

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PROYECTO DE COLABORACIÓN: Implementación de métodos participativos que garanticen la rápida introducción de genotipos tolerantes a estrés abióticos y adecuadas tecnologías de fertilización en áreas productivas



INFORME FINAL

Organismo Responsable: Ministerio de Educación Superior (MES)

(República de Cuba)

Entidad Ejecutora: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)

Contraparte Técnica: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)

Contraparte Extranjera:

- Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT) de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.
- Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

INDICE

I – CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO.....	1
II – INFORME TECNICO.....	2
III – INFORME ADMINISTRATIVO CONTABLE.....	5

I – CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO.

1. Líneas de Acción.

La creciente amenaza del cambio climático tiene un impacto sustancial en la producción agrícola en todo el mundo. Los eventos de sequías extremas y prolongadas así como las olas de calor causan pérdidas significativas en el rendimiento, con grandes riesgos para la futura seguridad alimentaria Mundial (Bita y Gerats, 2013; Xu *et al.*, 2017)

La obtención de nuevas variedades adaptadas a los efectos del cambio climático y la rápida introducción de las mismas es una necesidad vital para garantizar la seguridad alimentaria en nuestro país. Los trabajos de mejora no pueden desconocer la interacción entre genotipo y el ambiente (GA), pues cuando el ambiente en el que se realiza la selección es muy distinto al ambiente de destino, es posible que el resultado esperado no se logre, por lo que la selección directa en el ambiente de destino garantizará una mayor eficiencia en el proceso de selección

En los programas de mejora convencionales, los investigadores son los responsables de la obtención de las variedades, las cuales son entregadas a los extensionistas para su transferencia y los productores son los clientes que se encargarían de adoptar o no las variedades obtenidas, sin embargo, la participación de agricultores, consumidores, y otras partes interesadas enriquece los procesos de selección al tener en cuenta las preferencias, perspectivas y los múltiples criterios de selección en ambientes de diferentes contextos y entornos socioeconómicos y es donde radica la importancia del mejoramiento participativo, pues se incorporan los productores a la selección en el

ambiente de destino, donde se identifican los mejores genotipos en ambientes específicos (Nakayama *et al.*, 2018).

La selección participativa en las etapas finales del programa de mejora así como la evaluación de las líneas con diferentes biofertilizantes en las áreas de los productores es una alternativa de gran utilidad para acelerar la introducción de los genotipos que mejor se adapten a ambientes específicos con una tecnología de fertilización más eficiente y menos contaminante

Mediante la utilización de estrategias de introducción, selección, evaluación y liberación de nuevos cultivares con adaptación específica se contribuye a la seguridad alimentaria por lo que los cambios fundamentales que ejercerán los resultados de este proyecto están dados en:

1. Métodos participativos incorporados en los programas de mejoramiento genético
2. Diversidad genética en arroz, tomate, soya y Stevia rebaudiana incrementada
3. Tecnologías de producción con menores insumos de agua y fertilizantes químicos en arroz, soya y tomate establecidas.
4. Áreas demostrativas caracterizadas
5. Nivel de conocimiento de productores, investigadores y técnicos involucrados en el proyecto incrementado.

2. Entidad local cubana responsable.

Nombre y Dirección: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)

Carretera San José-Tapaste KM 3 ½ San José de las Lajas, Mayabeque.

Cuba, Teléfonos: (53 47) 861274

(E-mail: mcaridad9450@gmail.com)

Nombre del responsable y sus funciones: Dra. María Caridad González Cepero

3. Objetivo General.

Contribuir al incremento de la producción de alimentos con un menor impacto ambiental..

4. Objetivos Específicos

- (i) Perfeccionar los métodos de selección participativa para cada uno de los países participantes a partir del desarrollo de talleres y cursos
- (ii) Caracterizar desde el punto de vista edafoclimático a las áreas donde se desarrollará el proyecto
- (iii) Incrementar la diversidad genética y los rendimientos en arroz, tomate y soya con menos insumos de agua y fertilizantes químicos
- (iv) Capacitar a los investigadores, técnicos y productores en la mejora genética con métodos participativos y el manejo agrotécnico de los cultivos con menor empleo de fertilizantes químicos y de agua

Presupuesto inicial

22 000.00 USD, equivalentes a 528 000.00 (según tasa de cambio 1.00 USD por 24 .00 CUP)

Moneda Nacional: ____ \$ 2 520 000.00 CUP que serán aportados por el INCA
Temporalización.

Fecha de inicio de proyecto: Junio 2021
Fecha de finalización de proyecto: Junio 2023

INFORME TÉCNICO

Estado de avance del proyecto (parte cualitativa)

A pesar de las dificultades provocadas por la COVID y los problemas económicos que presenta nuestro país se logró avanzar en la obtención de nuevos genotipos con la participación de los productores e identificar cepas de bacterias fijadoras de nitrógeno que hagan posible la reducción del empleo de fertilizantes químicos, Asimismo se comienza a emplear por primera vez los métodos de selección participativa en los programas de mejoramiento genético en Panamá.

Principales acciones realizadas durante el año 2021

De acuerdo al cronograma de actividades previstas para este año, los principales resultados obtenidos se describen a continuación:

Se realizaron encuestas a los productores de San Nicolás de Bari para conocer las variedades que empleaban y el manejo del riego y fertilizantes

Se constató que no empleaban biofertilizantes y que se utilizaba riego por gravedad con un gran consumo de agua y energía eléctrica . Muy pocos productores sembraban soya y algunos de ellos sembraban arroz . El resto sembraban frijol, tomate , maní , cebolla y plátano , pero una o dos variedades de cada cultivo.

Resultado 1 Seleccionadas e incorporadas a la producción nuevas variedades y líneas de arroz, tomate y soya tolerantes a bajos suministros de agua y/o altas temperaturas y bajos suministros de fertilizantes químicos

SOYA



En la CCS “ Camilo Cienfuegos” de San Nicolás de Bari se sembraron un grupo de genotipos de soya obtenidos en el INCA y un genotipo foráneo de nombre desconocido por los productores (Tabla 1)

Tabla 1, Genotipos y sus características

Variedad	Ciclo (días)	A1V (cm)	P100S (g)	Color del grano	Rend.)t/ha)
CUVI-02	85-91	10	163	Crema claro	2,9-3,7
CUVI-22	80-85	9,0-9,2	128	Crema	2,7-3,6
CUVI-84	80-85	9,2-9,7	115	Crema oscuro	2,5-3,5
CUVI-99	70-75	5,0-6,4	105	Crema oscuro	2,3-3,0
CUVIN-22	80-85	10-10,4	130	Negro	2,4-3,0
Cincuentenario	80-85	12-15	145	Blanco	2,7-3,8
Foraneo	125-130	El genotipo creció mucho pero no floreció			

