



*Evaluar 11 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofortificados adaptados al cambio climático, Santa Teresa, Carazo, Primera 2023*

Ariel Aristides Sánchez González

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, UNAN-Managua.

Centro Universitario Regional de Carazo, CUR-Carazo.

<https://orcid.org/0009-0009-8146-5822>

ariel.sanchez@unan.edu.ni

César Augusto Arévalo Cuadra

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, UNAN-Managua.

Centro Universitario Regional de Carazo, CUR-Carazo.

<https://orcid.org/0000-0001-8954-3586>

carevalo@unan.edu.ni

Rigoberto José Munguía Sequeira

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)

José Yamil López Blandino

Ingeniero Agropecuario

<https://orcid.org/0009-0002-8101-297X>

yamilblandino09@gmail.com

Enviado el 28 de mayo, 2024 / Aceptado el 27 de junio, 2024

<https://doi.org/10.5377/rtu.v1i1.19041>

Palabras clave: Cambio climático, evaluación, frijol, genotipos, producción.

RESUMEN

El cambio climático es uno de los desafíos más urgentes que enfrenta la humanidad en la actualidad. Sus efectos tienen un impacto significativo en la agricultura y la seguridad alimentaria y nutricional. El frijol es un cultivo ampliamente consumido y de vital importancia para la nutrición de la población en todo el mundo; sin embargo, este es sensible a las condiciones climáticas variables. Las altas temperaturas, las sequías prolongadas y las inundaciones pueden afectar negativamente su rendimiento y calidad; por lo que es fundamental desarrollar estrategias de adaptación agrícola que permitan enfrentar estos desafíos y garantizar la producción sostenible de alimentos. Los ensayos con frijoles permiten evaluar la respuesta de este cultivo a diferentes condiciones climáticas y probar medidas de adaptación específicas, ayudando a comprender mejor los mecanismos fisiológicos y genéticos que subyacen a su adaptación. Esta información es crucial para el desarrollo de nuevas variedades de frijol mejoradas, con el fin de implementarlas en prácticas agrícolas más resilientes. Este artículo refiere la temática basada en resultados de la evaluación de 11 genotipos de frijol, adaptados al cambio climático, en el municipio de Santa Teresa, departamento de Carazo en época de primera/ 2023.

ABSTRACT

Climate change is one of the most urgent challenges facing humanity today. Its effects have a significant impact on agriculture and food and nutritional security. Beans are a widely consumed crop and are of vital importance for the nutrition of the population throughout the world; however, this is sensitive to variable weather conditions. High temperatures, prolonged droughts and floods can negatively affect their yield and quality; Therefore, it is essential to develop agricultural adaptation strategies that allow us to face these challenges and guarantee sustainable food production. Trials with beans make it possible to evaluate the response of this crop to different climatic conditions and test specific adaptation measures, helping to better understand the physiological and genetic mechanisms underlying its adaptation. This information is crucial for the development of new improved bean varieties, in order to implement them in more resilient agricultural practices. This article refers to the topic based on the results of the evaluation of 11 bean genotypes, adapted to climate change, in the municipality of Santa Teresa, department of Carazo in the first season/ 2023.

Keywords

Climate change, evaluation, beans, genotypes, production.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación refiere los resultados de la Evaluación de 11 Genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Adaptados al Cambio Climático, en el municipio de Santa Teresa, departamento de Carazo en época de primera de 2023.

El cambio climático es uno de los desafíos más apremiantes que enfrenta la humanidad en el siglo XXI. Las evidencias científicas indican que las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han aumentado los niveles de dióxido de carbono según World Meteorological Organization (2021); registrándose una tasa media superior en comparación con el último decenio, que incrementó la temperatura global, resultando en patrones climáticos impredecibles y eventos climáticos extremos.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018) datos objetivos apuntan que el cambio climático está afectando a la agricultura, dificultando el desafío de poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible. Nicaragua ubicada en América Central, no es ajena a esta problemática y enfrenta serios impactos en la agricultura.

Considerando las brechas y desafíos del sector agropecuario, el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional en el Plan Nacional de Lucha Contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano (PNLCP - DH, 2020 - 2026) a través de instituciones públicas, proyecta el incremento de la productividad nacional, la reducción de la pobreza, la equidad social en el campo, y la consolidación de un desarrollo rural sostenible a largo plazo, resiliente a la variabilidad climática y al cambio climático, donde destacan rubros de dinamización socioeconómica, entre ellos el frijol, base de la seguridad y soberanía alimentaria y rubro de exportación.

