Cuba para valorar su comportamiento general y las de mejor comportamiento pasaron a los Estudios Regionales de rendimiento.

Durante todo el proceso de selección de cada una de las líneas, se evaluó la resistencia ante la Sogata, Piricularia y ácaro, las que no fueron resistente a Sogata y medianamente resistente a Piricularia y al acaro, resultaron eliminadas, independientemente de que presentaran buen comportamiento en las demás características evaluadas en el proceso de selección; para las evaluaciones se empleó el Sistema de Evaluación Estándar para el arroz (IRRI, 1996).

Las líneas 4613, 4675 y 4614, fueron evaluadas en todas las estaciones del Instituto de Investigaciones de Granos de Cuba y por el rendimiento, calidad y resistencia a la Sogata, Piricularia y al ácaro, además de la calidad del grano, después de varios años de investigación, fueron aprobadas por la Comisión Nacional de Mejoramiento Genético para ser validadas en condiciones de producción, las dos primeras por los resultados en validación resultaron aprobadas como nuevas variedades de arroz (IACuba-39 e IACuba-47 respectivamente), la línea 4614 se validan sus resultados actualmente.

Aporte científico.

La utilización de la esterilidad masculina en el mejoramiento genético del arroz tuvo un aporte científico, pues se introdujo a Cuba de el gen *ms* que en estado

homocigótico recesivo produce la esterilidad masculina en la planta de arroz, se formaron las únicas poblaciones cubanas con estas características, se aplicó la selección recurrente favorecidas por el gen ms, se poseen poblaciones que sus plantas se cruzan espontáneamente, se reconoció internacionalmente el trabajo con la selección recurrente favorecida por el gen ms y fue invitada a presentar sus resultados en eventos efectuados en Brasil, Chile y dos en Venezuela, además se escribieron dos capítulos de libros publicados, uno de ellos, además editado en inglés, el tema permitió dos tesis de maestría, tres trabajos de diploma y varias publicaciones en revistas científicas.

Protección al medio ambiente.

El aprovechamiento de la androesterilidad genética por el mejoramiento genético, tiene influencia positiva en la protección del medio ambiente, debido a que se realiza en condiciones normales de campo, no hay que crear infraestructura para ello, los cruzamientos se realizan espontáneamente y los granos están protegidos por la legma y pálea, por lo que están resguardados del ataque de hongos, Todas las actividades se realizan en condiciones de campo.

Cada selección se realizó teniendo en cuenta la resistencia genética a los estreses bióticos y abióticos, con ello se garantizó que en las variedades obtenidas no es necesario protegerlas o al menos es necesario ampararlas menos, con productos químicos, para obtener alto rendimiento agrícola.

Con la aplicación de este método se humaniza el trabajo en la realización de cruzamientos para la obtención de variedades, pues no hay que dedicar horas emasculando los granos, no es necesario proteger las panículas con bolsas, se puede prescindir de hacer siembras en macetas o canteros y existe seguridad de que los granos producidos por panículas de plantas androestériles ocurrió cruzamientos.

Es necesaria la búsqueda de nuevas variedades para lograr conformar una fuerte estructura varietal que sea capaz de producir alto rendimiento agrícola, no solo por su potencial de rendimiento, sino, además por su resistencia a plagas y enfermedades, que permita minimizar los daños causados al cultivo (Conyedo y Pérez-Polanco, 2023).

Pérez-Polanco *et al.*, (2024) señalaron que el cambio climático demanda del mejoramiento genético, la búsqueda de nuevas variedades como una actividad constante, para obtener alto rendimiento agrícola, pues esta es una característica genética que está determinado por varios genes y su expresión se ve afectado por el ambiente donde se desarrollen las plantas.

Como fue señalado anteriormente ya se obtuvieron las variedades la IACuba-39 e IACuba-47 y una que se encuentra en fase de validación (línea 4614) en áreas de productores, ellas se caracterizan por conjugar rendimiento, resistente y buena calidad del grano. (Tabla I)

Cuba busca la forma de incrementar la producción de arroz, lo que se hace cada día más necesario por las afectaciones que tiene este país y por el alza de los precios (Pérez-Polanco y Conyedo, 2023).

Tabla 1. Rendimiento, ciclo y resistencia de las variedades obtenidas por selección recurrente favorecidas por el gen *ms*.

Genotipo	Rendimiento	Ciclo	Resistencia		
	T/ha	días	Sogata	Piricularia	Ácaro
IACuba-39	5.2 - 8.04	116 - 132	R	MR	MR
IACuba-47	5.5 - 8.8	120 - 136	R	MR	MR
Línea 4614*	5.3 - 8.6	118 - 134	R	MR	MR

R- Resistente MR- medianamente resistente * - Línea actualmente en validación
(Fuente: elaboración personal).