Los genotipos se identificaron con números consecutivos del 1 al 7 y se les entregó una planilla a los productores donde se reflejaban diferentes características para que los mismos marcaran con una cruz las características por las cuales los seleccionaban. En dicha actividad participaron productores de San Nicolás de Bari, Cárdenas y San José de las Lajas (Total 15 y de ellos 5 mujeres) y los genotipos más seleccionados fueron CUVI 02, CUVI 22, CUVIN 22, CUVI 99 y Cincuentenario los cuales fueron adoptados por los productores



Arroz

Día de campo de arroz

En la CCS "José Luis García" de San Nicolás de Bari se sembraron un grupo de genotipos de arroz obtenidos en el INCA:

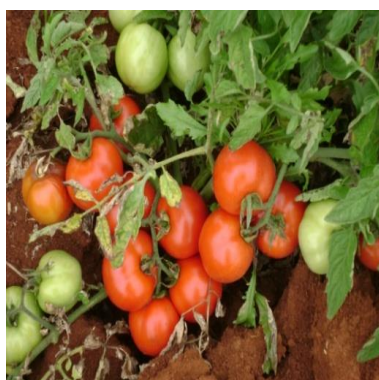
- INCA LP-5
- INCA LP-7
- INCA LP-8
- INCA LP-12
- INCA LP-17
- Gines LP-18
- 8552
- 8553
- 8555

Para la selección se empleó la misma metodología que en el caso de la soya pero en la planilla aparecían caracteres específicos del arroz. En la actividad participaron 12 productores de ellos 2 mujeres así como investigadores y técnicos y se seleccionaron los genotipos INCA LP-5, Gines LP-18, 8553 y 8555.



TOMATE

Día de campo de tomate



Se sembraron un grupo de genotipos de tomate en dos localidades finca Roma de la CCS " José Luis García" de San Nicolás de Bari y en el INCA, San José de las Lajas (Tabla 2)

Tabla 2. Ambientes de evaluación y sus características generales

Ambiente	Coordenada Geográfica	Altitud (m.s.n.m)
A. "Roma"	81°9'16"736" latitud N 22°7'82"182" longitud W	31
B. San Juan	80°8'10"409" latitud N 20°5'32"102" longitud W	30
C. INCA	23° latitud N 82° 12' longitud W	138

Se emplearon 13 genotipos de tomate de ellos 9 líneas avanzadas y 4 variedades comerciales obtenidas por diferentes métodos de mejora en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (Tabla 3).

Tabla 3. Genotipos empleados para la selección participativa en las tres áreas

No.	Genotipos	Método de obtención	Progenitor
1	'INCA-9-1'	Hibridación	Ontario X Campbell-28
2	'Carmen'	Selección	Ruffus
3	'Gatto'	Selección	Ruffus
4	'Dodel'	Selección	Ruffus
5	'Amalia'	Hibridación	Campbell 28 x INCA-9-1
6	'Javier'	Mutación con rayos gamma ⁶⁰ Co	Amalia
7	'Delia'	Mutación con rayos gamma ⁶⁰ Co	Amalia
8	'DS-10'	Mutación con rayos gamma ⁶⁰ Co	Amalia
9	'Domi'	Mutación con rayos gamma ⁶⁰ Co	INCA 9-1
10	'Domingo'	Mutación con rayos gamma ⁶⁰ Co	INCA 9-1
11	'Girón-50'	Mutación con rayos gamma ⁶⁰ Co	Amalia
12	'Carucha'	Mutación con rayos gamma ⁶⁰ Co	Amalia
13	'Amistad'	Mutación con rayos gamma ⁶⁰ Co	Amalia

Se realizó la selección participativa en la Finca Roma con la participación de 15 productores y en el INCA con la participación de 20 productores (Tabla 4)

Tabla 4: Resultados de la selección participativa en el día de campo, reflejando los cinco genotipos más seleccionados en la Finca "Roma" y en el área del "INCA", provincia Mayabeque.

Lugar	Variedades	Número de veces que fue seleccionada	Por ciento de selección%
Finca "Roma"	'Delia'	7	46
	'Girón- 50'	12	80
	'Amalia'	10	66
	'Amistad'	7	46
	'Javier'	15	100
"INCA"	'Delia'	8	40
	'Javier'	10	50
	'Girón- 50'	20	100
	'Domingo'	10	50
	'Dodel'	4	20

La variedad más seleccionada en la finca Roma fue la Javier y en el INCA la Girón 50 lo que demuestra la importancia de realizar la selección en los ambientes de destino y la importancia de la sección participativa en los programas de mejoramiento genético. Los productores seleccionaron las variedades de frutos más grandes.



San Nicolas de Bari



INCA

Tabla 5: Valores medios con respecto a las variables en estudio de los 13 genotipos de tomate.

Genotipo	NRP	NFR	NFP	Rend	DE	DP	Brix
'DS-10'	11,92	3,50	27,58	25,51	6,27	4,60	4,50
'Domi'	11,17	3,25	26,83	26,07	6,41	4,65	4,19
'Carucha'	10,50	3,25	29,00	30,64	6,44	4,65	3,95
'Javier'	9,08	2,50	21,00	39,15	7,19	6,23	4,33
'Amalia'	8,92	3,92	21,33	24,98	6,68	4,99	4,08
'Amistad'	9,00	2,92	20,83	27,53	6,83	4,93	4,15
'Carmen'	8,67	3,25	21,33	17,36	5,44	6,51	4,14
'Domingo'	8,67	3,00	20,75	18,32	6,52	4,63	4,15
'Girón-50'	8,92	3,08	20,58	21,42	6,64	5,07	4,90
'Delia'	10,17	2,83	24,75	21,10	6,35	4,74	3,72
'Gatto'	10,92	3,83	31,08	11,37	4,31	5,45	4,27
'Dodel'	11,17	4,67	32,33	16,59	4,42	6,03	4,34
'INCA-9-1'	12,75	3,92	35,50	14,67	4,64	4,02	4,78

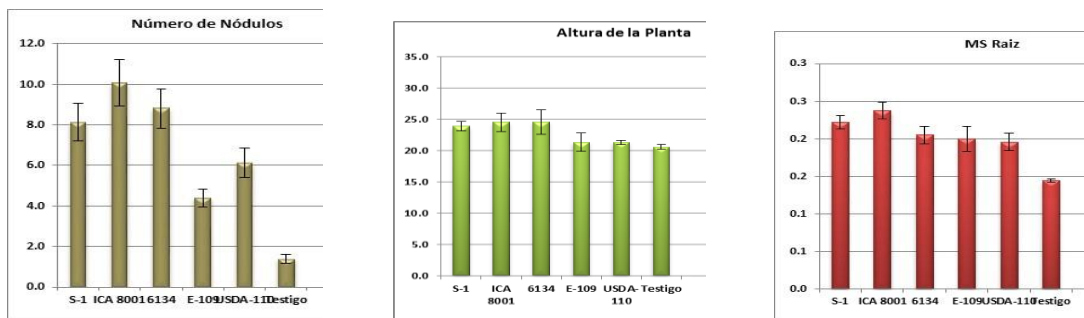
Los resultados de las evaluaciones mostraron que el genotipo de mayor rendimiento fue Javier seguido de Carucha y que superan a las variedades tradicionales