En referencia al frijol, Nicaragua es el principal productor en Centroamérica, con un aporte de más del 30% de la cosecha regional, el principal exportador dentro de la región (CRS, 2012) y máximo consumidor de un rubro que constituye la fuente proteínica y de hierro más importante en la dieta de la población del país (Bonilla, 2014).

Una revisión de los últimos cincuenta ciclos productivos (1970 - 2020) del cultivo frijol, mostró que las áreas sembradas se han sextuplicado alcanzando, su máximo pico en el ciclo 2005 - 2006, con aumento en rendimientos de 1.3 qq/mz, lo cual significa un 10.8% de aumento de la productividad (FAO, 2020).

La producción de frijol ha mostrado una tendencia creciente, en algunos casos irregulares; aunque la tendencia positiva que experimenta la producción se debe al aumento sustancial del área cosechada, en 2010 se registró un área de 267,900 mz cultivadas, mientras que en 2023 se estimó un área de 348,000 mz (GRUN, 2023), teniendo un incremento del 30%; sin embargo,

el rendimiento por manzana no ha variado mucho en los últimos años, lo cual se deriva de la susceptibilidad del rubro a daños climáticos, plagas y falta de tecnificación y de manejo del cultivo (Solís, 2017).

Esta investigación tiene como propósito examinar el rendimiento y adaptabilidad climática del frijol en el corredor seco, particularmente en el municipio de Santa Teresa, con el propósito de mejorar los rendimientos de la producción adaptando nuevas líneas mejoradas genéticamente, pertinentes a considerarse en la formulación de prácticas agrícolas y ambientales.

Metodológicamente esta investigación de tipo experimental, se desarrolló con el objetivo de analizar la adaptación de las líneas de frijol al cambio climático, como una alternativa para dar solución a los problemas productivos de la zona, con repercusiones socioeconómicas actuales.

Los resultados presentados son producto de la vinculación de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua), CUR-Carazo, (estudiantes de V año de Ingeniería Agronómica) con el Instituto Nicaragüense de Tecnologías Agropecuarias (INTA), donde se desarrolló ensayo de adaptación climática en el cultivo del frijol, mediante el uso de líneas mejoradas a través de cruces y prácticas seleccionadas de agricultura, este compuesto por 11 tratamientos de estos nuevos genotipos de INTA (procedentes CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) - Colombia), con el objetivo de seleccionar los que presenten mejores características agronómicas, tolerancia a enfermedades, adaptación a sequía; evaluando cada genotipo mediante análisis de varianza ANDEVA utilizando el método de Tukey, con ayuda del software Info Stat, (software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows, que cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado (InfoStat, 2020)) a un nivel de confianza del 95%.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