CONCLUSIONES

La presencia del gen *ms*, al ocasionar la esterilidad masculina, facilitó realizar de forma rápida y económica, varias actividades en el proceso de mejoramiento genético (cruzamientos, formación de poblaciones y obtención de líneas híbridas), que anteriormente no se realizaban en este centro de investigación.

El aprovechamiento de la androesterilidad genética por el mejoramiento genético, tiene influencia positiva en la protección del medio ambiente.

Se han realizado 49 cruzamientos, se obtuvieron 20 poblaciones para la selección recurrente, 40 poblaciones masales y más de 6000 líneas híbridas.

Se obtuvieron dos nuevas variedades de arroz (IACuba-39 e IACuba-47) y otra se valida sus resultados en producción (línea 4614).

Actualmente se dispone del material genético, que garantiza el aporte continuo, al mejoramiento genético del arroz en este centro las demás estaciones del país.

BIBLIOGRAFÍA

Academia de Ciencias de Cuba (1976). Atlas de Cuba. La Habana. A-C.C. 216P.

Alfonso R, L. E. Rivero, E. Suárez, J. M Grillo, A. Riverón, M. Cabañas, T. A. Gonzales, L. Alemán, A. A. Hernández, Y. Contreras, N. H. Son, N.T. Son, N. X. Dung y T.T. Van. (2020). **Instructivos Técnicos del Cultivo del Arroz**. Instituto de Investigaciones de Granos. Artemisa. Cuba. 65 – 85 pp.

Conyedo L. y R. Pérez-Polanco. (2023). Comportamiento de 295 genotipos de arroz ante la *Pyricularia grisea* en Sancti Spíritus. **Revista Infociencia**, 27(3): 1- 8. Disponible en: <http://infociencia.idict.cu>.

Delgado-Huertas H, A. Silva Parra y L. Guarín Gutiérrez. (2021). Evaluación agronómica de líneas de arroz de sabana (*Oryza sativa* L.) obtenidas mediante mejoramiento poblacional por selección recurrente. DOI: 10.31910/rudca.v24.n2.2021.1707

Ministerio de la Agricultura (MINAGRI) (2020). **Instructivo Técnico cultivo del arroz**. Instituto de Investigaciones de Granos. Instructivo técnico cultivo del arroz. La Habana. Cuba.142 p.

Pérez León Noraida, Guillermo Díaz López, Lienys Melkis Rodríguez Díazy Teresa Hernández Pérez. (2023) Evaluación de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) de Vietnam, para su introducción en Cuba. DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v25n1.107284. **Rev. Colomb. Biotecnol.** Vol. XXV No. 1 enero - junio 2023, 15 - 25 Rev.

Pérez-Polanco R., E. Suárez y F. Hernández. IACuba-37 (2014): nueva variedad de arroz para las condiciones de riego. Revista electrónica INFOCIENCIA, vol18, 4 ISSN 1029-5186.disponible en: <http://infociencia.idict.cu>.

Pérez-Polanco R. y L. Conyedo, (2023). Comportamiento agronómico de cuatro líneas de arroz con ciclo precoz. **Revista Infociencia**, 27(1), 30-37. ISSN 1029-5186, disponible en: <http://infociencia.idict.cu>.

Pérez-Polanco R., D. Pérez Corrales y A. García Antúnez (2023) Evaluación de la nueva variedad de arroz IACuba-47, en rendimiento y plagas. *Revista electrónica Infociencia*, 27(1),44-52. ISSN 1029-5186. Disponible en: <http://infociencia.idict.cu>.

Pérez-Polanco R. D. Pérez Obregón y A. García Fábregas, (2024). Evaluación en Sancti Spíritus de nuevas variedades de arroz introducidas desde Vietnam. *Revista electrónica Infociencia*, 27(1), 44-52. ISSN 1029-5186. Disponible en: <http://infociencia.idict.cu>.

Singh R. e H. Ikehishi.(1998). Monogenc male sterility in rice: induction, identification and inheritance. **Crop Sci.** 21: 286-289.

Zúñiga Orozco, A. y Carrodegua González, A. (2022) Variabilidad morfo-agronómica en genotipos de arroz en el Pacífico Central, Costa Rica. **Ciencia y Agricultura**, 19(1): 1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.12567>

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

a) René Luis Pérez Polanco

Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Supervisión, Validación, Redacción - revisión y edición.

b) Darley Pérez Obregón

Investigación, Metodología, Visualización, Redacción borrador original, Redacción - revisión y edición

c) Alden García Fábregas

Investigación, Metodología, Visualización, Redacción borrador original, Redacción - revisión y edición

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses

Recibido: 28 de febrero del 2024

Aprobado: 8 de abril del 2024