Resultado 2 Tecnología de manejo agrotécnico establecida en soya, tomate y arroz

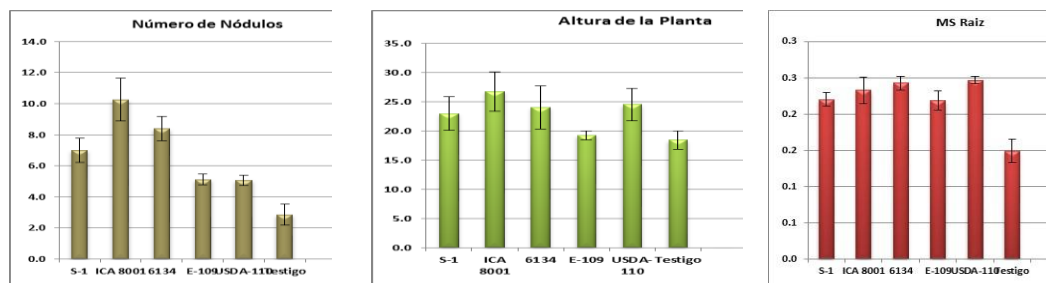
En la UEB de los Palacios se sembraron las variedades de soya CUVIN 22 y CUVI 84 en potes plásticos y se inocularon con cinco cepas de bacterias fijadoras de nitrógeno (S1, ICA 8001,6134, E104 y SDA1) . Se empleó un testigo en ambas variedades sin inoculación. Se evaluó el número de nódulos efectivos, la altura de la planta y la masa seca de la raíz

Fig 1 Comportamiento de las variedades inoculadas con diferentes cepas de bacterias fijadoras de nitrógeno

CUVIN-22



CUVI-84



La cepa ICA 8001 fue la de mejor respuesta

Resultado 4 : Capacitados los especialistas y productores y divulgados los resultados

Se realizó un Taller en la UEB Los Palacios donde participaron los productores de Los Palacios, investigadores y técnicos del INCA y se presentaron resultados de la obtención y manejo de las nuevas variedades de tomate, soya, y arroz.

En el Taller participaron 20 productores de diferentes formas de producción (estatal y cooperativa) así como investigadores y técnicos del INCA.

El taller generó gran interés por parte de los productores y han solicitado semilla de los mutantes de soya y tomate

Se realizó un Curso en formato híbrido sobre selección participativa. Donde participaron 20 técnicos, productores e investigadores cubanos así como las contrapartes de Panamá y Paraguay

Eventos

Seminario Mejoramiento Genético Paraguay “Inducción de mutaciones con rayos gamma de ^{60}Co en soya (Glycine Max. Merrill” María Caridad González Cepero , Manuel Ponce Brito, Rodobaldo Ortiz Pérez, Carlos de la Fe Montenegro, Rodolfo Guillama Alonso, Armando Chávez Ardanza y Alba Álvarez González

Se defendió la Tesis de Maestría “Selección de genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de buen comportamiento en siembras tardías para ambientes específicos”Maestrante Rodolfo Guillama. Tutora. María Caridad González

Los resultados y actividades fueron divulgadas a través de la radio , la TV y las redes sociales divulgación

.Trabajo de la TV Mayabeque sobre cultivo de la soya

Acciones realizadas en el 2022

- **Resultado 1.**

Arroz

Selección participativa en cultivo de arroz

En la UEB de Los Palacios pertenecientes al INCA se sembraron un grupo de genotipos de arroz y se realizó la selección participativa de los mismos en el marco del Taller de Selección desarrollado ,En el mismo participaron productores y los participantes del curso . Los genotipos más seleccionados fueron la LP-5 y LP-18



TOMATE

Selección participativa en tomate

En las áreas del INCA se sembraron 49 genotipos de tomate y se realizó un día de campo para la selección participativa de los genotipos de mayor interés por parte de los productores. En dicha actividad participaron productores de San Nicolás de Bari, el Cotorro y San José de las Lajas así como investigadores y técnicos del INCA y profesores de la Universidad Agraria de la Habana para un total de 45 participantes. Los genotipos más seleccionados fueron Dodel, Girón 50, Domingo, Delia y Carucha. Se le entregó semilla a los productores para la siembra en sus respectivas áreas.



Selección participativa en arroz y tomate en Panamá

A partir de este proyecto se comenzó a emplear el método de selección participativa en los programas de mejora de arroz y tomate del IDIAP en Panamá.

Arroz

Se realizó el taller de selección participativa en parcelas del proyecto de Investigación e Innovación para el desarrollo de germoplasma mejorado de arroz para los sistemas comercial y a chuzo". Tan importante selección se efectuó en el Sub Centro Pacífico Marciaga ubicado en el Distrito de Penonomé, Provincia de Coclé y se evaluaron las variedades más seleccionadas.

Este taller contó con 21 participantes entre extensionistas, investigadores, estudiantes y productores. Se evaluaron 15 líneas avanzadas de arroz bajo condiciones de Riego.

En el taller se intercambiaron ideas sobre las fuentes de germoplasmas y líneas provenientes de mutagénesis inducida por rayos gamma.

Los participantes visitaron las parcelas y intercambiaron ideas sobre la uniformidad y tamaño de espigas, la sanidad, el vigor, uniformidad en llenado de las espigas de las plantas seleccionadas.



Tabla 6. Número de líneas seleccionadas y caracteres de más interés por parte de los productores.

Líneas	Vigor	Altura de planta	acame	sanidad	Tamaño de espigas	Uniformidad Llenado de espigas
1	3	6	12	12	5	9
2	15	12	5	7	3	7
3	10	16	13	10	9	13
4	13	4	2	3	5	7
5	5	10	9	8	9	15
6	6	9	10	7	13	12
7	4	5	9	7	9	7
8	3	3	11	11	6	9
9	1	9	6	6	13	9
10	13	5	7	7	8	6
11	9	2	10	9	9	8
12	6	5	10	8	3	7
13	2	13	11	11	7	14
14	5	5	4	4	5	6

Tomate

Se realizó un Taller de selección participativa en tomate en el IDIAP de Panamá de forma presencial en el cual participaron todas las contrapartes del proyecto. Se impartieron conferencias y se realizó la selección en condiciones de campo con la participación de productores, profesores, investigadores, técnicos y estudiantes

Resultado 2.