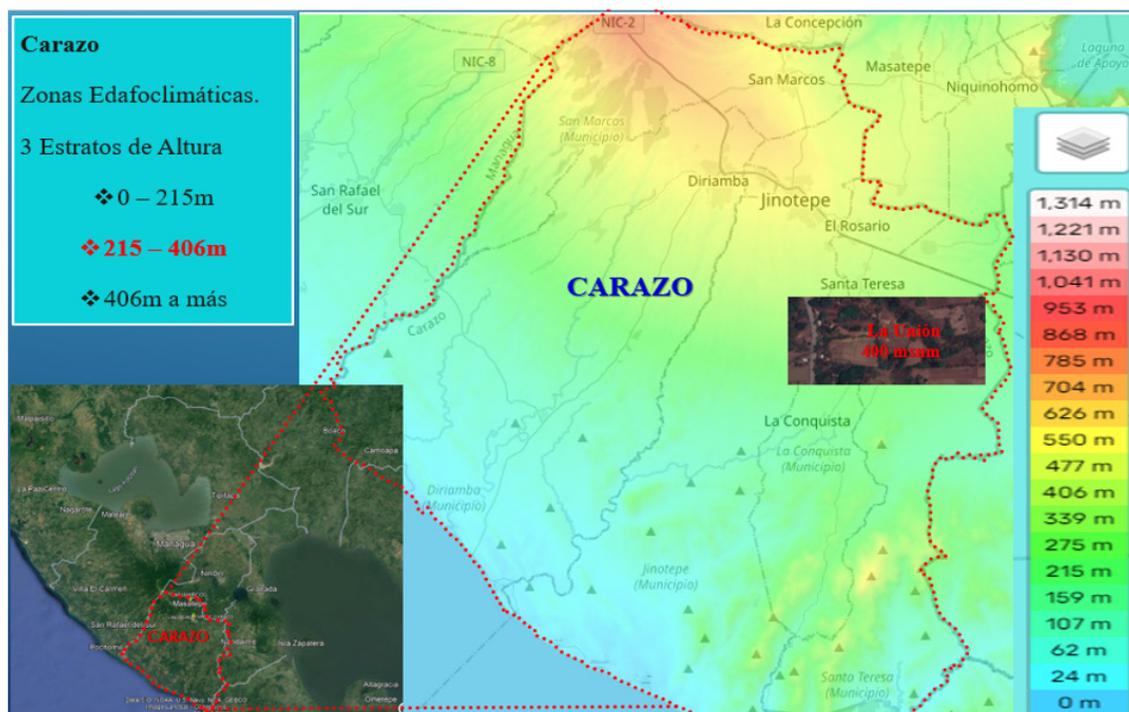
2.1. Ubicación

El proceso de climatización experimental se llevó a cabo en la localidad La Unión, municipio de Santa Teresa, departamento de Carazo en la finca del propietario Jhonny Cortez coordenadas: 11° 47' 22" N 86° 09' 15" W. La siembra del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las más implementadas en la finca y la zona aledaña.

El Área de Experimentación Tecnológica (AET) se estableció en la época de primera/2023.

Imagen 1

Vista satelital macro y microlocalización del área experimental desde Google Maps



Fuente: Google maps

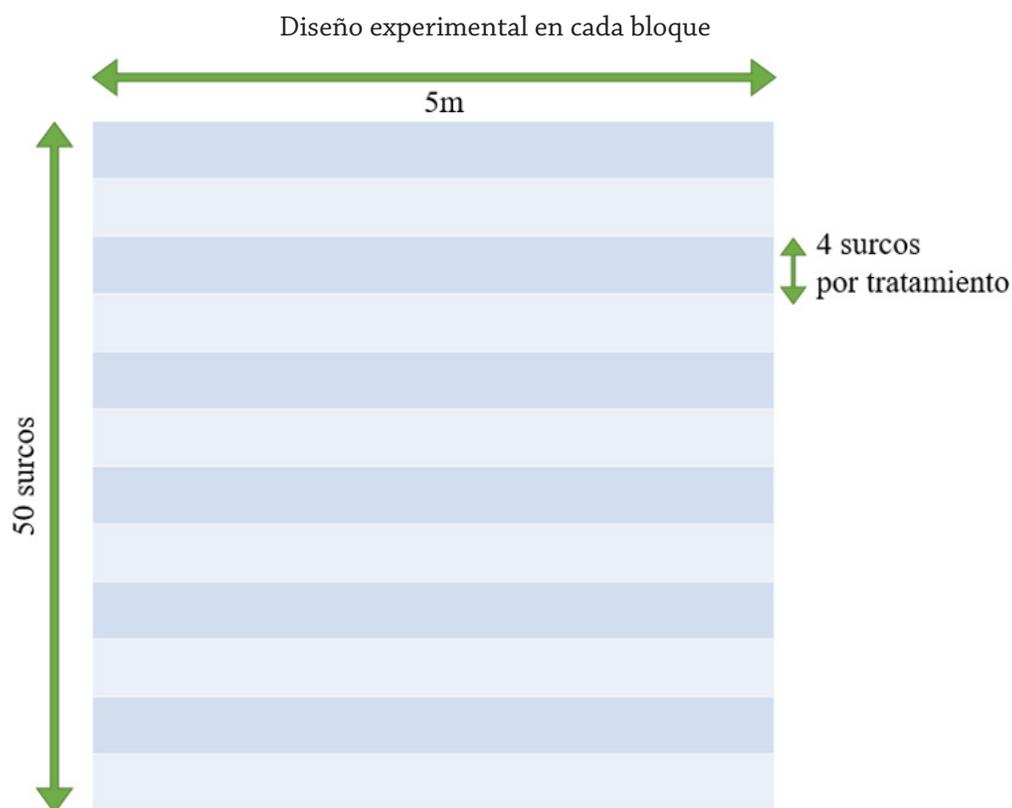
2.2. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de Bloques Completos al Azar (BCA) con tres repeticiones. El material experimental se dividió en x grupos de t Unidades Experimentales (UE) cada uno, donde t es el número de tratamientos, tales que las UE dentro de cada grupo son lo más homogénea posible y las diferencias entre las UE, sea dada por estar en diferentes grupos. Los conjuntos son llamados bloques; dentro de cada bloque las UE son asignadas aleatoriamente, cada tratamiento ocurre exactamente una vez en un bloque Hinkelmann (1994).