SOYA

En el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas se evaluaron cultivares de soya obtenidos en el INCA con diferentes cepas de *Bradyrhizobium* para determinar las más adecuadas para cada variedad.

Cultivares: Cuvi-22, Cuvi-84, Cuvi-99, Cuvín-22 y Cincuentenario

Cepas: *Bradyrhizobium elkanii* ICA 8001 y *Bradyrhizobium* sp. S1 (Cuba)

Bradyrhizobium japonicum E-109 (Argentina)

Bradyrhizobium japonicum USDA110 (Estados Unidos)

Bradyrhizobium elkanii 6134 (Bélgica)



Solo la inoculación de la cepa *B. elkanii* ICA 8001 en los cultivares CUVIN 22 y CUVI 99, produjo un efecto superior a la del tratamiento no inoculado con relación a la masa seca de los nódulos (Tabla 7), lo que muestra una interacción más eficiente de esta cepa con estos cultivares. La masa seca nodular constituye un indicativo del contenido de bacteroides dentro del nódulo, por lo que mayor cantidad de estas células funcionales, debe incidir en un aporte superior de nitrógeno a la planta.

Tabla 7. Resultados de los diferentes tratamientos en cuanto a nódulos totales, efectividad y masa seca.

Tratamientos	Nódulos totales (u)	Efectividad (%)	Masa seca
Cuvi 99*ICA8001	7.0 bc	7.0 abcdef	28.93 abcd
Cuvi 99*S1	4.6 bc	4.6 bcdef	19.70 abcdefg
Cuvi 99*USDA110	11.3 abc	8.3 abcdef	22.23 abcdefg
Cuvi 99*BJE-109	11.3 abc	10.3 abcdef	25.86 abcdef
Cuvi 99*USDA6134	8.0 abc	7.3 abcdef	11.30 bcdefg
Cuvi 99*no inoculado	0.6 c	0.3 f	2.86 fg
Cuvin 22*ICA 8001	12.6 ab	11.3 abcde	34.30 ab
Cuvin 22*S1	12.6 ab	12.0 abcd	30.63 abc
Cuvin 22*USDA110	6.0 bc	5.3 bcdef	18.33 abcdefg
Cuvin 22*BJE-109	13.0 ab	12.3 abc	27.16 abcd
Cuvin 22*USDA6134	6.3 bc	5.6 abcdef	17.16 abcdefg
Cuvin 22*No inoculado	5.3 bc	4.0 bcdef	6.02 cdefg
Cuvi 22*ICA 8001	11.0 abc	10.0 abcdef	37.900 a
Cuvi 22*S1	18.3 a	16.3 a	27.600 abcd
Cuvi 22*USDA110	6.0 bc	5.6 abcdef	26.967 abcd
Cuvi 22*BJE-109	5.0 bc	5.0 bcdef	14.367 bcdefg
Cuvi 22*USDA6134	2.3 ab	2.0 cdef	3.267 fg
Cuvi 22*No inoculado	13.0 bc	13.0 ab	34.133 ab
Cincuentenario*ICA 8001	6.0 bc	2.6 bcdef	9.333 cdefg
Cincuentenario*S1	4.3 bc	3.3 bcdef	22.933 abcdefg
Cincuentenario*USDA110	8.6 abc	1.6 cdef	27.967 abcd
Cincuentenario*BJE-109	7.3 abc	7.3 abcdef	11.100 bcdefg
Cincuentenario*USDA6134	7.3 abc	4.6 bcdef	16.433 abcdefg
Cincuentenario*No inoculado	2.0 bc	0.3 f	1.233 g
Cuvi 84*ICA 8001	6.6 bc	6.6 abcdef	23.833 abcdefg
Cuvi 84*S1	4.3 bc	2.6 bcdef	6.300 cdefg
Cuvi 84*USDA110	7.0 bc	6.0 abcdef	24.367 abcdefg
Cuvi 84*BJE-109	2.6 bc	1.3 def	7.200 cdefg
Cuvi 84*USDA6134	8.0 abc	6.6 abcdef	14.767 abcdefg
Cuvi 84*No inoculado	6.0 bc	1.0 ef	4.067 efg
ESx ANOVA	2.81	2.720	5.938

Se identificaron las mejores cepas para cada variedad y con el empleo de las mismas ya no es necesario aplicar urea por lo que se disminuye el empleo de fertilizantes químicos y se disminuye la contaminación ambiental.

Resultado 3

Se realizó la caracterización de los suelos de la finca Roma y la Finca Porvenir de San Nicolás de Bari en las cuales se desarrollan los ensayos en condiciones de producción. (Tabla 8)

Finca Roma. San Nicolás de Bari

Topografía del terreno circundante: Llano

Pendiente donde se tomó el perfil: < 2%

Material de origen: Materiales transportados y caliza

- Tiempo: Cuaternario antiguo
- Drenaje: Superficial: Bueno; Interno: Regular

Tabla 8. Descripción del perfil de la Finca Roma

Horizontes	Profundidad	Descripción
A ₁₁	0 – 15	Color 5YR3/3, arcilloso, estructura de bloques subangulares de 5-10 cm, que se desmenuzan fácilmente, compactado, seco, con mediana cantidad de poros finos, con raíces que llegan hasta 25 cm de profundidad, presencia de gravas pequeñas de color oscuro, sin reacción al HCl, transición algo notable
A ₁₂	15 – 25	Color 2,5YR3/4, un poco más arcilloso, estructura de bloques subangulares de 3-5 cm de profundidad, compactado, fresco, con mediana cantidad de poros finos, con raíces, con gravas pequeñas de color oscuro, sin reacción al HCl, transición notable
B _{1t}	25 – 46	Color 10R4/4, más arcilloso, estructura de bloques angulares de 3 cm y granular, friable, ligeramente húmedo, con muchos poros finos, sin raíces, sin gravas pequeñas oscuras, con cutanes, sin reacción al HCl, transición notable
B _{2t}	46 – 90	Color 10R3/6 con muchas caras brillantes, un poco más arcilloso, estructura de bloques angulares de 3-5 cm, friable y algo plástico, un poco más húmedo, con muchos poros finos, con abundancia de cutanes, muchos de ellos parecen de presión, sin raíces, sin reacción al HCl, transición notable
B _{3R}	90 – 100	Suelo mezclado con afloraciones de roca caliza dura

Composición mecánica del perfil. En la composición mecánica del perfil es notable la cantidad de arcilla, que llega en el horizonte Bt hasta 80%. Pero aún es más notable la cantidad de arena en el suelo, sobre todo la parte superior del perfil donde llega a alcanzar hasta 25,37% (Tabla 9).

Tabla 9. Composición mecánica y textura del perfil de la finca Roma

Horizonte	Prof. (cm)	(%)			Textura
		Arena	Limo	Arcilla	

A ₁₁	0 – 15	25,37	10,28	64,35	Arcillosa
A ₁₂	15 – 25	21,53	7,28	71,19	Arcillosa
B _{1t}	25 – 46	17,53	2,28	80,19	Arcillosa
B _{2t}	46 – 90	17,53	3,28	79,19	Arcillosa

Se realizó la evaluación desde el punto de vista químico de los suelos (Tabla 10)

Tabla 10. Características químicas del perfil Finca Roma

Profundidad, cm.	pH H ₂ O	MO %	Cationes Cabiabiles (cmol kg ⁻¹)				Suma (cmol kg ⁻¹)
			Ca	Mg	Na	K	
0 – 15	7,4	3,3	19,5	3,0	Nd	Nd	22,5
15 – 25	7,1	3,1	21,5	2,8	Nd	Nd	24,3
25 – 46	7,2	2,1	21,5	3,5	Nd	Nd	25,0
46 – 90	6,9	1,1	2325	3,7	Nd	Nd	26,2

Finca Porvenir, San Nicolás de Bari. Provincia: Mayabeque

Factores de formación

1. Posición fisiográfica del lugar: Llanura denudativa
2. Topografía del terreno circundante: Llano
3. Pendiente donde se tomó el perfil: Llano, < 2%
4. Material de origen: Roca caliza dura miocénica
5. Tiempo: Cuaternario antiguo
6. Drenaje: Superficial: Bueno; Interno: Bueno

Tabla 11 Descripción del perfil finca Porvenir

Horizontes	Profundidad	Descripción
A	0 – 15	Color 7,5YR3/4, arcilloso, estructura de bloques angulares de 5 cm, que se desmenuzan fácilmente, compactado, seco, con pocos poros finos, con mediana cantidad de raíces que llegan hasta 20 cm de profundidad, sin reacción al HCl, transición gradual.
B _{1t}	15 – 29	Color 10R3/6, más arcilloso, estructura de bloques sub angulares, compactado algo friable, fresco, con muchos poros finos y algunos cutanes, sin reacción al HCl, transición gradual
B _{2t}	29 – 56	Color 7,5YR3/6, arcilloso, estructura de bloques sub angulares y granular, friable, fresco, con muchos poros finos y con muchos cutanes, sin raíces, sin reacción al HCl, transición notable.
BR	56 – 76	Mezcla de suelo con fragmentos de rocas calizas
R	>76	Roca caliza dura

Tabla 12. Composición mecánica y textura del perfil Finca Porvenir

Horizonte	Prof. (cm)	(%)			Textura
		Arena	Limo	Arcilla	
A	0 – 15	29,09	4,28	66,53	Arcilloso
B _{1t} (entre 23 y 25 cmoles)	15 – 29	15,65	5,28	79,07	Arcilloso
B _{2t}	29 – 56	16,53	3,28	80,19	Arcilloso

Algunas características químicas suelos Finca Porvenir

El pH del suelo en el horizonte A es cerca de lo neutral y disminuye algo en profundidad. El contenido en materia orgánica es mediano también, lo que indica que posiblemente hay aplicaciones de abonos orgánicos por el productor.

Igualmente en este perfil encontramos un contenido relativamente alto en bases intercambiables (entre 23 y 25 cmoles), lo cual nos lleva a la clasificación de suelos Ferralíticos (Tabla 13).

Tabla 13. Características químicas del suelo del perfil Finca Porvenir

Profundidad, cm.	pH H ₂ O	MO %	Cationes Cambiables (cmol kg ⁻¹)				Suma (cmol kg ⁻¹)
			Ca	Mg	Na	K	
0 – 15	6,9	3,23	22,0	3,5	Nd	Nd	25,0
15 – 29	6,6	2,52	20,0	4,5	Nd	Nd	23,5
29 – 56	6,6	1,50	20,5	4,5	Nd	Nd	25,0

Resultado 4

- Se impartió el curso híbrido “**Empleo de Métodos participativos en la Mejora Genética de Plantas**”. En dicho curso participaron dos especialistas de Panamá y dos especialistas de Paraguay, investigadores, técnicos, profesores de diferentes instituciones cubanas y extranjeras así como el Dr. Daniel Danial especialista de la Universidad de Wageningen contratado por la OIEA como experto y productores de la CCS “Camilo Cienfuegos” y “José Luis García de San Nicolás de Bari”. En dicho curso participaron 45 personas
- Se impartieron conferencias sobre los biofertilizantes y su forma de aplicación en San Nicolás de Bari, donde participaron 20 productores.
- Se impartió el Curso Tecnología NIR para Análisis de Calidad a las nuevas variedades. Fue impartido por dos expertos OIEA donde participaron 10 técnicos y especialistas. De ellos 6 mujeres
- Se realizó un Taller de Selección Participativa en Panamá de forma presencial donde participaron productores investigadores y las contrapartes de Paraguay y Cuba. Las temáticas abordadas fueron las siguientes (Tabla 14)

Tabla 14. Temas impartidos en el Taller de Selección participativa en Panamá

Tema	Conferencista
Selección participativa en arroz en Panamá	Dr. Evelin Quiroz Gerente Proyecto Arroz
Selección Participativa experiencia en Paraguay	Lic. Héctor Nakayama CEMIT-DGICT-UNA
Experiencia de la selección participativa en tomate en Panamá	Ing José Guerra
Talleres de intercambio entre productores y extensionistas en cultivos de hortalizas Panamá	MSc. Jorge Jaen
Las Ferias de Diversidad y la Selección Participativa en los programas de Mejoramiento en Cuba	Dr. María C. González Cepero

Eventos

- Taller de Mejoramiento Genético en Paraguay “Inducción de mutaciones con rayos gamma de ⁶⁰Co en soya (Glycine Max.Merril)” María Caridad González Cepero , Manuel Ponce Brito, Rodobaldo Ortiz Pérez, Carlos de la Fe Montenegro, Rodolfo Guillama Alonso, Armando Chávez Ardanza y Alba Álvarez González
- Seminario Internacional CEMIT “Mejora por mutaciones para estrés abióticos en cultivos de interés agrícola”. María C. González, Noraida Pérez León, Elizabeth Cristo Valdéz, Rodolfo Guillama y Armando Chávez
- 12do. Congreso Internacional de Educación Superior Universidad 2022. Bacterias asociadas a arroz (*Oryza sativa* L.) promisorias para la inoculación del cultivo
- -Taller “Alternativas agrícolas para el manejo de agroecosistemas de granos ante la presencia del cambio climático, una contribución al plan de soberanía alimentaria y nutricional a nivel local”. Biofertilizantes bacterianos.
- - Taller: Empleo de métodos participativos en la mejora genética de plantas. Interacción cepas fijadoras de N-mutantes de soya, frijol y arroz.
- Posibles endófitos de semillas promueven el crecimiento de cultivares cubanos de arroz. Ionel Hernández, Cecilia Taulé, Federico Battistoni, Elena Fabiano, María C. Nápoles, Deyanira Rivero
- Selección de cepas de rizobios promisorias para la inoculación de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar Selección. Claudia Pérez, Loreilys Ortega, Ionel Hernández, María C. Nápoles.
- Efecto de la concentración de *Rhizobium* y la forma de aplicación de inoculantes en el crecimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar INCA LP-7. Loreylis Ortega, Claudia Pérez, Ionel Hernández, María C. Nápoles.
- Interacción cepas fijadoras de N-mutantes de frijol. Belkis Morales, María C. Nápoles, Ionel Hernández, Rodolfo Guillama, María C. González.
- Taller: Selección participativa “La selección participativa como herramienta en los programas de mejoramiento genético” María Caridad González, Rodolfo Guillama, Dayné Horta, Nervis Díaz, Víctor Acosta, Libán Díaz, Belkis Pino y Delfina Trujillo.