La parcela experimental se conformó por 50 surcos de 5 metros de longitud, separadas a 1 metro entre parcela y 10cm entre planta (Aproximadamente 60 semillas por tratamiento colocando 12 semillas por metro lineal)

2.3. Tratamientos

El experimento estuvo conformado por 11 genotipos de la línea SER (Services Écosystémiques et Résilience), proveniente de CIAT Colombia en comparación con INTA Rojo como único testigo.

Imagen 2

Fuente: elaboración propia.

Imagen 3

Plano de campo de distribución de bloques y tratamientos en estudio



Fuente: elaboración propia.

Tabla 1

Ubicación de tratamientos de evaluación de genotipos de frijol rojo época de primera, 2023

Genotipo	Bloque I	Bloque II	Bloque III
SER 323	SER 323	SER 422	SER 457
SER 455	SER 455	SER 456	SER 458
SER 456	SER 456	SER 458	SER 323
SER 458	SER 458	SER 437	SER 394
SER 457	SER 457	SER 394	INTA ROJO
SER 467	SER 467	SER 323	SER 316
SER 394	SER 394	SER 467	SER 456
SER 437	SER 437	SER 438	SER 455
SER 422	SER 422	SER 455	SER 438
SER 438	SER 438	INTA ROJO	SER 467
SER 316	SER 316	SER 457	SER 437
INTA ROJO	INTA ROJO	SER 316	SER 422

Fuente: CDT (Centro de Desarrollo Tecnológico General Sócrates Sandino).

2.4. Manejo del Experimento

2.4.1. Fecha de siembra y densidad

La siembra se realizó en época de primera 2023, con capacidad de campo. Después de una lluvia abundante el agua llega a ocupar todos los poros del suelo. Se dice entonces que el suelo está saturado. A continuación, el agua tiende a moverse por gravedad hacia el subsuelo, hasta llegar a un punto en el que el drenaje es tan pequeño que el contenido de agua del suelo se estabiliza. Cuando se alcanza este punto se dice que el suelo está a la Capacidad de Campo (C.C.) (tecnicoagricola.es: 2013).

Imagen 4

Capacidad de campo de un suelo



Fuente: tecnicoagricola.es

El establecimiento se realizó con arado a una distancia entre hileras de 24 pulgadas depositando 12-15 semillas por metro lineal.

2.4.2. Fertilización

La fertilización se realizó al momento de la siembra, con la fórmula Nutrifrijol a razón de 90kg/ha, foliares en la etapa vegetativa y reproductiva del cultivo.

2.4.3. Control de malezas

Se realizó control de malezas a los 20 y 30dds (días después de siembra) de forma química y manual. Se aplicó herbicida yerbalade. De igual forma se realizó control de plagas y enfermedades de acuerdo al porcentaje de incidencia en el cultivo, utilizando engeo + carbendazim.

2.4.4. Procesamiento y análisis de datos (estadístico)

Los datos encontrados en cada tratamiento de cada bloque se compararon a través de análisis de varianza (ANDEVA) con separaciones de medias según Tukey ($P=0.05$) para determinar si existían diferencias significativas entre tratamientos o demostrar si sus medias poblacionales difirieron.

Para la selección de datos se utilizó el protocolo "Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol", CIAT (1991). Y el procesamiento de datos se llevó a cabo con ayuda del software infoStat/L 2017.