- Jornada 35 Aniversario CEADEN. Mejoramiento por Radiomutagénesis en Cuba. Principales resultados. Colaboración Internacional y perspectivas. ■
María Caridad González
- Congreso INCA . Obtención e introducción de mutantes de soya (Glycine Max Merrill)
- Selección de genotipos de tomate (solanum lycopersicum l.) de buen comportamiento en siembras tardías para ambientes específicos. Rodolfo Guillama, María Caridad González, Nervis Díaz y Libán Díaz
- _ Evento de Jóvenes Científicos CENSA 2022. _Efecto de la concentración y forma de aplicación de Rhizobium sp. endófito en el crecimiento del arroz. Loreilys Ortega García, Ionel Hernández Forte, María Caridad Nápoles García
- _Selección de cepas de rizobios promisorias para la inoculación de arroz (Oryza sativa L.) cultivar Selección 1. Claudia Pérez Arabí, Loreilys Ortega García, Ionel Hernández Forte, María Caridad Nápoles García

Se divulgaron los siguientes resultados a través de las redes sociales , y la radio.

- Taller de Selección participativa Visita de trabajo de Investigadores Inqueños a Paraguay.
- Reunión de trabajo, Taller y Visita de trabajo de Dra C. María C. González Cepero a Panamá
- Día de Campo en el INCA sobre variedades de tomate en INCA.

Publicaciones

Hernández I., Pérez-Pérez R., Taulé C., Fabiano E., Battistoni F., Nápoles M.C. Plant Growth Promoting Bacteria are associated to Cuban rice cultivar and enhance its growth. 2022. Agronomía Mesoamericana, 33(2). doi:10.15517/am.v33i2.47223. GI. (SCOPUS)

Effect of induction moment on Bradyrhizobium-soybean (Glycine max) interaction. Nápoles MC, Costales D, Hernández I, Pérez-Pérez R, Wegria G, Cabrera JC. 2022; 33(2): 46404. doi: 10.15517/am.v33i2.46404. GI. (SCOPUS)

Hernández I., Taulé C., Pérez-Pérez R., Battistoni F., Fabiano E., Rivero D., Nápoles M.C. Putative seed endophytes promote the growth of Cuban rice cultivars. Enviada a Environmental Sustainability GI. En arbitraje

Hernández I., Nápoles M.C., Battistoni F., Fabiano E. Obtaining transconjugant strains for bacteria-rice interaction studies. Revista Cultivos Tropicales. GII. En arbitraje
Capítulo de libro de Mejora por Mutaciones en América Latina . María Caridad González

Acciones realizadas en 2023.

Resultado 1

Tomate

Se sembraron 47 líneas y variedades de tomate en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas en siembras tardías (Febrero 2023) . Solamente se le aplicó el 50% del riego y del fertilizante de fórmula completa y no se le aplicó urea , sin embargo, no fue posible realizar el día de campo para la selección participativa talleres por dificultades con el transporte pero se evaluaron y seleccionaron las líneas de mejor

comportamiento obteniendo la semilla de las mismas lo que permitirá su posterior evaluación en diferentes localidades del país . (Tabla15).

Tabla 15. Comportamiento de los genotipos seleccionados en condiciones de bajos suministros de agua y fertilizantes químicos y altas temperaturas

Genotipos	Origen	No. frutos	Peso promedio frutos	Peso frutos por planta Kg	Brix %	pH
Maybel	Mutante 9-1	49	64	2,4	5,4	4,5
Reny	Mutante 9-1	25	92	2,2	3,4	4,4
Nuevo	Mutante 9-1	30	68	2,3	4,5	4,4
INCA 9/1	Hibridación Donante	51	63	3,2	5,0	4,3
Carucha	Mutante 9-1	37	84	3,2	4,8	4,4
Gatto	Hibridación	59	44	2,7	5,2	4,4
Domingo	Mutante 9-1	53	91	3,9	4,5	4,2
Pera grande	Hibridación	26	69	1,8	4,8	4,3
Dodel	Hibridación	42	69	2,7	5,2	4,4
Domi	Mutante 9-1	45	78	2,8	5,0	4,5
Delia	Mutante Amalia	15	170,8	2,8	4,0	4,6
CADEL	Mutante9-1	37	78,3	2,7	5,9	4,5
Giron 50	Mutante Amalia	28	80,9	2,9	5,1	4,6

Se entregó semilla de 6 genotipos de tomate a productores de dos CCS de San José de las Lajas, 3 CCS y dos CPA de San Nicolás de Bari, 5 CCS de Matanzas y una CCS de Pinar del Río .

Arroz

Durante el trimestre Abril –Junio se realizó la siembra de arroz de primavera en Los Palacios y se efectuó un Taller de degustación para seleccionar las variedades de mejor calidad culinaria teniendo en cuenta el criterio de productores y amas de casa para la selección de variedades de arroz siendo la variedad Gines LP-18 la más seleccionada. Participaron 15 productores, 16 amas de casa, 10 técnicos y 6 investigadores

Asimismo se entregó semilla de las variedades de arroz INCA LP-5, INCA LP-7 y Gines LP-18 a productores de la CCS Juan de Matas Reyes de Pedro Betancourt, la CCS José

Luis García y Camilo Cienfuegos de San Nicolás de Bari , la CCS “Victoria de Girón” de Matanzas y a productores de San José de las Lajas.

Soya

- **Selección participativa de mutantes de soya**



Se realizó un Taller para la selección participativa de mutantes de soya en Los Palacios y se evaluaron los mutantes. Los productores seleccionaron los mutantes partir de una boleta con un grupo de caracteres. Los caracteres con mayor interés por parte de los productores en el momento de realizar la selección fueron la cantidad de vainas por planta y la presencia de plagas (Fig 2)

La feria resultó ser un espacio para capacitación, intercambio de experiencias y entrega de semilla de cultivares de soya que serán reproducidos en fincas del territorio

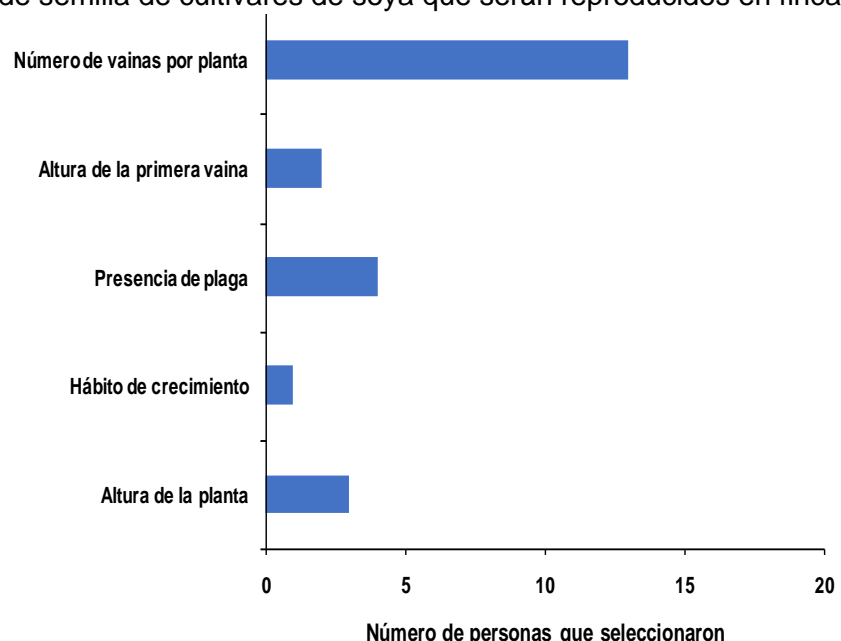


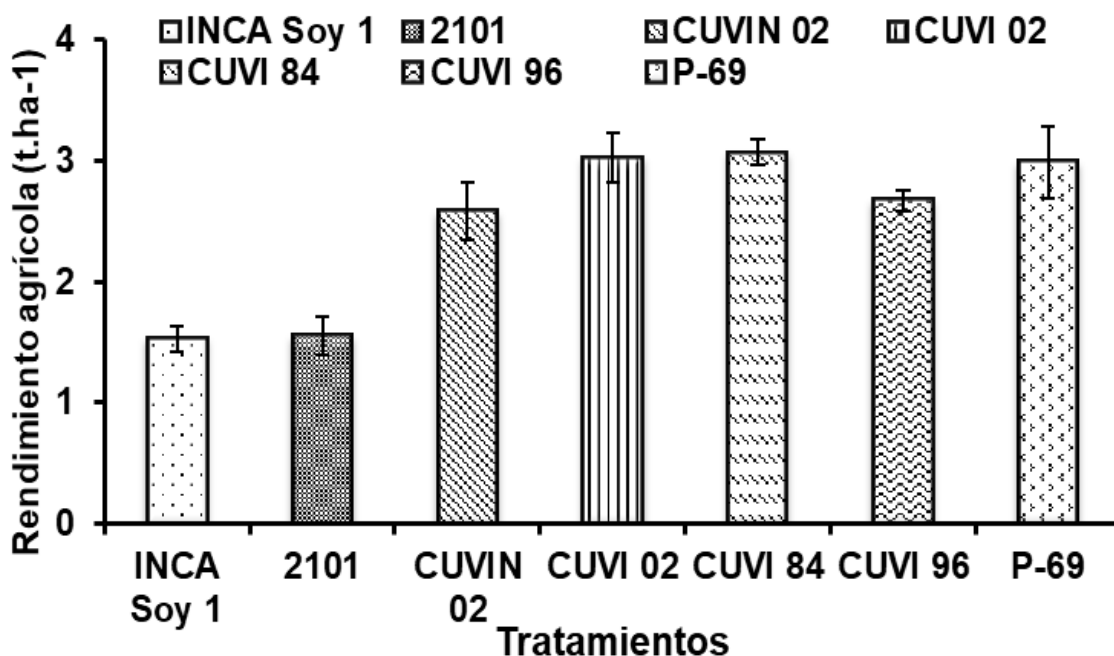
Fig 2 Caracteres a partir de los cuales se realizó la selección por parte de los productores

Los cultivares más seleccionados teniendo como base los criterios agronómicos considerados por los participantes fueron (INCA SOY 1 , CUVI 84 y P-69)

Se le determinó el rendimiento a los genotipos evaluados siendo los genotipos más seleccionados por los productores

Se evaluó el rendimiento y sus componentes en cada una de las variedades evaluadas. Los mutantes CUVI 02, CUVI 84, P-69, CUVI 96 y CUVIN 02 superaron a las variedades no mutantes INCA SOY 1 y 2021. (Tabla 16) Las variedades CUVI02 y CUVI 84 alcanzaron alrededor de 3 ton/ha.

Tabla 16. Rendimiento de las variedades evaluadas



En San Nicolás de Bari las variedades de más seleccionadas por los productores fueron CUVI 99 y CUVI 22, la primera por su precocidad (70-75 días) y la segunda por su alto potencial productivo lo que demuestra la necesidad de realizar la selección en cada área específica.

Selección participativa en tomate (Panamá)

Lugar: La villa de los Santos, Provincia Los Santos, Panamá

Número de líneas evaluadas: 25

Número de participantes: 42



Las líneas más seleccionadas fueron la 2, la 4 y la 7 . El número de frutos por planta y el tamaño de los frutos fueron los caracteres de mayor interés por parte de los productores (Tabla 17)

Tabla 17. Número de personas que seleccionaron los genotipos y caracteres por los cuales los seleccionaron

Líneas	# de frutos	Tamaño del fruto	Color de fruto	Forma de fruto	Sanidad	Llenado del fruto	Follaje	Número de personas
1	8	5	4	6	3	8	4	9
2	12	12	12	9	10	12	10	14
3	8	6	4	7	3	5	3	10
4	14	8	7	10	8	8	9	14
5	5	11	3	7	6	9	9	11
6	8	9	7	6	7	10	10	11
7	13	13	10	11	10	12	13	14
8	10	11	8	10	5	9	7	12

Se visitaron tres fincas de productores donde se evalúan los genotipos de tomate seleccionados con muy buena aceptación por parte de los mismos. Los cuales prefieren 3 de los genotipos entregados por lo que se incrementó la diversidad genética en el cultivo del tomate en Panamá.

Resultado 2

Soya

Se realizaron Talleres para la selección de variedades de soya en área de producción San Nicolás de Bari y Los Palacios evaluándose las variedades con diferentes cepas de bacterias fijadoras de nitrógeno.