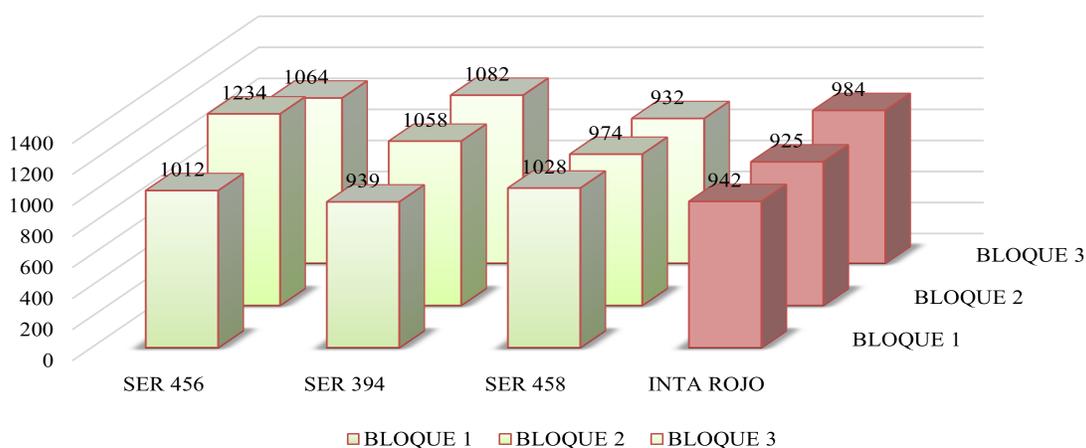
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación, en la cual se puso a prueba la adaptación de 11 genotipos de frijol rojo mejorados genéticamente, traídos de los laboratorios del CIAT en comparación con la variedad INTA Rojo, como único testigo muestran que al menos 3 de estas líneas obtuvieron rendimientos satisfactorios superando al testigo.

Imagen 5

Genotipos con mayor rendimiento en kg/ha

Genotipos con mayor rendimiento en kg



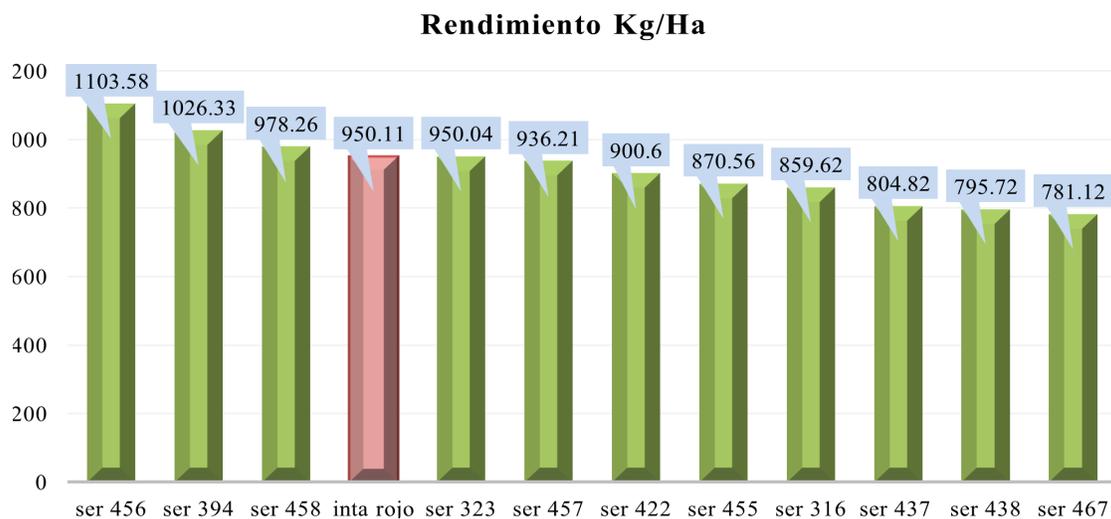
Fuente: elaboración propia

Con ayuda del software infostat se analizaron los datos obtenidos del ensayo donde se obtuvo como resultado que el genotipo **SER-456** obtuvo mejores rendimientos que el testigo y las otras líneas obteniendo un rendimiento de **1103.58 kg/ha a un nivel de humedad del grano del 13% superando al testigo en un 14%**.

En la imagen número 6 se observa que el genotipo ser 456 obtuvo mejores resultados en el ensayo, seguido del ser 394, después el ser 458 y de 4to el testigo en este caso INTA Rojo.

Imagen 6

Rendimiento kg/Ha



Fuente: elaboración propia.

Tomando los datos obtenidos en el ensayo, como se puede observar en la imagen número 6 de rendimiento las prácticas agrícolas empleadas, tuvieron respuesta positiva 3 de los 11 genotipos experimentales, rendimientos más altos a la variedad ya establecida en la zona, adaptándose bien en una de las zonas del corredor seco y a una altura de 400 m.s.n.m, enfrentándose a sequía y patrones pluviales inesperados, además de las cambios de temperatura repentinos debido a los cambios que ha tenido el país en los últimos años debido al cambio climático.

Con estos datos se puede tener una estimación, sobre mejoras significativas que se pueden alcanzar en productividad de la zona, aumentando los rendimientos y manteniendo las zonas destinadas para cultivos. Partiendo de la media estándar de producción de la zona y sus alrededores que se encuentra entre unos 14 a 16 qq/Ha; pasando de 22qq/Ha a 24qq/Ha.

Según análisis de varianza de Tukey $p > 0.05$ se tiene un grado de significancia del 99% de aceptación entre el modelo estadístico, las repeticiones y los genotipos, siendo un completo éxito el bloqueo y la limitación de la homogeneidad dentro de cada bloque, siendo la única diferencia la ubicación de los bloques.

Tabla 2

Análisis de la varianza

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	439441.99	13	33803.23	3.54	0.0044
Rep.	126343.75	2	63171.87	6.62	0.0056
Genotipo	313098.25	11	28463.48	2.98	0.0140
Error	209934.14	22	9542.46		
Total	649376.13	35			

Fuente: Infostat.

Cada uno de los genotipos evaluados son agrupados en distintos grupos homogéneos en este caso 3 grupos A, AB, B, donde puede apreciar que el genotipo SER 456 es el que obtuvo mayor nivel de significancia.

Tabla 3

Genotipos y su nivel de significancia

Genotipo	Medias	n	E.E.	
SER-456	1103.58	3	56.40	A
SER-394	1026.33	3	56.40	A B
SER-458	978.26	3	56.40	A B
INTA ROJO	950.11	3	56.40	A B
SER-323	950.04	3	56.40	A B
SER-457	936.21	3	56.40	A B
SER-422	900.60	3	56.40	A B
SER-455	870.56	3	56.40	A B
SER-316	859.62	3	56.40	A B
SER-437	804.82	3	56.40	B
SER-438	795.72	3	56.40	B
SER-467	781.12	3	56.40	B

Fuente: Infostat

La evaluación económica con rendimientos obtenidos son los siguientes:

Tabla 4

Evaluación económica según rendimientos por mz

Rendimiento	Ser 456	Ser 394	Ser 458	INTA Rojo
kg/ha	1,103.58	1,026.33	978.26	950.11

qq/ha	24.33	22.63	21.57	20.95
qq/mz	17.15	15.95	15.20	14.76
Rendimiento por genotipos e INTA Rojo				
Precio	C\$ 3,600.00	C\$ 3,600.00	C\$ 3,600.00	C\$ 3,600.00
Ingresos	C\$ 61,724.51	C\$ 57,403.83	C\$ 54,715.22	C\$ 53,140.76
Costos	C\$ 19,780.00	C\$ 19,780.00	C\$ 19,780.00	C\$ 19,780.00
Utilidad	C\$ 41,944.51	C\$ 37,623.83	C\$ 34,935.22	C\$ 33,360.76

Fuente: elaboración propia.

Los rendimientos productivos de los genotipos evaluados Ser 456, Ser 394, Ser 458, son superiores al INTA Rojo, los cuales analizados a nivel rentabilidad por manzana ofrecen ingresos superiores a los C\$ 34,900 córdobas.

Ingreso por mz = Rendimiento por mz x precio por qq

Utilidad por mz = Ingreso por mz – costo por mz

Los resultados de utilidad están directamente relacionados a los rendimientos por producción.; siendo Ser 456 el que ofrece mayor nivel de utilidad por mz, por el orden de C\$ 41,944.5. con nivel de rentabilidad del 68%.

La zona de influencia a la aplicación de este experimento; Santa Teresa y la Conquista, presentan condiciones edafoclimáticas similares; con un área estimada de 700 manzanas.

Tabla 5

Descripción de producción y utilidad

	Ser 456	Ser 394	Ser 458	INTA Rojo
Producción Total en qq	12,002	11,162	10,639	10,333
Utilidad proyectada	C\$43,207,158.84	C\$40,182,681.21	C\$38,300,653.52	C\$37,198,529.96

Fuente: elaboración propia

Las proyecciones de utilidades definen que Ser 456 es mayor que INTA Rojo en 8.1%, Ser 394 en un 8% y Ser 458 en 3%.