Siendo la cepa ICA 8001 la de mejor respuesta en las áreas de producción . No se aplicaron fertilizantes químicos.

Arroz

Se inocularon semillas pre germinadas del mutante de arroz INCA LP-7 con siete cepas de diferentes géneros. Las cepas Rpd16, Rpr2, Rpr11 y GG1 provinieron de la rizosfera del cultivar INCA LP-5, la cepa 5P1 de la rizosfera del cultivar INCA LP-7, la cepa S5-31 del interior de semillas del cultivar INCA LP-5 y la cepa C19 de la rizosfera de maíz cultivar Canilla.

Las semillas de arroz del mutante de arroz INCA LP-7 se imbibieron durante 20 min en los inoculantes bacterianos y posteriormente se trasladaron a potes plásticos con un diámetro de 8,3 cm y altura de 14,5 cm; a razón de 20 semillas por pote; que contenían 50 mL de solución nutritiva de Hoagland estéril. Un grupo de semillas que se imbibieron en medio TY estéril consistieron en el control negativo del experimento. Los potes se cubrieron con nylon transparente para permitir la entrada de la luz y evitar la pérdida de agua por evaporación. Las plántulas crecieron en condiciones controladas, con un fotoperíodo de 16 h luz / 8 h oscuridad, a una temperatura de 27 / 22 °C (día/noche) y humedad relativa del 70 %. A los 28 días de crecimiento de ambos grupos de plántulas, se determinó: altura (cm), largo de raíz (cm), masa fresca y seca de la parte aérea (mg) y de la raíz (mg).

Los resultados mostraron que la cepa *Rhizobium* sp. 5P1 incrementó significativamente la masa seca de la parte aérea y de raíces de las plántulas del mutante de arroz INCA LP-7. (Tabla 18).

Tabla 18 . Efecto de la inoculación de cepas bacterias de diferentes procedencias en el crecimiento de plántulas de arroz cultivares INCA LP-7

INCA LP-7						
Tratamientos	Altura (cm)	Largo raíz (cm)	Masa fresca (mg)		Masa seca (mg)	
			Parte aérea	Raíz	Parte aérea	Raíz
Rpd16	7,0 bc	7,2 b	61,5	77,1	8,8 bc	7,6 ab
Rpr2	7,2 abc	9,2 ab	59,2	64,5	7,3 c	6,1 b
Rpr11	8,0 abc	9,5 a	60,5	71,1	10,4 ab	7,6 ab
GG1	8,5 ab	8,3 ab	65,8	75,8	8,8 bc	6,5 b
5P1	9,5 a	9,5 a	74,3	86,9	12,0 a	8,3 a
S5-31	5,8 c	9,0 ab	63,5	79,4	9,3 abc	7,1 ab
C19	8,9 ab	8,3 ab	62,1	79,4	10,9 ab	6,9 ab
Control	8,9 ab	8,1 ab	69,5	80,3	9,1 bc	6,1 b
ESx	0,6	0,5	3,9 ns	5,1 ns	0,4	0,4

Resultado 4

El 6 de junio se realizó el Taller final del Proyecto Pérez Guerrero donde participaron, investigadores, técnicos, especialistas, productores y amas de casa de varias CCS y CPA de Mayabeque, Matanzas, Pinar del Río y la Habana así como las contrapartes de Panamá y Paraguay. Participaron 30 personas y de ellas 10 mujeres . En dicho taller se presentaron los principales resultados de la ejecución del proyecto en cada uno de los países.



Se realizó un Curso de Mejora por Mutaciones donde participaron 12 jóvenes investigadores del INCA y de otras Instituciones de ellos 6 mujeres.

En la medida de las posibilidades se han realizado visitas a las áreas de San Nicolás de Barí y se les entregó semilla de soya, tomate y otros cultivos a 6 productores de diferentes CCS y CPA de ese Municipio.

Se creó un grupo de WhatsApp con los participantes del proyecto para garantizar el intercambio y se divulgaron las actividades realizadas a través de las redes sociales y la radio.

Eventos

Convención de Medio Ambiente. Obtención de nuevas variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) por radiomutagénesis de cara al cambio climático.. María Caridad González, Rodolfo Guillama, Delfina Trujillo y Armando Chávez

Publicaciones

- Capítulo “Mutation Breeding for Sustainable Food Production in Latin América” del libro “ Mutation Breeding for sustainable Food Production and Climate Resilience”. Editado por Penna Suprasanna y Mohan Jain en Springer Nature, 2023.
- Mejora por mutaciones en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) María Caridad González, Rodolfo Guillama Delfina Trujillo y Armando Chávez. Revista Nucleus, En edición

Conclusiones

A partir de las encuestas finales realizadas se constató que se incrementó la diversidad genética en arroz, soya y tomate pues en Cuba se incorporaron a la producción, tres nuevas variedades de tomate, una nueva variedad de arroz y tres variedades de soya de ciclo corto y en el caso de Panamá 3 nuevos genotipos de tomate. Se incrementó el número de productores que siembran soya pues no era un cultivo muy explotado en Cuba. Asimismo los productores comenzaron a emplear el Azofer en las variedades de soya .

Se incorporan los métodos participativos en los programas de mejoramiento genético de arroz y tomate en Panamá y fueron capacitados 30 productores, 10 investigadores y 6 técnicos de ellos 10 mujeres.

Consideramos que el proyecto fue fructífero y existe gran motivación por parte de los productores por el incremento de los rendimientos con el empleo de los nuevos genotipos con tecnologías sostenibles de producción y por haber adquirido nuevos conocimientos a partir de los cursos y talleres que garantizan una mayor eficiencia en la producción con menor contaminación ambiental por lo que sería conveniente elaborar un nuevo proyecto que nos permita incorporar nuevos productores, nuevos cultivos y tecnologías de producción para contribuir a la seguridad alimentaria de nuestro país.

Bibliografía

Bitá, C. E. y Gerats, T (2013). Tolerancia de la Planta a Temperatura Alta en un Entorno Cambiante: fundamentos científica y la producción de cultivos tolerantes al estrés de calor. “FPLS”-4-00273, PAG 1. Volumen 4. Art 273/1. www.frontiersin.org.

Nakayama H:D, González M.C., Samudio O., Britos R.M., Mussi C., Cantero F.A, Benitez J.B., Peralta I.(2018) Fitomejoramiento Participativo del KA´A´HE´E. Edición Alide Rodríguez Alcalá P 1-49.

Xu, J.; Wolters-Arts, M.; Mariani, C.; Huber, H y Rieu, I (2017). Heat stress affects vegetative and reproductive performance and trait correlations in tomato (*Solanum lycopersicum*). Euphytica, 213, 1–12.