4. CONCLUSIONES

Se realizó estudio experimental de adaptación al cambio climático de 11 genotipos de frijol, un rubro de dinamización socioeconómica de Nicaragua; elemental para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional y generados de divisas por exportación; lográndose los siguientes resultados:

Resultados positivos de la adaptación al cambio climático en tres genotipos de frijol, con rendimientos por encima INTA Rojo, una variedad de frijol adaptado a la zona de estudio, la cual tiene restricciones edafoclimáticas que inciden en los rendimientos productivos.

Se obtienen tres alternativas viables de producción de frijol, para incorporarse a la práctica agrícola; que además de atender la problemática del cambio climático, generan mejores rendimientos productivos, que representan garantía de seguridad alimentaria y mayor nivel de generar ingresos para las unidades agrícolas.

Los rendimientos por hectárea proyectados representan mayor nivel de ingresos y de utilidad, para las unidades agrícolas, lo que se traduce en una oportunidad significativa de mejorar la condición socioeconómica de la zona de estudio, extrapolables a la producción agrícola de Santa Teresa y La Conquista, con similares condiciones edafoclimáticas.

REFERENCIAS

- Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. (2008). Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Bonilla (2014). Patrones de sequía en Centroamérica. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/patrones-de-sequia_fin.pdf
- Calderón Matey, R. A. (2018). Rendimiento de grano de 16 genotipos biofortificados de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en 11 ambientes de Nicaragua, 2015-2016 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Carvajal, A. (22 de septiembre de 2015). Más respuestas para enfrentar la sequía en frijol. <https://ciat.cgiar.org/es/home-cultivos/mas-respuestas-para-enfrentar-la-sequia-en-frijol>
- Censo Agropecuario en Nicaragua de pequeños y grandes productores, Fondo Internación de Desarrollo Agrícola, FIDA (2015). <https://www.ifad.org/es/web/operations/wpa%3%ADs/nicaragua#:~:text=En%20Nicaragua%2C%20el%20sector%20agr%3%ADcola,56%20%25%20de%20las%20exportaciones%20agr%3%ADcolas.>

- Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático de la república de Nicaragua, Gobierno de reconciliación y unidad Nacional y FAO. 4ta Edición (2023). <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4CN-Nicaragua.pdf>
- García Leal, J. & Lara Porras, A.M. (1998). "Diseño Estadístico de Experimentos. Análisis de la Varianza." Grupo Editorial Universitario.
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional. GRUN (2020). Estrategia Nacional para el incremento de la Productividad del cultivo de Frijol 2019 – 2023. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/nic206556.pdf>
- Henry Pedroza, Luis Dicovskyi. (mayo de 2006). Sistema de Análisis Estadístico con SPSS. https://books.google.com/.../Sistema_de_Analisis_Estadistico_con_SPSS.ht.
- Instituto tecnológico Nacional (INATEC) (2017). Manual protagonista de granos básicos. https://www.tecnacional.edu.ni/media/Manual_Granos_B%C3%A1sicos_opt.pdf
- Marcial A. Pastor-corrales y Aart Van Schoonhoven, Sistema estándar para la evaluación de germoplasma del frijol, CIAT segunda Impresión 1991: https://books.google.com.co/books?id=mpgIEjDedMC&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=true
- Odile Rodríguez, Orlando Chaveco, Rodobaldo Ortiz, Manuel Ponce, Humberto Ríos. (septiembre de 2009). Evaluación del comportamiento de líneas http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas39/1ENSAYOS%2039-3.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2008). Base de datos estadísticos. <http://www.fao.org>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2018). El estado de seguridad la seguridad y la nutrición en el mundo. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6e25cc6e-d527-4651-b781-11a6349ee80f/content>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2020). El reto de tener un Sistema Nacional de Semillas funcional para el incremento de la productividad en la agricultura de Nicaragua. <https://www.fao.org/nicaragua/noticias/detail-events/ar/c/1297237/>
- SICTA-COSUDE (Proyecto red de innovación agrícola), IICA-RED Y ASOPROL (Asociación de productores de santa lucía). Guía técnica para el cultivo del frijol, septiembre 2009. <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- Solís (2017). Análisis Económico del Cultivo del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Nicaragua, 1980 - 2014. <https://repositorio.una.edu.ni/3622/1/tne10s687.pdf>
- World Meteorological Organization WNO (2021). 2021: uno de los siete años más

cálidos jamás registrados...<https://wmo.int/es/media/2021-uno-de-los-siete-anos-mas-calidos-jamas-registrados-segun-datos-consolidados-por-la>